

## Combinação de Ferramentas de Telecardiologia para Estratificação de Risco Cardiovascular na Atenção Primária: Dados do Estudo PROVAR+

*Combination of Tele-Cardiology Tools for Cardiovascular Risk Stratification in Primary Care: Data from the PROVAR+ Study*

Lucas Leal Fraga,<sup>1</sup> Bruno Ramos Nascimento,<sup>1,2,3</sup> Beatriz Costa Haiashi,<sup>4</sup> Alexandre Melo Ferreira,<sup>4</sup> Mauro Henrique Agapito Silva,<sup>4</sup> Isabely Karoline da Silva Ribeiro,<sup>5</sup> Gabriela Aparecida Silva,<sup>5</sup> Wanessa Campos Vinhal,<sup>5</sup> Mariela Mata Coimbra,<sup>5</sup> Cássia Aparecida Silva,<sup>1</sup> Cristiana Rosa Lima Machado,<sup>5</sup> Magda C. Pires,<sup>6</sup> Marina Gomes Diniz,<sup>4</sup> Luiza Pereira Afonso Santos,<sup>7</sup> Arthur Maia Amaral,<sup>8</sup> Lucas Chaves Diamante,<sup>4</sup> Henrique Leão Fava,<sup>4</sup> Craig Sable,<sup>9</sup> Maria Carmo Pereira Nunes,<sup>3,4</sup> Antonio Luiz P. Ribeiro,<sup>4</sup> Clareci Silva Cardoso,<sup>5</sup>

Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais – Serviço de Cardiologia e Cirurgia Cardiovascular,<sup>1</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

Hospital Madre Teresa – Serviço de Hemodinâmica,<sup>2</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Clínica Médica – Faculdade de Medicina,<sup>3</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais – Centro de Telessaúde,<sup>4</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

Universidade Federal de São João del Rei – Campus Centro-Oeste Dona Lindu – Campus Divinópolis,<sup>5</sup> Divinópolis, MG – Brasil

Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Exatas – Departamento de Estatística,<sup>6</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

Faculdade de Ciências Médicas de Minas Gerais – Faculdade de Medicina,<sup>7</sup> Belo Horizonte, MG – Brasil

Universidade Federal de Ouro Preto – Departamento de Medicina,<sup>8</sup> Ouro Preto, MG – Brasil

Children's National Health System – Cardiology,<sup>9</sup> Washington, District of Columbia – EUA

### Resumo

**Fundamento:** As ferramentas de telecardiologia são estratégias valiosas para melhorar a estratificação de risco.

**Objetivo:** Objetivamos avaliar a acurácia da tele-eletrocardiografia (ECG) para predizer anormalidades no ecocardiograma de rastreamento na atenção primária.

**Métodos:** Em 17 meses, 6 profissionais de saúde em 16 unidades de atenção primária foram treinados em protocolos simplificados de ecocardiografia portátil. Tele-ECGs foram registrados para diagnóstico final por um cardiologista. Pacientes consentidos com anormalidades maiores no ECG pelo código de Minnesota e uma amostra 1:5 de indivíduos normais foram submetidos a um questionário clínico e ecocardiograma de rastreamento interpretado remotamente. A doença cardíaca grave foi definida como doença valvular moderada/grave, disfunção/hipertrofia ventricular, derrame pericárdico ou anormalidade da motilidade. A associação entre alterações maiores do ECG e anormalidades ecocardiográficas foi avaliada por regressão logística da seguinte forma: 1) modelo não ajustado; 2) modelo 1 ajustado por idade/sexo; 3) modelo 2 mais fatores de risco (hipertensão/diabetes); 4) modelo 3 mais história de doença cardiovascular (Chagas/cardiopatia reumática/cardiopatia isquêmica/AVC/insuficiência cardíaca). Foram considerados significativos valores de  $p < 0,05$ .

**Resultados:** No total, 1.411 pacientes realizaram ecocardiograma, sendo 1.149 (81%) com anormalidades maiores no ECG. A idade mediana foi de 67 anos (intervalo interquartil de 60 a 74) e 51,4% eram do sexo masculino. As anormalidades maiores no ECG se associaram a uma chance 2,4 vezes maior de doença cardíaca grave no ecocardiograma de rastreamento na análise bivariada (OR = 2,42 [IC 95% 1,76 a 3,39]) e permaneceram significativas ( $p < 0,001$ ) após ajustes no modelo 2 (OR = 2,57 [IC 95% 1,84 a 3,65]), modelo 3 (OR = 2,52 [IC 95% 1,80 a 3,58]) e modelo 4 (OR = 2,23 [IC 95% 1,59 a 3,19]). Idade, sexo masculino, insuficiência cardíaca e doença cardíaca isquêmica também foram preditores independentes de doença cardíaca grave no ecocardiograma.

**Correspondência:** Bruno Ramos Nascimento •

Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Minas Gerais – Serviço de Cardiologia e Cirurgia Cardiovascular – Rua Professor Alfredo Balena, 110, 1º andar. CEP 30130-100, Belo Horizonte, MG – Brasil

E-mail: ramosnas@gmail.com

Artigo recebido em 14/09/2023, revisado em 14/11/2023, aceito em 13/12/2023

Editor responsável pela revisão: Gláucia Maria Moraes de Oliveira

**DOI:** <https://doi.org/10.36660/abc.20230653>

**Conclusões:** As anormalidades do tele-ECG aumentaram a probabilidade de doença cardíaca grave no ecocardiograma de rastreamento, mesmo após ajustes para variáveis demográficas e clínicas.

**Palavras-chave:** Doenças Cardiovasculares; Programas de Rastreamento; Telemedicina; Eletrocardiografia; Grau de Risco.

**Abstract**

**Background:** Tele-cardiology tools are valuable strategies to improve risk stratification.

**Objective:** We aimed to evaluate the accuracy of tele-electrocardiography (ECG) to predict abnormalities in screening echocardiography (echo) in primary care (PC).

**Methods:** In 17 months, 6 health providers at 16 PC units were trained on simplified handheld echo protocols. Tele-ECGs were recorded for final diagnosis by a cardiologist. Consented patients with major ECG abnormalities by the Minnesota code, and a 1:5 sample of normal individuals underwent clinical questionnaire and screening echo interpreted remotely. Major heart disease was defined as moderate/severe valve disease, ventricular dysfunction/hypertrophy, pericardial effusion, or wall-motion abnormalities. Association between major ECG and echo abnormalities was assessed by logistic regression as follows: 1) unadjusted model; 2) model 1 adjusted for age/sex; 3) model 2 plus risk factors (hypertension/diabetes); 4) model 3 plus history of cardiovascular disease (Chagas/rheumatic heart disease/ischemic heart disease/stroke/heart failure). P-values < 0.05 were considered significant.

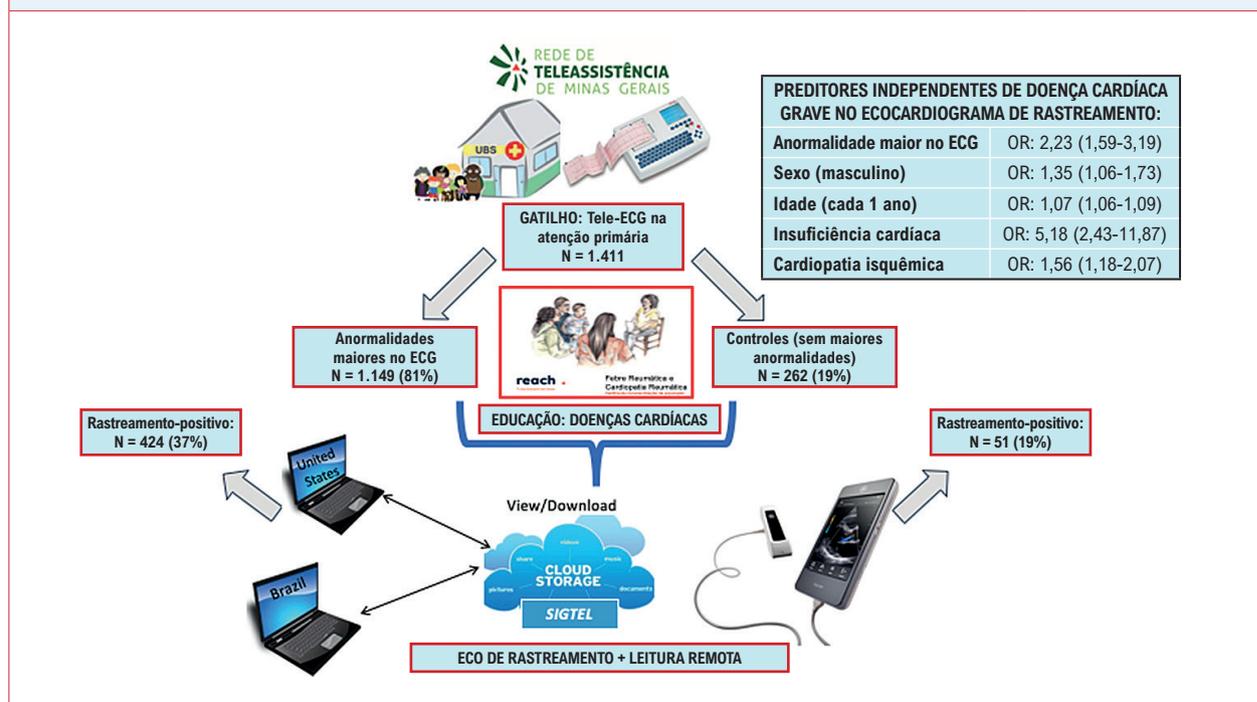
**Results:** A total 1,411 patients underwent echo; 1,149 (81%) had major ECG abnormalities. Median age was 67 (IQR 60 to 74) years, and 51.4% were male. Major ECG abnormalities were associated with a 2.4-fold chance of major heart disease on echo in bivariate analysis (OR = 2.42 [95% CI 1.76 to 3.39]), and remained significant after adjustments in models (p < 0.001) 2 (OR = 2.57 [95% CI 1.84 to 3.65]), model 3 (OR = 2.52 [95% CI 1.80 to 3.58]), and model 4 (OR = 2.23 [95% CI 1.59 to 3.19]). Age, male sex, heart failure, and ischemic heart disease were also independent predictors of major heart disease on echo.

**Conclusions:** Tele-ECG abnormalities increased the likelihood of major heart disease on screening echo, even after adjustments for demographic and clinical variables.

**Keywords:** Cardiovascular Diseases; Mass Screening; Telemedicine; Electrocardiography; Risk Grade.

Full texts in English - <https://abccardiol.org/en/>

**Figura Central: Combinação de Ferramentas de Telecardiologia para Estratificação de Risco Cardiovascular na Atenção Primária: Dados do Estudo PROVAR+**



Arq Bras Cardiol. 2024; 121(2):e20230653

ECG: eletrocardiografia; ECO: ecocardiograma.

### Introdução

O Brasil enfrenta uma alta incidência de doenças cardiovasculares como a causa principal de mortalidade, padrão semelhante ao observado em países desenvolvidos.<sup>1</sup> Porém, por ser um país em desenvolvimento com um sistema de saúde único e universal (Sistema Único de Saúde – SUS), surgem desafios significativos na busca de um equilíbrio entre a prevenção e o tratamento, em um cenário epidemiológico que mescla características de países desenvolvidos e em desenvolvimento.<sup>2</sup> Portanto, é essencial adotar estratégias eficazes para melhorar a alocação de recursos de saúde, com foco na prevenção. A realocação de recursos para áreas prioritárias requer uma abordagem estratégica que exige tecnologia e conhecimento médico.

Uma ferramenta crucial para o rastreamento cardiovascular é o ecocardiograma, que permite detectar, classificar e estratificar o risco de doença cardíaca (DC) estrutural. Graças ao desenvolvimento da tecnologia, a ecocardiografia tem se tornado progressivamente portátil e acessível, passando dos centros de imagem para os locais de atendimento, com potencial para chegar a ambientes não atendidos.<sup>3,4</sup> Portanto, uma abordagem em duas etapas, que inclui a realização do ecocardiograma por não especialistas, seguida de interpretação remota por cardiologistas credenciados, é uma estratégia de rastreamento promissora.<sup>5,6</sup> Isso pode permitir uma alocação de recursos mais eficaz e a implementação de programas de rastreamento mais amplos, permitindo um diagnóstico mais precoce e um tratamento imediato, especialmente onde os recursos são escassos.

Atualmente, o SUS permite que médicos da atenção primária (AP) solicitem ecocardiografia para qualquer finalidade diagnóstica, e os pacientes são priorizados apenas com base na data da solicitação. As longas filas e a falta de um sistema de priorização para casos mais urgentes frequentemente levam a atrasos no diagnóstico, contribuindo para resultados desfavoráveis.<sup>5,6</sup> Neste cenário, uma vez que os sistemas de saúde locais têm uma disponibilidade extremamente limitada de exames especializados e encaminhamentos para atenção secundária, longos tempos de espera são comumente observados. Além disso, são frequentes os encaminhamentos de pacientes sem alterações clínicas significativas para exames especializados, contribuindo para longos atrasos.<sup>7</sup> Na tentativa de solucionar esse problema, foi demonstrado que a adição do ecocardiograma de rastreamento a um escore de estratificação de risco clínico pode ser uma ferramenta promissora para priorizar encaminhamentos para consultas convencionais de ecocardiografia e cardiologia, o que pode potencialmente resultar na redução das listas de espera em áreas sub-atendidas e em melhor alocação de recursos de saúde.<sup>5,7</sup>

Uma importante ferramenta para expansão da ecocardiografia portátil é a telemedicina, pois permite a pronta interpretação remota por especialistas, especialmente em regiões de maior vulnerabilidade social.<sup>5-7</sup> A Rede de Telessaúde de Minas Gerais foi implementada em 2005 pelo Governo do Estado de Minas Gerais, com o objetivo de conectar hospitais universitários aos serviços de saúde locais, oferecendo suporte aos profissionais de saúde por

meio de tele-eletrocardiografia (ECG), teleassistência e, mais recentemente, tele-ecocardiografia, além de fornecer suporte por meio de teleconsultas.<sup>8</sup> O sistema de tele-ECG já está disponível em todo o país, com recente expansão para outras nações da América do Sul.<sup>9</sup> No presente estudo, objetivamos avaliar a acurácia da tele-ECG em locais remotos para prever anormalidades no ecocardiograma de rastreamento na AP brasileira, como uma estratégia combinada para estratificação de risco.

### Métodos

Os procedimentos e métodos do presente estudo serão disponibilizados para replicação mediante solicitação razoável dirigida ao autor correspondente. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob número CAAE 37228120.9.0000.5149 e pelos conselhos de saúde locais. O estudo PROVAR+ é um programa de rastreamento cardiovascular estabelecido em 2014, como uma colaboração internacional entre a UFMG, a Rede de Telessaúde de Minas Gerais<sup>8</sup> e o Children's National Health System, Washington, DC, Estados Unidos. O presente subestudo foi realizado entre fevereiro de 2022 e maio de 2023 em Divinópolis, localizada na região central de Minas Gerais, no Sudeste do Brasil. A cidade possui 231.091 habitantes e Índice de Desenvolvimento Humano médio de 0,764 (Figura Suplementar 1).

O estudo PROVAR+ utiliza não especialistas para aquisição de imagens por meio de transferência de tarefas (*task-shifting*), em dispositivos portáteis (VScan® Extend, GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos) para detecção ecocardiográfica de DC na AP e interpretação remota por especialistas no Brasil e Estados Unidos segundo critérios da Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE).<sup>10</sup> Os centros de AP que participaram do estudo foram incluídos de acordo com as prioridades das autoridades de saúde, com base em baixos índices socioeconômicos (considerando o Índice de Desenvolvimento Humano) e acesso limitado à atenção cardiovascular secundária e terciária, com longas filas para ecocardiografia padrão eletiva.

### Implementação e treinamento

Durante a fase de implementação, 6 profissionais de saúde (3 enfermeiros, 3 técnicos de enfermagem) em 16 centros de AP passaram por um processo educacional misto sobre ecocardiografia, composto por 9 módulos on-line padronizados (disponíveis em: <http://www.wiredhealthresources.net/EchoProject/index.html>) e foram treinados em protocolos ecocardiográficos simplificados no Hospital Universitário da UFMG, utilizando máquinas portáteis, realizando em média 32 horas de treinamento prático. Localmente, um currículo educacional para pacientes/comunidades sobre DC foi implementado pela equipe do estudo, agentes comunitários de saúde e estudantes de medicina, durante visitas regulares e em atividades de grupo programadas (conhecidas como Grupos Operacionais), usando *flipcharts* educacionais impressos projetados para o estudo, como uma colaboração com a Reach Foundation, Cidade do Cabo, África do Sul (Figura Suplementar 2).

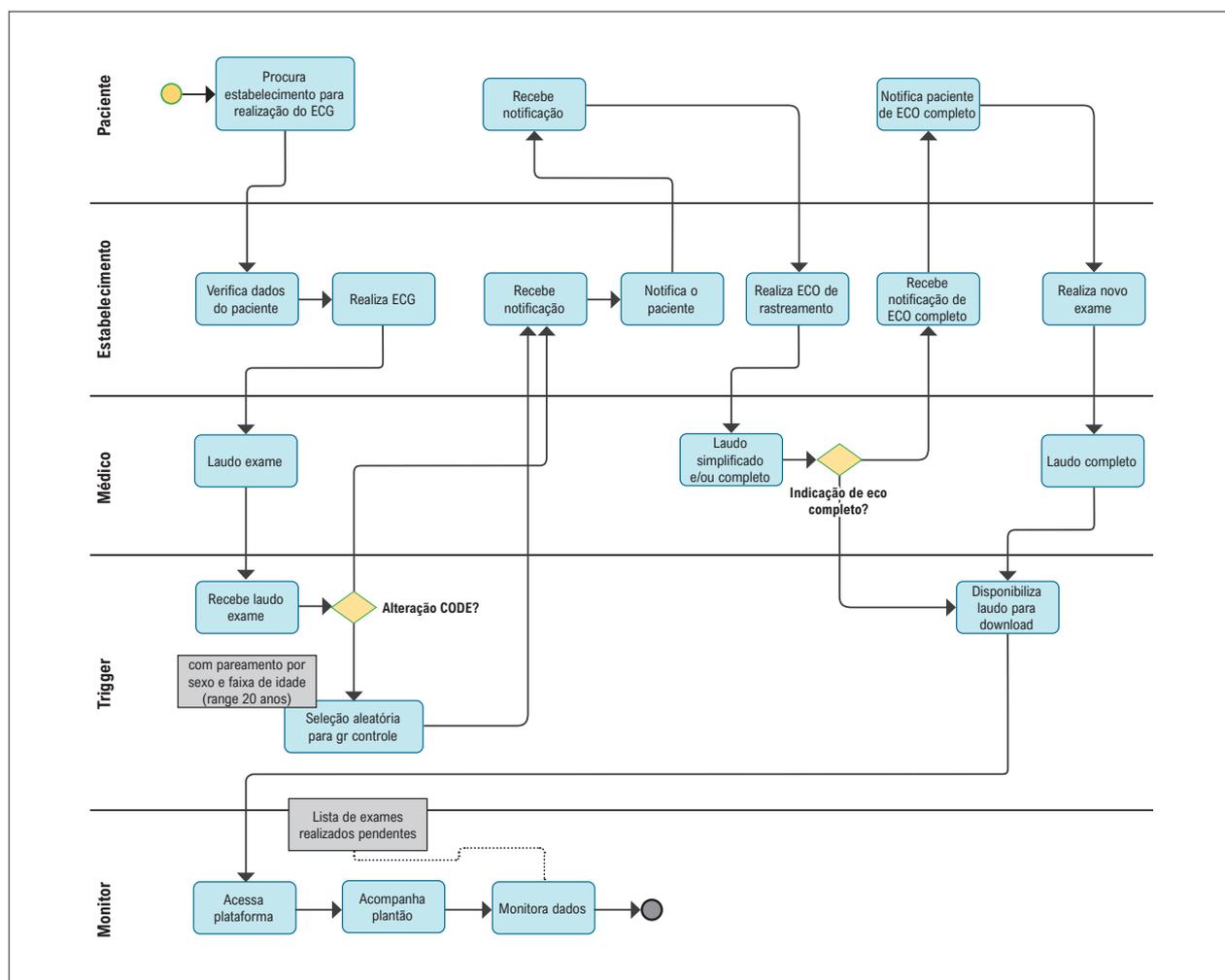
**Critérios de inclusão**

Todos os pacientes adultos (≥ 18 anos) de ambos os sexos que se apresentaram nos centros de AP participantes para consultas agendadas ou não agendadas, que foram submetidos ao tele-ECG com base nas indicações clínicas da equipe responsável, eram potencialmente elegíveis e foram inscritos prospectivamente com base nos resultados do ECG, após assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido.

Os ECGs foram captados por equipamentos comerciais vinculados a software proprietário específico, que possibilita a obtenção do sinal de ECG e dos dados clínicos, e transmitidos via internet para um servidor central do Centro de Telessaúde da UFMG. O profissional de saúde solicitante coletou histórico inicial, informações demográficas e dados clínicos. Os ECGs foram analisados centralmente por uma equipe de cardiologistas experientes, utilizando software específico semiautomatizado com ferramentas de medição e ampliação, com inspeção visual e subsequente classificação pelo código de Minnesota. O código de Minnesota é o

sistema de classificação de ECG mais utilizado no mundo. Foi desenvolvido na década de 1950 por Dr. Henry Blackburn e utiliza um conjunto definido de regras de medição para atribuir códigos numéricos específicos de acordo com a gravidade dos achados.<sup>11,12</sup> Na presença de uma discrepância entre os relatórios automatizados e a interpretação do cardiologista, os exames foram auditados para classificação final.

Por meio de um sistema proprietário de gatilhos desenvolvido para o projeto (Figura 1), todos os pacientes com grandes anormalidades no ECG pelo código de Minnesota, após o diagnóstico final do ECG (Tabela Suplementar 1), e uma amostra aleatória 1:5 de indivíduos sem anormalidades foram sinalizados na interface de usuário da equipe para inclusão no estudo. Os pacientes consentidos foram então agendados para uma consulta para aplicação de um questionário clínico, seguida de ecocardiograma de rastreamento realizado por não médicos (GE VScan Extend®), que foi remotamente interpretada exclusivamente por cardiologistas credenciados.



**Figura 1** – Sistema de gatilho desenvolvido para o estudo, baseado no sistema proprietário de tele-eletrocardiografia (SigTel, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil), sinalizando exames com anormalidades maiores pelo código de Minnesota, acionando o ecocardiograma de rastreamento com interpretação remota por cardiologistas credenciados.

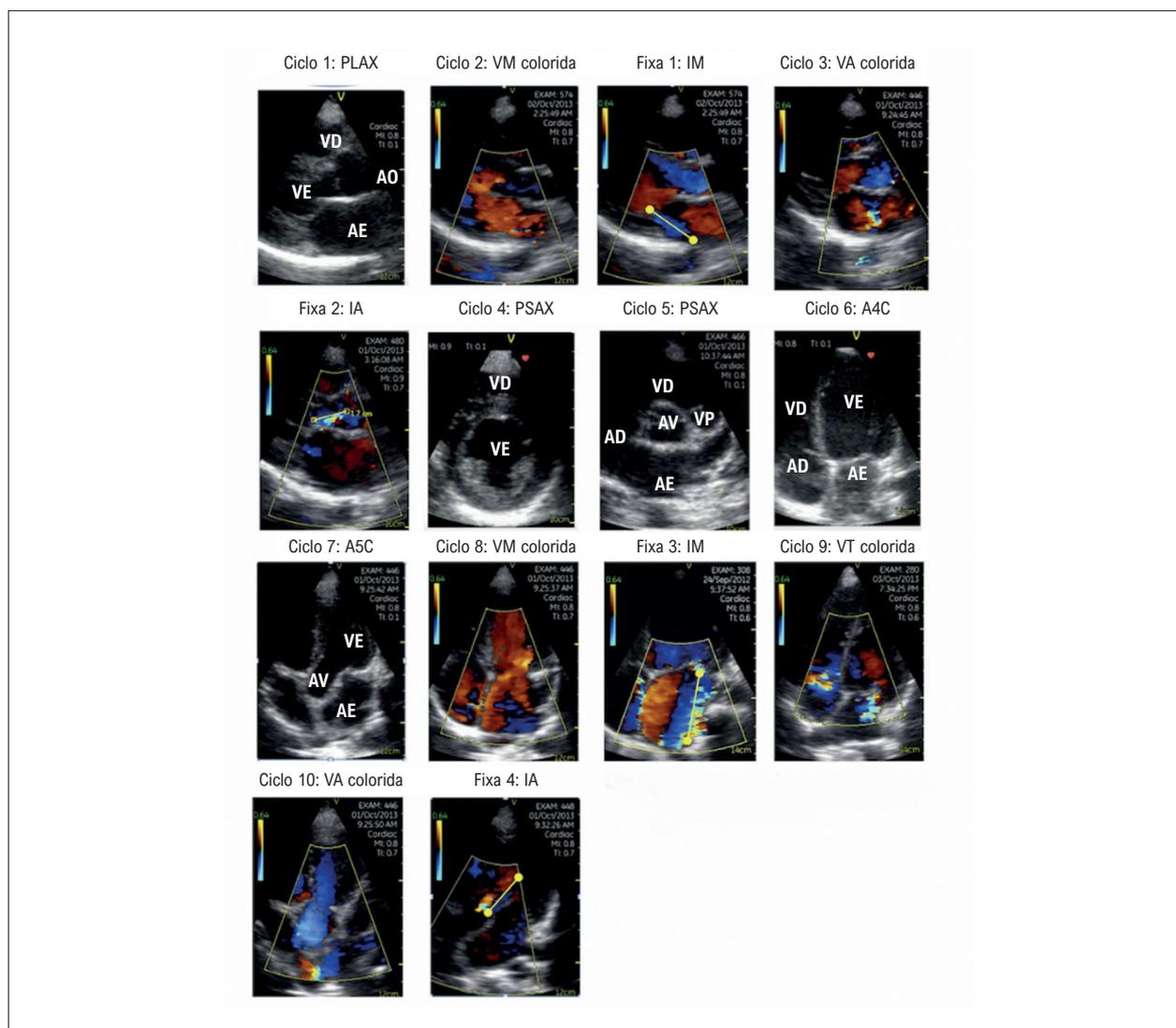
### Procedimentos de ecocardiograma de rastreamento

Foi aplicado um protocolo de 7 visualizações de ponto de cuidado (*point-of-care*) para rastreamento, com foco na avaliação valvar e na morfologia e função ventricular esquerda/direita, além do derrame pericárdico (Figura 2), utilizando dispositivos portáteis (GE VScan Extend®). Foram aplicados os critérios diagnósticos da ASE,<sup>13</sup> com exceção das medidas do Doppler espectral, ausentes nesses aparelhos. A DC significativa foi definida como doença valvar moderada a grave (regurgitação ou estenose), disfunção/hipertrofia ventricular, DC congênita, derrame pericárdico ou qualquer anormalidade da motilidade<sup>10</sup> (Tabela Suplementar 1). Foi recomendada a repetição do rastreamento para aqueles com qualidade de imagem subótima. Para interpretação, imagens DICOM foram carregadas em um ambiente de computação em nuvem proprietária (SigTel®, UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais,

Brasil) para relatórios online utilizando software de imagem disponível comercialmente,<sup>14</sup> no Brasil e nos Estados Unidos (CAS, MCN, CS). Todos os relatórios foram disponibilizados online para os centros de AP, informando que não se tratava de um diagnóstico final.

### Análise estatística

Os dados foram inseridos na nuvem proprietária SigTel® e exportados para o banco de dados RedCap®.<sup>15</sup> A análise estatística foi realizada utilizando o software SPSS® versão 23.0 para Mac OSX (SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos). Por ser um estudo exploratório, não foi realizado nenhum cálculo amostral pré-especificado e foram incluídos todos os indivíduos elegíveis submetidos ao rastreamento por tele-ECG em 17 meses. Foi usado o teste de Shapiro-



**Figura 2** – Protocolo de rastreamento simplificado para dispositivos portáteis de avaliação de doença cardíaca em adultos, composto por 14 imagens (7 visualizações): 10 ciclos e 4 fixas. A4C: apical de quatro câmaras; A5C: apical de cinco câmaras; AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; AO: aorta; IA: insuficiência aórtica; IM: insuficiência mitral; PLAX: eixo paraesternal longo; PSAX: eixo paraesternal curto; VA: valva aórtica; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo; VM: valva mitral; VP: valva pulmonar; VT: valva tricúspide.

Wilk para avaliar a distribuição das variáveis contínuas. As variáveis categóricas, expressas em números e porcentagens, foram comparadas entre os grupos (com e sem DC grave no ecocardiograma de rastreamento), utilizando o teste exato de Fisher, enquanto os dados contínuos, expressos em mediana e Q1/Q3 (25%/75%), foram comparados usando o teste U de Mann-Whitney, conforme apropriado.

Foi utilizada a regressão logística multivariada para analisar a associação entre a presença de anormalidades maiores no ECG, de acordo com o código de Minnesota, e a presença de DC grave no ecocardiograma de rastreamento. As variáveis significativas ( $p < 0,10$ ) nas análises univariadas foram incluídas nos modelos multivariados. Foram ajustados 4 modelos de regressão da seguinte forma: 1) modelo não ajustado; 2) modelo 1 ajustado por idade e sexo; 3) modelo 2 mais fatores de risco (hipertensão e diabetes); 4) modelo 3 mais história de doença cardiovascular (Chagas, cardiopatia reumática, cardiopatia isquêmica, AVC e insuficiência cardíaca). Todas as variáveis clínicas consideradas foram coletadas durante a entrevista clínica. Para todas as análises, foi considerado estatisticamente significativo um nível de significância bicaudal de 0,05.

## Resultados

Após o período inicial de treinamento, a qualidade dos exames adquiridos foi classificada como satisfatória para

interpretação em  $> 90\%$  dos 50 casos iniciais durante o período de avaliação de qualidade, e então o recrutamento dos pacientes foi iniciado.

No total, 1.411 pacientes foram submetidos ao ecocardiograma de rastreamento em 17 meses. De acordo com o código de Minnesota, 1.149 (81%) apresentaram anormalidades maiores no ECG e 19% foram incluídos no grupo controle. A idade mediana foi de 67 anos (intervalo interquartil de 60 a 74); 51,4% eram do sexo masculino; 76,3% tinham hipertensão, 37,7% diabetes e 22,3% cardiopatia isquêmica. Embora as taxas de insuficiência cardíaca preexistente, doença de Chagas e cardiopatia reumática tenham sido globalmente baixas, as variáveis clínicas e demográficas retratam um perfil de alto risco da amostra. No geral, os pacientes com DC grave na ecocardiografia eram mais velhos e apresentavam maior prevalência de hipertensão e diabetes, bem como taxas mais altas de insuficiência cardíaca e cardiopatia isquêmica previamente conhecidas (Tabela 1).

Um total de 475 (33,7%) pacientes apresentaram DC grave no ecocardiograma de rastreamento. Entre aqueles com anormalidades maiores no ECG, 37% ( $N = 424$ ) apresentaram ecocardiograma anormal, em comparação com 19% ( $N = 51$ ) daqueles sem achados maiores no ECG ( $p < 0,001$ ). Após avaliação por consenso das imagens de rastreamento, foi recomendado ecocardiograma de acompanhamento prioritário para 334 pacientes (70,3%) com DC grave no rastreamento e para 34 (3,6%) daqueles sem anormalidades, para esclarecimento diagnóstico ou devido a imagens subótimas.

**Tabela 1 – Características da amostra incluída e comparação de variáveis demográficas e clínicas entre pacientes com e sem doença cardíaca grave detectada por ecocardiograma de rastreamento**

Característica	N	Geral <sup>1</sup>	Anormalidade maior no eco (n=475)	Normal (n=936)	Valor p <sup>2</sup>
Sexo	1.411				0,092
Feminino		686 (48,6%)	216 (45,5%)	470 (50,2%)	
Masculino		725 (51,4%)	259 (54,5%)	466 (49,8%)	
Idade (anos)	1.411	67,0 (59,5; 74,0)	73,0 (64,0; 80,0)	64,0 (58,0; 71,0)	<0,001
ECG	1.411				<0,001
Anormalidade maior		1.149 (81,4%)	424 (89,3%)	725 (77,5%)	
Normal		262 (18,6%)	51 (10,7%)	211 (22,5%)	
Eco de acompanhamento imediatamente recomendado	1.411	368 (26,1%)	334 (70,3%)	34 (3,6%)	<0,001
Hipertensão	1.411	1.076 (76,3%)	397 (83,6%)	679 (72,5%)	<0,001
Diabetes	1.411	532 (37,7%)	197 (41,5%)	335 (35,8%)	0,037
Doenças de Chagas	1.411	13 (0,9%)	6 (1,3%)	7 (0,7%)	0,381
Insuficiência cardíaca	1.411	38 (2,7%)	27 (5,7%)	11 (1,2%)	<0,001
IAM/doença arterial coronariana	1.411	314 (22,3%)	142 (29,9%)	172 (18,4%)	<0,001
Cardiopatia reumática	1.411	4 (0,3%)	1 (0,2%)	3 (0,3%)	>0,999
AVC	1.411	78 (5,5%)	32 (6,7%)	46 (4,9%)	0,157

<sup>1</sup> n (%); mediana (intervalo interquartil). <sup>2</sup> Teste qui-quadrado de Pearson; teste de soma de postos de Wilcoxon; teste exato de Fisher. AVC: acidente vascular cerebral; ECG: eletrocardiograma; eco: ecocardiograma; IAM: infarto agudo do miocárdio.

## Artigo Original

Nos modelos de regressão, as anormalidades maiores do ECG pelo código de Minnesota se associaram a uma chance 2,4 vezes maior de se ter DC grave no ecocardiograma de rastreamento na análise bivariada e permaneceram significativas ( $p < 0,001$ ) após ajustes no modelo 2 (OR = 2,57), modelo 3 (OR = 2,52) e modelo 4 (OR = 2,23) (Tabela 2). Apesar dos múltiplos ajustes, a associação entre anormalidades no ECG e no ecocardiograma permaneceu forte no modelo 4, com OR > 2,0 e valor de  $p < 0,001$  (Tabela 2).

Dentre as variáveis demográficas e clínicas consideradas para os modelos, idade (a cada 1 ano), sexo masculino e história prévia de insuficiência cardíaca e de infarto agudo do miocárdio/doença arterial coronariana foram preditores independentes de DC grave no ecocardiograma de rastreamento, assim como as anormalidades maiores no ECG (Tabela 2).

### Discussão

Nosso estudo de prova de conceito mostrou que uma combinação de ferramentas de telecardiologia pode ser uma estratégia promissora para rastreamento de DC e priorização de encaminhamento para exames no ambiente da AP. Anormalidades maiores no tele-ECG (um recurso de telessaúde difundido no Brasil) adequadamente prediz a presença de DC grave no ecocardiograma de rastreamento com interpretação remota, independentemente das variáveis clínicas. Esses achados apontam para a utilidade de tais ferramentas para melhorar os cuidados cardiovasculares em regiões com poucos recursos, através da potencial incorporação de modalidades disponíveis e de baixo custo nos escores de risco clínico. No Brasil, o acesso aos cuidados de saúde é desigual,<sup>16</sup> e as taxas de mortalidade associadas às doenças cardiovasculares também variam dependendo das características regionais e das condições socioeconômicas.<sup>1</sup> Portanto, a descentralização dos serviços de saúde é um desafio e uma necessidade crescente no país, com a finalidade de fornecer melhor acesso aos cuidados de saúde para a população necessitada.

Nesse sentido, além de melhorar a eficiência e reduzir os custos, a telemedicina pode ampliar as fronteiras da AP, proporcionando acesso à saúde para populações remotas e potencialmente ampliando a atuação dos profissionais de saúde, integrando-os aos serviços de saúde especializados localizados em hospitais e centros de referência e, em última instância, democratizando o acesso à prevenção, diagnóstico e tratamento.<sup>8,17</sup> No entanto, sabe-se que o Brasil apresenta inúmeros desafios estruturais para alcançar o acesso universal a dispositivos de telessaúde, especialmente relacionados ao acesso adequado à conexão à internet. Essa situação tende a ser ainda pior em regiões remotas e periféricas, representando uma barreira significativa para a disseminação e consolidação da telemedicina no país.<sup>1,2</sup> Ainda que a infraestrutura técnica para a telemedicina seja resolvida no Brasil, ainda haverá risco de escassez de capacidade local e de pessoal para promover a expansão do acesso aos cuidados de saúde, dado que os serviços remotos são essencialmente inter e multidisciplinares.<sup>2</sup> Assim, a consolidação de parcerias entre os setores público e privado é um passo essencial para tornar os recursos de telessaúde disponíveis e efetivamente funcionais em múltiplas localidades, dadas as dimensões continentais do país.

**Tabela 2 – Modelos (4) de regressão ajustados para avaliar a associação entre as anormalidades maiores no tele-ECG pelo código de Minnesota e a presença de doença cardíaca grave detectada por ecocardiograma de rastreamento**

Variáveis/modelo	OR (IC 95%)	Valor p
<b>Modelo 1</b>		
(Intercepto)	0,24 (0,18-0,33)	< 0,001
Anormalidade maior no ECG	2,42 (1,76-3,39)	< 0,001
<b>Modelo 2</b>		
(Intercepto)	0 (0-0)	< 0,001
Anormalidade maior no ECG	2,57 (1,84-3,65)	< 0,001
Sexo	1,37 (1,08-1,74)	0,009
Idade	1,07 (1,06-1,08)	< 0,001
<b>Modelo 3</b>		
(Intercepto)	0 (0-0)	< 0,001
Anormalidade maior no ECG	2,52 (1,80-3,58)	< 0,001
Sexo	1,41 (1,11-1,79)	0,005
Idade	1,07 (1,06-1,08)	< 0,001
Hipertensão	1,46 (1,07-2,00)	0,017
Diabetes	1,05 (0,82-1,35)	0,688
<b>Modelo 4</b>		
(Intercepto)	0 (0-0)	< 0,001
Anormalidade maior no ECG	2,23 (1,59-3,19)	< 0,001
Sexo	1,35 (1,06-1,73)	0,015
Idade	1,07 (1,06-1,09)	< 0,001
Hipertensão	1,32 (0,97-1,81)	0,083
Diabetes	1,03 (0,80-1,33)	0,825
Doença de Chagas	1,09 (0,29-3,82)	0,897
Insuficiência cardíaca	5,18 (2,43-11,87)	< 0,001
IAM/doença arterial coronariana	1,56 (1,18-2,07)	0,002
Cardiopatia reumática (conhecida)	0,37 (0,01-6,16)	0,491
AVC	1,18 (0,72-1,93)	0,504

AVC: acidente vascular cerebral; ECG: eletrocardiografia; IAM: infarto agudo do miocárdio; IC: intervalo de confiança; OR: odds ratio.

Visando abordar essas questões, programas governamentais implementaram o tele-ECG como uma das ferramentas prioritárias de telessaúde em diversas regiões do país nas últimas décadas,<sup>8,18</sup> aproveitando parcerias entre a AP de vários municípios brasileiros e hospitais universitários, onde o traçado do ECG é interpretado em tempo real e os laudos são imediatamente enviados de volta às unidades básicas.<sup>8</sup> O tele-ECG tem se mostrado uma ferramenta robusta de telessaúde para localidades distantes dos grandes centros urbanos e com acesso limitado a serviços de saúde especializados.<sup>8,9</sup>

Os dados disponíveis consolidaram-no como uma ferramenta válida e custo-efetiva para melhorar a acurácia diagnóstica e terapêutica em locais onde faltam especialistas, além de promover cuidados de saúde para populações com acesso subótimo.<sup>9,19</sup> Nossos dados reforçam a utilidade diagnóstica do tele-ECG de uma perspectiva mais ampla, com previsão ideal de DC grave detectada pelo ecocardiograma de rastreamento, mesmo após ajuste para variáveis clínicas relevantes.

Nesse cenário, a combinação de ferramentas de telecardiologia para estratificação de risco cardiovascular na AP surge como uma estratégia promissora, considerando a possibilidade de integração do ecocardiograma de rastreamento realizada por não médicos com interpretação remota por cardiologistas credenciados nos cuidados de rotina.<sup>6,20</sup> Vale a pena destacar que o ecocardiograma de rastreamento com dispositivos portáteis, conforme testado em nosso protocolo, não é proposto como uma ferramenta de diagnóstico final, com avaliação detalhada de variáveis morfofuncionais; em vez disso, destina-se à aquisição rápida de protocolos ultrassonográficos simplificados por uma equipe não médica com rápido treinamento técnico, visando sinalizar anormalidades importantes para fins de triagem.<sup>21-23</sup> Indivíduos com achados anormais devem idealmente ser submetidos a um ecocardiograma padrão confirmatório com um protocolo abrangente, focado na avaliação mais profunda das alterações morfofuncionais.<sup>21</sup> Essencialmente, protocolos de rastreamento mais simples e rápidos são mais fáceis de serem replicados por pessoal não médico brevemente treinado para o posicionamento da sonda, potencialmente facilitando a implementação da estratégia para mais regiões, integrada com a AP.<sup>24</sup> No Brasil, no entanto, essa abordagem de transferência de tarefas só é permitida em protocolos de pesquisa, pois imagens de ultrassom só podem ser adquiridas por médicos credenciados. As discussões sobre tais regulamentações com os decisores políticos e conselhos médicos são necessárias para permitir a expansão da estratégia, se for comprovadamente viável e custo-efetiva, para outros fins que não a pesquisa.

Estudos focados na cardiopatia reumática demonstraram que a estratégia de rastreamento é eficaz para o diagnóstico precoce<sup>22,23</sup> e reconhecida melhora o prognóstico.<sup>25</sup> O ecocardiograma de rastreamento é geralmente mais sensível do que específico para detecção de cardiopatia reumática latente.<sup>21,24</sup> Para outras patologias cardíacas, os achados do rastreamento têm uma correlação significativa com o ecocardiograma padrão realizado por especialistas.<sup>21</sup> Embora existam razões reconhecidas para as discrepâncias entre os achados dos ecocardiogramas de rastreamento e padrão,<sup>10,21</sup> a experiência e o histórico de treinamento dos operadores, além dos recursos limitados do dispositivo de rastreamento ultraportáteis, em comparação com máquinas padrão totalmente funcionais, são fatores adicionais que explicam as discordâncias. Assim, os investimentos na educação, treinamento e garantia de qualidade do pessoal e no desenvolvimento tecnológico colaborativo são abordagens fundamentais para a obtenção de melhores resultados.<sup>21</sup>

Considerando isso, a associação entre os achados do tele-ECG e DC grave detectada pelo ecocardiograma de rastreamento com leitura remota levanta a possibilidade de combinar tais ferramentas no futuro, otimizando a utilização dos recursos de saúde, evitando custos de transporte e

racionalizando encaminhamentos dos níveis de AP para secundária. Nossos resultados sugerem que a associação entre anormalidades maiores no tele-ECG e no tele-eco é independente dos perfis demográfico e clínico dos pacientes, conforme indicado pelos múltiplos modelos ajustados, reforçando a hipótese de que uma possível combinação desses testes permitiria uma estratificação de risco mais precisa na AP.<sup>5,7</sup> Além disso, a possibilidade de pré-rastrear os pacientes no centro de saúde primário sempre que um ecocardiograma for solicitado pelo médico assistente, por meio de um questionário clínico, tele-ECG de triagem e, quando indicado, ecocardiograma de rastreamento, seria uma maneira viável de prever com acurácia a presença de DC significativa, racionalizar as indicações de ecocardiograma padrão e evitar atrasos longos e às vezes desnecessários no encaminhamento.<sup>26</sup> A viabilidade de integrar o ecocardiograma de rastreamento na AP já foi demonstrado anteriormente por nosso grupo, bem como o potencial para fornecer diagnóstico precoce de DC para adultos e idosos.<sup>5,6</sup>

O cenário da atenção secundária pública brasileira é desafiador na maioria dos estados, com longas demoras para exames e consultas cardiovasculares complementares, principalmente em áreas de difícil acesso, municípios pequenos e regiões distantes dos grandes centros urbanos.<sup>1,2</sup> Longos tempos de espera frequentemente representam uma demora para início e otimização do tratamento. Neste contexto, uma estratégia de estratificação de risco mais precisa pode ser útil tanto para adaptar o tratamento do paciente quanto para reduzir a demanda para encaminhamentos, em última instância resultando em listas de espera mais curtas. Com base nos nossos resultados, a possibilidade de pré-triagem com tele-ECG já é uma realidade, com resultados iniciais convincentes. Além disso, a possibilidade de diagnóstico semiautomático de ECG, já disponível na Rede de Telessaúde de Minas Gerais,<sup>18</sup> e algoritmos de aprendizado de máquina para ECG<sup>27</sup> e ecocardiografia<sup>28,29</sup> podem aumentar ainda mais o poder preditivo dos métodos e reduzir os custos operacionais.

Uma questão que permanece inexplorada é a possibilidade de desenvolver um escore de predição combinando variáveis clínicas simples, tele-ECG e ecocardiograma de rastreamento com leitura remota. Embora a adição de ecocardiograma de rastreamento às variáveis clínicas melhore reconhecida o poder preditivo de um escore de risco existente,<sup>5</sup> o efeito da inclusão do tele-ECG no modelo e o impacto prognóstico da estratégia ainda são desconhecidos. Mais estudos são necessários para definir protocolos otimizados de ecocardiografia de rastreamento (por exemplo, protocolo simplificado versus projeção única), bem como para estabelecer indicações e cenários de rastreamento ideais para otimização da busca ativa de casos. Por fim, são necessárias discussões com conselhos médicos e autoridades de saúde à luz dos dados emergentes sobre esse tema, considerando que a aquisição de imagens por não médicos não é permitida fora de projetos de pesquisa no Brasil e em outros países em desenvolvimento, mesmo com interpretação exclusiva por cardiologistas. As restrições corporativistas podem ser uma barreira para a implementação de estratégias de redução de custos na área cardiovascular.

### Limitações

Nosso estudo apresenta algumas limitações. Em primeiro lugar, foi um estudo de implementação de prova de conceito, no qual foi avaliada apenas a acurácia do tele-ECG, em oposição à sua incorporação em um escore de risco abrangente. No entanto, uma avaliação gradual da acurácia dos testes individuais é um passo crucial para o desenvolvimento de escores preditivos, conforme planejado para as fases posteriores do estudo PROVAR+. Em segundo lugar, o padrão-ouro para definição de DC grave foi o ecocardiograma de rastreamento com dispositivos portáteis, o que pode ter levado a limitações diagnósticas. Além disso, essa geração do GE-VSCAN Extend não possui recursos de Doppler espectral. Toda a interpretação, entretanto, foi feita consensualmente por pelo menos 2 cardiologistas experientes, com expertise em projetos de pesquisa relacionados ao rastreamento. Em terceiro lugar, não foram realizados procedimentos de amostragem estratificada e o recrutamento foi feito consecutivamente por conveniência com base no sistema de tele-ECG, limitando a extrapolação dos achados para a população brasileira. Além disso, os dados do ecocardiograma de rastreamento de pacientes não elegíveis para rastreamento, com base nos resultados do ECG, não estão disponíveis para comparação. Finalmente, o tamanho da amostra limita uma visão mais profunda sobre associações específicas entre anormalidades individuais no ECG e achados funcionais/morfológicos do ecocardiograma. Apesar das limitações supracitadas, até onde sabemos, este é o maior estudo realizado na América Latina com o objetivo de avaliar uma abordagem combinada de ferramentas de telecardiologia na AP, e nossos dados apontam para a necessidade de avaliações adicionais, conforme planejado para um futuro próximo.

### Conclusões

As anormalidades do tele-ECG aumentaram a probabilidade de doença cardíaca grave no ecocardiograma de rastreamento, mesmo após ajustes para variáveis demográficas e clínicas. A combinação de ferramentas de telecardiologia e dados clínicos pode melhorar a estratificação de risco na AP, e os resultados apontam para o desenvolvimento de escores de risco abrangendo diversas modalidades de priorização de cuidados.

### Financiamento

Bruno R. Nascimento é parcialmente financiado pelo CNPq (Bolsa de Produtividade em Pesquisa 310749/2022-0), Edwards Lifesciences Foundation (Improving the Prevention and Detection of Heart Valve Disease Across the Lifespan,

2022) e FAPEMIG (projeto APQ 000627-20). Antonio LP Ribeiro é apoiado em parte pelo CNPq (310790/2021-2 e 465518/2014-1), FAPEMIG (PPM-00428-17 e RED-00081-16) e CAPES (88887.507149/2020-00). O programa PROVAR+ é financiado pela Edwards Lifesciences Foundation (Improving the Prevention and Detection of Heart Valve Disease Across the Lifespan, 2022) e pelo CNPq. Estudantes de medicina receberam bolsas do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Avaliação de Tecnologia em Saúde (IATS, projeto 465518/2014-1).

### Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Fraga LL, Nascimento B, Vinhal WC, Sable C, Nunes MCP, Ribeiro AL; Obtenção de dados: Fraga LL, Haiashi BC, Ferreira AM, Silva MHA, Ribeiro IKS, Silva GA, Vinhal WC, Coimbra MM, Silva CA, Machado CRL, Diniz MG, Santos LPA, Amaral AM, Diamante LC, Fava HL, Nunes MCP; Análise e interpretação dos dados: Fraga LL, Nascimento B, Sable C, Nunes MCP; Análise estatística: Nascimento B; Obtenção de financiamento: Nascimento B, Sable C, Nunes MCP, Ribeiro AL; Redação do manuscrito: Fraga LL, Nascimento B, Haiashi BC, Diniz MG; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Fraga LL, Nascimento B, Vinhal WC, Diniz MG, Nunes MCP, Ribeiro AL.

### Potencial conflito de interesse

Não há conflito com o presente artigo

### Fontes de financiamento

O presente estudo foi financiado por Edwards Lifesciences Foundation, CNPq, IATS e FAPEMIG.

### Vinculação acadêmica

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

### Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) sob o número de protocolo CAAE 37228120.9.0000.5149. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

### Referências

1. Brant LCC, Nascimento BR, Passos VMA, Duncan BB, Bensenõr IJM, Malta DC, et al. Variations and Particularities in Cardiovascular Disease Mortality in Brazil and Brazilian States in 1990 and 2015: Estimates from the Global Burden of Disease. *Rev Bras Epidemiol.* 2017;20(Suppl 1):116-28. doi: 10.1590/1980-5497201700050010.
2. Ribeiro ALP, Duncan BB, Brant LC, Lotufo PA, Mill JG, Barreto SM. Cardiovascular Health in Brazil: Trends and Perspectives. *Circulation.* 2016;133(4):422-33. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.114.008727.
3. Orsini E, Antonceccchi E, Carbone V, Dato A, Monducci I, Nistri S, et al. Indications, Utility and Appropriateness of Echocardiography in Outpatient Cardiology. *J Cardiovasc Echogr.* 2013;23(1):24-32. doi: 10.4103/2211-4122.117982.
4. Bethge A, Penciu O, Baksh S, Parve S, Lobraico J, Keller AM. Appropriateness vs Value: Echocardiography in Primary Care. *Clin Cardiol.* 2017;40(12):1212-17. doi: 10.1002/clc.22810.
5. Diamantino AC, Nascimento BR, Nunes MCP, Sable CA, Oliveira KKB, Rabelo LC, et al. Impact of Incorporating Echocardiographic Screening Into a Clinical

- Prediction Model to Optimise Utilisation of Echocardiography in Primary Care. *Int J Clin Pract.* 2021;75(3):e13686. doi: 10.1111/ijcp.13686.
6. Nascimento BR, Beaton AZ, Nunes MCP, Tompsett AR, Oliveira KKB, Diamantino AC, et al. Integration of Echocardiographic Screening by Non-Physicians with Remote Reading in Primary Care. *Heart.* 2019;105(4):283-90. doi: 10.1136/heartjnl-2018-313593.
  7. Diamantino AC, Nunes MCP, Sable C, Nascimento BR, Lima EM, Martins LN, et al. Use of Screening Echocardiography to Improve Healthcare in Underserved Areas of Brazil: Data From the PROVAR+ Study. *Circulation.* 2018;138:A16989-A16989.
  8. Alkmim MB, Figueira RM, Marcolino MS, Cardoso CS, Abreu MP, Cunha LR, et al. Improving Patient Access to Specialized Health Care: The Telehealth Network of Minas Gerais, Brazil. *Bull World Health Organ.* 2012;90:373-8. doi:10.2471/BLT.11.099408.
  9. Andrade MV, Maia AC, Cardoso CS, Alkmim MB, Ribeiro AL. Cost-Benefit of the Telecardiology Service in the State of Minas Gerais: Minas Telecardio Project. *Arq Bras Cardiol.* 2011;97(4):307-16. doi: 10.1590/s0066-782x2011005000080.
  10. Singh S, Bansal M, Maheshwari P, Adams D, Sengupta SP, Price R, et al. American Society of Echocardiography: Remote Echocardiography with Web-Based Assessments for Referrals at a Distance (ASE-REWARD) Study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26(3):221-33. doi: 10.1016/j.echo.2012.12.012.
  11. Costa MF, Uchoa E, Guerra HL, Firmo JO, Vidigal PG, Barreto SM. The Bambuí Health and Ageing Study (BHAS): Methodological Approach and Preliminary Results of a Population-Based Cohort Study of the Elderly in Brazil. *Rev Saude Publica.* 2000;34(2):126-35. doi: 10.1590/s0034-8910200000200005.
  12. Ribeiro ALP, Marcolino MS, Prineas RJ, Lima-Costa MF. Electrocardiographic Abnormalities in Elderly Chagas Disease Patients: 10-Year Follow-Up of the Bambuí Cohort Study of Aging. *J Am Heart Assoc.* 2014;3(1):e000632. doi: 10.1161/JAHA.113.000632.
  13. American Society of Echocardiography. ASE Guidelines [Internet]. ASE Guidelines. Durham: American Society of Echocardiography; 2024 [cited 2024 Feb 8]. Available from: <https://www.onlinejase.com/content/aseguidelines>.
  14. Lopes EL, Beaton AZ, Nascimento BR, Tompsett A, Santos JP, Perlman L, et al. Telehealth Solutions to Enable Global Collaboration in Rheumatic Heart Disease Screening. *J Telemed Telecare.* 2018;24(2):101-9. doi: 10.1177/1357633X16677902.
  15. Harris PA, Taylor R, Thielke R, Payne J, Gonzalez N, Conde JG. Research Electronic Data Capture (REDCap)—A Metadata-Driven Methodology and Workflow Process for Providing Translational Research Informatics Support. *J Biomed Inform.* 2009;42(2):377-81. doi: 10.1016/j.jbi.2008.08.010.
  16. Paim J, Travassos C, Almeida C, Bahia L, Macinko J. The Brazilian Health System: History, Advances, and Challenges. *Lancet.* 2011;377(9779):1778-97. doi: 10.1016/S0140-6736(11)60054-8.
  17. Maldonado JM, Marques AB, Cruz A. Telemedicine: Challenges to Dissemination in Brazil. *Cad Saude Publica.* 2016;32(Suppl 2):e00155615. doi: 10.1590/0102-311X00155615.
  18. Ribeiro ALP, Paixão GMM, Gomes PR, Ribeiro MH, Ribeiro AH, Canazart JA, et al. Tele-Electrocardiography and Bigdata: The CODE (Clinical Outcomes in Digital Electrocardiography) Study. *J Electrocardiol.* 2019;57S:S75-8. doi: 10.1016/j.jelectrocard.2019.09.008.
  19. Shah K, Pandya A, Kotwani P, Saha S, Desai C, Tyagi K, et al. Cost-Effectiveness of Portable Electrocardiogram for Screening Cardiovascular Diseases at a Primary Health Center in Ahmedabad District, India. *Front Public Health.* 2021;9:753443. doi: 10.3389/fpubh.2021.753443.
  20. Nilsson G, Söderström L, Alverlind K, Samuelsson E, Mooe T. Hand-Held Cardiac Ultrasound Examinations Performed in Primary Care Patients by Nonexperts to Identify Reduced Ejection Fraction. *BMC Med Educ.* 2019;19(1):282. doi: 10.1186/s12909-019-1713-9.
  21. Galdino BF, Amaral AM, Santos LPA, Nogueira MAA, Rocha RTL, Nunes MCP, et al. Reasons for Disagreement between Screening and Standard Echocardiography in Primary Care: Data from the PROVAR + Study : Disagreement between Screening and Standard Echo. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2023;39(5):929-37. doi: 10.1007/s10554-023-02800-6.
  22. Nascimento BR, Nunes MC, Lopes EL, Rezende VM, Landay T, Ribeiro ALP, et al. Rheumatic Heart Disease Echocardiographic Screening: Approaching Practical and Affordable Solutions. *Heart.* 2016;102(9):658-64. doi: 10.1136/heartjnl-2015-308635.
  23. Nascimento BR, Sable C, Nunes MCP, Diamantino AC, Oliveira KKB, Oliveira CM, et al. Comparison between Different Strategies of Rheumatic Heart Disease Echocardiographic Screening in Brazil: Data from the PROVAR (Rheumatic Valve Disease Screening Program) Study. *J Am Heart Assoc.* 2018;7(4):e008039. doi: 10.1161/JAHA.117.008039.
  24. Beaton A, Nascimento BR, Diamantino AC, Pereira GT, Lopes EL, Miri CO, et al. Efficacy of a Standardized Computer-Based Training Curriculum to Teach Echocardiographic Identification of Rheumatic Heart Disease to Nonexpert Users. *Am J Cardiol.* 2016;117(11):1783-9. doi: 10.1016/j.amjcard.2016.03.006.
  25. Karki P, Uranw S, Bastola S, Mahato R, Shrestha NR, Sherpa K, et al. Effectiveness of Systematic Echocardiographic Screening for Rheumatic Heart Disease in Nepalese Schoolchildren: A Cluster Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol.* 2021;6(4):420-6. doi: 10.1001/jamacardio.2020.7050.
  26. Evangelista A, Galuppo V, Méndez J, Evangelista L, Arpal L, Rubio C, et al. Hand-Held Cardiac Ultrasound Screening Performed by Family Doctors with Remote Expert Support Interpretation. *Heart.* 2016;102(5):376-82. doi: 10.1136/heartjnl-2015-308421.
  27. 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.
  28. Martins JFBS, Nascimento ER, Nascimento BR, Sable CA, Beaton AZ, Ribeiro ALP, et al. Towards Automatic Diagnosis of Rheumatic Heart Disease on Echocardiographic Exams Through Video-Based Deep Learning. *J Am Med Inform Assoc.* 2021;28(9):1834-42. doi: 10.1093/jamia/ocab061.
  29. Zhou J, Du M, Chang S, Chen Z. Artificial Intelligence in Echocardiography: Detection, Functional Evaluation, and Disease Diagnosis. *Cardiovasc Ultrasound.* 2021;19(1):29. doi: 10.1186/s12947-021-00261-2.

#### \*Material suplementar

Para tabelas adicionais, por favor, clique aqui.

Para figuras adicionais, por favor, clique aqui.



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