



Abordagens e eficácia da Inteligência Artificial na predição de hemorragia pós-parto

Approaches and effectiveness of Artificial Intelligence in predicting
postpartum hemorrhage

Enfoques y efectividad de la Inteligencia Artificial en la predicción
de la hemorragia posparto

Chrystianne da Silva Oliveira¹, Polyana Alves Bernardino², Danielle de Melo Gonçalves³, Giselle Monashelly Bandeira do Nascimento⁴, Julyana Falcão Madeira¹, Aryele de Melo Gonçalves da Silva³, Deise Eunice do Carmo Pereira⁵, José William Araújo do Nascimento⁶.

RESUMO

Objetivo: Identificar abordagens e eficácia da Inteligência Artificial (IA) na predição de hemorragia pós-parto (HPP). **Métodos:** Trata-se de uma revisão integrativa, realizada nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e IEEE, por meio dos seguintes descritores: “postpartum hemorrhage”, “complications in pregnancy”, “artificial intelligence”, “machine learning” e “deep learning”. Foram incluídos estudos publicados entre 2018 a 2024 que incluíam a população geral com definição clara do diagnóstico de HPP. **Resultados:** A amostra final consistiu em 06 artigos, com uma concentração mais elevada de publicações em 2022. A maioria dos estudos foi conduzida no EUA, e os designs de pesquisa predominantes foram estudos de coorte. Verificou-se que os modelos de IA mostraram alta precisão e sensibilidade, destacando-se na integração de múltiplos fatores preditivos para HPP, como peso materno pré-gestacional, a idade gestacional, hipertensão gestacional, características da contração uterina. **Considerações finais:** Esta revisão destaca a relevância dos modelos de IA na previsão de HPP, indicando seu potencial para implementação clínica. Embora promissores, estes modelos exigem estudos adicionais para aprimoramento e validação em diferentes contextos.

Palavras-chave: Hemorragia pós-parto, Inteligência Artificial, Mortalidade materna.

ABSTRACT

Objective: Identify effective approaches and evaluate the effectiveness of Artificial Intelligence (AI) in predicting postpartum hemorrhage (PPH). **Methods:** This is an integrative review, carried out in the PubMed, Scopus, Web of Science and IEEE databases, using the following descriptors: “postpartum hemorrhage”, “complications in pregnancy”, “artificial intelligence”, “machine learning” and “deep learning”. Studies published between 2018 and 2024 that included the general population with a clear definition of the diagnosis of PPH were included. **Results:** The final sample consisted of 6 articles, with a higher concentration of publications in

¹ Albert Einstein Instituto Israelita de Ensino e Pesquisa, São Paulo - SP.

² Universidade Católica de Pernambuco, Recife - PE.

³ Universitário Maurício de Nassau, Recife - PE.

⁴ Universitário Guararapes (UNIFG), Recife - PE.

⁵ Universitário São Miguel, Recife - PE.

⁶ Universidade Federal de Pernambuco (Cin-UFPE), Recife - PE.

2022. The majority of studies were conducted in the USA, and the predominant research designs were cohort studies. It was found that the AI models showed high accuracy and sensitivity, standing out in the integration of multiple predictive factors for PPH, such as pre-gestational maternal weight, gestational age, gestational hypertension, characteristics of uterine contraction. **Final considerations:** This review highlights the relevance of AI models in predicting PPH, indicating their potential for clinical implementation. Although promising, these models require additional studies for improvement and validation in different contexts.

Keywords: Postpartum hemorrhage, Artificial Intelligence, Maternal mortality.

RESUMEN

Objetivo: Identificar enfoques efectivos y evaluar la efectividad de la Inteligencia Artificial (IA) para predecir la hemorragia posparto (HPP). **Métodos:** Se trata de una revisión integradora, realizada en las bases de datos PubMed, Scopus, Web of Science e IEEE, utilizando los siguientes descriptores: “postpartum hemorrhage”, “complications in pregnancy”, “artificial intelligence”, “machine learning” and “deep learning”. Se incluyeron estudios publicados entre 2018 y 2024 que incluyeron a la población general con una definición clara del diagnóstico de HPP. **Resultados:** La muestra final estuvo compuesta por 6 artículos, con mayor concentración de publicaciones en 2022. La mayoría de los estudios se realizaron en EE. UU. y los diseños de investigación predominantes fueron los estudios de cohortes. Se encontró que los modelos de IA mostraron alta precisión y sensibilidad, destacándose en la integración de múltiples factores predictivos de HPP, como peso materno pregestacional, edad gestacional, hipertensión gestacional, características de la contracción uterina. **Consideraciones finales:** esta revisión destaca la relevancia de los modelos de IA en la predicción de la HPP, lo que indica su potencial para la implementación clínica. Aunque prometedores, estos modelos requieren estudios adicionales para mejorarlos y validarlos en diferentes contextos.

Palabras clave: Hemorragia posparto, Inteligencia Artificial, Mortalidad materna.

INTRODUÇÃO

A hemorragia pós-parto (HPP) representa uma das mais sérias complicações obstétricas e continua sendo uma das principais causas de mortalidade materna global. Estima-se que, anualmente, cerca de 500.000 gestantes percam suas vidas devido a complicações relacionadas à gravidez, com a hemorragia sendo responsável por aproximadamente 25% dessas mortes. Esta condição desafia continuamente os sistemas de saúde pelo mundo, exigindo uma atenção urgente para estratégias eficazes de prevenção e tratamento (SAY L, et al., 2014). Revisões recentes nos critérios de diagnóstico da HPP, como as implementadas pelo American College of Obstetrics and Gynecology (ACOG) em 2017, refletem uma evolução na compreensão médica desta condição.

A HPP é atualmente definida não apenas pela quantidade de sangue perdido—mais de 500 mL após um parto vaginal e mais de 1.000 mL após um cesáreo—mas também considera uma perda sanguínea cumulativa superior a 1 litro acompanhada de sinais de hipovolemia nas primeiras 24 horas após o parto, independentemente do método de entrega. Esta mudança foi baseada na observação de que a perda sanguínea durante o parto é frequentemente subestimada, o que pode retardar intervenções críticas (HAMM RF, et al., 2018; FEDUNI W S, et al., 2020). A gravidade da HPP é destacada por estatísticas alarmantes: estima-se que ocorra um caso de HPP a cada dez partos e um óbito materno a cada 190 partos devido a esta condição. No Brasil, de 1996 a 2020, a HPP foi responsável por 17,3% dos óbitos maternos, sendo superada apenas por complicações de síndromes hipertensivas (OSANAN GC, et al., 2018; BRASIL, 2022).

A HPP é causada principalmente pela atonia uterina (falha na contração do útero), que é responsável por cerca de 70% a 83,2%; trauma (laceração do útero, colo do útero e vagina), que é responsável por 10% a 15%; e tecido (placenta retida e fixação placentária aderente anormal (BEYENE BN, et al., 2024). Por isso, a distinção entre hemorragia pós-parto precoce e tardia é crucial para o desenvolvimento de estratégias de intervenção adequadas. A HPP precoce ocorre nas primeiras 24 horas após o parto e é frequentemente mais perceptível e, portanto, mais prontamente tratada. Por outro lado, a HPP tardia, que se manifesta entre 24 horas e 12 semanas após o parto, pode passar despercebida e levar a complicações graves se não for

identificada e gerida a tempo. A identificação precoce de mulheres em alto risco de HPP pode ser significativamente aprimorada com a gestão ativa do trabalho de parto, envolvendo a presença de equipe clínica experiente e acesso imediato a recursos críticos, como medicamentos e bancos de sangue (SAVVIDOU M, 2023).

No entanto, a previsão de HPP continua sendo um desafio, visto que a presença de múltiplos fatores de risco não sempre permite uma identificação precisa das gestantes com maior risco. Atualmente, é fundamental que os profissionais de saúde integrem os fatores de risco conhecidos e apliquem um esquema de estratificação para estimar a probabilidade de HPP. A criação de modelos de previsão clínica que possam ser incorporados em ferramentas como calculadoras de risco on-line dentro dos registros eletrônicos de saúde poderia transformar a abordagem para o manejo deste risco (NYFLØT LT, et al., 2017; CHANDRAHARAN E, et al., 2017). A necessidade de desenvolver métodos mais eficazes para a predição de HPP é evidenciada pela escassez de ferramentas confiáveis.

Neste contexto, a inteligência artificial (IA) representa um avanço significativo, destacando-se pela sua capacidade de analisar dados sem depender de modelos teóricos pré-definidos. A IA explora uma ampla gama de informações de saúde, que englobam dados clínicos, comportamentais, ambientais e farmacológicos, além de informações da literatura biomédica. Essa tecnologia não só auxilia os profissionais na tomada de decisões, como também contribui para a redução de erros médicos e o aprimoramento da precisão diagnóstica, aliviando a carga de trabalho dos médicos (BERTINI A, et al., 2022). Este contexto realça a importância de explorar mais a fundo as capacidades da IA, evidenciando uma lacuna na literatura sobre métodos eficazes de prevenção da HPP. Deste modo, o objetivo deste estudo é identificar abordagens eficazes e avaliar a eficácia da IA na predição de HPP, visando melhorar os cuidados e reduzir a morbidade e mortalidade maternas.

MÉTODOS

Para este estudo, escolheu-se conduzir uma revisão integrativa da literatura, metodologia que possibilita uma análise holística e profunda sobre o tema abordado. A utilização deste método é essencial para integrar achados de estudos primários e gerar informações sobre aspectos do tema que ainda necessitam de maior exploração. A revisão integrativa foi selecionada devido à sua capacidade de fundamentar o desenvolvimento científico e orientar a aplicação de práticas baseadas em evidências robustas (SOUZA MT, et al., 2010). O processo de revisão integrativa foi estruturado através de um protocolo metodológico claro e sistemático, organizado nas seguintes fases: 1) Definição da pergunta de pesquisa e dos objetivos específicos do estudo; 2) Determinação dos critérios de inclusão para seleção dos artigos; 3) Execução de uma busca sistemática em bases de dados e repositórios pertinentes; 4) Seleção e avaliação crítica dos estudos encontrados, seguida de um agrupamento das informações relevantes; 5) Análise minuciosa e interpretação dos dados obtidos; 6) Síntese das conclusões baseadas nas evidências coletadas e discussão sobre suas implicações práticas e teóricas (SOUZA MT, et al., 2010).

Para orientar este estudo, foi adotado a estrutura metodológica PICOC, ajustada para atender aos objetivos específicos desta revisão. O "P" (População) concentra-se em mulheres que passaram por partos vaginais ou cesáreos. Este grupo foi selecionado devido à relevância clínica da HPP e à necessidade de compreender melhor as variáveis associadas a esta complicação grave. O "I" (Intervenção) abrange a utilização de tecnologias de IA para prever a ocorrência de HPP, focando-se em como essas tecnologias podem ser aplicadas para melhorar a previsão e gestão deste risco. O "C" (Comparação) não se aplica diretamente, pois nosso estudo visa explorar o potencial da IA na predição de HPP, em vez de comparar diferentes intervenções.

O "O" (Outcomes) refere-se aos resultados relacionados à eficácia da IA em identificar precocemente os sinais de HPP, potencialmente reduzindo as taxas de mortalidade e morbidade maternas. Isso inclui a avaliação da precisão das previsões e a consequente melhoria dos protocolos de tratamento e intervenção. O "C" (Contexto) analisa os ambientes em que os dados foram coletados e os modelos de IA foram aplicados, incluindo diferentes configurações hospitalares e práticas clínicas. Variáveis como protocolos hospitalares,

nível de acesso a tecnologias avançadas e competência da equipe médica em utilizar novas ferramentas tecnológicas foram consideradas, dado que podem influenciar significativamente a eficácia das soluções de IA. Com base nessa estruturação, a pergunta de pesquisa central foi definida como: “Quais as principais abordagens e respectivas eficácias da IA na predição de HPP, por meio de evidências na literatura científica?”.

Assim, os critérios de inclusão estabelecidos foram: artigos completos disponíveis em qualquer idioma, estudos publicados entre janeiro de 2018 e abril de 2024, que incluam a população geral com definição clara do diagnóstico de HPP, que utilizem modelos de IA para a previsão de HPP, com uma descrição clara desses modelos e que apresentem o desempenho dos modelos de IA com parâmetros de avaliação como a Area Under the Receiver Operating Characteristic Curve (AUROC), exatidão, precisão, sensibilidade e/ou especificidade.

Esses critérios foram estabelecidos para garantir que os estudos selecionados proporcionem uma análise robusta e detalhada das capacidades e eficácias das tecnologias de IA na predição de HPP. Por sua vez, foram excluídos artigos de opinião, estudos duplicados nas bases de dados, revisões de literatura (narrativas, scoping, integrativas, sistemáticas e meta-análises), artigos editoriais, dissertações, teses e quaisquer publicações que não estivessem diretamente alinhadas com o objetivo principal desta investigação. Para a busca dos estudos primários foram selecionadas quatro bases de dados, relevantes para a área médica, a saber: National Institute of Medicine (NIH-PubMed), Scopus, Web of Science e IEEE Xplore. O levantamento abrangeu os meses de fevereiro a abril de 2024.

Os quatro componentes descritos da sigla PICOC foram utilizados em diferentes combinações de descritores controlados, empregando-se termos específicos derivados do Medical Subject Headings (MeSH). Os descritores adotados foram: “postpartum hemorrhage”, “complications in pregnancy”, “artificial intelligence”, “machine learning” e “deep learning”. Para aprimorar e detalhar a estratégia de busca, foi fundamental a utilização dos operadores booleanos “AND” e “OR”. A aplicação desses descritores foi cuidadosamente ajustada para corresponder às características de cada base de dados utilizada, garantindo assim uma cobertura abrangente e específica. Os detalhes dessas combinações estão ilustrados no (Quadro 1).

Quadro 1 - Estratégias de busca nas bases de dados.

Base de dados (artigos recuperados)	Estratégia de busca
PubMed (42)	("postpartum hemorrhage"[MeSH Terms] OR "postpartum hemorrhage"[All Fields]) AND ("pregnancy complications"[MeSH Terms] OR "complications in pregnancy"[All Fields]) AND ("artificial intelligence"[MeSH Terms] OR "artificial intelligence"[All Fields] OR "machine learning"[All Fields])
IEEE Xplore (36)	("All Metadata": "postpartum hemorrhage") AND ("All Metadata": "complications in pregnancy") AND ("All Metadata": ("artificial intelligence" OR "machine learning OR deep learning"))
Scopus (21)	TITLE-ABS-KEY ("postpartum hemorrhage" AND "complications in pregnancy" AND ("artificial intelligence" OR "machine learning"))
Web of Science (17)	TS=("postpartum hemorrhage" AND "complications in pregnancy" AND ("artificial intelligence" OR "machine learning"))

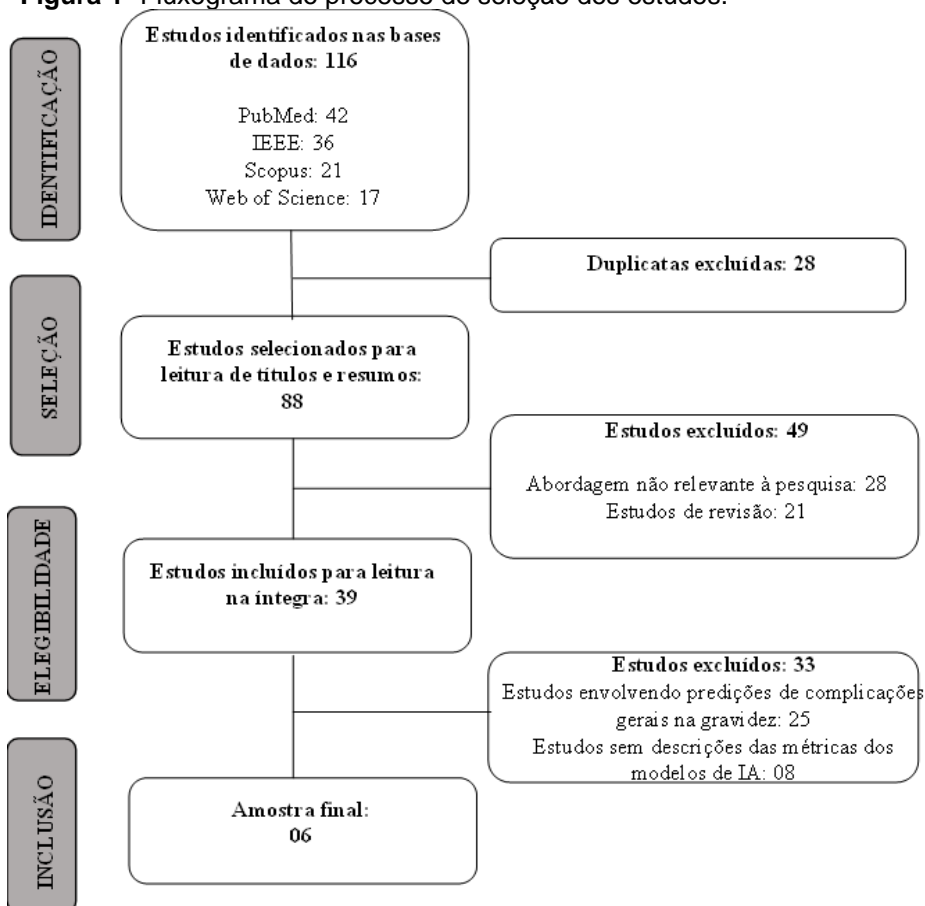
Fonte: Oliveira CS, et al., 2024.

Os artigos para esta revisão foram selecionados por uma equipe de revisores independentes, que seguiram os critérios previamente estabelecidos. Na fase inicial, esses revisores avaliaram títulos e resumos dos estudos usando uma plataforma digital especializada para registrar suas decisões preliminares. A concordância entre os revisores foi verificada através do coeficiente Kappa, que alcançou um valor de 0,94, demonstrando uma alta confiabilidade e concordância substancial no processo de seleção (MCHUGH ML, 2012). Quaisquer discrepâncias encontradas nesta etapa inicial foram discutidas e resolvidas em reuniões conjuntas, garantindo um consenso. Os artigos que passaram por essa triagem inicial foram então organizados e catalogados usando o software de gerenciamento de referências EndNote (versão XII - Desktop), o que ajudou na organização e na recuperação das informações ao longo da revisão.

Para assegurar uma abordagem rigorosa na coleta e análise dos dados, estabeleceu-se um protocolo detalhado que incluía a identificação completa dos artigos (título, autores, revista, ano de publicação, país de origem, índice de impacto conforme o Journal Citation Reports – JCR, classificação no Qualis Capes para o período 2017-2020 e a base de dados onde o estudo foi localizado), características metodológicas (tipo de estudo, nível de evidência), população do estudo, fatores preditivos identificados e resultados chave. Durante a pesquisa inicial nas bases de dados designadas, foram identificados 116 artigos científicos. Desses, 28 estavam duplicados e foram considerados apenas uma vez, resultando em 88 artigos para uma avaliação inicial baseada em títulos e resumos. Após essa análise preliminar, 28 artigos foram excluídos por não corresponderem estritamente ao tema central da pesquisa e 21 estudos foram excluídos por se enquadrarem como algum tipo de revisão literária.

Dessa seleção, 39 publicações foram submetidas a uma avaliação mais aprofundada do texto integral. Entretanto, deste grupo, 25 foram descartados por tratarem de predições de complicações gerais na gravidez com o uso da IA (sem foco exclusivo na HPP) e 08 por não fornecerem descrições clara das métricas dos modelos de IA aplicados para predição da HPP. Assim, um total de 06 artigos foi definitivamente incluído nesta revisão integrativa. O processo de seleção e exclusão dos artigos é detalhado no fluxograma desenvolvido conforme as diretrizes do Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA), adaptado para revisões integrativas, apresentado na (Figura 1).

Figura 1- Fluxograma do processo de seleção dos estudos.



Fonte: Oliveira CS, et al., 2024.

A seleção criteriosa dos estudos para esta revisão foi fundamentada no consagrado modelo da Hierarquia de Evidências, uma abordagem crítica para avaliar a robustez e confiabilidade das pesquisas consideradas. Este modelo garante que apenas dados de alta qualidade e relevância sejam utilizados tanto em contextos acadêmicos quanto práticos (STILLWELL S, et al., 2010). Foram priorizados estudos classificados como Nível

I e II, que incluem ensaios clínicos randomizados controlados e meta-análises de pesquisas rigorosas. Esses estudos fornecem uma base sólida para práticas clínicas sustentadas por evidências fortes e confiáveis. Estudos de Nível III e IV, como estudos de coorte e caso-controle, também foram considerados, pois fornecem informações valiosas, embora tenham um controle metodológico menos rigoroso, o que pode influenciar a generalização dos resultados.

Ainda foram examinados estudos das categorias V a VII, que abrangem relatos de casos, opiniões de especialistas e estudos descritivos. Esses estudos são importantes por oferecerem perspectivas únicas e contribuírem para preencher lacunas no conhecimento existente (STILLWELL S, et al., 2010). Além disso, nesta revisão, enfatizou-se a aderência estrita aos princípios éticos. Esforços foram feitos para garantir o reconhecimento apropriado dos autores dos estudos analisados e a observância das normas internacionais de direitos autorais e boas práticas de pesquisa, refletindo um compromisso com a integridade acadêmica e o respeito pelo conjunto do conhecimento científico (BRASIL, 1998).

RESULTADOS

Nesta revisão, um total de seis estudos foi meticulosamente selecionado para análise, conforme detalhado no Quadro 2. Observou-se uma concentração de publicações entre os anos de 2020 a 2024, com maior frequência em 2022, com três estudos (ID03-05). Em termos geográficos, os EUA foi os país mais representado, com duas publicações (ID01, ID04). A avaliação da qualidade dos periódicos revelou uma predominância de publicações nos estratos A1 a A2 segundo a classificação da CAPES, destacando-se o "Obstetrics & Gynecology" pelo seu notável fator de impacto de 7.623. Os estudos predominaram no design de coorte, atribuídos com um nível de evidência III, indicando uma qualidade moderada de evidência. Os objetivos dos estudos variaram amplamente, mas todos centraram-se no uso de modelos de IA para aprimorar a previsão de HPP, adaptados à contextos específicos e desafios distintos de cada população estudada.

Quadro 2 - Caracterização geral dos artigos da amostra final.

ID	Autoria/ano	País	Periódico (Qualis – JCR)	Design do estudo (NE*)	Objetivos
01	Venkatesh KK, et al., 2020	EUA	Obstetrics & Gynecology (A1 - 7.623)	Coorte (III)	Prever o risco de hemorragia pós-parto de uma mulher na admissão do trabalho de parto usando aprendizado de máquina e modelos estatísticos.
02	Akazawa M, et al., 2021	Japão	Scientific Reports (A1 - 4.379)	Coorte (III)	Prever hemorragia pós-parto em mulheres submetidas a parto vaginal utilizando modelos de aprendizado de máquina.
03	Liu J, et al., 2022	China	Archives of gynecology and obstetrics (A2 - 2.493)	Coorte (III)	Utilizar um modelo de aprendizado de máquina para melhorar a precisão da previsão de hemorragia pós-parto no parto vaginal.
04	Westcott JM, et al., 2022	EUA	Journal of medical Internet research (A1 – 7.08)	Coorte (III)	Utilizar técnicas de aprendizado de máquina para identificar pacientes com risco de hemorragia pós-parto no parto obstétrico.
05	Shah SY, et al., 2022	Quênia	Frontiers in global women's health (3.7)	Coorte (III)	Prever a ocorrência de hemorragia pós-parto usando modelos de aprendizado de máquina baseados em dados de consultas pré-natais, intraparto e pós-natais
06	Holcroft S, et al., 2024	África do Sul	International journal of environmental research and public health (A1 – 4.614)	Coorte (III)	Desenvolver um modelo preditivo para HPP utilizando fatores de risco precoces e classificar sua importância em termos de capacidade preditiva.

Nota: NE* - Nível de evidência.

Fonte: Oliveira CS, et al., 2024.

Conforme demonstrado no **Quadro 3**, esta revisão integra e consolida informações de seis estudos meticulosamente selecionados, abrangendo uma amostra total de 220.114 mulheres submetidas ao parto vaginal ou cesariano. A análise comparativa destes estudos revela que os modelos de IA são ferramentas promissoras na previsão de HPP, com cada estudo identificando fatores preditivos chave e alcançando resultados significativos na capacidade preditiva. Entre os principais fatores preditivos identificados, destacam-se o peso materno pré-gestacional, a idade gestacional, a contagem de leucócitos, a hipertensão gestacional, e a análise das características da contração uterina. Os resultados principais apontam para uma alta precisão e sensibilidade dos modelos, especialmente o uso de técnicas como o modelo de aumento de gradiente extremo e a combinação de LightGBM com regressão logística, que mostraram ser especialmente eficazes na previsão de HPP, oferecendo uma base sólida para intervenções clínicas mais direcionadas e efetivas.

Quadro 3 - Abordagens de IA para predição de HPP.

ID	População do estudo	Fatores Preditivos para HPP	Principais resultados
01	152.279 mulheres com parto vaginal ou cesariana	Peso materno pré-gestacional; Peso materno na admissão; Diagnóstico pré-natal de macrossomia fetal.	O modelo de aumento de gradiente extremo apresentou a melhor capacidade preditiva com uma estatística C de 0.93, indicando alto potencial para uso clínico na identificação precoce de risco de hemorragia pós-parto. Os outros modelos também se mostraram eficazes, fornecendo suporte significativo na tomada de decisões clínicas.
02	9.894 mulheres com parto vaginal	Idade gestacional; O peso materno na admissão do trabalho de parto; Peso materno pré-gravidez.	O melhor modelo de aprendizado de máquina apresentou um AUC de 0.708 e precisão de 0.686. A análise de importância de variáveis identificou fatores de peso materno e idade gestacional como determinantes. A precisão precisa ser melhorada em estudos futuros, com a inclusão de mais dados para robustecer as previsões.
03	25.098 mulheres com parto vaginal ou cesariana	Contagem de leucócitos; Hipertensão gestacional; Peso neonatal Duração da segunda fase do trabalho de parto.	O modelo combinado de LightGBM e Regressão Logística (LGB + LR) apresentou os melhores resultados, com uma sensibilidade de 0.694 e especificidade de 0.800. A inclusão de características da contração uterina melhorou a precisão da previsão, destacando-se a frequência e intensidade das contrações como altamente preditivas para HPP grave.
04	30.867 mulheres com parto vaginal ou cesariana	Índice de massa corporal; Hematócrito na admissão; Parto cesáreo antes do parto ou ruptura; Contagem de plaquetas na admissão.	Os modelos de árvores de decisão impulsionadas por gradiente mostraram a melhor discriminação, com um AUROC de 0.979. A precisão alcançada foi de 98.1% e a sensibilidade para prever hemorragia pós-parto foi de 0.763.
05	1.576 mulheres em uma população do Quênia	Anemia; Cuidado pré-natal limitado; Concentrações de hemoglobina; Sinais de palidez no intraparto.	O modelo Naïve Bayes apresentou o melhor desempenho com uma precisão de 0.95, especificidade de 0.97 e AUC de 0.76. Estes fatores indicam um alto potencial para a utilização de modelos de aprendizado de máquina para prever a hemorragia pós-parto na população do Quênia, destacando a importância de fatores como anemia e monitoramento da pressão arterial.
06	430 mulheres	Nível de hemoglobina durante o trabalho de parto; Idade materna.	O modelo de Florestas Aleatórias apresentou uma sensibilidade de 80.7%, especificidade de 71.3%, e taxa de erro de classificação de 12.19%. Este modelo demonstrou ser uma ferramenta confiável para a predição de hemorragia pós-parto, com a idade materna e o nível de hemoglobina identificados como os principais fatores preditivos.

Fonte: Oliveira CS, et al., 2024.

DISCUSSÃO

Esta revisão centrou-se na análise de abordagens de IA para a predição de HPP, um tópico de crucial importância para a redução da mortalidade e morbidade materna globalmente. Identificar com precisão os fatores preditivos para HPP é fundamental para intervir adequadamente e melhorar os desfechos clínicos. A

HPP é influenciada por uma variedade de fatores, que vão desde características individuais, como peso pré-gestacional e condições de saúde pré-existentes, até aspectos relacionados ao manejo do parto, como a duração das fases do trabalho de parto e a eficácia das contrações. Os modelos de IA explorados nesta revisão oferecem a possibilidade de integração desses múltiplos fatores em sistemas preditivos complexos, proporcionando uma visão holística e detalhada que pode antecipar o risco de HPP com maior precisão. Esses sistemas têm o potencial de transformar a prática obstétrica ao permitir intervenções mais rápidas e baseadas em evidências, que podem ser personalizadas para o perfil de risco específico de cada paciente (NYFLØT LT, et al., 2017; BERTINI A, et al., 2022).

À luz dos resultados obtidos nesta revisão, a relevância de fatores como peso materno pré-gestacional, idade gestacional, contagem de leucócitos, hipertensão gestacional, e as características da contração uterina, na predição de HPP é notável. Estes fatores destacam-se não apenas pela sua influência clínica direta no risco de HPP, mas também pela capacidade dos modelos de IA de integrar essas variáveis complexas em previsões precisas e confiáveis. Modelos avançados, como o aumento de gradiente extremo e LightGBM combinado com regressão logística, são particularmente eficazes na incorporação dessas informações, permitindo análises preditivas que consideram a interação entre múltiplos indicadores clínicos e biológicos, proporcionando um entendimento mais profundo e abrangente dos riscos envolvidos (LIU J, et al., 2022; WESTCOTT JM, et al., 2022).

O peso materno pré-gestacional e a idade gestacional, destacado em dois estudos (ID01-02), são fatores cruciais que influenciam a gestão do parto e o potencial de complicações, como a HPP. Modelos de IA que incluem esses dados podem oferecer previsões que ajudam os profissionais de saúde a identificar mulheres em alto risco mais cedo no curso da gestação ou do parto. Isso é fundamental, pois permite a implementação de estratégias preventivas personalizadas, potencialmente reduzindo a incidência de eventos adversos (VENKATESH KK, et al., 2020; AKAZAWA M, et al., 2021). Por outro lado, a contagem de leucócitos e a hipertensão gestacional são indicativos de condições inflamatórias e de stress no corpo que podem preceder ou acompanhar complicações durante o parto, incluindo HPP. A capacidade de modelos de IA para analisar essas condições em tempo real e prever suas consequências potencializa o uso de intervenções mais direcionadas e imediatas, melhorando os desfechos clínicos (LIU J, et al., 2022).

A aplicação de métodos de IA para a predição de HPP revelou uma variação significativa no desempenho dos modelos, o que é destacado pela diversidade nas métricas de desempenho utilizadas, como AUC, precisão, sensibilidade e especificidade. Por meio dos resultados identificados nesta revisão, observou-se que modelos como o de aumento de gradiente extremo e LightGBM com regressão logística mostraram alto potencial para uso clínico devido à sua capacidade de integrar uma variedade de fatores preditivos e alcançar alta precisão e sensibilidade (VENKATESH KK, et al., 2020; AKAZAWA M, et al., 2021; LIU J, et al., 2022; WESTCOTT JM, et al., 2022). Essa capacidade de integração é fundamental, pois a HPP é influenciada por uma gama complexa de fatores, que incluem desde características físicas como peso pré-gestacional até condições clínicas durante o parto. Este achado ressalta a importância de selecionar e otimizar parâmetros de modelo que possam lidar com a complexidade dos dados clínicos para melhorar as previsões de resultados maternos (MARTINS RIL, et al., 2024).

Uma revisão sistemática conduzida por Neary C. et al. (2021) também destacou modelos baseados em regressão logística, mas apontou limitações na capacidade preditiva desses modelos quando aplicados exclusivamente a casos de parto vaginal, sugerindo a necessidade de modelos mais robustos como os encontrados em nossa análise que integram técnicas de IA avançadas para aprimorar a predição em diversos cenários clínicos. Além disso, a interpretabilidade dos modelos de IA desempenha um papel crucial na sua aceitação e integração em ambientes clínicos. Apesar da eficácia dos modelos avançados na predição de HPP, a natureza "caixa preta" de muitas abordagens de IA pode limitar sua utilidade prática para equipes médicas que necessitam de compreensão clara dos fatores influenciando as previsões (WANG M, et al. 2024).

Neste contexto, técnicas que elucidam o processo de tomada de decisão dos modelos, tais como a importância de características e métodos de visualização de dados, são essenciais para aumentar a transparência e fomentar a confiança entre os profissionais de saúde. A transparência não apenas facilita a

aceitação clínica dos modelos preditivos, mas também permite ajustes e melhorias contínuas na maneira como os modelos são aplicados (HOLCROFT S, et al., 2024). Em outra revisão sistemática recente, pesquisadores enfatizam a importância de adaptar os modelos de IA para refletir as características demográficas e clínicas específicas das populações estudadas, uma abordagem que nosso estudo também sustenta através da análise de diferentes conjuntos de dados e populações. Essa personalização dos modelos de predição de HPP é fundamental para garantir sua aplicabilidade e eficácia em diversos contextos clínicos e populacionais (RANJBAR A, et al., 2023).

Ademais, as diferenças nos conjuntos de dados, como tamanho da amostra, tipos de variáveis e contextos clínicos, afetam a generalização dos modelos de IA. No estudo realizado por Shah SY, et al. (2022), que utiliza Naïve Bayes para a população do Quênia, foi destacado a importância de condições específicas como anemia e cuidado pré-natal limitado, refletindo os desafios particulares dessa população. Isso sugere que a eficácia dos modelos de IA pode ser maximizada através de sua adaptação e calibração específicas para as características populacionais e necessidades clínicas locais (XU L, et al., 2023; WANG M, et al., 2024). Destaca-se que a implementação desses modelos preditivos em práticas obstétricas pode transformar a gestão de riscos de HPP, possibilitando intervenções mais precisas e baseadas em dados. A utilização estratégica de IA para antecipar casos de alta complexidade pode levar a uma melhor alocação de recursos e a uma resposta mais rápida em situações críticas, melhorando assim os resultados maternos e neonatais (HOLCROFT S, et al., 2024). Portanto, para alcançar esse potencial, é essencial que se continue a explorar e entender as capacidades e limitações dos modelos de IA em contextos clínicos, garantindo que eles sejam tanto tecnicamente robustos quanto clinicamente relevantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta revisão integrativa consolidou o papel fundamental dos modelos de IA na predição de hemorragia pós-parto, ressaltando a eficácia de fatores como peso materno pré-gestacional e características da contração uterina na melhoria das previsões. Os modelos examinados demonstram um potencial significativo para intervenções clínicas precisas, possibilitando uma abordagem mais proativa na gestão do parto. Futuras pesquisas devem se concentrar em refinar esses modelos e expandir sua aplicabilidade em diferentes contextos geográficos e clínicos para validar a eficácia universal dessas ferramentas preditivas. No entanto, esta revisão também reconhece limitações, como a diversidade nos conjuntos de dados e as diferenças metodológicas entre os estudos, que podem afetar a generalização dos resultados. É essencial, portanto, continuar a pesquisa para otimizar e adaptar essas abordagens de IA, assegurando que sejam tanto tecnicamente robustas quanto clinicamente relevantes para a saúde materna global.

REFERÊNCIAS

1. AKAZAWA M, et al. Machine learning approach for the prediction of postpartum hemorrhage in vaginal birth. *Sci Rep*, 2021; 11(1): 22620.
2. BERTINI A, et al. Using Machine Learning to Predict Complications in Pregnancy: A Systematic Review. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2022; 9: 780389.
3. BEYENE BN, et al. Factors associated with postpartum hemorrhage in selected Southern Oromia hospitals, Ethiopia, 2021: an unmatched case-control study. *Front. Glob. Womens Health.* 2024; 5.
4. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Banco de Dados do Sistema Único de Saúde DATASUS. Informações de Saúde. Sistema de Informações sobre Mortalidade: óbito de mulheres em idade fértil. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.
5. BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Lei no 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, que altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasília: Ministério da Saúde, 1998.
6. CHANDRAHARAN E, et al. Diagnosis and management of postpartum hemorrhage. *BMJ.* 2017; 358: 3875.

7. FEDUNIW S, et al. Epidemiology, prevention and management of early postpartum hemorrhage: a systematic review. *Ginekol Pol.* 2020; 91(1): 38-44.
8. HAMM RF, et al. Implementation of quantification of blood loss does not improve the prediction of hemoglobin drop in deliveries with average blood loss. *Am J Perinatol*, 2018; 35(2): 134-139.
9. HOLCROFT S, et al. Predictive Modelling of Postpartum Haemorrhage Using Early Risk Factors: A Comparative Analysis of Statistical and Machine Learning Models. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 2024; 21(5): 600.
10. LIU J, et al. Machine learning-based prediction of postpartum hemorrhage after vaginal delivery: combining bleeding high risk factors and uterine contraction curve. *Arch Gynecol Obstet*, 2022; 306(4): 1015-1025.
11. MARTINS RIL, et al. Postpartum hemorrhage in electronic health records: risk factors at admission and in-hospital occurrence. *Rev. bras. ginecol. obstet.* 2024; 46.
12. MCHUGH ML. Interrater reliability: the kappa statistic. *Biochemia Medica*, 2012; 22(3): 276-282.
13. NEARY C, et al. Predicting risk of postpartum haemorrhage: a systematic review. *BJOG.* 2021; 128: 46–53.
14. NYFLØT LT, et al. Risk factors for severe postpartum hemorrhage: a case-control study. *BMC Pregnancy Childbirth*, 2017; 17(1): 17.
15. OSANAN GC, et al. Strategy for zero maternal deaths by hemorrhage in Brazil: a multidisciplinary initiative to combat maternal morbimortality. *RBGO.* 2018; 40(3): 103-5.
16. RANJBAR A, et al. Predicting risk of postpartum hemorrhage using machine learning approach: A systematic review. *Gynecology and Obstetrics Clinical Medicine.* 2023; 3(3): 170-174.
17. SAVVIDOU M. Postpartum haemorrhage; prevention and perception. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology.* 2023; 130(9): 997-998.
18. SAY L, et al. Global causes of maternal death: a WHO systematic analysis. *Lancet Global Health*, 2014; 2(6): 323-333.
19. SHAH SY, et al. Prediction of postpartum hemorrhage (PPH) using machine learning algorithms in a Kenyan population. *Front Glob Womens Health.* 2023; 4: 1161157.
20. SOUZA MT, et al. Integrative review: what is it? How to do it? *Einstein (Sao Paulo).* 2010; 8(1): 102-6.
21. STILLWELL S, et al. Evidence– based practice: step by step. *Am J Nurs*, 2010; 110(5): 41-47.
22. VENKATESH KK, et al. Machine learning and statistical models to predict postpartum hemorrhage. *Obstet Gynecol*, 2020; 135(4): 935-944.
23. WANG M, et al. Quantitative prediction of postpartum hemorrhage in cesarean section on machine learning. *BMC Med Inform Decis Mak*, 2024; 24(1): 166.
24. WESTCOTT JM, et al. Prediction of maternal hemorrhage using machine learning: retrospective cohort study. *J Med Internet Res*, 2022; 24(7): 34108.
25. XU L, et al. Development and validation of an artificial neural network prediction model for postpartum hemorrhage with placenta previa. *Minerva Anesthesiol.* 2023; 89(11): 977-985.