

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

Estratificação digital do cuidado à hipertensão baseada no MACC: desenvolvimento e avaliação piloto

Astrid Merino Silverio, Milena Vieira da Silva Melo, Milena Cristina Martins Coelho Prado,
Simône Rodrigues Marcelino, Maria Heloisa Lira Rodrigues dos Santos, Aline Tomaz de
Carvalho, Débora Karollina Alves de Freitas, Iara Cristina da Silva Santana

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.18128>

Submetido em: 2026-09-22

Postado em: 2026-10-09 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

A moderação deste preprint recebeu o(s) endosso(s) de:

- Márlon Vinícius Gama Almeida (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8026-1136>)

ESTRATIFICAÇÃO DIGITAL DO CUIDADO À HIPERTENSÃO BASEADA NO MACC: DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO PILOTO

Digital care stratification for hypertension based on the Chronic Conditions Care Model

(MACC): development and pilot evaluation

Estratificación digital del cuidado de la hipertensión basada en el Modelo de Atención a las

Condiciones Crónicas (MACC): desarrollo y evaluación piloto

Autoras

Astrid Merino Silverio — Universidade Federal do Ceará (UFC), Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5165-1984>

Milena Vieira da Silva Melo — Secretaria de Saúde do Recife, Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1736-9528>

Milena Cristina Martins Coelho Prado — Secretaria de Saúde do Recife, Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-0452-7763>

Simône Rodrigues Marcelino — Escola de Saúde do Recife (ESR), Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1558-5314>

Maria Heloisa Lira Rodrigues dos Santos — Escola de Saúde do Recife (ESR), Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8436-1289>

Aline Tomaz de Carvalho — Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8639-325X>

Débora Karollina Alves de Freitas — Escola de Saúde do Recife (ESR), Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0750-5012>

Iara Cristina da Silva Santana — Secretaria de Saúde do Recife, Recife, Pernambuco, Brasil — ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5173-5483>

Autora correspondente: Astrid Merino Silverio — astridmerino2014@gmail.com — Universidade Federal do Ceará (UFC), Recife, Pernambuco, Brasil.

RESUMO

Objetivou-se desenvolver e avaliar preliminarmente uma ferramenta digital, baseada no Modelo de Atenção às Condições Crônicas (MACC), para apoiar a estratificação assistencial e o planejamento do cuidado de pessoas com hipertensão na Atenção Primária à Saúde. Estudo de desenvolvimento tecnológico com avaliação piloto em uma Estratégia Saúde da Família de

Recife, Pernambuco. Entre 517 pessoas cadastradas com hipertensão, 60 registros elegíveis foram selecionados por sorteio aleatório simples. O algoritmo determinístico classificou os níveis assistenciais 3, 4 e 5 e gerou plano de cuidado. Dez casos clínicos foram usados para teste de consistência e 48 participantes de 40-75 anos foram comparados à HEARTS. A ferramenta reproduziu a classificação clínica de referência nos 10 casos-teste. Na amostra piloto, 36 (60,0%) foram classificados no nível 3, 18 (30,0%) no nível 4 e seis (10,0%) no nível 5. A concordância com a categorização operacional da HEARTS foi 79,2% (38/48), com kappa=0,65 (ponderado=0,78). A ferramenta mostrou viabilidade técnica para organizar o cuidado, mas não constitui modelo prognóstico validado. Estudos externos e prospectivos são necessários antes de inferir impacto clínico.

Palavras-chave: Hipertensão; Atenção Primária à Saúde; Doença Crônica; Sistemas de Apoio a Decisões Clínicas; Medição de Risco.

ABSTRACT

This study developed and preliminarily evaluated a digital tool based on the Chronic Care Model (MACC) to support care stratification and care planning for people with hypertension in Primary Health Care. This was a technology-development study with a pilot evaluation in a Family Health Strategy unit in Recife, Brazil. Among 517 registered people with hypertension, 60 eligible records were selected by simple random sampling. The deterministic algorithm assigned care levels 3, 4 and 5 and generated a care plan. Ten clinical cases were used for consistency testing and 48 participants aged 40-75 years were compared with HEARTS. The tool reproduced the clinical reference classification in all 10 test cases. In the pilot sample, 36 (60.0%) were level 3, 18 (30.0%) level 4 and six (10.0%) level 5. Agreement with the operational HEARTS categorization was 79.2% (38/48), with kappa=0.65 (weighted=0.78). The tool was technically

feasible for organizing care but is not a validated prognostic model. External and prospective studies are required before clinical impact can be inferred.

Keywords: Hypertension; Primary Health Care; Chronic Disease; Clinical Decision Support Systems; Risk Assessment.

RESUMEN

El objetivo fue desarrollar y evaluar preliminarmente una herramienta digital basada en el Modelo de Atención a las Condiciones Crónicas (MACC) para apoyar la estratificación asistencial y la planificación del cuidado de personas con hipertensión en Atención Primaria de Salud. Estudio de desarrollo tecnológico con evaluación piloto en una Estrategia de Salud de la Familia de Recife, Brasil. Entre 517 personas registradas con hipertensión, se seleccionaron aleatoriamente 60 registros elegibles. El algoritmo determinista asignó los niveles asistenciales 3, 4 y 5 y generó un plan de cuidado. Diez casos clínicos se utilizaron para pruebas de consistencia y 48 participantes de 40-75 años se compararon con HEARTS. La herramienta reprodujo la clasificación clínica de referencia en los 10 casos. En la muestra piloto, 36 (60,0%) fueron nivel 3, 18 (30,0%) nivel 4 y seis (10,0%) nivel 5. La concordancia con la categorización operativa de HEARTS fue 79,2% (38/48), con kappa=0,65 (ponderado=0,78). La herramienta mostró viabilidad técnica para organizar el cuidado, pero no es un modelo pronóstico validado. Se requieren estudios externos y prospectivos.

Palabras clave: Hipertensión; Atención Primaria de Salud; Enfermedad Crónica; Sistemas de Apoyo a Decisiones Clínicas; Medición de Riesgo.

INTRODUÇÃO

A hipertensão arterial permanece entre os principais fatores modificáveis de morbimortalidade cardiovascular e exige, na Atenção Primária à Saúde (APS), não apenas controle pressórico, mas

organização longitudinal do cuidado, identificação de comorbidades, lesão de órgão-alvo, adesão e necessidade de coordenação entre pontos da rede. As Diretrizes Brasileiras de Hipertensão e as recomendações contemporâneas para mensuração da pressão arterial reforçam a avaliação clínica sistemática e a estratificação do risco cardiovascular como componentes do manejo.^{1,2}

No Sistema Único de Saúde, o Modelo de Atenção às Condições Crônicas (MACC), sistematizado por Mendes, propõe cinco níveis de intervenção. Nos níveis 3 a 5, utilizados neste estudo, a intensidade da gestão aumenta de condições crônicas simples para condições complexas e muito complexas, articulando autocuidado apoiado, gestão da condição e gestão de caso.^{3,4}

Essa lógica difere conceitualmente de calculadoras prognósticas. As tabelas de risco cardiovascular da Organização Mundial da Saúde estimam probabilidade de eventos cardiovasculares fatais e não fatais em horizonte de dez anos, e a iniciativa HEARTS nas Américas incorporou esse cálculo ao apoio à decisão e a vias clínicas padronizadas para hipertensão na APS.⁵⁻⁷

A distinção é relevante porque concordância entre instrumentos não implica equivalência de construto. Revisões de modelos de predição cardiovascular mostram grande heterogeneidade de preditores, definições e desempenho, e comparações entre calculadoras demonstram que a classificação de um mesmo indivíduo pode variar de acordo com o algoritmo empregado.^{8,9}

Sistemas digitais de apoio à decisão podem facilitar a tradução de recomendações em condutas. No Brasil, o TeleHAS demonstrou viabilidade e utilidade percebida de um sistema móvel para hipertensão na APS, enquanto revisão sistemática de ensaios randomizados encontrou benefício de intervenções digitais para adultos com hipertensão, embora com heterogeneidade de implementação e alcance.^{10,11}

A contribuição inédita aqui examinada não é propor uma nova equação de risco cardiovascular, mas operacionalizar digitalmente a estratificação assistencial dos níveis 3-5 do MACC e vinculá-

la a um plano de cuidado, testando sua consistência e sua relação com uma classificação prognóstica de referência. O objetivo foi desenvolver e avaliar preliminarmente uma calculadora digital baseada no MACC para apoiar a estratificação e o planejamento do cuidado de pessoas com hipertensão na APS, descrevendo sua aplicabilidade e a concordância com categorias operacionais derivadas da HEARTS.

MÉTODOS

Desenho, cenário e população

Estudo de desenvolvimento tecnológico com avaliação piloto, realizado na Estratégia Saúde da Família 4 San Martin, Distrito Sanitário V, Recife, Pernambuco. A unidade possuía 517 pessoas cadastradas com diagnóstico de hipertensão. Foram considerados elegíveis registros com pelo menos 80% das variáveis clínicas requeridas pelo algoritmo; registros com mais de 20% de dados ausentes foram excluídos. Entre os elegíveis, 60 participantes foram selecionados por sorteio aleatório simples para a avaliação piloto, representando aproximadamente 11,6% da população cadastrada com hipertensão na unidade. Por se tratar de estudo de desenvolvimento tecnológico com avaliação piloto, sem desfecho clínico comparativo, não se aplicou cálculo amostral baseado em poder estatístico clássico; o dimensionamento buscou viabilidade operacional e estimativa preliminar de parâmetros de concordância, alinhando-se a recomendações metodológicas para estudos piloto baseados no coeficiente kappa¹². A amostra permitiu abranger heterogeneidade suficiente entre os níveis assistenciais 3, 4 e 5 do MACC para testar o fluxo digital em cenários de baixa, média e alta complexidade clínica sem inviabilizar a rotina assistencial da equipe. A atividade ocorreu em dezembro de 2025 no contexto da organização do cuidado de rotina. A aprovação ética antecedeu essa etapa (Parecer CEP/FAMED/UFC nº 8.081.951, de 25 de novembro de 2025).

Doze profissionais participaram da capacitação para uso da ferramenta: dois médicos, três enfermeiros e sete agentes comunitários de saúde. Comentários espontâneos produzidos durante a implementação não foram tratados como dados qualitativos de pesquisa e, por isso, não integram os resultados analíticos deste manuscrito.

Referencial MACC e operacionalização digital

Os níveis 3, 4 e 5 seguem a arquitetura assistencial do MACC: condição crônica simples/fator de risco biopsicológico estabelecido; condição crônica complexa; e condição crônica muito complexa, respectivamente.^{3,4}

Para transformar essa arquitetura em regra computacional aplicada à hipertensão, o estudo definiu gatilhos clínicos operacionais. Nível 5 foi atribuído na presença de pelo menos uma das seguintes condições: doença renal crônica avançada, insuficiência cardíaca, crises hipertensivas recorrentes ou evento cardiovascular prévio. Na ausência de critério de nível 5, o nível 4 foi atribuído quando presente lesão de órgão-alvo, doença renal crônica leve/moderada, pressão arterial não controlada ou baixa adesão. Na ausência desses critérios, atribuiu-se nível 3. Esses gatilhos constituem a operacionalização do estudo e não devem ser interpretados como transcrição literal de pontos de corte originalmente propostos por Mendes.

Tabela 1. Componentes do escore operacional complementar e regras de estratificação assistencial.

Componente	Categoria	Pontos	Função
Idade	<45; 45-54; 55-64; ≥65 anos	0; 1; 2; 3	Escore
PAS	<140; 140-159; 160-179; ≥180 mmHg	0; 1; 2; 3	Escore
Tabagismo	Não; Sim	0; 2	Escore
Diabetes	Não; Sim	0; 2	Escore
Dislipidemia	Não; Sim	0; 1	Escore
Nível 5	DRC avançada, insuficiência cardíaca, crises hipertensivas recorrentes ou evento cardiovascular prévio	-	Gatilho assistencial
Nível 4	Lesão de órgão-alvo, DRC	-	Gatilho assistencial

Componente	Categoria	Pontos	Função
	leve/moderada, PA não controlada ou baixa adesão, se ausente critério de nível 5		
Nível 3	Ausência de critérios dos níveis 4 e 5	-	Gatilho assistencial

Fonte: elaboração própria. PAS: pressão arterial sistólica; DRC: doença renal crônica. O escore complementar varia de 0 a 11 pontos. Sexo e pressão arterial diastólica constavam da interface para caracterização clínica dos participantes, mas não compunham a soma do escore: os gatilhos assistenciais dos níveis 3-5 do MACC, definidos por Mendes, baseiam-se prioritariamente em lesão de órgão-alvo, comorbidades, controle pressórico sistólico e eventos cardiovasculares prévios, sem atribuir peso diferenciado por sexo, e a pressão arterial diastólica não constitui critério autônomo nos protocolos de estratificação de risco cardiovascular utilizados como referência para o escore complementar. A incorporação dessas variáveis ao escore poderá ser avaliada em versões futuras, mediante especificação prévia e teste de seu impacto na classificação. O escore é uma medida complementar descritiva do perfil de risco registrado no protótipo e não determina, por si só, o nível MACC nem substitui os gatilhos assistenciais. Polifarmácia não integrou o código implementado e não foi considerada critério algorítmico.

Desenvolvimento e teste de consistência

O algoritmo foi implementado como sistema determinístico baseado em regras. As regras clínicas operacionais (Tabela 1) foram definidas por uma das médicas da equipe, responsável pela sistematização dos gatilhos assistenciais. Para evitar circularidade entre a definição das regras e a avaliação de seu desempenho, os dez casos-teste foram classificados de forma independente pelos demais membros da equipe capacitada, um caso por profissional, sem participação da médica responsável pela definição das regras e sem acesso prévio à saída computacional do algoritmo. Essas classificações de referência, produzidas de forma cega em relação ao resultado do sistema, foram então comparadas à saída do algoritmo para verificar se esta reproduzia a classificação

clínica de referência. Esse procedimento foi definido como teste de consistência de implementação, e não como validação clínica ou prognóstica. Para esta análise, a pontuação complementar dos dez casos foi recalculada de forma uniforme segundo as regras apresentadas na Tabela 1, cujo máximo teórico é de 11 pontos, eliminando divergências dos registros históricos de desenvolvimento.

Comparação com HEARTS

A comparação foi restrita aos 48 participantes de 40 a 75 anos para os quais havia cálculo HEARTS registrado na base do estudo. A HEARTS estima risco cardiovascular em dez anos com base nas tabelas da OMS e não mede complexidade assistencial do MACC.^{5,6}

Para a análise exploratória de concordância, os registros HEARTS foram agrupados em três categorias operacionais definidas pelo estudo. O registro metodológico utilizado na base estabelecia: categoria 1, risco em 10 anos <10%; categoria 2, risco de 10% a <20% ou presença de fator de alto impacto isolado; e categoria 3, risco $\geq 20\%$ ou condição clínica de muito alto impacto registrada. A escolha dos pontos de corte <10%, 10% a <20% e $\geq 20\%$ buscou ordenar os registros em três faixas crescentes de risco e viabilizar uma comparação ordinal exploratória com os três níveis assistenciais do MACC. Esses agrupamentos não correspondem às categorias oficiais da OMS/HEARTS e foram criados exclusivamente para esta análise. Como alguns critérios clínicos utilizados nessa recategorização se sobrepõem conceitualmente aos gatilhos assistenciais do MACC, a concordância observada pode estar superestimada e não deve ser interpretada como validação independente entre instrumentos.

Análise estatística

Foram calculadas frequências absolutas e relativas e intervalos de 95% de confiança (IC95%) pelo método de Wilson para proporções. A concordância entre as três categorias MACC e

HEARTS foi descrita pela concordância bruta e pelo kappa de Cohen. Como os níveis MACC 3, 4 e 5 e as categorias operacionais HEARTS constituem escalas ordinais, foi também calculado o kappa ponderado (ponderação quadrática), que atribui maior penalização a discordâncias entre categorias mais distantes; o kappa simples (não ponderado) foi mantido para comparabilidade com a literatura de concordância entre calculadoras de risco. Para ambos os coeficientes, foi obtido IC95% por reamostragem bootstrap não paramétrica com 20.000 repetições, usando a matriz 3x3 observada e semente fixa (20260918) para reprodutibilidade. Não foram estimadas sensibilidade, especificidade, calibração ou discriminação, pois não havia padrão-ouro nem desfecho cardiovascular longitudinal.

Aspectos éticos, governança e uso de inteligência artificial

O protocolo ao qual este estudo está vinculado foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (CEP/FAMED/UFC), instituição proponente, conforme Parecer nº 8.081.951, emitido em 25 de novembro de 2025, sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 52542626.7.0000.5054.

A utilização da calculadora ocorreu no contexto da Atenção Primária à Saúde, durante consultas e visitas domiciliares de rotina, como instrumento de apoio à estratificação assistencial e à elaboração do plano individual de cuidado das pessoas com hipertensão. Foram observados os princípios de confidencialidade, privacidade e proteção das informações dos participantes; para as análises e apresentação dos resultados, os dados foram tratados de forma anonimizada e agregada, sem divulgação de identificadores individuais. Adicionalmente, a realização da atividade no serviço e a utilização institucional dos dados foram autorizadas formalmente por documento institucional assinado em dezembro de 2025.

Ferramenta de inteligência artificial generativa (Claude, Anthropic) foi utilizada durante o desenvolvimento para auxiliar na sistematização de regras, apoio à programação e revisão textual, sempre sob supervisão humana. A classificação clínica final foi produzida por regras determinísticas previamente definidas, e não por modelo de inteligência artificial autônomo. Esta declaração atende à exigência da Ciência & Saúde Coletiva de informar o uso de inteligência artificial na metodologia.

RESULTADOS

Aplicabilidade e distribuição assistencial

A calculadora MACC foi aplicada aos 60 participantes. Trinta e seis foram classificados no nível 3 (60,0% (IC95% 47,4-71,4)), 18 no nível 4 (30,0% (IC95% 19,9-42,5)) e seis no nível 5 (10,0% (IC95% 4,7-20,1)). A amostra continha 36 mulheres (60,0%). A comparação com HEARTS foi possível em 48 participantes (80,0% (IC95% 68,2-88,2)).

Tabela 2. Distribuição da amostra e aplicabilidade das ferramentas (n=60).

Indicador	n	%	IC95%	Observação
MACC nível 3	36	60,0	47,4-71,4	Gestão da condição simples
MACC nível 4	18	30,0	19,9-42,5	Condição complexa
MACC nível 5	6	10,0	4,7-20,1	Gestão de caso/alta complexidade
MACC aplicável	60	100,0	94,0-100,0	Todos os participantes
HEARTS comparável	48	80,0	68,2-88,2	40-75 anos na base do estudo

Fonte: dados do estudo, ESF 4 San Martin, Recife, 2025. IC95% pelo método de Wilson.

Teste de consistência dos dez casos

Nos dez casos-teste, a saída da calculadora reproduziu a classificação clínica de referência em todos os casos (10/10; 100%; IC95% exato aproximado 69,2%-100%). O resultado demonstra consistência de implementação nesse conjunto restrito, não acurácia clínica populacional.

Tabela 3. Casos-teste usados na verificação preliminar de consistência do algoritmo.

Caso	Perfil clínico resumido	Referência	Escore*	Saída
1	F, 38; PA 150/100; tabagismo; DM2; dislipidemia; adesão parcial	Nível 4	6	Nível 4
2	M, 52; PA 135/85; estável; boa adesão	Nível 3	1	Nível 3
3	F, 68; PA 170/110; insuficiência cardíaca; DRC dialítica	Nível 5	5	Nível 5
4	M, 61; PA 145/90; DM2; dislipidemia; tabagismo	Nível 4	8	Nível 4
5	F, 45; PA 130/80; sem fatores adicionais; boa adesão	Nível 3	1	Nível 3
6	M, 74; PA 165/95; HVE; ex-tabagista	Nível 4	5	Nível 4
7	F, 59; PA 185/110; crises recorrentes; retinopatia	Nível 5	5	Nível 5
8	M, 42; PA 140/90; baixa adesão; vulnerabilidade social; tabagismo	Nível 4	3	Nível 4
9	F, 66; PA 138/85; IAM prévio	Nível 5	3	Nível 5
10	M, 50; PA 132/86; dislipidemia leve; boa adesão	Nível 3	2	Nível 3

Fonte: registros do teste de consistência. *Pontuação recalculada segundo as regras da Tabela 1; máximo teórico de 11 pontos. DRC: doença renal crônica; HVE: hipertrofia ventricular esquerda; IAM: infarto agudo do miocárdio.

Concordância MACC-HEARTS

Entre os 48 participantes comparáveis, houve concordância em 38 casos (79,2%; IC95% 65,7-88,3). O kappa de Cohen (não ponderado) foi 0,65 (IC95% bootstrap 0,45-0,83; 20.000 reamostragens), indicando concordância além do acaso, sem que isso represente acurácia de uma ferramenta em relação à outra. Considerando a natureza ordinal das categorias, o kappa ponderado (ponderação quadrática) foi 0,78 (IC95% bootstrap 0,63-0,90; 20.000 reamostragens), superior ao kappa não ponderado, indicando que a maior parte das discordâncias ocorreu entre categorias adjacentes, e não entre extremos da escala. Em dez casos (20,8%) houve discordância; em seis (12,5%) a categoria MACC foi superior à categoria HEARTS recategorizada e, em quatro (8,3%), ocorreu o inverso; nenhuma discordância envolveu simultaneamente a categoria 1 (HEARTS) e o nível 5 (MACC), reforçando que os desacordos observados foram predominantemente entre categorias vizinhas.

Tabela 4. Matriz de concordância entre categorias operacionais HEARTS e níveis MACC (n=48).

HEARTS \ MACC	Nível 3	Nível 4	Nível 5	Total
Categoria operacional 1	20	3	0	23
Categoria operacional 2	3	14	2	19
Categoria operacional 3	0	2	4	6
Total	23	19	6	48

Fonte: dados do estudo. Diagonal principal=38/48 (79,2%). Kappa não ponderado=0,65; kappa ponderado (quadrático)=0,78. Categorias operacionais criadas pelo estudo para a comparação; não correspondem às categorias oficiais da OMS/HEARTS.

Síntese comparativa

Tabela 5. Diferenças conceituais e operacionais entre a ferramenta MACC e HEARTS.

Dimensão	Ferramenta MACC deste estudo	HEARTS
Construto principal	Complexidade/necessidade de gestão do cuidado	Probabilidade de evento cardiovascular em 10 anos
Base	MACC + operacionalização clínica do estudo	Tabelas de risco OMS/HEARTS
Saída	Nível assistencial + plano de cuidado + escore operacional	Percentual/categoria de risco cardiovascular
Uso pretendido	Organização longitudinal do cuidado na APS	Apoio ao manejo de risco cardiovascular e hipertensão
Situação de validação	Consistência preliminar; sem validação prognóstica	Baseada em modelos de risco OMS validados regionalmente

Fonte: elaboração própria com base no referencial MACC e na literatura HEARTS/OMS.

DISCUSSÃO

Este estudo mostrou que uma implementação digital determinística do MACC pode ser utilizada para transformar informações clínicas rotineiras em nível assistencial e plano de cuidado. A principal contribuição está na operacionalização da gestão do cuidado, e não na criação de uma nova equação prognóstica. Essa distinção evita um problema recorrente na literatura de predição cardiovascular: multiplicar modelos sem demonstração suficiente de validação externa, calibração e impacto clínico.⁸

A concordância de 79,2% (kappa não ponderado=0,65; kappa ponderado=0,78) com a categorização operacional da HEARTS deve ser interpretada como convergência parcial entre dois construtos relacionados, mas distintos. O kappa ponderado mais elevado indica que os desacordos concentraram-se entre categorias adjacentes, sem casos de discordância extrema entre os polos das escalas. Allan et al. demonstraram que calculadoras cardiovasculares podem discordar substancialmente na classificação de risco, mesmo quando todas pretendem estimar eventos cardiovasculares. Assim, discordâncias não constituem necessariamente erro; podem refletir diferenças de horizonte, preditores e finalidade clínica.⁹

A HEARTS foi desenvolvida para apoiar o manejo integrado da hipertensão e do risco cardiovascular, combinando estimativa de risco com protocolos clínicos. Ordunez et al. descrevem o aplicativo como ferramenta para APS baseada nas tabelas OMS, enquanto Rosende et al. demonstraram que a implementação de vias clínicas HEARTS em países das Américas melhorou a padronização de protocolos, com avanços em implementação, tratamento e manejo do risco cardiovascular.^{6,7}

Nesse contexto, a ferramenta MACC pode ser vista como complementar: acrescenta uma camada de organização assistencial que considera complexidade e intensidade de acompanhamento. Contudo, a comparação realizada neste estudo não permite afirmar superioridade de cobertura ou desempenho clínico. Em particular, a aplicabilidade observada aos 60 participantes decorre das regras internas da ferramenta, e não demonstra validade para todas as idades ou populações.

O achado também dialoga com experiências brasileiras de apoio digital à decisão. No TeleHAS, dez médicos de família utilizaram um sistema que integrava dados clínicos e laboratoriais, cálculo de risco e recomendações; 535 pacientes foram registrados e os autores relataram boa viabilidade e utilidade, embora o tempo de preenchimento tenha sido uma barreira para parte dos usuários. Esses resultados reforçam que utilidade técnica e incorporação ao fluxo de trabalho são dimensões essenciais, além do desempenho algorítmico.¹⁰

Em escala mais ampla, a revisão de Siopis et al., com 29 ensaios randomizados e 7.592 participantes, encontrou que intervenções digitais para hipertensão podem melhorar desfechos pressóricos, mas destacou heterogeneidade de alcance, adesão e implementação. Portanto, o próximo passo para a ferramenta MACC não deve ser apenas ampliar a amostra de concordância, mas avaliar usabilidade, carga de trabalho, fidelidade de implementação, mudanças de conduta e resultados clínicos em desenho prospectivo.¹¹

Do ponto de vista metodológico, o presente estudo é deliberadamente apresentado como desenvolvimento e avaliação piloto. Diretrizes de avaliação de sistemas de apoio à decisão enfatizam que estudos iniciais devem explicitar o contexto de uso, fatores humanos, segurança e limitações antes de avaliações de impacto em maior escala. Embora DECIDE-AI tenha sido concebida para sistemas orientados por inteligência artificial e o algoritmo aqui seja determinístico, seus princípios de transparência e avaliação em etapas são úteis para orientar o programa de desenvolvimento.¹³

Além dos gatilhos assistenciais, a ferramenta apresenta um escore operacional complementar de 0 a 11 pontos, calculado a partir de idade, pressão arterial sistólica, tabagismo, diabetes e dislipidemia. Esse escore não define isoladamente o nível MACC e deve ser interpretado apenas como informação complementar no protótipo. Variáveis clinicamente relevantes, como polifarmácia, não compuseram a versão atual do algoritmo e poderão ser avaliadas em etapas futuras de desenvolvimento, desde que sua incorporação seja previamente especificada e testada. O estudo tem limitações. Foi realizado em uma única equipe, com 60 participantes e apenas 48 comparáveis à HEARTS; não houve seguimento longitudinal, padrão-ouro independente, validação externa, avaliação formal de usabilidade ou análise de impacto clínico. Os dez casos-testes são insuficientes para sustentar validação clínica. A recategorização da HEARTS em três grupos foi operacional e pode influenciar a estimativa de concordância. Além disso, as características basais disponíveis são limitadas, impedindo análises estratificadas robustas por sexo, idade, comorbidades e controle pressórico.

Como agenda de pesquisa, recomenda-se: validação externa multicêntrica; avaliação de reprodutibilidade interprofissional; estudo prospectivo de implementação; mensuração de tempo de uso, aceitabilidade e mudanças de conduta; e, somente se o escore complementar vier a ser interpretado como prognóstico, avaliação formal de discriminação, calibração e utilidade clínica.

A publicação do algoritmo completo e do dicionário de variáveis também aumentará transparência e reprodutibilidade.

CONCLUSÃO

A calculadora digital baseada no MACC apresentou consistência de implementação nos casos-teste e foi aplicável à organização assistencial dos 60 participantes da avaliação piloto. No subgrupo com comparação HEARTS, observou-se concordância parcial entre as classificações, coerente com a diferença de finalidade entre estratificação do cuidado e predição cardiovascular. Os resultados sustentam viabilidade preliminar como ferramenta de apoio à organização do cuidado na APS, mas não demonstram validade prognóstica, superioridade sobre HEARTS ou impacto em desfechos. Avaliações externas, prospectivas e de implementação são necessárias antes de adoção em maior escala.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores participaram da concepção e do delineamento do estudo, da análise e interpretação dos dados, da redação ou revisão crítica do manuscrito e aprovaram a versão final a ser publicada, assumindo responsabilidade pública pelo seu conteúdo, conforme os critérios de autoria do ICMJE.

CONFLITO DE INTERESSES

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

O estudo não recebeu financiamento de agências de fomento públicas, privadas ou sem fins lucrativos.

APROVAÇÃO ÉTICA

(Ethics Approval / Ethics Statement)

O protocolo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (CEP/FAMED/UFC), Parecer Consubstanciado nº 8.081.951, emitido em 25 de novembro de 2025 (Coordenador: Dr. Fernando Antônio Frota Bezerra), Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) nº 52542626.7.0000.5054. A pesquisa observou a Resolução do Conselho Nacional de Saúde (CNS) nº 466/2012, com obtenção de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e garantia de anonimização e agregação dos dados apresentados.

AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

(Institutional Authorization)

A utilização dos dados assistenciais de rotina foi autorizada pela Secretaria de Saúde do Recife/Distrito Sanitário V, por meio da Declaração Institucional de Enquadramento Assistencial, Autorização e Uso de Dados de Rotina (Ofício/Declaração nº 01, Dez/2025, USF Dr. Geraldo Barreto Campelo/ESF4, CNES 3131521), que reconheceu a atividade como qualificação e organização da assistência, sem caráter de intervenção experimental, condicionando o uso dos dados à preservação do sigilo, à apresentação agregada/anonimizada dos resultados e à não divulgação de identificadores individuais. Responsável institucional: Simône Rodrigues Marcelino (Gerente Administrativa). Responsável técnica pelo projeto: Astrid Merino Silverio (Médica da ESF4, RMS 28056909/PE).

DISPONIBILIDADE DE DADOS

(Data Availability Statement)

Os dados agregados que dão suporte às Tabelas 2, 3 e 4, bem como o dicionário de variáveis e a especificação do algoritmo de estratificação (Tabela 1), estarão disponíveis em repositório de acesso aberto da Universidade Federal do Ceará a partir da publicação, sob licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0). Os microdados individualizados contêm informações clínicas indiretamente identificáveis de pacientes de uma

unidade de saúde nomeada, classificando-se como dados sensíveis de saúde nos termos da Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018); seu acesso poderá ser concedido mediante solicitação justificada à autora correspondente, sujeita à aprovação dos responsáveis pelos dados e do CEP/FAMED/UFC. O código/ algoritmo de estratificação (Tabela 1) poderá ser disponibilizado mediante solicitação, para fins de verificação e reprodutibilidade.

REFERÊNCIAS

1. Barroso WKS, Rodrigues CIS, Bortolotto LA, Mota-Gomes MA, Brandão AA, Feitosa ADM, et al. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial - 2020. *Arq Bras Cardiol* 2021; 116(3):516-658. doi:10.36660/abc.20201238.
2. Feitosa ADM, Barroso WKS, Mion Junior D, Nobre F, Mota-Gomes MA, Jardim PCBV, et al. Brazilian Guidelines for In-office and Out-of-office Blood Pressure Measurement - 2023. *Arq Bras Cardiol* 2024; 121(4):e20240113. doi:10.36660/abc.20240113.
3. Mendes EV. O cuidado das condições crônicas na atenção primária à saúde: o imperativo da consolidação da estratégia da saúde da família. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde; 2012.
4. Mendes EV. O cuidado das condições crônicas na atenção primária à saúde. *Rev Bras Promoc Saude* 2018; 31(2). doi:10.5020/18061230.2018.7839.
5. WHO CVD Risk Chart Working Group. World Health Organization cardiovascular disease risk charts: revised models to estimate risk in 21 global regions. *Lancet Glob Health* 2019; 7(10):e1332-e1345. doi:10.1016/S2214-109X(19)30318-3.
6. Ordunez P, Tajer C, Gaziano T, Rodriguez YA, Rosende A, Jaffe MG. The HEARTS app: a clinical tool for cardiovascular risk and hypertension management in primary health care. *Rev Panam Salud Publica* 2022; 46:e12. doi:10.26633/RPSP.2022.12.

7. Rosende A, DiPette DJ, Martinez R, Brettler JW, Rodriguez G, Zuniga E, Ordunez P. HEARTS in the Americas clinical pathway. Strengthening the decision support system to improve hypertension and cardiovascular disease risk management in primary care settings. *Front Cardiovasc Med* 2023; 10:1102482. doi:10.3389/fcvm.2023.1102482.
8. Damen JAAG, Hooft L, Schuit E, Debray TPA, Collins GS, Tzoulaki I, et al. Prediction models for cardiovascular disease risk in the general population: systematic review. *BMJ* 2016; 353:i2416. doi:10.1136/bmj.i2416.
9. Allan GM, Nouri F, Korownyk C, Kolber MR, Vandermeer B, McCormack J. Agreement among cardiovascular disease risk calculators. *Circulation* 2013; 127(19):1948-1956. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.112.000412.
10. Silveira DV, Marcolino MS, Machado EL, Ferreira CG, Alkmim MBM, Resende ES, Carvalho BC, Antunes AP, Ribeiro ALP. Development and evaluation of a mobile decision support system for hypertension management in the primary care setting in Brazil: mixed-methods field study on usability, feasibility, and utility. *JMIR Mhealth Uhealth* 2019; 7(3):e9869. doi:10.2196/mhealth.9869.
11. Siopis G, Moschonis G, Eweka E, Jung J, Kwasnicka D, Asare BYA, et al. Effectiveness, reach, uptake, and feasibility of digital health interventions for adults with hypertension: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Lancet Digit Health* 2023; 5(3):e144-e159. doi:10.1016/S2589-7500(23)00002-X.
12. Sim J, Wright CC. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys Ther* 2005; 85(3):257-268. doi:10.1093/ptj/85.3.257.

13. Vasey B, Nagendran M, Campbell B, Clifton DA, Collins GS, Denaxas S, et al. Reporting guideline for the early-stage clinical evaluation of decision support systems driven by artificial intelligence: DECIDE-AI. *Nat Med* 2022; 28(5):924-933. doi:10.1038/s41591-022-01772-9.

Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.