

## Aplicabilidade de Algoritmos de Aprendizado de Máquina no Diagnóstico de Arritmias – Quanto Tempo Até a Máquina Começar a nos Ensinar?

*Applicability of Machine Learning Algorithms in the Diagnosis of Arrhythmias – How Long Until The Machine Starts Teaching Us?*

Marcelo Martins Pinto Filho<sup>1</sup> 

Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais – Centro de Telessaúde,<sup>1</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

**Minieditorial referente ao artigo: Aplicabilidade de Algoritmos de Machine Learning no Diagnóstico de Fibrilação Atrial e SQTl por Interpretação de Eletrocardiograma: Uma Revisão Sistemática**

O eletrocardiograma (ECG), em uso clínico desde o início do século XX, continua sendo uma ferramenta adorada por cardiologistas, clínicos e estudantes de medicina. É indiscutivelmente o instrumento de cabeceira mais importante em cardiologia, essencial para o manejo de arritmias e síndromes isquêmicas agudas, além de orientar o tratamento eletrofisiológico. Ainda assim, os avanços na interpretação de eletrocardiografia foram modestos nos últimos cem anos. Os dispositivos tornaram-se mais portáteis, digitais e capazes de gravações mais longas, mas os princípios interpretativos fundamentais permanecem enraizados nos métodos do início do século XX.<sup>1</sup> Nos últimos anos, isso foi remodelado pelo surgimento de tecnologias computacionais, especialmente a inteligência artificial (IA). Ferramentas como redes neurais profundas (DNNs) e modelos de aprendizado de máquina (MLMs) estão possibilitando uma nova era na análise de ECG, a eletrocardiografia aprimorada por IA (ECG aprimorado por IA).<sup>2</sup>

Nesta edição do ABC Cardiol, Guimaraes do Nascimento et al. relatam uma revisão sistemática de estudos que avaliam a aplicabilidade do ECG com IA no diagnóstico de arritmias cardíacas.<sup>3</sup> Eles incluíram estudos de diferentes metodologias que abordaram o papel do ECG aprimorado por IA na detecção da síndrome do QT longo (SQTl) (um estudo), intervalo QT corrigido (QTc) (um estudo) e fibrilação atrial (FA) (onze estudos).

Para a detecção de SQTl oculta entre os tipos genéticos 1, 2 e 3, um modelo DNN superou a avaliação tradicional (baseada apenas no QTc) com uma AUC de 0,900 (IC de 95%, 0,876-0,925) versus 0,824 (IC de 95%, 0,79-0,858), respectivamente. O modelo também foi capaz de identificar

corretamente o tipo genético com uma AUC de 0,863 (IC de 95%, 0,792-0,934) a 0,944 (IC de 95%, 0,918-0,970), dependendo do tipo genético.<sup>4</sup>

No único estudo que avaliou o QTc *per se*, apenas a precisão da medição foi avaliada, com concordância razoável entre o QTc calculado por IA por um smartwatch e o ECG.<sup>5</sup> É importante destacar que a aferição automática do ECG é uma meta alcançada desde a década de 1970 com a implantação do software Glasgow e sua consolidação na década de 1980.<sup>6</sup> A novidade deste estudo reside em mostrar a precisão da medição em diferentes hardwares (o smartwatch) e a possibilidade de auto (ou contínua) medição do QTc.

Entre os artigos que avaliaram modelos de IA na detecção de FA, os métodos foram diversos; no entanto, no geral, os algoritmos de IA e os modelos DNN/ML demonstraram boa sensibilidade e especificidade. É importante destacar que esses estudos relataram a detecção de FA prevalente, com apenas um relatando a análise de ECG em participantes com ritmo sinusal para prever FA, resultando em desempenho modesto (AUM 0,64).<sup>7</sup> Entre as arritmias cardíacas, a FA tem ganhado particular interesse devido à sua relevância epidemiológica, à diversidade de opções de tratamento e à crescente variedade de estratégias de rastreamento. Embora os benefícios da detecção e do tratamento da FA subclínica ainda sejam discutíveis,<sup>8</sup> os benefícios do controle precoce do ritmo da FA clínica foram demonstrados.<sup>9</sup>

Este estudo analisa como a IA está sendo aplicada à eletrocardiografia, particularmente na área de arritmias, apresentando desempenho comparável aos métodos tradicionais, e se espera um rápido progresso no curto prazo. No entanto, várias ressalvas devem ser consideradas. A revisão inclui estudos publicados apenas até 2022 e, dado o crescimento exponencial da pesquisa nessa área, estudos importantes podem ter sido perdidos. Por exemplo, em julho de 2023, Yuan et al. relataram o uso de uma rede neural convolucional (CNN) para prever FA a partir de 907.858 ECGs em seis centros de Assuntos de Veteranos, alcançando uma AUC de 0,86 e uma precisão de 0,78.<sup>10</sup> No mesmo ano, Hygreaal et al. usaram um modelo semelhante em 478.963 ECGs de derivação única de 14.831 adultos mais velhos, alcançando uma AUC de 0,80.<sup>11</sup> Além disso, Habineza et al. também usaram CNN para prever FA em 1.230.809 ECGs (AUC 0,845).<sup>12</sup> A validação externa dos resultados dos estudos primários também é um ponto preocupante, visto que a

### Palavras-chave

Arritmia Cardíaca; Inteligência Artificial; Aprendizado de Máquina; Rede Neural; Eletrocardiograma

**Correspondência:** Marcelo Martins Pinto Filho •

Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Minas Gerais - Programa de Pós-Graduação em Infectologia e Medicina Tropical – Av. Alfredo Balena, 190. CEP 30130-100, Belo Horizonte, MG – Brasil

E-mail: marcelo128ufmg@gmail.com

Artigo recebido em 05/06/2025, revisado em 11/06/2025, aceito em 11/06/2025

**DOI:** <https://doi.org/10.36660/abc.20250405>

explicabilidade dos modelos de IA, em geral, não é satisfatória. A extração e a avaliação de dados de um único operador também levantam preocupações sobre viés de seleção.

Além da detecção de arritmia, o ECG aprimorado por IA é promissor para outras áreas, como a previsão de insuficiência cardíaca e resultados após eventos cardíacos agudos, o refinamento da estratificação de risco e a possibilidade de permitir relatórios automatizados sem a intervenção

do cardiologista.<sup>13,14</sup> No entanto, com essa transformação, surge a necessidade de cautela. A validação científica deve preceder o uso clínico ou comercial generalizado, e questões éticas — como a responsabilização em caso de erro de IA — devem ser abordadas pelas comunidades científica e regulatória.<sup>15</sup> Ainda assim, a ascensão da IA mantém a eletrocardiografia tão inovadora e intrigante quanto era há mais de um século.

## Referências

1. Stracina T, Ronzhina M, Redina R, Novakova M. Golden Standard or Obsolete Method? Review of ECG Applications in Clinical and Experimental Context. *Front Physiol.* 2022;13:867033. doi: 10.3389/fphys.2022.867033.
2. Rafie N, Kashou AH, Noseworthy PA. ECG Interpretation: Clinical Relevance, Challenges, and Advances. *Hearts.* 2021;2(4):505113. doi: 10.3390/hearts2040039.
3. Nascimento PCC, Martins MS, Improta-Caria AC, Aras Junior R. Applicability of Machine Learning Algorithms in Diagnosis of Atrial Fibrillation and LQTS by Electrocardiogram Interpretation: A Systematic Review. *Arq Bras Cardiol.* 2025; 122(8):e20240843. DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20240843i>.
4. Bos JM, Attia ZI, Albert DE, Noseworthy PA, Friedman PA, Ackerman MJ. Use of Artificial Intelligence and Deep Neural Networks in Evaluation of Patients with Electrocardiographically Concealed Long QT Syndrome from the Surface 12-Lead Electrocardiogram. *JAMA Cardiol.* 2021;6(5):532-8. doi: 10.1001/jamacardio.2020.7422.
5. Maille B, Wilkin M, Million M, Rességuier N, Franceschi F, Koutbi-Franceschi L, et al. Smartwatch Electrocardiogram and Artificial Intelligence for Assessing Cardiac-Rhythm Safety of Drug Therapy in the COVID-19 Pandemic. The QT-Logs Study. *Int J Cardiol.* 2021;331:333-9. doi: 10.1016/j.ijcard.2021.01.002.
6. Macfarlane PW, Kennedy J. Automated ECG interpretation – A Brief History from High Expectations to Deepest Networks. *Hearts.* 2021;2(4):433-8. doi: 10.3390/hearts2040034.
7. Yang HW, Hsiao CY, Peng YQ, Lin TY, Tsai LW, Lin C, et al. Identification of Patients with Potential Atrial Fibrillation during Sinus Rhythm Using Isolated P Wave Characteristics from 12-Lead ECGs. *J Pers Med.* 2022;12(10):1608. doi: 10.3390/jpm12101608.
8. Winstén AK, Langén V, Airaksinen KEJ, Teppo K. Net Benefit of Anticoagulation in Subclinical Device-Detected Atrial Fibrillation. *JAMA Netw Open.* 2025;8(5):e258461. doi: 10.1001/jamanetworkopen.2025.8461.
9. Kirchhof P, Camm AJ, Goette A, Brandes A, Eckardt L, Elvan A, et al. Early Rhythm-Control Therapy in Patients with Atrial Fibrillation. *N Engl J Med.* 2020;383(14):1305-16. doi: 10.1056/NEJMoa2019422.
10. Yuan N, Duffy G, Dhruva SS, Oesterle A, Pellegrini CN, Theurer J, et al. Deep Learning of Electrocardiograms in Sinus Rhythm from US Veterans to Predict Atrial Fibrillation. *JAMA Cardiol.* 2023;8(12):1131-9. doi: 10.1001/jamacardio.2023.3701.
11. Hygrel T, Viberg F, Dahlberg E, Charlton PH, Gudmundsdottir KK, Mant J, et al. An Artificial Intelligence-Based Model for Prediction of Atrial Fibrillation from Single-Lead Sinus Rhythm Electrocardiograms Facilitating Screening. *Europace.* 2023;25(4):1332-8. doi: 10.1093/europace/euad036.
12. Habineza T, Ribeiro AH, Gedon D, Behar JA, Ribeiro ALP, Schön TB. End-to-End Risk Prediction of Atrial Fibrillation from the 12-Lead ECG by Deep Neural Networks. *J Electrocardiol.* 2023;81:193-200. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2023.09.011.
13. Ribeiro AH, Ribeiro MH, Paixão GMM, Oliveira DM, Gomes PR, Canazart JA, et al. Automatic Diagnosis of the 12-Lead ECG Using a Deep Neural Network. *Nat Commun.* 2020;11(1):1760. doi: 10.1038/s41467-020-15432-4.
14. Santana WB Jr, Pinto MM Filho, Barreto SM, Foppa M, Giatti L, Khera R, et al. Use of Artificial Intelligence Applied to Electrocardiogram for Diagnosis of Left Ventricular Systolic Dysfunction. *Arq Bras Cardiol.* 2025;122(4):e20240740. doi: 10.36660/abc.20240740.
15. Khera R, Oikonomou EK, Nadkarni GN, Morley JR, Wiens J, Butte AJ, et al. Transforming Cardiovascular Care with Artificial Intelligence: From Discovery to Practice: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2024;84(1):97-114. doi: 10.1016/j.jacc.2024.05.003.

