

## Medicina personalizada: desafios e perspectivas

Personalized medicine: challenges and perspectives

Medicina personalizada: desafíos y perspectivas

Carlos Matheus Meirelles de Oliveira<sup>1</sup>, Carlos Pereira da Silva<sup>1</sup>, Luan Romário Bezerra de Sousa<sup>1</sup>, Luan Santana Santos de Carvalho<sup>1</sup>, Pedro Lucas de Almeida Cunha<sup>1</sup>, Carlos Renato Noieto de Souza Ximenes<sup>1</sup>, Matheus de Sousa Alves, Eliziane Soares Garcia<sup>1</sup>, Luciana Tolstenko Nogueira<sup>1</sup>.

### RESUMO

**Objetivo:** Analisar os impactos biomédicos, socioeconômicos e éticos da medicina personalizada. **Revisão bibliográfica:** A medicina personalizada alcança avanços concretos na genômica e na biologia molecular, partindo da premissa que cada indivíduo é um organismo genético único e singular. Dessa forma, a medicina de precisão permite uma maior acurácia no diagnóstico precoce, na prevenção e no tratamento específico do usuário do serviço de saúde, sobretudo em distúrbios metabólicos congênitos, a exemplo da fibrose cística. Esses progressos dessa tecnologia a torna alvo de diversos investimentos e financiamentos globais, mas revelam diversos entraves e desafios para a plena consolidação desse mecanismo de saúde, já que envolve implicações éticas de privacidade de dados genéticos e financeiras de democratização e de popularização da equidade no acesso à essa ferramenta tecnológica. **Considerações finais:** A medicina de precisão é uma estratégia de saúde promissora no desenvolvimento da prática médica. A medicina personalizada é capaz de aprofundar a desigualdade no acesso à serviços de saúde e a ruptura do sigilo ético de informações genéticas do paciente.

**Palavras-chave:** Medicina personalizada, Medicina de precisão, Genômica.

### ABSTRACT

**Objective:** Analyze the biomedical, socioeconomic and ethical impacts of personalized medicine. **Literature review:** Personalized medicine achieves concrete advances in genomics and molecular biology, based on the premise that each individual is a unique and singular genetic organism. In this way, precision medicine allows for greater accuracy in early diagnosis, prevention and specific treatment of the health service user, especially in congenital metabolic disorders, such as cystic fibrosis. These advances in this technology make it the target of several global investments and financing, but reveal several obstacles and challenges to the full consolidation of this health mechanism, as it involves ethical implications for the privacy of genetic data and financial implications for democratization and popularization of equity in access. to this technological tool. **Final considerations:** Precision medicine is a promising healthcare strategy in the development of medical practice. Personalized medicine is capable of deepening inequality in access to health services and breaking the ethical confidentiality of patient genetic information.

**Keywords:** Personalized medicine, Precision medicine, Genomics.

### RESUMEN

**Objetivo:** Analizar los impactos biomédicos, socioeconómicos y éticos de la medicina personalizada. **Revisión de la literatura:** La medicina personalizada logra avances concretos en genómica y biología molecular, partiendo de la premisa de que cada individuo es un organismo genético único y singular. De esta manera, la medicina de precisión permite una mayor exactitud en el diagnóstico precoz, la prevención y el

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Teresina – PI.

tratamiento específico del usuario de los servicios de salud, especialmente en trastornos metabólicos congénitos, como la fibrosis quística. Estos avances en esta tecnología la convierten en el objetivo de varias inversiones y financiamientos globales, pero revelan varios obstáculos y desafíos para la plena consolidación de este mecanismo de salud, ya que implica implicaciones éticas para la privacidad de los datos genéticos e implicaciones financieras para la democratización y popularización de equidad en el acceso a esta herramienta tecnológica. **Consideraciones finales:** La medicina de precisión es una estrategia sanitaria prometedora en el desarrollo de la práctica médica. La medicina personalizada es capaz de profundizar la desigualdad en el acceso a los servicios de salud y romper la confidencialidad ética de la información genética de los pacientes.

**Palabras clave:** Medicina personalizada, Medicina de precisión, Genómica.

## INTRODUÇÃO

A medicina de precisão, também conhecida como medicina personalizada, é uma abordagem que utiliza informações genéticas e biomédicas para desenvolver produtos e serviços de saúde direcionados individualmente aos pacientes. Essa transformação da biomedicina baseia-se em conhecimentos de biologia molecular, genômica, bioinformática, e, mais recentemente, em ferramentas de ciência de dados e aprendizado de máquina (IRIART JAB, 2019; AU L e DA SILVA RGL, 2021). Essas abordagens têm o potencial de fornecer diagnósticos mais precisos, novos medicamentos e sistemas de monitoramento de saúde baseados em dados ambientais e de estilo de vida. Nos últimos anos, houve um aumento significativo no investimento, na pesquisa e no lançamento de produtos inovadores, principalmente nos Estados Unidos e na Europa (PHILLIPS KA, et al., 2018).

Nas últimas décadas, o considerável investimento e avanço na pesquisa em genômica e biologia molecular têm gerado grandes expectativas quanto ao seu potencial para transformar a medicina de precisão. O desenvolvimento de tecnologias de sequenciamento genômico de última geração reduziu drasticamente os custos e acelerou o processo, tornando essa tecnologia mais acessível para pesquisas científicas. Essa acessibilidade, combinada com o foco crescente em áreas pós-genômicas, como a proteômica e a metabolômica, tem impulsionado a identificação de marcadores biológicos e o desenvolvimento de terapias direcionadas (IRIART BAT, 2019).

No entanto, embora esses benefícios supracitados, a contribuição da medicina de precisão para a saúde pública tem sido questionada (JOYNER MJ e PANETH N, 2015; MARCUS AD, 2020). A pandemia de COVID-19 destacou as desigualdades na saúde, com um impacto maior sobre populações vulneráveis. Isso levanta dúvidas sobre o valor da medicina personalizada em um contexto de desigualdade social (PARENS E, 2020). Pesquisadores também têm questionado o volume de recursos direcionados à medicina de precisão em comparação com os recursos para ações tradicionais de saúde pública, a exemplo das verbas que são destinadas para a produção local de vacinas, bem como seu verdadeiro impacto nos problemas de saúde globais (RICHARD COOPER NP, 2020; MITTELSTADT BD e FLORIDI L, 2016).

Além disso, a medicina personalizada enfrenta desafios significativos em termos de privacidade e segurança dos dados dos pacientes. A coleta e o uso desses dados sensíveis levantam questões éticas importantes que ainda precisam ser totalmente resolvidas (TOPOL EJ, 2019). Outro desafio é a necessidade de infraestrutura tecnológica avançada e profissionais treinados para implementar essas abordagens em larga escala. Apesar desses desafios, a medicina personalizada tem o potencial para transformar a forma como as pessoas cuidam da saúde. Ao permitir um tratamento mais direcionado e preventivo, ela pode melhorar a qualidade do atendimento ao paciente e potencialmente reduzir os custos dos cuidados de saúde a longo prazo (KHOURY MJ, et al., 2016).

Nessa perspectiva, o objetivo do estudo foi revisar a literatura relacionada à medicina de precisão e, dessa forma, analisar as implicações biomédicas, socioeconômicas e éticas da sua implementação. A análise dessas dimensões é crucial para entender como a medicina personalizada pode ser integrada de maneira equitativa e eficaz nos sistemas de saúde. Além disso, o estudo busca explorar as barreiras e oportunidades para a adoção dessas tecnologias em diferentes contextos socioeconômicos, especialmente em países em

desenvolvimento. A compreensão dessas questões pode guiar políticas públicas e estratégias de saúde que assegurem que os avanços da medicina de precisão beneficiem amplamente a sociedade, minimizando o risco de ampliação das desigualdades em saúde.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para compreender o desenvolvimento da medicina personalizada ou de precisão, é essencial situá-lo no contexto da transformação da biomedicina nas últimas décadas, em direção ao que Clarke et al. (2003) chamam de biomedicina tecnocientífica. Antropólogos utilizam o termo biomedicina para se referir à medicina moderna, dada sua ênfase ontológica e epistemológica na biologia. O discurso biomédico foi construído com base na racionalidade científica e em uma visão biomecanicista do corpo, fortemente fundamentada no uso de tecnologias para diagnóstico e tratamento de doenças.

Segundo Clarke AE, et al. (2003), desde meados dos anos 1980, a biomedicina vem passando por um processo de transformação multifacetado, impulsionado por inovações tecnocientíficas, como tecnologias de computação e informação, biologia molecular, biotecnologias, genômica e telemedicina/telesaúde. Essas inovações intensificam a tecnocientização da biomedicina. As novas tecnologias estão promovendo mudanças institucionais significativas, impactando a produção, distribuição e gestão de informações em saúde, além de alterar os diagnósticos, tratamentos e até mesmo as concepções de saúde e doença. Essa transformação ocorre em um nível político-econômico, com a integração da biomedicina ao interesse capitalista, no que os autores denominam "Complexo de Serviços Tecnológicos Biomédicos". Esse termo se refere ao crescente e globalizado complexo médico-industrial e científico, que movimenta trilhões de dólares mundialmente.

Nesse sentido, a medicina personalizada é um campo em constante evolução que tem experimentado avanços notáveis nos últimos anos. Esse progresso tem sido impulsionado, em grande parte, pelo desenvolvimento do sequenciamento genômico de última geração, um processo que revolucionou a obtenção de informações genéticas, resultando em uma série de desenvolvimentos significativos na área médica. O sequenciamento genômico de última geração, frequentemente referido como NGS (Next-Generation Sequencing), tem desempenhado um papel central na revolução da medicina personalizada. Essa tecnologia permitiu a obtenção de informações genéticas de forma mais rápida, acessível e precisa do que nunca.

Como resultado, houve uma maior identificação de marcadores biológicos, que são genes ou proteínas associados a doenças específicas, e o desenvolvimento de medicamentos direcionados, projetados para tratar essas doenças de forma mais eficaz (DA SILVA R, 2020). Esse avanço é exemplificado no trabalho de Hood L e Friend SH (2011), que exploraram a abordagem Predictive, Personalized, Preventive, Participatory (P4) na medicina do câncer. Eles destacam como o sequenciamento genômico desempenha um papel fundamental na identificação de alvos terapêuticos específicos, possibilitando tratamentos personalizados e preventivos. A pesquisa de Hood L e Friend SH (2011) demonstra o potencial transformador do sequenciamento genômico na medicina de precisão.

Novas tecnologias, como inteligência artificial (especialmente aprendizagem profunda e transferência de aprendizado) e blockchain (um sistema descentralizado que oferece maior segurança na estruturação de dados), emergem como soluções promissoras para lidar com os vastos bancos de dados estruturados e não estruturados (big data) e concretizar as expectativas da medicina personalizada. Essas tecnologias possibilitam que todos os dados sobre um indivíduo, como imagens faciais e vídeos, sejam convertidos em informações médicas, tornando-se fontes poderosas para análises preditivas. Mamoshina P et al. (2017) propõem uma "economia orientada por dados pessoais", argumentando que os pacientes devem ter completo conhecimento e controle sobre seus dados médicos. Eles poderiam gerenciar esses dados, sendo recompensados por sua utilização em pesquisas ou para fins comerciais, além de receber incentivos para o monitoramento contínuo da saúde.

No entanto, essas visões futurísticas de monitoramento constante de marcadores biológicos devem ser cuidadosamente analisadas, pois representam um novo estágio no processo de medicalização, além de

introduzirem novas formas de biopoder. Clarke et al. (2003) introduziram o termo "biomedicalização" para descrever esse processo de intensificação da medicalização, impulsionado pela tecnocientificação da biomedicina. A tecnocientificação se caracteriza pela mercantilização da saúde, que é transformada em um bem de consumo, e pela biomedicalização, que expande a jurisdição médica para além da doença, englobando a própria saúde. Esse foco na saúde leva a uma ênfase em práticas de avaliação de riscos, suscetibilidades, e monitoramento contínuo, com o objetivo de manter-se saudável.

Diversos países, incluindo o Reino Unido, os Estados Unidos e a China, têm investido consideravelmente na pesquisa em medicina de precisão, visando liderar a produção de conhecimento genômico e biotecnológico. Essas nações estão na vanguarda da pesquisa em medicina personalizada, impulsionando inovações e avanços que têm o potencial de revolucionar a prática médica em todo o mundo (COLLINS FS, VARMUS H, 2015). Dessa maneira, o investimento em pesquisa básica e aplicada na medicina personalizada ou de precisão tem crescido de forma significativa na última década. Em 2014, o Reino Unido lançou o Projeto 100K Genomas, com o objetivo de sequenciar 100 mil genomas de pacientes do Serviço Nacional de Saúde (NHS) para identificar biomarcadores relacionados ao câncer e a doenças genéticas raras.

Esse projeto, anunciado pelo próprio Primeiro-Ministro, recebeu ampla cobertura da mídia e foi destacado como um marco para a incorporação da medicina genômica no sistema de saúde britânico. No ano seguinte, em 2015, o então Presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, anunciou ao Congresso o lançamento de um programa de medicina de precisão com um orçamento de 215 milhões de dólares, com a meta de sequenciar os genomas de 1 milhão de pessoas, prometendo transformar a medicina norte-americana (COLLINS FS, VARMUS H, 2015). Em 2016, a China iniciou um projeto de 15 anos com um investimento de 9,2 bilhões de dólares em medicina de precisão, visando posicionar o país como líder global na área (PEREZ B, 2017).

Esses investimentos refletem uma competição acirrada entre países desenvolvidos e emergentes pela liderança na produção de conhecimento genômico e biotecnológico. Esse cenário pode ser entendido como parte da transição de sociedades industriais para sociedades da informação, onde o conhecimento se tornou o principal recurso econômico, e as biotecnologias (JASANOFF S, 2004), especialmente as biomédicas, são vistas como a grande promessa para a economia do conhecimento (ROSE N, 2010). Dentro dessa lógica, a medicina personalizada promete revolucionar a prática médica, oferecendo tratamentos sob medida com base nas características genéticas individuais dos pacientes. Isso implica selecionar terapias que são mais susceptíveis de funcionar para um paciente específico, reduzindo os efeitos colaterais e aumentando as chances de sucesso do tratamento. A European Science Foundation, em seu trabalho sobre medicina personalizada para os cidadãos europeus, destaca o potencial da medicina personalizada em transformar a maneira como as doenças são diagnosticadas, tratadas e prevenidas.

Eles enfatizam a importância de uma abordagem mais precisa e personalizada para a saúde, que pode levar a tratamentos mais eficazes e à prevenção de doenças. Essa perspectiva da European Science Foundation destaca a promessa da medicina personalizada para melhorar a saúde global (FOUNDATION ES, 2012). O Brasil, por sua vez, não fica para trás. A pesquisa genômica tem progredido gradualmente no país, com destaque para a área de oncologia. Iniciativas como o Brazilian Initiative on Precision Medicine (BIPMed) refletem o compromisso do país com avanços na medicina personalizada. A América Latina também está se posicionando no cenário global da medicina personalizada, com o lançamento do primeiro banco público de dados genômicos da região (TOLEDO K, 2015).

Além das iniciativas de pesquisa, laboratórios privados no Brasil e em outros lugares têm desempenhado um papel fundamental na disseminação da medicina personalizada. Eles oferecem testes genéticos ao público em geral, destacando a medicina personalizada como a "medicina do futuro" (MAUGHAN T, 2017; BARKER RW, 2017; JOHNSON KB, et al., 2021). Esses testes genéticos fornecem informações sobre predisposições genéticas a doenças, características hereditárias e até mesmo orientações personalizadas para um estilo de vida mais saudável, com base no perfil genético do indivíduo (TEIXEIRA TWD, et al., 2020). Esse empoderamento dos pacientes para tomar decisões informadas sobre sua saúde é um elemento central da medicina personalizada. No entanto, a medicina personalizada enfrenta desafios significativos que não

podem ser ignorados. Um dos principais pontos de preocupação é o alto custo associado a essa abordagem. O sequenciamento genômico e os testes genéticos podem ser caros, levantando questões sobre a acessibilidade e a equidade no acesso a tratamentos personalizados. Isso é especialmente relevante em sistemas de saúde pública, onde a alocação justa de recursos é essencial (IRIART JAB, 2019).

Além das preocupações financeiras, há debates em andamento sobre se a medicina personalizada é, de fato, o caminho para um mundo mais saudável. Algumas críticas argumentam que as promessas feitas em relação à medicina personalizada podem não ser inteiramente cumpridas, e que o retorno em termos de saúde pública pode ser menor do que o esperado. Essas questões envolvem não apenas a eficácia dos tratamentos personalizados, mas também a capacidade de implementar essa abordagem de forma abrangente e equitativa (COOTE JH e JOYNER MJ, 2015). As ciências sociais desempenham um papel fundamental na análise dos movimentos de transformação da medicina personalizada. Elas consideram a influência de fatores políticos, históricos e socioculturais que moldam a adoção e implementação da medicina personalizada. A ética também desempenha um papel crucial na discussão, uma vez que questões de privacidade, consentimento informado e discriminação genética precisam ser cuidadosamente consideradas (PRASAD V, 2016).

Por fim, um dos principais problemas apontados por muitos críticos da medicina personalizada é o quanto a ênfase de governos, agências financiadoras, indústrias farmacêuticas e da comunidade científica na pesquisa genômica e molecular está redirecionando as prioridades de pesquisa, relegando a segundo plano a atenção aos determinantes sociais de saúde e as ações preventivas com impacto populacional. Bayer R e Galea S (2015) destacam que, em 2014, o financiamento do Instituto Nacional de Saúde dos Estados Unidos (NIH) para áreas de pesquisa que incluíam termos como "gene", "genome" ou "genetic" foi 50% maior do que para as áreas relacionadas à "prevention".

De acordo com Khoury MJ e Galea S (2016), o financiamento do NIH para pesquisa em saúde pública vem diminuindo nos últimos dez anos, enquanto o investimento em pesquisa genômica tem crescido substancialmente. Joyner MJ e Paneth N (2015) questionam qual é o real impacto desse enorme investimento em MP para a saúde pública. Quais são, de fato, as contribuições da medicina personalizada no enfrentamento dos grandes desafios da saúde pública global? Será que a medicina personalizada reduzirá as principais causas de morbidade e mortalidade?

O vasto corpo de conhecimento que temos sobre os determinantes sociais da saúde indica que os grandes problemas de saúde pública não serão significativamente impactados pela Medicina de Precisão, a menos que as causas sociais subjacentes a esses problemas sejam efetivamente abordadas. Os avanços mais importantes na melhoria dos indicadores de saúde populacionais foram alcançados por meio da melhoria das condições socioeconômicas e de ações direcionadas a grupos populacionais, como saneamento básico, programas de vacinação e iniciativas de redução do consumo de tabaco.

A perspectiva privilegiada pela Medicina de Precisão, que foca em medicamentos de alto custo para beneficiar pequenas populações, não só terá um impacto populacional limitado, como também poderá desviar a atenção de intervenções e políticas populacionais de baixo custo e comprovadamente eficazes. Maughan T (2017) argumenta que, para se obter progresso na redução da mortalidade por câncer, o foco deve estar na prevenção primária, na detecção precoce e na otimização do tratamento logo após o diagnóstico.

O otimismo exagerado em relação às promessas da MP e seu foco no indivíduo também afetam a dinâmica do encontro clínico. Maughan T (2017) menciona casos de pacientes que chegam ao consultório já solicitando prescrições de novos medicamentos que pesquisaram na Internet. Para alguns pesquisadores e médicos, a medicina personalizada pode contribuir para o surgimento de uma nova geração que enxerga o mundo através de lentes cada vez mais individualistas (KHOURY MJ, 2016).

Em conclusão, o desenvolvimento da medicina personalizada ou de precisão é uma consequência direta da tecnocientificação da biomedicina, refletindo uma transformação significativa nas práticas médicas nas últimas décadas. Embora essa abordagem ofereça promessas consideráveis, como tratamentos mais eficazes e direcionados, ela também levanta desafios éticos, sociais e econômicos que não podem ser

ignorados. A medicina personalizada, ao focar em intervenções individualizadas baseadas em perfis genômicos, corre o risco de marginalizar as abordagens populacionais e preventivas que têm historicamente demonstrado impacto significativo na saúde pública. Para que o potencial da medicina personalizada seja plenamente realizado, é essencial que se encontre um equilíbrio entre as inovações tecnológicas e a atenção aos determinantes sociais da saúde, garantindo que os benefícios dessa nova era biomédica sejam acessíveis e relevantes para toda a população.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A medicina personalizada, ou de precisão, é uma área emergente com o potencial de transformar a prática médica ao adaptar tratamentos com base nas características genéticas, ambientais e de estilo de vida de cada paciente. Embora prometa melhorias significativas nos cuidados de saúde, enfrenta desafios consideráveis, como seu impacto na saúde pública, a equidade no acesso às tecnologias e os custos elevados. A pandemia da COVID-19 destacou sua relevância, mas também levantou questões éticas e legais, especialmente em relação ao uso de dados genéticos. Além disso, a medicina personalizada pode aprofundar desigualdades no acesso a serviços de saúde e comprometer o sigilo das informações genéticas dos pacientes. Para que avance de forma eficaz e inclusiva, é essencial a colaboração entre indústria, pesquisadores, profissionais de saúde e governos, orientada por políticas que assegurem equidade, segurança e eficácia.

## REFERÊNCIAS

1. AU L DA SILVA RGL. Globalizing the Scientific Bandwagon: Trajectories of Precision Medicine in China and Brazil. *Science, Technology, & Human Values*, 2021; 46(1): 192-225.
2. BARKER RW. Is precision medicine the future of healthcare? *Per Med*, 2017; 14(6): 459-461.
3. BAYER R e GALEA S. Public health in the precision-medicine era. *N Engl J Med*, 2015; 373: 499-501.
4. CLARKE AE, et al. Biomedicalization: technoscience, health, and illness in the U.S. Durham: Duke University Press. *American Sociological Review*, 2003; 68: 161-94.
5. COLLINS FS e VARMUS H. A new initiative on precision medicine. *N Engl J Med*, 2015; 372: 793-5.
6. COOTE JH e JOYNER MJ. Is precision medicine the route to a healthy world? *Lancet*, 2015; 385(9978): 1617.
7. DA SILVA R. Uma reflexão sobre agendas de pesquisa e inovação em saúde na pandemia da COVID-19. *Jour* 2020; 14: 1-8.
8. FOUNDATION ES. Personalised Medicine for the European citizen - towards more precise medicine for the diagnosis, treatment and prevention of disease. Strasbourg, 2012. Disponível em: <<http://archives.esf.org/coordinating-research/forward-looks/biomedical-sciences-med/current-forward-looks-in-biomedical-sciences/personalised-medicine-for-the-european-citizen.html>>. Acesso em: 12 fev. 2024.
9. HOOD L e FRIEND SH. Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. *Nat Rev Clin Oncol*, 2011; 8(3): 184-7.
10. IRIART JAB. Medicina de precisão/medicina personalizada: análise crítica dos movimentos de transformação da biomedicina no início do século XXI. *Cad Saúde Pública [Internet]*. 2019; 35(3): 00153118.
11. JASANOFF S. States of knowledge: the co-production of science and the social order. London: Routledge; 2004. Disponível em: <https://www.routledge.com>. Acesso em: 11 fev. 2024.
12. JOHNSON KB, et al. Precision Medicine, AI, and the Future of Personalized Health Care. *Clin Transl Sci*. 2021; 14(1): 86-93.
13. JOYNER MJ e PANETH N. Seven Questions for Personalized Medicine. *Jama*, 2015; 314(10): 999-1000.
14. KHOURY MJ, et al. Precision Public Health for the Era of Precision Medicine. *Am J Prev Med*, 2016. 50(3): 398-401.
15. KHOURY MJ e GALEA S. Will precision medicine improve population health? *JAMA*, 2016; 316(13): 1357-8.

16. MAMOSHINA P, et al. Converging blockchain and next-generation artificial intelligence technologies to decentralize and accelerate biomedical research and healthcare. *Oncotarget*, 2017; 9(5): 5665-90.
17. MARCUS AD. Covid-19 Raises Questions About the Value of Personalized Medicine. 2020. Disponível em: <https://www.wsj.com/articles/covid-19-raises-questions-about-the-value-of-personalized-medicine-11588949927>. Acesso em: 11 fev. 2024.
18. MAUGHAN T. The Promise and the Hype of 'Personalised Medicine'. *New Bioeth*, 2017; 23(1), 13-20.
19. MITTELSTADT BD, FLORIDI L. The Ethics of Big Data: Current and Foreseeable Issues in Biomedical Contexts. *Sci Eng Ethics*, 2016; 22(2): 303-41.
20. PARENS E. The Inflated Promise of Genomic Medicine: COVID-19 has laid bare the need to reconsider the hope and money we invest in genetics research. *Scientific American*, 2020. Disponível em: <https://www.geneticsandsociety.org/article/inflated-promise-genomic-medicine>. Acesso em: 15 fev. 2024.
21. PEREZ B. China's 'precision medicine' initiative gets lift from latest genomics company funding. *South China Morning Post* 2017. Disponível em: <https://www.scmp.com/tech/china-tech/article/2092362/chinas-precision-medicine-initiative-gets-lift-latest-genomics>. Acesso em: 15 fev. 2024.
22. PHILLIPS KA, et al. Genetic Test Availability And Spending: Where Are We Now? Where Are We Going? *Health Aff (Millwood)*, 2018; 37(5): 710-716.
23. RICHARD COOPER NP. Precision medicine: course correction urgently needed. 2020. Disponível em: < <https://www.statnews.com/2020/03/03/precision-medicine-course-correction-urgently-needed/> >. Acesso em: 16 fev. 2024.
24. ROSE N. A biomedicina transformará a sociedade? O impacto político, econômico, social e pessoal dos avanços médicos no século XXI. *Psicol Soc*, 2010; 22(3): 628-38.
25. TEIXEIRA TWD, et al. Medicina personalizada no tratamento do câncer/Personalized medicine in cancer treatment. *Brazilian Journal of Health Review*, 2020; 3(6): 18789-18793.
26. TOLEDO K. Primeiro banco público de dados genômicos da América Latina é lançado. 2015. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/primeiro-bancopublicodedadosgenomicosdaamericalatinaelancado/22255>. Acesso em: 11 fev. 2024.
27. TOPOL EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med*, 2019; 25(1): 44-56.