

Cinema e divulgação científica

CITAÇÃO

Silva, J., Calafate, L. (2021)
Cinema e divulgação científica,
Rev. Ciência Elem., V9(02):033.
doi.org/10.24927/rce2021.033

EDITOR

José Ferreira Gomes,
Universidade do Porto

EDITOR CONVIDADO

Paulo Ribeiro-Claro
Universidade de Aveiro

RECEBIDO EM

24 de julho de 2020

ACEITE EM

08 de setembro de 2020

PUBLICADO EM

15 de junho de 2021

COPYRIGHT

© Casa das Ciências 2021.
Este artigo é de acesso livre,
distribuído sob licença Creative
Commons com a designação
[CC-BY-NC-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/), que permite
a utilização e a partilha para fins
não comerciais, desde que citado
o autor e a fonte original do artigo.

rce.casadasciencias.org



Joana Silva, Luís Calafate

DB/ FC/ Universidade do Porto

Os avanços na Genética, desde a descoberta da estrutura do DNA até aos dias de hoje, levaram a uma revolução na forma como vemos os genes e naquilo que é possível fazer com eles. No entanto, a emergência e evolução das tecnologias que permitem a modificação de material genético, particularmente a terapia génica em humanos, levantam complexas questões éticas.

A terapia génica (*gene therapy*) designa técnicas ainda experimentais e mesmo amplamente prospetivas que visam a correção de genes cuja alteração desencadeia, no ser humano, doenças mais ou menos graves. Consequentemente, a terapia génica consiste na modificação do material genético de um indivíduo, tanto em células somáticas como em células germinativas, através de tecnologias de DNA recombinante e, mais recentemente, através do sistema CRISPR-Cas9, um método promissor na terapêutica de doenças mendelianas e em farmacogenómica. Para além da genética humana, pode vir a ser utilizado em animais, plantas e alterações ambientais (por exemplo: agricultura, produção de biocombustíveis, modificação de espécies animais em vias de extinção e melhoramento de características alimentares). Trata-se de um mecanismo imunológico identificado nas bactérias, pelo qual estas se tornam capazes de se libertar dos vírus quando estes se introduzem no seu genoma, recorrendo a enzimas de restrição. Estas “tesouras moleculares” reconhecem determinadas sequências do DNA viral e fragmentam as moléculas nesses locais. Esta cirurgia molecular tem sido publicitada como sendo simples e não onerosa.

A bioética, por sua vez, investiga as questões éticas que advêm das tecnologias e práticas emergentes na área da biologia e da medicina, como é o caso da terapia génica e à medida em que cada vez mais é possível fazer com o material genético. Do ponto de vista bioético, tem-se alertado, essencialmente, para a questão do risco envolvido na utilização de técnicas que envolvam a edição do genoma (*genome editing*) afetando, por exemplo, a linha celular germinal do indivíduo. Além de reconstruir a saúde, um dia virá em que se queira o capricho do melhoramento da espécie humana, portanto, um dos riscos do século XXI, no contexto da sociedade de consumo, é o da “genetização” da vida humana, transformando a criança num produto que se quer sem defeitos. É o risco do eugenismo.

Terapia Génica

Apesar da Genética como área científica ser relativamente recente, os seres humanos, desde muito cedo, têm estado cientes da sua existência e importância, seja ao identifica-

rem semelhanças entre membros da mesma família, ou percebendo que, ao cruzar plantas ou animais que possuísem determinadas características, maior era a probabilidade de a sua descendência também as possuir^{12,14}.

Quando surgiu, em 1953, na revista *Lancet*, o artigo de Watson e Crick sobre a estrutura em dupla hélice do ácido desoxirribonucleico (DNA) o ácido nucleico constituinte do genoma, os conhecimentos existentes acerca da importância dos genes no aparecimento de doenças ou na modelação das nossas características físicas e evolução biológica estavam fragmentados e subvalorizados. Entretanto, passaram-se 50 anos entre a descoberta da estrutura em dupla hélice da molécula de DNA e a sequenciação completa do genoma humano, como resultado do *Human Genome Project* (Projeto do Genoma Humano), em 2003¹⁴. O anúncio da sequenciação veio marcar uma nova forma de fazer biologia e de entender quem somos, como ficamos doentes e como envelhecemos. No encaixe desta sequenciação, surgiu a farmacogenética e a farmacogenómica, buscando medicamentos personalizados e mais eficazes, e ganharam relevo os *gene chip*, que vieram permitir a análise automatizada e simultânea de muitas centenas de genes, em poucas horas e numa única matriz de sondas, facilitando enormemente toda a espécie de testes genéticos, mas exigindo também uma reavaliação ética. Como resultado, devido aos progressos do saber genético, a integridade da espécie humana é cada vez menos pensada segundo o modelo de um genoma único e universalmente idêntico, e cada vez mais segundo os valores da diversidade: polimorfismo e diversidade.

Pouco depois da identificação da estrutura em dupla hélice da molécula de DNA foi possível deduzir o código genético, identificar os processos de replicação, transcrição e tradução, e, finalmente, em 1958, chegar ao dogma central da Biologia Molecular¹². Este conceito baseia-se no facto de se acreditar que o DNA possui a informação genética necessária para definir a estrutura e função de todas as células de um organismo e define o fluxo de informação genética entre o DNA, uma sequência de nucleotídeos, que se replica e a partir do qual o ácido ribonucleico (RNA) é transcrito, e entre o RNA, que ao ser traduzido nos ribossomas em aminoácidos, dá origem a proteínas^{2,8,12}. Todavia, com a descoberta da transcriptase reversa, em 1970, usada por retrovírus como o Vírus da Imunodeficiência Humana (VIH ou HIV), hoje sabemos que é possível a informação do RNA ser transcrita para o DNA. Assim, este tipo de enzima é fundamental em Engenharia Genética.

Uma vez demonstrado que a base da vida era uma molécula cuja estrutura e composição química ficou conhecida, não demorou até que os biólogos se apercebessem que era possível modificá-la através de reações bioquímicas¹⁴. Qualquer código bem pensado não existe apenas para ser decodificado e lido. Pode ser usado criativamente. Se era possível decifrar o código genético, então nada impedia que, em teoria, ele pudesse ser alterado e manipulado.

Esta descoberta levou ao desenvolvimento de uma nova área dentro da Biologia Molecular, a chamada “Engenharia Genética”, ligada à manipulação de material genético, nomeadamente através da tecnologia de DNA recombinante^{8,12}. A tecnologia de DNA recombinante permite transferir genes de uns organismos para os outros, originando plantas e animais transgênicos com o objetivo de melhorar culturas agrícolas, tornando-as, por exemplo, mais resistentes a pestes, ou expressar proteínas humanas em animais de forma a compensar a sua ausência em indivíduos humanos^{8,13}. Consequentemente, o emprego da Engenharia Genética no âmbito da vida vegetal e animal tem finalidades, não apenas,

melhorativas, mas também, modificativas do património genético do ser vivo com o objetivo de aumentar ou melhorar a qualidade dos produtos ou, simplesmente, criar novos produtos farmacológicos.

O tratamento de problemas genéticos passou, assim, de ser tratado com material obtido de dadores compatíveis, a ser tratado com material obtido através das tecnologias de DNA recombinante, e, mais recentemente, através de terapia génica⁹. Com estas novas tecnologias, os cientistas podem ultrapassar por completo as fronteiras do biológico, modificando a estrutura genética de uma realidade biológica para a configurar diversamente. Deste ponto de vista, a terapia génica representa mais do que uma simples inovação terapêutica. Abre a porta a uma verdadeira revolução médica: a possibilidade de curar sem cirurgia invasiva e, eventualmente, sem medicação, dando novas instruções genéticas ao organismo doente. De certa forma, é-lhe comunicada a informação de que necessita para se curar a si próprio.

Mas em que consiste a terapia génica?

Na terapia génica concentram-se as melhores esperanças das aplicações da Engenharia Genética. A terapia génica consiste na "modificação intencional e programada do genoma de um indivíduo"¹⁰, tanto em células somáticas como germinativas. As células da linha germinativa são os espermatozoides e os ovócitos e as suas células precursoras, assim como células dos primeiros estádios do embrião humano, antes da diferenciação da linha germinativa. As outras células do organismo chamam-se somáticas. No entanto, existem várias subcategorias de terapia génica, entre as quais são de salientar a terapia génica em células somáticas ou germinativas (com o objetivo de tratar doenças genéticas no indivíduo, no caso das células somáticas, ou em futuras gerações, no caso de células germinativas), a engenharia genética de melhoramento (através da introdução de determinados genes com o objetivo de melhorar certas características do indivíduo), e a engenharia genética de melhoramento para fins eugénicos (semelhante à anterior, mas com o objetivo de aperfeiçoar uma população)¹⁰. É ainda de mencionar a seleção genética, mais especificamente a seleção eugénica, isto é, a seleção de seres humanos, nomeadamente de embriões ou fetos, que possuam determinadas características consideradas 'positivas' pela maioria da sociedade¹⁰.

Existe hoje um consenso que reconhece que a terapia génica somática não levanta problemas éticos especiais. Trata-se, afinal, de uma transplantação de genes que põe até menos problemas éticos que a transplantação de tecidos e órgãos. Todavia, no caso de uma doença hereditária, o paciente continuará a transmitir à sua descendência a doença com probabilidade igual àquela com que o fazia antes da cura. Para impedir essa transmissão é necessário que a terapia génica incida também sobre as células da linha germinativa. Infelizmente, sobre esta última paira um espectro de manipulação instrumentalizante das gerações futuras. Há mesmo quem a considere um ato contra a Natureza. Teremos, individual e coletivamente, o dever de transmitir um genótipo natural inalterado, aquele que herdamos à nascença? Ou, ao contrário, a partir do momento em que as anomalias do genoma são conhecidas e curáveis, teremos o direito ou o dever de transmitir um genótipo sem anomalias letais ou gravemente debilitantes, recorrendo à terapia génica germinativa?

Assim, apesar de muito poucos se terem oposto ao uso da terapia génica para prevenir e curar determinadas doenças, foram muitas as questões bioéticas levantadas acerca deste tipo de tecnologias, nomeadamente no que diz respeito à edição do genoma humano, mais

especificamente em embriões, células germinativas e através do sistema CRISPR-Cas9, à privacidade e confidencialidade relativa a informações genéticas, à eugenia e à discriminação com base no seu perfil genético^{1, 4, 12, 14}.

Bioética

Após o julgamento de Nuremberga, no final da segunda guerra mundial, tornou-se evidente que a experimentação em humanos necessitava de ser regulamentada e que era necessário desenvolver uma série de princípios de ética médica¹⁰.

Em 1970, Potter introduz o termo “bioética” e afirma que “valores éticos não podem ser separados dos factos biológicos”¹¹, uma vez que, por mais promissoras que certas tecnologias possam ser, existe uma série de questões éticas que podem ser levantadas relativamente às mesmas^{8, 10}. A bioética é, assim, uma tentativa de entender como se pode usar o conhecimento, nomeadamente o conhecimento da Biologia, para o bem da sociedade com base em valores éticos e morais^{8, 10}.

A revolução da terapia génica é algo que nos fascina e assusta ao mesmo tempo, com grande potencial para modificar a forma como se diagnosticam e curam doenças com origem genética, mas também com grandes implicações culturais e sociais¹⁵. Não há grande oposição no que diz respeito à terapia génica desde que esta seja feita em células somáticas e com o objetivo de prevenir e curar doenças, no entanto, quando se sugere terapia génica em células germinativas, com fins puramente cosméticos ou de seleção eugénica, já se encontra alguma resistência^{1, 4}.

De facto, a tentativa de atribuir a certos comportamentos e características humanas como a cor da pele, propensão para comportamentos violentos, homossexualidade, entre outros, uma causa genética é preocupante, podendo levar à tentativa de eliminação de características menos desejadas pela sociedade através da alteração do genoma de indivíduos saudáveis, dando origem a sociedades geneticamente homogéneas e que discriminam contra aqueles que possuem características consideradas “indesejadas” pela maioria, principalmente quando o acesso a este tipo de edição genética não estaria ao dispor de todos, especialmente daqueles sem posses financeiras^{1, 4, 5, 10}.

Para além disso, a perceção errada deste tipo de tecnologias pela sociedade pode perpetuar o conceito de determinismo genético, ou seja, a crença que o “comportamento humano, personalidade e aparência são determinados exclusivamente pelo perfil genético de uma pessoa”⁴, reduzindo aos genes um organismo tão complexo como o ser humano, o que pode ser muito prejudicial, principalmente a nível social, agravando ainda mais preconceitos e discriminação já existentes^{4, 8}.

Recentemente, os esforços dos bioéticos concentram-se nas questões relacionadas com a privacidade, confidencialidade dos dados genéticos, a definição de limites relativamente ao que fazer com o material genético de um indivíduo e a discriminação que daí pode advir^{4, 8, 10}. Para além disso, os bioéticos debruçam-se sobre uma questão importantíssima: a “definição de ser humano e de pessoa”¹⁰, não só como um organismo vivo definido pelo seu património genético, mas também como um ser influenciado pelo seu ambiente e envolvido na sua cultura^{8, 10}.

Afinal, não seremos nós mais do que o conjunto dos nossos genes?

GATTACA: Terapia Génica e Bioética no Cinema

Tanto a terapia génica como as questões éticas levantadas pela mesma são complexas e, como tal, não é fácil visualizar este conceito ou imaginar as suas consequências. No entanto, felizmente, a ficção científica tem provado ser uma excelente ferramenta de divulgação científica, permitindo contextualizar e enquadrar conceitos científicos dentro de uma narrativa fictícia, facilitando a compreensão do tema por parte do público e fornecendo um ponto de partida para debates em sociedade⁶.

Um ótimo exemplo é *GATTACA* (1997), de Andrew Niccol, que, entre os vários filmes de ficção científica que incorporam temáticas como a terapia génica, reprodução medicamente assistida, determinismo e eugenismo, é dos poucos cuja abordagem é tão bem aclamada, tendo sido bem recebido tanto pelos críticos de cinema como pela comunidade científica como uma representação séria e correta destes temas, especialmente no que diz respeito às suas implicações éticas e sociais^{3,7}.

GATTACA apresenta-nos um “futuro não muito distante do nosso”⁹, onde o código genético dos seres humanos é manipulado através de terapia génica e de reprodução medicamente assistida para atingir a perfeição³. Aqueles que o desejam, e que têm as posses financeiras para o fazer, podem selecionar o código genético dos seus descendentes e assegurar que apenas o melhor do seu material genético é passado para as gerações futuras, eliminando predisposições genéticas para certas doenças, assim como determinando a sua altura, inteligência, e mesmo a propensão para a violência³.

Segundo o filme, os cidadãos estão divididos em duas classes: os válidos, isto é, os geneticamente modificados, privilegiados e “superiores”, e os inválidos, concebidos naturalmente e cuja combinação de material genético foi deixada ao acaso, oprimidos e “inferiores”⁵. No mundo de *GATTACA*, não há discriminação de acordo com a cor da pele ou classe social: a discriminação é a nível molecular e é uma ciência, conforme rapidamente constata Vincent Freeman, o personagem principal do filme.

É o caminho de Vincent, “inválido”, com uma probabilidade de 99% de desenvolver problemas cardíacos e uma curta esperança média de vida, que acompanhamos ao longo do filme. Vincent luta contra o determinismo genético para alcançar o seu sonho de trabalhar para a Corporação Aeroespacial Gattaca e tornar-se um astronauta. Para isso, Vincent necessita de assumir a identidade de Jerome Morrow, ou Eugene, um nadador de alta competição, “válido”, que ficou paralisado da cintura para baixo após uma tentativa de suicídio. Independentemente da paralisia, o património genético de Jerome continua muito perto da perfeição e a ser valioso para alguém como Vincent, que essencialmente o “aluga” para conseguir uma oportunidade de realizar o seu sonho.

O que distingue *GATTACA* dos restantes filmes de ficção científica que abordam a terapia génica e a bioética é a sua mensagem. Enquanto a maioria dos filmes defende que a essência do ser humano se encontra no seu código genético e que este pode, e deve, ser melhorado para que possam atingir o seu máximo potencial, *GATTACA* faz questão de demonstrar que os seres humanos são mais do que a soma dos seus genes e que não devem ser dominados pelo que está escrito no seu código genético, uma vez que os ambientes em que nos movemos desempenham um papel crucial^{4,7}.

Vincent, apesar de “inválido”, não deixou que o seu genoma, que ameaçava moldar o resto da sua vida, o impedisse de alcançar os seus sonhos, mostrando que, como seres humanos, somos capazes de “transcender os nossos obstáculos genéticos”⁷. Jerome, por

outro lado, "válido" e na sua (quase) perfeição genética, cuidadosamente manipulada, não conseguiu alcançar os seus sonhos, se é que algum dia lhe foi permitido sonhar para além (ou aquém) daquilo que o seu perfil genético prometia.

GATTACA apresenta-nos, assim, não só a força da vontade e do espírito humano, mas também o peso que a imperfeição, assim como a perfeição, podem ter, e ainda o poder e o impacto que os avanços científicos verdadeiramente têm na sociedade em que vivemos¹⁶.

De facto, um dos detalhes mais poderosos do filme são as escadas do apartamento que Vincent e Jerome partilham. As escadas assemelham-se a uma dupla-hélice de DNA, como se pode observar na FIGURA 1, onde Vincent desce em direção a Jerome. Isto não é por acaso. Devido à paralisia de Jerome, Vincent é o único que facilmente sobe as escadas, uma excelente metáfora para a forma como este usa o DNA de Jerome para chegar até ao espaço, e assim desafia o determinismo genético, enquanto Jerome, prisioneiro das expectativas que lhe foram atribuídas à nascença, fica no rés-do-chão.



FIGURA 1. Vincent (em cima) desce as escadas em forma de dupla-hélice de DNA em direção a Jerome (em baixo) enquanto este se encontra no fundo das escadas na sua cadeira de rodas⁵.

Desta forma, GATTACA argumenta contra o determinismo genético e demonstra que somos mais do que os nossos genes⁵. A genética é muito mais complexa do que simplesmente associar um gene a uma doença, ou a uma característica, uma vez que os genes, frequentemente, não atuam sozinhos, mas são influenciados pelas ações de outros genes e por fatores ambientais⁸. Por exemplo, um gene letal ou gravemente incapacitante em homocigóticos pode proporcionar aos heterocigóticos uma resistência particular a certas doenças infecciosas ou em certas situações ambientais. O exemplo clássico é o do gene associado à anemia falciforme que confere uma resistência à malária, resistência essa que é vital em regiões de África onde o tratamento médico é totalmente insuficiente. Há outros exemplos, como a predisposição hereditária para a obesidade, favorável à sobrevivência em casos de fome, mas evidentemente inútil, ou mesmo nociva, em contextos de abundância. Em suma, a noção de mau gene é muito controversa e, sobretudo, muito relativa.

O filme funciona ainda como um género de "conto preventivo" sobre a engenharia genética ao apresentar uma realidade utópica onde doenças genéticas podem facilmente ser eliminadas, que é, no fundo, uma realidade distópica onde o (ab)uso da terapia génica levou

à seleção eugénica de indivíduos e à discriminação daqueles menos privilegiados e sem acesso a essas tecnologias, resultante também da perda de privacidade e de confidencialidade relativamente ao perfil genético^{4, 5, 15}.

GATTACA fornece aos seus espectadores uma forma de contextualizar o conceito e as potencialidades da terapia génica ao mesmo tempo que os confronta com os dilemas éticos e os possíveis impactos sociais, alertando a sociedade não só para os seus benefícios e prejuízos⁵. A “engenharia” da descendência levará a criar uma lógica de dominação sobre o nascituro e a incrementar a pretensão do filho “construído”. Terminamos, afirmando mesmo que *GATTACA* representa um exemplo supremo de simbiose entre a Ciência e o Cinema.

REFERÊNCIAS

- ¹ FLOTTE, T. R., *Therapeutic Germ Line Alteration: Has CRISPR/Cas9 Technology Forced the Question?* *Human Gene Therapy*, 26, 5, 245–246. DOI: [10.1089/hum.2015.28999.tfl](https://doi.org/10.1089/hum.2015.28999.tfl). 2015.
- ² HARTL, D. L., & JONES, E. W., *Genetics: Principles and Analysis*, Jones and Bartlett Publishers. 1998.
- ³ KIM, G., *Gattaca (1997)*, *Embryo Project Encyclopedia*. 2017.
- ⁴ KIRBY, D., *The New Eugenics in Cinema: Genetic Determinism and Gene Therapy in "GATTACA"*. *Science Fiction Studies*, 193-215. 2000.
- ⁵ KIRBY, D., *Extrapolating race in GATTACA: Genetic passing, identity, and the science of race*. *Literature and Medicine*, 23, 1, 184-200. 2004.
- ⁶ KIRBY, D., *Lab Coats in Hollywood: Science, Scientists, and Cinema*, MIT Press. 2010.
- ⁷ KIRBY, D., *Science and technology in film. Routledge handbook of public communication of science and technology*, 97-112. 2014.
- ⁸ LEWIS, R., *Human genetics: concepts and applications*, McGraw-Hill/Higher Education. 2008.
- ⁹ NICCOL, A., *GATTACA [Motion Picture]*. Columbia Pictures. 1997.
- ¹⁰ NUNES, R., *GeneÉtica*, Edições Almedina. 2015.
- ¹¹ POTTER, V. R., *Bioethics, the science of survival*, *Perspectives in biology and medicine*, 14, 1, 127-153. 1970.
- ¹² PRIYADARSHINI, A., & PANDEY, P., *Molecular Biology*, Different Facets: Apple Academic Press. 2018.
- ¹³ THOMAS, A., *Introducing Genetics. From Mendel to Molecules*, CRC Press. 2014.
- ¹⁴ YOUNT, L., *Modern Genetics: Engineering Life*, Facts On File, Incorporated. 2006.
- ¹⁵ VON BURG, R., *Cinematic Genetics: GATTACA, Essentially Yours, and the rhetoric of genetic determinism*, *Southern Communication Journal*, 75, 1, 1-16. 2010.
- ¹⁶ SHAPSHAY, S., *Bioethics at the Movies*, JHU Press. 2009.