

Equidade e Representatividade em Imagem Cardiovascular: Um Imperativo Científico, Não Ideológico

Equity and Representation in Cardiovascular Imaging: A Scientific Imperative, Not an Ideological One

Enzo Crispino Calheiros,¹ Julia Schettini Veloso,¹ Antonildes Nascimento Assunção Junior,^{1,2} José Arimateia Batista Araujo-Filho^{1,3}

Hospital Sírio-Libanês,¹ São Paulo, SP – Brasil

Universidade de São Paulo, Instituto do Coração,² São Paulo, SP – Brasil

Grupo Fleury,³ São Paulo, SP – Brasil

Figura Central: Equidade e Representatividade em Imagem Cardiovascular: Um Imperativo Científico, Não Ideológico



Resumo

A medicina cardiovascular construiu boa parte de seu conhecimento sobre coortes predominantemente brancas e masculinas, que não refletem a diversidade dos pacientes atendidos. Como consequência, valores de referência,

Palavras-chave

Equidade; Diagnóstico por Imagem; Viés; Algoritmos

Correspondência: José Arimateia Batista Araujo-Filho •

Hospital Sírio-Libanês. Adma Jafet. CEP: 01308-050. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: ariaraujocg@gmail.com

Artigo recebido em 26/07/2026; revisado em 27/07/2026;

aceito em 27/07/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260094>

dispositivos e algoritmos podem apresentar acurácia desigual entre grupos, o que compromete a precisão do exame. Esta revisão examina, sob a ótica da imagem cardiovascular, como a sub-representação na pesquisa se traduz em iniquidades diagnósticas. Discutimos cenários em que a representatividade altera aquilo que o método revela: a amiloidose por transtirretina associada à variante Val142Ile em idosos afrodescendentes, as manifestações cardiopulmonares da anemia falciforme e os quadros predominantes em mulheres, como a isquemia com coronárias não obstruídas e a síndrome de Takotsubo. Abordamos ainda o viés de dispositivos e algoritmos, exemplificado pela oximetria de pulso e por modelos de inteligência artificial treinados em bases pouco diversas. Por fim, propomos uma agenda centrada na representatividade das coortes normativas, na validação por subgrupo e na implementação equitativa de novas tecnologias.

Introdução

As mudanças no cenário terapêutico e diagnóstico da cardiologia contemporânea trouxeram avanços inegáveis, mas também expuseram uma limitação estrutural do conhecimento sobre o qual historicamente construímos nossa prática. Boa parte dos valores de referência, dos limiares diagnósticos, dos algoritmos e mesmo dos dispositivos de que dispomos foi calibrada em coortes predominantemente brancas e masculinas, que muitas vezes não refletem a diversidade dos pacientes que atendemos. Um exame cuja acurácia varia conforme o sexo, a ancestralidade ou a raça do paciente é, antes de qualquer outra consideração, um exame menos preciso, e essa imprecisão prejudica a todos.

Nesse contexto, considerar equidade e representatividade na pesquisa e na prática em imagem cardíaca não constitui uma concessão a determinada agenda ideológica, mas uma exigência de compromisso ético e rigor científico. Afinal, a equidade não concorre com a precisão científica; ela decorre dela. Revisaremos aqui alguns dos principais pontos levantados pela literatura recente sobre essas questões.

O peso documentado das disparidades

As disparidades de desfecho na doença cardiovascular estão amplamente documentadas e são diretamente relacionadas às persistentes iniquidades no acesso à saúde globalmente, com populações historicamente sub-representadas em diversos estudos populacionais (Figura Central).

Indivíduos negros apresentam maior mortalidade cardiovascular e risco substancialmente mais elevado de eventos recorrentes, diferença que persiste após ajuste para fatores clínicos e que é, em grande parte, atribuída a determinantes sociais e ao acesso desigual ao cuidado.¹⁻³ Para o cardiologista e para o especialista em imagem cardiovascular, tais estatísticas não constituem pano de fundo distante: traduzem-se em atrasos diagnósticos, na subutilização de exames avançados e em oportunidades perdidas de prevenção justamente nos grupos de maior risco e vulnerabilidade.

Tais disparidades tampouco se distribuem ao acaso no território. O local de residência, sintetizado de forma imperfeita mas reveladora pelo código postal, funciona como marcador de exposições ambientais, condições socioeconômicas e acesso aos sistemas de saúde, a ponto de análises baseadas em código postal preverem desfechos cardiovasculares melhor do que dados clínicos isolados.^{4,5} Em coorte de base populacional, um índice de desvantagem do bairro explicou, isoladamente, cerca de três vezes mais da variação de eventos adversos por doença arterial coronariana entre vizinhanças do que o modelo de risco clínico (32% versus 10%).⁴ O reconhecimento de que o lugar em que se vive está relacionado a variáveis de risco levou à própria incorporação de variáveis geográficas às ferramentas de estratificação: a calculadora PREVENT, da American Heart Association, admite um complemento opcional baseado no código postal para captar o nível socioeconômico do bairro e refinar a predição para além dos fatores biológicos tradicionais.⁶ Para a imagem cardiovascular, a lição é análoga, na medida em que os determinantes que moldam quem adoece e quem tem acesso aos exames precisam ser considerados na indicação

e na interpretação, sob pena de reproduzirmos no laudo as desigualdades que se estabeleceram muito antes da aquisição das imagens.

Quando a representatividade muda o diagnóstico

Alguns cenários práticos ilustram como a representatividade de fatores como raça, ancestralidade e sexo pode influenciar aquilo que um método de imagem cardiovascular é capaz de revelar.

A amiloidose cardíaca por transtirretina hereditária associada à variante Val142Ile (antiga Val122Ile) é causa subdiagnosticada de insuficiência cardíaca em idosos negros, na qual o alelo está presente em cerca de 3% a 4% dos afrodescendentes nos Estados Unidos e é praticamente ausente na população branca.^{7,8} Vale precisar que a frequência dessa variante acompanha a ancestralidade genética (sobretudo a origem oeste-africana) e não a raça enquanto categoria social; a autodeclaração racial funciona, neste caso, como marcador imperfeito dessa ancestralidade. Durante décadas, esses pacientes foram rotulados como portadores de insuficiência cardíaca hipertensiva ou de insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada de origem indeterminada, precisamente porque tal entidade não era considerada. A imagem modificou esse cenário, uma vez que a cintilografia com radiotraçadores ósseos, o realce tardio subendocárdico e a elevação do volume extracelular ao mapeamento T1 na ressonância cardíaca permitem hoje o diagnóstico não invasivo. Não por acaso, o estudo SCAN-MP foi desenhado especificamente para rastrear amiloidose cardíaca por imagem nuclear em populações negras e hispânicas com insuficiência cardíaca, reconhecimento explícito de que a representatividade na pesquisa por imagem é condição para diagnosticar o que antes passava despercebido.⁹ Ignorar essa população não tornava a doença verdadeiramente rara; apenas a mantinha invisível.

A anemia falciforme oferece um segundo exemplo. Doença que acomete majoritariamente indivíduos de ascendência africana, encontra nas complicações cardiopulmonares, como hipertensão pulmonar, disfunção diastólica e morte súbita, a principal causa de mortalidade na idade adulta.^{10,11} Também aqui a imagem se mostra decisiva para a tomada de decisão clínica, uma vez que estudos de ressonância cardíaca demonstraram que esses pacientes desenvolvem uma cardiomiopatia restritiva peculiar, caracterizada por dilatação atrial e fisiologia restritiva, fenótipo que somente se tornou compreensível quando a população foi estudada com as ferramentas de imagem adequadas.^{12,13} Caso a pesquisa cardiovascular tivesse historicamente negligenciado esses pacientes, como em parte o fez, permaneceríamos sem um valioso arcabouço propedêutico para interpretar seus achados.

O gênero e o sexo oferecem um eixo igualmente instrutivo. Por décadas, a doença isquêmica foi estudada e definida a partir do padrão masculino de obstrução epicárdica, o que relegou a segundo plano os mecanismos que predominam nas mulheres. A isquemia e o infarto com coronárias não obstruídas (INOCA e MINOCA, do inglês *ischemia with non-obstructive coronary artery* e *myocardial infarction with non-obstructive*

coronary artery, respectivamente) ilustram bem o problema: em análise do estudo ISCHEMIA, a INOCA foi cerca de quatro vezes mais frequente em mulheres do que em homens (razão de chances de 4,2 [intervalo de confiança de 95%: 3,4–5,2] para o sexo feminino na análise multivariável).¹⁴ Como a angiografia convencional não resolve a microcirculação, esses quadros foram por muito tempo interpretados como dor não cardíaca, e é a imagem funcional (a reserva de fluxo coronariano por Tomografia por Emissão de Pósitrons (PET), a perfusão e o mapeamento por ressonância cardíaca) que hoje torna visível a disfunção microvascular subjacente. Na MINOCA, por sua vez, predominam mecanismos como ruptura ou erosão de placa, dissecação coronariana espontânea e espasmo, cuja elucidação depende de modalidades como a ressonância cardíaca e a imagem intracoronariana.

Fenômeno análogo se observa na síndrome de Takotsubo, entidade fortemente predominante em mulheres, sobretudo após a menopausa, na qual quase 90% dos casos do registro internacional ocorreram no sexo feminino,¹⁵ e cujo reconhecimento depende de padrões de balonamento ventricular caracterizados pela ventriculografia, pela ecocardiografia e pela ressonância cardíaca. Também aqui, portanto, o que se enxerga depende de se ter, antes, decidido procurar.

Vieses de dispositivos e algoritmos

O terceiro eixo, talvez o mais urgente na era da imagem quantitativa e da inteligência artificial, reside no viés embutido em dispositivos e algoritmos.

O caso da oximetria de pulso tornou-se emblemático, na medida em que pacientes negros apresentam cerca de três vezes mais hipoxemia oculta não detectada, em razão da interferência da maior pigmentação cutânea na leitura do dispositivo.¹⁶ O paralelo com a imagem cardiovascular é direto. Modelos de inteligência artificial treinados em bases pouco diversas tendem a definir o normal e o anormal a partir de uma população estreita e podem incorrer em erro sistemático quando aplicados a grupos sub-representados nos dados de treinamento.³ Tecnicamente, trata-se sobretudo de vies de representação e de agregação, descritos entre os principais mecanismos que limitam a generalização de modelos de inteligência artificial em saúde.¹⁷ Valores normativos de espessura miocárdica, *strain*, volume extracelular ou escore de cálcio coronariano derivados de coortes homogêneas correm o risco de classificar erroneamente pacientes cuja fisiologia foi pouco estudada. Um exemplo direto na imagem cardíaca é o de um modelo de aprendizagem profunda (subgrupo da inteligência artificial) para segmentação de ressonância cardíaca treinado predominantemente em indivíduos brancos, que exibiu desempenho sistematicamente inferior em pacientes negros e de raça mista até que estratégias de mitigação de vies fossem aplicadas.¹⁸

A diversidade das bases de treinamento é necessária, mas não suficiente. Modelos também exigem validação externa em populações distintas e monitoramento contínuo após sua implementação. Um algoritmo é tão equânime quanto os dados que o alimentam e tão confiável quanto a população

em que foi validado. A imagem cardíaca, cada vez mais dependente de medidas automatizadas, precisa enfrentar essa limitação de maneira transparente.

Da descrição à ação: uma agenda para a imagem cardiovascular

Convém esclarecermos aqui um ponto frequentemente mal compreendido. Estudar populações negligenciadas não representa um favor a determinado grupo, tampouco um exercício de correção política, mas uma estratégia científica que amplia o conhecimento aproveitável por todos.

Foi ao investigar a variante Val142Ile em pacientes negros que se refinou a compreensão da amiloidose por transtirretina como um todo, hoje reconhecida também em sua forma selvagem em idosos de todas as origens. Foi ao estudar a falcização que se caracterizou um fenótipo de cardiomiopatia restritiva de valor que transcende aquela doença. A ciência que exclui populações não se torna mais neutra; torna-se mais pobre, menos generalizável e menos precisa. A medicina personalizada, afinal, começa antes do tratamento: começa na produção da evidência.

Reconhecer as disparidades é apenas o primeiro passo; o desafio contemporâneo consiste em passar da descrição à ação. Editorial conjunto recente do American College of Cardiology, da American Heart Association, da European Society of Cardiology e da World Heart Federation propõe precisamente esse deslocamento, ao enquadrar a equidade em saúde não como agenda politizada, mas como fronteira científica da medicina cardiovascular, merecedora do mesmo rigor dedicado a qualquer outro campo.¹⁹ Para a nossa comunidade de imagem cardiovascular, esse enquadramento traduz-se em compromissos concretos.

O primeiro é a representatividade das coortes que definem a normalidade. Sempre que biologicamente plausível e clinicamente relevante, valores de referência de espessura miocárdica, *strain*, mapeamento T1 e volume extracelular, escore de cálcio coronariano e parâmetros ecocardiográficos deveriam ser estabelecidos e relatados em populações diversas quanto à ancestralidade e ao sexo, de modo que o próprio conceito de normal não seja tributário de uma amostra estreita.

O segundo é a validação por subgrupo de dispositivos e algoritmos. À semelhança do que a oximetria de pulso ensinou, ferramentas de imagem e modelos de inteligência artificial deveriam demonstrar desempenho consistente entre grupos antes de sua incorporação, com relato explícito de acurácia segundo variáveis relevantes, como raça, ancestralidade, sexo e tom de pele, em vez de se presumir a generalização a partir de dados de treinamento homogêneos. Essa avaliação deve incluir validação externa e vigilância após a implementação, pois o desempenho observado em uma coorte não garante sua reprodução em outra. Convém que esse esforço seja estruturado ao longo do ciclo de vida do modelo, desde a concepção e coleta de dados ao pré-processamento, à validação, à implantação e à vigilância pós-implantação. Além disso, o desempenho por subgrupo deve sempre ser aferido por métricas de equidade explícitas, como a paridade demográfica e a igualdade de oportunidade.¹⁷

O terceiro é a educação e a vigilância diagnóstica. Importa incorporar à formação do cardiologista e do radiologista o reconhecimento das entidades que a homogeneidade histórica manteve na sombra, como a amiloidose por transtirretina no idoso negro e as manifestações cardíacas da falcização, bem como o hábito de considerar, na indicação e na interpretação, os determinantes geográficos e sociais que condicionam o acesso.

Por fim, a implementação. Estratégias como a telemedicina, os protocolos abreviados e as tecnologias de menor custo têm potencial de aproximar a imagem avançada de populações historicamente desassistidas, desde que concebidas com equidade em mente, para que a inovação reduza, e não amplie, a distância entre os que se beneficiam e os que permanecem à margem.¹⁹ Cabe aqui uma ressalva de escopo: a estrutura das disparidades aqui discutida apoia-se em grande parte na evidência norte-americana, e tanto o perfil epidemiológico quanto as categorias sociodemográficas variam entre sistemas de saúde e populações. No Brasil, por exemplo, a intensa miscigenação limita a transposição direta de valores normativos e de frequências alélicas derivados de outras coortes. Este comentário, ademais, tem caráter de perspectiva e não constitui revisão sistemática da literatura.

Mensagem final

A imagem cardiovascular tem vocação particular para liderar a mudança necessária, por operar na fronteira entre a fisiologia mensurável e a decisão clínica. A verdadeira medida de sua excelência não está apenas na sofisticação crescente dos métodos, mas na capacidade de manter sua precisão para toda a população à qual pretendem servir. Representar melhor a diversidade humana não significa adaptar a ciência a uma agenda externa; significa aproximá-la da realidade biológica e social que ela pretende descrever. Quanto mais diversa é a evidência que sustenta nossos métodos, mais generalizável se torna o conhecimento produzido e mais preciso é o cuidado oferecido a cada paciente. Equidade, nesse sentido, não

se opõe à excelência científica; constitui uma de suas expressões mais concretas.

Contribuição dos Autores

Redação do manuscrito: Calheiros EC, Veloso JS; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Assunção Junior AN, Araujo-Filho JAB.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Durante a preparação deste trabalho, os autores utilizaram o ChatGPT para a elaboração da Figura 1. Após o uso desta ferramenta, os autores revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Akinmolayemi O, Sun Y, McClelland RL, Bancks MP, Post WS, Szklo M, et al. Racial Disparities in Incident and Recurrent Cardiovascular Events: The Multi-Ethnic Study of Atherosclerosis. *Am J Epidemiol*. 2025;194(8):2144-9. doi: 10.1093/aje/kwae399.
2. Garcia M, Almuwaqqat Z, Moazzami K, Young A, Lima BB, Sullivan S, et al. Racial Disparities in Adverse Cardiovascular Outcomes after a Myocardial Infarction in Young or Middle-Aged Patients. *J Am Heart Assoc*. 2021;10(17):e020828. doi: 10.1161/JAHA.121.020828.
3. Bayne J, Garry J, Albert MA. Brief Review: Racial and Ethnic Disparities in Cardiovascular Care with a Focus on Congenital Heart Disease and Precision Medicine. *Curr Atheroscler Rep*. 2023;25(5):189-95. doi: 10.1007/s11883-023-01093-3.
4. Musaogullari A, Moorhead J, Plana A, Johnson A. Space for Improvement: ZIP Codes Should Not Determine Cardiovascular Longevity, a Scoping Review. *Trends Cardiovasc Med*. 2025;35(4):214-8. doi: 10.1016/j.tcm.2024.12.005.
5. Dalton JE, Perzynski AT, Zidar DA, Rothberg MB, Coulton CJ, Milinovich AT, et al. Accuracy of Cardiovascular Risk Prediction Varies by Neighborhood Socioeconomic Position: A Retrospective Cohort Study. *Ann Intern Med*. 2017 Oct 3;167(7):456-64. doi: 10.7326/M16-2543.
6. Khan SS, Matsushita K, Sang Y, Ballew SH, Grams ME, Surapaneni A, et al. Development and Validation of the American Heart Association's PREVENT Equations. *Circulation*. 2024;149(6):430-49. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.067626.
7. Quarta CC, Buxbaum JN, Shah AM, Falk RH, Claggett B, Kitzman DW, et al. The Amyloidogenic V122I Transthyretin Variant in Elderly Black Americans. *N Engl J Med*. 2015;372(1):21-9. doi: 10.1056/NEJMoa1404852.
8. Buxbaum JN, Ruberg FL. Transthyretin V122I (pV142I)* Cardiac Amyloidosis: An Age-Dependent Autosomal Dominant Cardiomyopathy too Common to be Overlooked as a Cause of Significant Heart Disease in Elderly African Americans. *Genet Med*. 2017;19(7):733-42. doi: 10.1038/gim.2016.200.
9. Ruberg FL, Blanner WS, Chiuzan C, Connors LH, Einstein AJ, Fine D, et al. Design and Rationale the SCAN-MP (Screening for Cardiac Amyloidosis with Nuclear Imaging in Minority Populations) Study. *J Am Heart Assoc*. 2023;12(8):e028534. doi: 10.1161/JAHA.122.028534.

10. Ilonze C, Echefu GC, Broadnax AL, Johnson A, Etuk A, Ilonze OJ. Cardiovascular Complications of Sickle Cell Disease: A Primer for the General Clinician. *J Natl Med Assoc.* 2024;116(5):517-25. doi: 10.1016/j.jnma.2023.11.010.
11. Gladwin MT, Sachdev V, Jison ML, Shizukuda Y, Plehn JF, Minter K, et al. Pulmonary Hypertension as a Risk Factor for Death in Patients with Sickle Cell Disease. *N Engl J Med.* 2004;350(9):886-95. doi: 10.1056/NEJMoa035477.
12. Niss O, Quinn CT, Lane A, Daily J, Houry PR, Bakeer N, et al. Cardiomyopathy with Restrictive Physiology in Sickle Cell Disease. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2016;9(3):243-52. doi: 10.1016/j.jcmg.2015.05.013.
13. Wood KC, Gladwin MT, Straub AC. Sickle Cell Disease: At the Crossroads of Pulmonary Hypertension and Diastolic Heart Failure. *Heart.* 2020;106(8):562-8. doi: 10.1136/heartjnl-2019-314810.
14. Reynolds HR, Diaz A, Cyr DD, Shaw LJ, Mancini GBJ, Leipsic J, et al. Ischemia with Nonobstructive Coronary Arteries: Insights from the ISCHEMIA Trial. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2023;16(1):63-74. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.06.015.
15. Templin C, Ghadri JR, Diekmann J, Napp LC, Bataiosu DR, Jaguszewski M, et al. Clinical Features and Outcomes of Takotsubo (Stress) Cardiomyopathy. *N Engl J Med.* 2015;373(10):929-38. doi: 10.1056/NEJMoa1406761.
16. Sjoding MW, Dickson RP, Iwashyna TJ, Gay SE, Valley TS. Racial Bias in Pulse Oximetry Measurement. *N Engl J Med.* 2020;383(25):2477-8. doi: 10.1056/NEJMc2029240.
17. Hasanzadeh F, Josephson CB, Waters G, Adedinsowo D, Azizi Z, White JA. Bias Recognition and Mitigation Strategies in Artificial Intelligence Healthcare Applications. *NPJ Digit Med.* 2025;8(1):154. doi: 10.1038/s41746-025-01503-7.
18. Puyol-Antón E, Ruijsink B, Piechnik SK, Neubauer S, Petersen SE, Razavi R, et al. Fairness in cardiac MR image analysis: an investigation of bias due to data imbalance in deep learning-based segmentation. *Proceedings of the Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention 24th International Conference; 2021 Sep 27-Oct 1; Strasbourg, France. Part III.* Cham: Springer; 2011.
19. Itchhaporia D, Yancy CW, Rosen SE, Mbakwem AC, Münzel T, Timmis A, et al. Cardiovascular Health Equity: Time for a New Era of Science, Sociology, and Interventions: Joint Editorial on Behalf of the American College of Cardiology, the American Heart Association, the European Society of Cardiology, and the World Heart Federation. *J Am Coll Cardiol.* 2026;S0735-1097(26)05225-3. doi: 10.1016/j.jacc.2026.02.4871.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons