

16º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP - 2025

Smart NeoCare: Aplicativo móvel para estimação não invasiva de níveis de hemoglobina em recém-nascidos

LUCAS V. CANDOLO, ANA PAULA A. C. S.², CRISTINA O. S. V.³, ELCIO H. S.⁴, PRISCILLA C. F.⁵

¹ Graduando em Tecnologia de Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Campus Jacareí, lucas.candolo@aluno.ifsp.edu.br.

² Doutora, Departamento de Medicina, UFSCAR, São Carlos, cristina.ortiz@ufscar.br

³ Doutora, Laboratório de BioEngenharia, ITA priscila@ita.br

⁴ Doutor, Instituto de Estudos Avançados, elcio@ieav.cta.br

⁵ Doutora, IFSP, Campus Jacareí, anapaula.acs@ifsp.edu.br

Área de conhecimento (Tabela CNPq): 1.03.00.00-7 Ciência da Computação – Inteligência Artificial.

RESUMO: A anemia neonatal é uma das condições mais comuns em recém-nascidos e seu diagnóstico precoce é essencial para evitar complicações graves. Atualmente, esse diagnóstico é feito por exames laboratoriais invasivos, muitas vezes solicitados por protocolo mesmo quando o bebê apresenta sinais clínicos de normalidade. Este trabalho apresenta o desenvolvimento do protótipo do *Smart NeoCare*, um aplicativo móvel projetado para uso presencial em unidades neonatais, como ferramenta de apoio ao médico e/ou enfermeiro na triagem não invasiva de anemia por meio da análise do leito ungueal. O foco do estudo é o desenvolvimento da interface do aplicativo, implementada em Dart/Flutter, garantindo responsividade e integração com um *back-end* de inteligência artificial previamente desenvolvido pela equipe na etapa anterior do projeto. Os testes preliminares demonstram que o protótipo é funcional, estável e capaz de retornar, em tempo real, estimativas sobre a presença de anemia, complementando a avaliação clínica tradicional sem substituir o diagnóstico laboratorial definitivo.

PALAVRAS-CHAVE: Anemia Neonatal, Aplicativos Móveis, Flutter, Visão computacional, Diagnóstico não Invasivo.

Smart NeoCare: A Mobile Application for Non-Invasive Estimation of Hemoglobin Levels in Newborns

ABSTRACT: Neonatal anemia is one of the most common conditions in newborns, and its early diagnosis is essential to prevent severe complications. Currently, this diagnosis relies on invasive laboratory tests, often requested by protocol even when the newborn appears clinically healthy. This paper presents the development of the Smart NeoCare prototype, a mobile application designed for **on-site use in neonatal units** as a support tool for physicians and nurses in the non-invasive screening of anemia through nail bed analysis. The study focuses on the development of the application's interface, implemented in Dart/Flutter, ensuring responsiveness and integration with an artificial intelligence back-end previously developed by the research team in an earlier project phase. Preliminary tests demonstrate that the prototype is functional, stable, and capable of providing real-time estimates of anemia, complementing traditional clinical assessment without replacing definitive laboratory diagnosis.

KEYWORDS: Neonatal Anemia, Mobile Applications, Flutter, Computer Vision, Non-Invasive Diagnosis

INTRODUÇÃO

O diagnóstico precoce da anemia neonatal é essencial para prevenir complicações graves, mas os métodos tradicionais como hemograma são invasivos, caros e dependem de infraestrutura especializada, o que dificulta sua aplicação em muitos contextos hospitalares (Delaney et al., 2019; White et al., 2012; Yang et al., 2022; Mannino et al., 2018). Na prática clínica, a rotina de realização desses exames por protocolo pode levar a procedimentos desnecessários e dolorosos para o bebê.

Nos últimos anos, avanços em Inteligência Artificial (IA) e visão computacional têm possibilitado soluções de triagem não invasiva aplicadas à saúde (Esteva et al., 2017; Litjens et al., 2017; Shen et al., 2017; Lundervold & Lundervold, 2019). O leito ungueal, por refletir a oxigenação e a concentração de hemoglobina, vem sendo estudado como um biomarcador promissor para estimativas de anemia sem necessidade de coleta sanguínea (Mannino et al., 2018; Araújo et al., 2023; Mishra et al., 2020).

Neste contexto, o projeto *Smart NeoCare* foi concebido em duas fases complementares. A primeira consistiu no desenvolvimento de modelos de IA capazes de analisar imagens ungueais e inferir a presença de anemia. A segunda, foco deste artigo, refere-se ao desenvolvimento do aplicativo móvel que conecta esses modelos ao usuário final. Diferentemente de soluções de telemedicina, o *Smart NeoCare* foi projetado para uso presencial em UTIs neonatais, servindo como ferramenta de apoio a médicos e enfermeiros. Seu objetivo é oferecer um pré-diagnóstico não invasivo acessível que complemente a avaliação clínica, permitindo que exames laboratoriais invasivos sejam reservados para os casos em que há maior suspeita ou necessidade.

Dessa forma, este trabalho descreve o desenvolvimento e a validação preliminar do protótipo funcional do aplicativo *Smart NeoCare*, com ênfase no *front-end* implementado em *Dart/Flutter* e na sua integração ao *back-end* de IA desenvolvido anteriormente pela equipe.

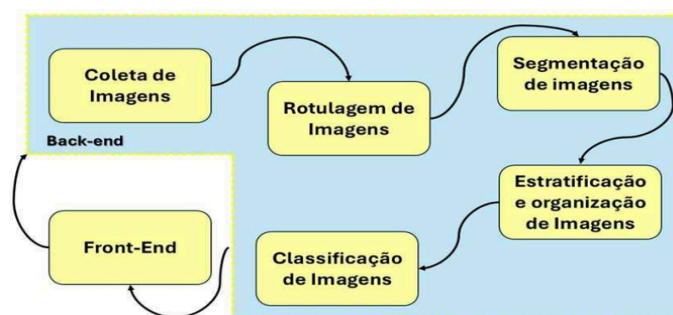
MATERIAL E MÉTODOS

O protótipo do *Smart NeoCare* foi desenvolvido com foco no *front-end*, priorizando uma interface responsiva e multiplataforma implementada em *Dart/Flutter*. Essa interface foi concebida para uso clínico presencial em UTIs neonatais, permitindo que médicos e enfermeiros capturem ou selecionem imagens das mãos de recém-nascidos e recebam, em tempo real, estimativas da presença de anemia.

Arquitetura da Aplicação

A arquitetura do *Smart NeoCare* foi estruturada em duas camadas principais, conforme ilustrado na Figura 1. O desenvolvimento do *front-end*, em *Dart/Flutter* para Android e iOS, responsável pela interface com o usuário, permitindo captura de imagens via câmera do dispositivo ou seleção na galeria, envio seguro das imagens para processamento, e exibição dos resultados clínicos em tempo real e o desenvolvimento do *back-end*, em Python, módulo de IA previamente desenvolvido e validado pela equipe, responsável pelo processamento das imagens ungueais e pela classificação quanto à presença de anemia. A comunicação entre as camadas ocorre via API REST, garantindo integração estável e de baixa latência.

FIGURA 1. Fluxo do sistema *Smart NeoCare*, evidenciando a integração entre o *front-end* e o *back-end*.

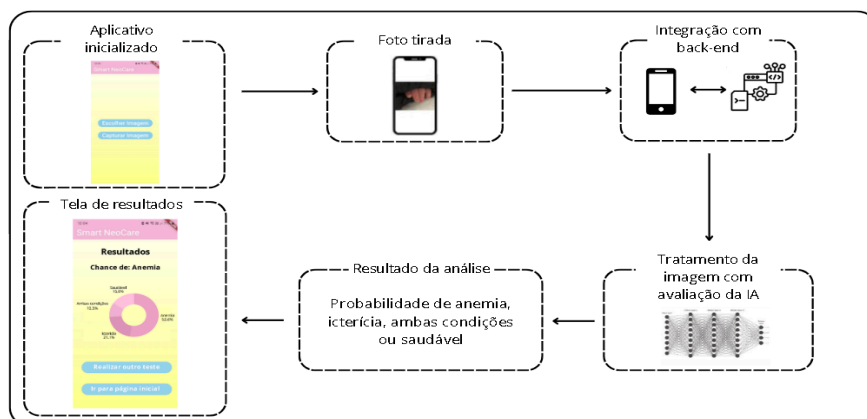


Design da Interface e Fluxo Funcional

O desenvolvimento do protótipo foi guiado por fluxogramas funcionais, que estabeleceram a lógica das telas e a sequência de interações previstas para o usuário. A interface do aplicativo possibilita a captura ou seleção de imagens ungueais, que são então enviadas ao *back-end* por meio de uma requisição HTTP. Nesse módulo, a imagem é processada por modelos previamente treinados e o resultado da análise é retornado ao *front-end*, sendo exibido ao profissional de forma clara e direta.

A Figura 2 ilustra o fluxo funcional do *Smart NeoCare* sob a perspectiva do usuário final, destacando todas as etapas de interação, desde a inicialização do aplicativo até a apresentação do resultado clínico fornecido pela inteligência artificial.

FIGURA 2. Fluxo funcional do aplicativo *Smart NeoCare*, da abertura até a exibição do resultado clínico.



O fluxo do *Smart NeoCare* inicia-se na interface principal, onde o usuário captura ou seleciona imagens ungueais (Figura 2). As imagens são enviadas ao *back-end* via requisição HTTP, onde a rede YOLOv8 realiza a detecção da região ungueal e uma CNN previamente treinada executa a classificação. O resultado da análise é então retornado ao *front-end* e exibido em uma interface clara e acessível, garantindo triagem não invasiva e integração transparente entre usabilidade e inteligência artificial.

Desenvolvimento da Interface e Identidade Visual

O *front-end* do *Smart NeoCare* foi implementado em *Dart/Flutter*, assegurando compatibilidade multiplataforma e responsividade em diferentes dispositivos móveis. O design da interface foi orientado por princípios de simplicidade, acessibilidade e clareza, de modo a facilitar o uso por profissionais de saúde em UTIs neonatais, mesmo sem familiaridade com soluções tecnológicas complexas. A identidade visual foi construída com base em uma paleta de cores suaves e em um logotipo exclusivo, elementos que reforçam a consistência gráfica e a identificação do aplicativo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

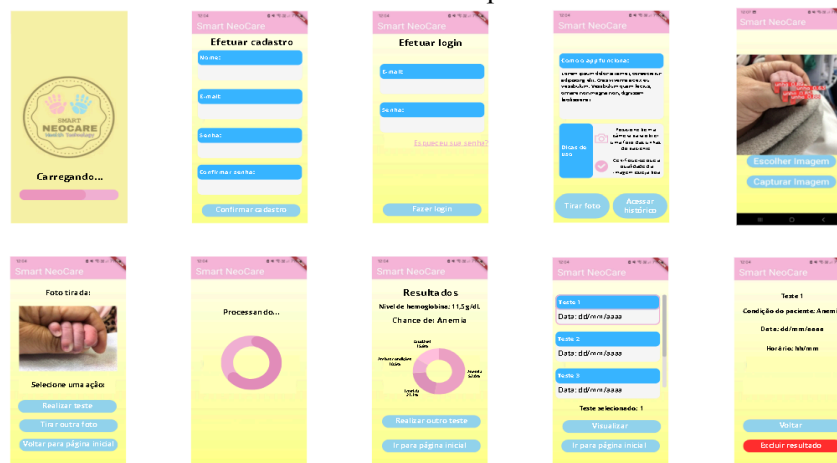
O desenvolvimento resultou em um protótipo funcional do *Smart NeoCare*, operacional em dispositivos Android. Os testes em ambiente controlado validaram as principais funcionalidades — captura e seleção de imagens, envio ao *back-end* e retorno da inferência — confirmando a estabilidade da interface e a integração com o servidor.

O sistema apresentou desempenho satisfatório, com tempo médio de resposta inferior a cinco segundos, adequado a aplicações clínicas móveis. A comunicação via API REST mostrou-se estável, e a integração entre o *front-end* (Flutter) e o *back-end* (redes neurais previamente treinadas) foi validada com êxito.

A Figura 3 apresenta diferentes telas do aplicativo, evidenciando a identidade visual, a clareza dos elementos e a lógica de navegação. Os testes confirmaram a consistência da interface, a

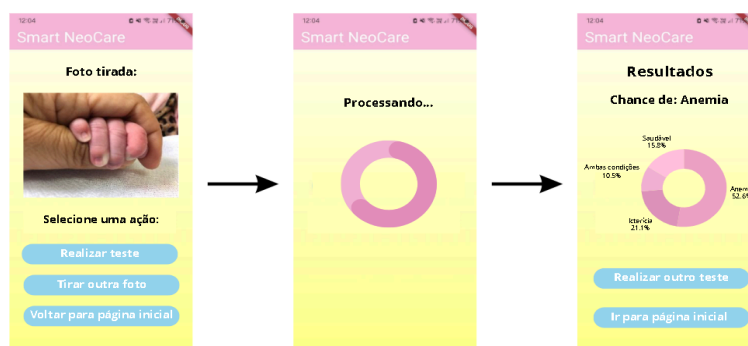
responsividade do design e a eficiência da comunicação com o servidor — aspectos fundamentais para aplicações reais em triagem neonatal.

FIGURA 3 – Telas do aplicativo.



A Figura 4 ilustra o fluxo de uso do aplicativo, desde a captura da imagem até a apresentação do resultado clínico retornado pelo sistema. Essa visualização reforça o desempenho interativo e informativo da solução, permitindo ao profissional de saúde compreender rapidamente o processo e o resultado exibido na interface.

FIGURA 4. Processo de análise da foto com a rede neural



Durante os testes de usabilidade, foram identificadas oportunidades de melhoria que resultaram em ajustes na paleta de cores, hierarquia dos elementos visuais e feedback instantâneo ao usuário. Esses refinamentos aumentaram a clareza, a navegabilidade e a interatividade do aplicativo.

Os resultados demonstram o potencial do *Smart NeoCare* como ferramenta de apoio ao diagnóstico de anemia neonatal, contribuindo para reduzir a necessidade de exames invasivos em recém-nascidos clinicamente estáveis. Ressalta-se, entretanto, que o sistema não substitui os exames hematológicos tradicionais, sendo proposto como um método complementar à avaliação clínica.

CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento do protótipo funcional do aplicativo *Smart NeoCare*, uma solução móvel voltada à triagem não invasiva de anemia em recém-nascidos por meio da análise do leito ungueal. O foco esteve no *design*, implementação e validação da interface gráfica, construída com o *framework Flutter*, priorizando usabilidade, responsividade e integração com o módulo de inteligência artificial desenvolvido previamente pela equipe.

Os testes realizados demonstraram que o *front-end* é capaz de executar suas principais funcionalidades — captura de imagens, seleção de arquivos da galeria, envio ao servidor e exibição dos resultados — de forma fluida e estável em dispositivos móveis Android. A integração com o *back-end* mostrou-se eficaz e rápida, validando o funcionamento do fluxo completo de inferência.

Como continuidade, propõe-se o aprimoramento da interface com funcionalidades adicionais como histórico de exames, distinção entre tipos de anemia, relatórios automáticos, explicações interpretáveis dos resultados e suporte a outras condições clínicas. Também está prevista a realização de estudos clínicos em ambiente hospitalar, visando consolidar o *Smart NeoCare* como uma ferramenta de apoio confiável e escalável à prática médica.

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

L.V.C. contribuiu com a implementação, análise dos dados, metodologia e experimentos. C.O.S.V. contribuiu com a aquisição dos dados e orientação, P.C.F., A.P.A.C.S. e E.H.S. contribuíram com a curadoria, análise dos dados e resultados e orientação. L.V.C. e A.P.A.C.S. atuaram na redação do trabalho. Todos os autores contribuíram com a revisão do trabalho e aprovaram a versão submetida.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), por meio do Laboratório de Bioengenharia, e ao Instituto Federal de São Paulo (IFSP – Campus Jacareí) pelo suporte institucional e técnico para o desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também à Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), em especial à Liga Interdisciplinar de Saúde Neonatal, pela colaboração na definição da identidade visual do aplicativo. Este projeto contou com apoio financeiro do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do IFSP (PIBIFSP).

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, F. A. C.; SANTOS, D. F.; PEREIRA, R. C. B.; OLIVEIRA, J. C. S.; SILVA, M. C. A.; MENDONÇA, M. R. S. Aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para estimativa de níveis de hemoglobina com base em imagens digitais. *Revista de Engenharia Biomédica*, [s. l.], v. 39, n. 1, p. 77–86, 2023.

DART. Disponível em <https://dart.dev/>. Acesso em 11 de dezembro, 2024.

DELANEY, C.; DAVIES, S. J.; HOFFMAN, R. S. Hemoglobin measurement in clinical settings. *Clinical Laboratory Hematology*, v. 41, n. 2, p. 98–105, 2019.

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2018.11.002>

ESTEVA, A.; KUPREL, B.; NOVOA, R. A.; KO, J.; SWETTER, S. M.; BLAU, H. M.; THRUN, S. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*, [s. l.], v. 542, p. 115–118, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature21056>

FLUTTER. Disponível em <https://flutter.dev/>. Acesso em 11 de dezembro, 2024.

ICLINIC. Sistema de gestão para clínicas e consultórios médicos. Disponível em: <https://iclinic.com.br/>. Acesso em: 12 dez. 2024.

LITJENS, G.; KOOL, T.; BEJNORDI, B. E.; SETIO, A. A. A.; CIOMPI, F.; GHAFORIAN, M.; VAN DER LAAK, J. A. W. M.; VAN GINNEKEN, B.; SÁNCHEZ, C. A survey on deep learning in

medical image analysis. *Medical Image Analysis*, [s. l.], v. 42, p. 60–88, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.media.2017.07.005>

LUNDERVOLD, A. S.; LUNDERVOLD, A. An overview of deep learning in medical imaging focusing on MRI. *Zeitschrift für Medizinische Physik*, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 102–127, 2019.

MANNINO, R. G.; MYERS, D. R.; TYBURSKI, E. A.; CARUSO, C.; BOURDEAUX, J.; LEONG, T.; CLIFFORD, G. D.; LAM, W. A. Smartphone app for non-invasive detection of anemia using only patient-sourced photos, Geórgia, *Nature Communications*, 2018.

MISHRA, S. et al. Nailbed as a window to anemia: A smartphone-based approach using deep learning. *Biomedical Signal Processing and Control*, [s. l.], v. 59, p. 101903, 2020.

OSÓRIO, M. Fatores determinantes da anemia em crianças, 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/jped/a/FvZJVLh63fK39WbtRGFG3Bn/#> . Acesso em 20 de novembro, 2023.

PEBMED. Whitebook: suporte à decisão médica. Disponível em: <https://whitebook.pebmed.com.br/planos>. Acesso em: 12 dez. 2024.

PYTHON. Disponível em <https://www.python.org/>. Acesso em 11 de dezembro, 2024.

SANGUINA. Aplicativo para rastreamento de anemia. Disponível em: <https://sanguina.com/>. Acesso em: 12 dez. 2024.

SHEN, D.; WU, G.; SUZUKI, K. Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, [s. l.], v. 19, p. 221–248, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071516-044442>

WHITE, M. C.; KELLERMAN, R.; WILLIAMS, M. Evaluation and management of anemia in the pediatric population. *American Family Physician*, v. 85, n. 1, p. 56–63, 2012.

WOLTERS KLUWER. UpToDate: suporte baseado em evidências para decisões médicas. Disponível em: https://learn.uptodate.com/ind_uptodate_brand/brand. Acesso em: 12 dez. 2024.

YANG, S. et al. Noninvasive hemoglobin estimation using deep learning on nailbed images. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, v. 26, n. 1, p. 123–134, 2022.

YOLOV8. Disponível em <https://docs.ultralytics.com/pt/models/yolov8/>. Acesso em 11 de dezembro, 2024.