

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL APLICADA AO ELETROCARDIOGRAMA NO RASTREAMENTO DA INSUFICIÊNCIA CARDÍACA

leticiamurtatimoteo@gmail.com (Letícia Timóteo Murta)

AUTORES: Letícia Timóteo Murta – UniRV, Campus Goianésia; Adrielly Caroliny da Silva – UniRV, Campus Goianésia; Eduarda Fonseca Valgoi – Feevale; Thaíse Rodrigues Crispim – FAMENE; Thaywana Noronha - Universidade Nilton Lins; Ana Beatriz de Souza Gomes - Uninassau Doroteias Fortaleza; Ana Lucia Silva Tavares - Unifacema – Caxias; Gabriella Soares Canguçu de Queiroz - Afya Palmas; Daphyne Milena Gomes da Silva - Univisa- Centro Universitário da Vitória de Santo Antão ; Paula Cristina de Souza Barbosa – UniRV, Campus Formosa.

Palavras-chave: Aprendizado profundo; Disfunção ventricular esquerda; Fração de ejeção.

Área temática: Tecnologias Emergentes em Cardiologia.

INTRODUÇÃO

A insuficiência cardíaca (IC) é uma síndrome clínica associada a elevada morbimortalidade, cuja evolução pode ser precedida por alterações estruturais e funcionais antes do surgimento de sintomas evidentes. Nesse contexto, a identificação precoce da disfunção sistólica ventricular esquerda (DSVE) e da redução da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) pode favorecer investigação e acompanhamento oportunos.

A ecocardiografia é fundamental para avaliação da função ventricular, porém seu emprego indiscriminado como método de rastreamento encontra limitações relacionadas à disponibilidade e aos recursos necessários. O eletrocardiograma (ECG), por outro lado, é rápido, não invasivo e amplamente disponível, embora sua interpretação convencional tenha capacidade limitada para reconhecer alterações subclínicas da função cardíaca.

Com o avanço da inteligência artificial (IA), especialmente dos modelos de aprendizado profundo, tornou-se possível identificar padrões eletrocardiográficos complexos associados à redução da função ventricular que podem não ser perceptíveis à análise visual convencional. Assim, o ECG associado à IA tem sido estudado como ferramenta de triagem para reconhecer indivíduos com maior probabilidade de apresentar baixa FEVE ou DSVE (ATTIA et al., 2019; BJERKÉN et al., 2023).

O presente estudo objetiva analisar as evidências científicas sobre a aplicação da inteligência artificial ao eletrocardiograma no rastreamento de alterações relacionadas à insuficiência cardíaca, com ênfase na identificação de DSVE e redução da FEVE, além de discutir sua aplicabilidade e limitações.

METODOLOGIA

Trata-se de revisão narrativa e descritiva da literatura. Foram consultadas as bases PubMed/MEDLINE e SciELO, utilizando combinações dos termos *Artificial Intelligence*, *Deep Learning*, *Electrocardiogram*, *Heart Failure*, *Left Ventricular Systolic Dysfunction* e *Ejection Fraction*.

Foram priorizados estudos publicados entre 2019 e 2025 diretamente relacionados à utilização de inteligência artificial aplicada ao ECG para identificação de redução da função ventricular. Selecionaram-se sete publicações, incluindo estudos de desenvolvimento e validação de algoritmos, ensaios clínicos, revisão sistemática e metanálise. A análise considerou desempenho diagnóstico, aplicabilidade clínica e limitações relatadas pelos autores.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A associação entre inteligência artificial e eletrocardiografia possibilita extrair informações do sinal elétrico cardíaco que ultrapassam os padrões tradicionalmente reconhecidos. Redes neurais profundas analisam múltiplas características do traçado e podem estabelecer relações entre o ECG e alterações funcionais do coração.

Attia et al. (2019) demonstraram essa possibilidade ao desenvolver uma rede neural aplicada ao ECG de 12 derivações para identificação de disfunção ventricular. O algoritmo, construído a partir de dezenas de milhares de registros associados a dados ecocardiográficos, apresentou elevada capacidade discriminatória para reconhecer FEVE reduzida, indicando que sinais relacionados à função contrátil podem estar presentes no ECG mesmo quando não são evidentes à interpretação convencional.

A aplicabilidade clínica foi posteriormente avaliada no estudo EAGLE. Yao et al. (2021), em ensaio pragmático randomizado com mais de 22 mil pacientes da atenção primária, observaram que a disponibilização do resultado do algoritmo aos profissionais aumentou a identificação de indivíduos com baixa FEVE, sobretudo entre aqueles classificados pela IA como de maior risco.

Bjerkén et al. (2023), em revisão sistemática sobre o uso de ECG habilitado por IA para rastreamento da DSVE, identificaram desempenho diagnóstico favorável na maioria dos estudos. Entretanto, ressaltaram diferenças metodológicas entre algoritmos e populações, além da necessidade de validação externa antes da aplicação generalizada dessas ferramentas.

No Brasil, Santana Júnior et al. (2025) analisaram 2.567 participantes do ELSA-Brasil. Para identificação de FEVE inferior a 40%, o modelo apresentou área sob a curva ROC de 0,947, sensibilidade de 69,0%, especificidade de 97,6% e valor preditivo negativo de 99,6%. A sensibilidade foi superior à obtida pela avaliação de alterações eletrocardiográficas maiores convencionais, reforçando a capacidade da IA de extrair informações adicionais de um exame já amplamente utilizado.

Hou et al. (2025) também desenvolveram modelo baseado em ECG de 12 derivações para detectar redução da FEVE. O algoritmo apresentou área sob a curva de 0,965 para FEVE $\leq 50\%$ no conjunto de teste e manteve desempenho favorável em validação externa. Além disso, indivíduos com função ventricular inicialmente preservada, mas classificados como positivos pela IA, apresentaram maior ocorrência posterior de redução da FEVE, sugerindo potencial para identificação precoce de risco.

Em revisão sistemática e metanálise, Gayathiri et al. (2025) observaram desempenho promissor dos modelos baseados em ECG para identificação de baixa FEVE. Contudo, apontaram heterogeneidade entre estudos, diferentes pontos de corte e menor consistência nos casos de redução mais leve da função ventricular, reforçando a importância da validação em diferentes populações.

O impacto da tecnologia sobre a prática clínica também foi avaliado por Tsai et al. (2025), em ensaio pragmático randomizado com 13.631 pacientes hospitalizados. A utilização de um sistema de apoio à decisão baseado em IA aumentou a identificação de novos casos de baixa FEVE em 30 dias, de 1,1% no grupo controle para 1,5% no grupo intervenção. Apesar do aumento da detecção, não houve crescimento global na utilização de ecocardiogramas, sugerindo maior direcionamento da investigação para indivíduos de maior risco.

Em conjunto, esses resultados sustentam o uso do ECG associado à inteligência artificial principalmente como instrumento de rastreamento e estratificação inicial, e não como método diagnóstico isolado. A identificação de baixa FEVE ou DSVE pelo algoritmo pode auxiliar na seleção de pacientes que necessitam de ecocardiografia e avaliação especializada.

Entretanto, a redução da FEVE não equivale, isoladamente, ao diagnóstico clínico de insuficiência cardíaca. A síndrome exige integração entre manifestações clínicas e alterações cardíacas objetivas. Além disso, diferenças entre equipamentos, populações, algoritmos e critérios utilizados podem modificar o desempenho dos modelos. Portanto, validação externa, estudos prospectivos e avaliação do impacto clínico permanecem necessários antes da incorporação ampla dessas ferramentas (BJERKÉN et al., 2023; GAYATHIRI et al., 2025).

CONCLUSÃO

A inteligência artificial aplicada ao eletrocardiograma apresenta potencial relevante como ferramenta auxiliar no rastreamento de alterações associadas à insuficiência cardíaca, especialmente na identificação de disfunção sistólica ventricular esquerda e redução da fração de ejeção. Estudos de validação e ensaios clínicos demonstram que esses modelos podem reconhecer indivíduos de maior risco e contribuir para o direcionamento da investigação complementar.

A combinação entre a ampla disponibilidade do ECG e a capacidade analítica da inteligência artificial pode favorecer estratégias de detecção precoce e seleção mais eficiente de pacientes para ecocardiografia. Entretanto, a tecnologia deve ser utilizada como suporte à decisão clínica, e não como substituta da avaliação

médica e dos métodos diagnósticos estabelecidos. A validação em diferentes populações e a análise de seus impactos clínicos permanecem essenciais para sua incorporação segura na prática cardiovascular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATTIA, Zachi I. et al. **Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram.** *Nature Medicine*, v. 25, n. 1, p. 70-74, 2019. DOI: 10.1038/s41591-018-0240-2.

BJERKÉN, Laura Vindeløv et al. **Artificial intelligence enabled ECG screening for left ventricular systolic dysfunction: a systematic review.** *Heart Failure Reviews*, v. 28, n. 2, p. 419-430, 2023. DOI: 10.1007/s10741-022-10283-1.

GAYATHIRI, R. R. et al. **Artificial intelligence in ECG-based diagnosis of low left ventricular ejection fraction: a systematic review and meta-analysis.** *Biomedical Engineering Letters*, v. 15, n. 4, p. 661-676, 2025. DOI: 10.1007/s13534-025-00479-3.

HOU, Yuxin et al. **Deep learning-based 12-lead electrocardiogram for low left ventricular ejection fraction detection in patients.** *Canadian Journal of Cardiology*, v. 41, n. 2, p. 278-290, 2025. DOI: 10.1016/j.cjca.2024.09.018.

SANTANA JÚNIOR, Wilton Batista de et al. **Uso da inteligência artificial aplicada ao eletrocardiograma para diagnóstico de disfunção sistólica ventricular esquerda.** *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, v. 122, n. 4, e20240740, 2025. DOI: 10.36660/abc.20240740.

TSAI, Dung-Jang et al. **Artificial intelligence-assisted diagnosis and prognostication in low ejection fraction using electrocardiograms in inpatient department: a pragmatic randomized controlled trial.** *BMC Medicine*, v. 23, art. 342, 2025. DOI: 10.1186/s12916-025-04190-z.

YAO, Xiaoxi et al. **Artificial intelligence-enabled electrocardiograms for identification of patients with low ejection fraction: a pragmatic, randomized clinical trial.** *Nature Medicine*, v. 27, n. 5, p. 815-819, 2021. DOI: 10.1038/s41591-021-01335-4.