

## DISPOSITIVO VESTÍVEL E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA TELEMONITORAMENTO CONTÍNUO DA BIOMARCADORES CARDIOVASCULARES

QualiJuntos, 1ª edição, de 30/09/2025 a 01/10/2025

ISBN dos Anais: 978-65-5465-161-5

GUTIERREZ; Marco A<sup>1</sup>, DIAS; Felipe M<sup>2</sup>, CARDENAS; Diego A C<sup>3</sup>, TOLEDO; Marcelo A F<sup>4</sup>, OLIVEIRA; Filipe A C<sup>5</sup>, MORENO; Ramon A<sup>6</sup>, KRIEGER; Jose E<sup>7</sup>

### RESUMO

**Introdução:** Hipertensão, um dos principais contribuintes para a morbidade cardiovascular, ressalta a necessidade de monitoramento preciso e contínuo da pressão arterial (PA). A fotopletismografia (PPG) surge como uma abordagem promissora para o monitoramento contínuo da PA. No entanto, a precisão das estimativas de PA derivadas de sinais de PPG tem sido objeto de debate contínuo, exigindo uma avaliação abrangente de sua eficácia. Este estudo busca apresentar de forma crítica os potenciais e as limitações da estimativa de PA a partir de sinais de PPG obtidos a partir de dispositivos vestíveis. **Metodologia:** Desenvolvemos um modelo de aprendizado profundo baseado em uma arquitetura Siamese ResNet calibrada, projetada para estimar de forma contínua os valores de pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD) e frequência cardíaca (FC). O treinamento inicial do modelo foi realizado utilizando bases de dados internacionais e com sinais de PPG adquiridos em tempo real de voluntários brasileiros, com pré-processamento para normalização e remoção de artefatos de movimento e contendo sinais pareados de PPG e PA. A utilização de dados de diferentes populações, possibilitou aumentar a robustez do algoritmo frente a variabilidades étnicas, demográficas e fisiológicas. Para validação local, conduzimos um estudo com 50 voluntários, nos quais registramos simultaneamente sinais de PPG e medidas de PA não invasiva obtidas por monitor ambulatorial certificado ao longo de 24 horas. Essa configuração permitiu avaliar tanto a acurácia das estimativas quanto sua estabilidade frente à variabilidade circadiana da PA. A análise dos resultados seguiu rigorosamente os critérios da AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) e da BHS (British Hypertension Society). **Resultados principais:** As inferências obtidas a partir de sinais de PPG atingiram desempenho próximo aos critérios exigidos pela AAMI para PAS e PAD. O modelo apresentou erro médio absoluto (MAE) e desvio-padrão (DP) de  $0,51 \pm 7,53$  mmHg para PAS,  $0,97 \pm 5,04$  mmHg para PAD e  $0,04 \pm 1,46$  batimento por minuto (bpm) para FC. Embora tenha havido maior dispersão nas medidas sistólicas, o desempenho global se manteve clinicamente aceitável, quando comparado com desempenho de sistemas de monitoramento ambulatorial tradicionais, confirmando o potencial do sinal de PPG para monitoramento em

<sup>1</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, marco.gutierrez@hc.fm.usp.br

<sup>2</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, f.dias@hc.fm.usp.br

<sup>3</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, diego.cardona@hc.fm.usp.br

<sup>4</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, marcelo.arruda@hc.fm.usp.br

<sup>5</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, filipe.acoliveira@hc.fm.usp.br

<sup>6</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, ramon.moreno@hc.fm.usp.br

<sup>7</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, j.krieger@hc.fm.usp.br

condições ambulatoriais e de mundo real. **Plataforma de telemonitoramento:** A partir do algoritmo desenvolvido, concebemos uma plataforma de telemonitoramento composta por um dispositivo vestível não invasivo acoplado por comunicação bluetooth de baixa energia à computação de borda em um smartphone. Essa infraestrutura permite a aquisição contínua de sinais de PPG e a execução local do algoritmo de estimativa, fornecendo medidas automáticas de PAS, PAD e FC a cada 15 minutos, ao longo de 24 horas e o correspondente mapa de variabilidade desses biomarcadores. Todo o processo ocorre sem qualquer intervenção ativa do paciente, o que garante praticidade, conforto e aplicabilidade em cenários de mundo real. Os dados processados localmente podem ser transmitidos de forma segura para sistemas de saúde digital, permitindo integração direta com prontuários eletrônicos e viabilizando o monitoramento remoto em larga escala, de forma contínua e não restrita ao período de 24 horas. **Conclusões:** Este trabalho estabelece um marco para o desempenho do sinal de PPG na estimativa da PA, oferecendo parâmetros realistas sobre suas capacidades e limitações. Concluímos que, embora os sinais de PPG contenham informações correlacionadas à PA, sua utilização isolada pode não substituir integralmente os métodos convencionais. Contudo, o treinamento do modelo com bases internacionais aumenta sua generalização entre diferentes populações, enquanto a implementação em uma plataforma vestível de telemonitoramento amplia seu potencial translacional. Essa abordagem representa um avanço relevante para o acompanhamento de pacientes, favorecendo a prevenção cardiovascular em contextos domiciliares e ambulatoriais, e abrindo caminho para futuras soluções híbridas integradas a outras modalidades de monitoramento fisiológico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Biomarcadores cardiovasculares, Inteligência Artificial, Telemonitoramento

<sup>1</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, marco.gutierrez@hc.fm.usp.br

<sup>2</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, f.dias@hc.fm.usp.br

<sup>3</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, diego.cardona@hc.fm.usp.br

<sup>4</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, marcelo.arruda@hc.fm.usp.br

<sup>5</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, filipe.acoliveira@hc.fm.usp.br

<sup>6</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, ramon.moreno@hc.fm.usp.br

<sup>7</sup> Instituto do Coração - HC FMUSP, j.krieger@hc.fm.usp.br