

Edição XXI

Capítulo
6

Ginecologia e Obstetrícia

***DEEP LEARNING* NA AVALIAÇÃO ULTRASSONOGRÁFICA DA CAVIDADE UTERINA PRÉ-DIU: UM NOVO PARADIGMA EM CONTRACEPÇÃO**

Profa. Dra. ANA PAULA DE CARVALHO MIRANDA ROSATI ROCHA¹
Dra. ANA LUIZA DE CARVALHO MIRANDA ROSATI ROCHA²
Dra. JACQUELINE CÂMARA DE BARROS CARNEIRO³
Dra. EDUARDA CÂMARA DE BARROS RIBEIRO³

1. Departamento de Radiologia – Universidade Federal Fluminense (UFF) e Médica Radiologista – Grupo Fleury (RJ).
2. Pós-Graduanda em Radiologia – Instituto Pardini.
3. Médica Ultrassonografista – Grupo Fleury (RJ).

Palavras-Chaves: *Inteligência Artificial; Ultrassonografia; DIU; Cavity Uterina; Deep Learning.*

INTRODUÇÃO

O dispositivo intrauterino (DIU) é reconhecido como um dos métodos contraceptivos de longa duração mais eficazes e custo-efetivos, com taxas de falha inferiores a 1% ao ano quando adequadamente indicado e posicionado. Em muitos sistemas de saúde, o DIU ocupa papel central nas estratégias de planejamento reprodutivo, especialmente em contextos de alta demanda por métodos reversíveis e de longa ação. Nessa perspectiva, a correta avaliação da cavidade uterina antes da inserção não é apenas uma etapa técnica, mas um componente crítico da segurança do procedimento e da experiência global da paciente.

Alterações anatômicas, como cavidades estreitas, septos uterinos, sinequias, miomas submucosos e variações acentuadas de versão e flexão podem aumentar o risco de dor pélvica, sangramento irregular, expulsão precoce e, em situações extremas, perfuração uterina (WATAD *et al.*, 2024). A ultrassonografia transvaginal (USTV) consolidou-se como método de escolha para essa avaliação por oferecer imagem em tempo real, ampla disponibilidade e ausência de radiação ionizante. A ultrassonografia tridimensional (ARYA *et al.*, 2024) (US 3D) agregou a possibilidade de análise volumétrica mais detalhada da cavidade, com reconstruções multiplanares de alta resolução.

Apesar dessas vantagens, a ultrassonografia permanece altamente dependente da experiência do examinador e da padronização dos protocolos de aquisição e mensuração. A variabilidade inter e intraobservador pode ser significativa, especialmente em serviços com grande volume de atendimentos e equipes heterogêneas. Nesse cenário, a incorporação de técnicas de inteligência artificial, em particular do *deep learning*, emerge como oportunidade de conferir

maior objetividade, reprodutibilidade e eficiência à avaliação pré-DIU, contribuindo para um cuidado reprodutivo mais seguro e equânime.

Fundamentos da ultrassonografia uterina pré-DIU

A avaliação ultrassonográfica pré-inserção do DIU inclui uma série de parâmetros relevantes: profundidade uterina, largura da cavidade, espessura e morfologia endometrial (CAPASSO *et al.*, 2024), detecção de septos, sinequias e miomas submucosos, avaliação da versão e flexão uterina e análise do ângulo cervicofundal. Esses elementos orientam a indicação do tipo de DIU, o planejamento da técnica de inserção e o seguimento pós-procedimento.

A ultrassonografia tridimensional (ARYA *et al.*, 2024) permitiu maior precisão na avaliação volumétrica da cavidade, mas exige curva de aprendizado para manipulação das reconstruções multiplanares e seleção adequada dos planos de corte. Mesmo em centros especializados, diferenças na experiência entre examinadores podem gerar variação significativa nas medidas, destacando a necessidade de métodos mais padronizados de análise.

Princípios do *Deep Learning* aplicados à imagem médica

O *deep learning*, subcampo da inteligência artificial, baseia-se em redes neurais profundas capazes de aprender automaticamente padrões complexos a partir de grandes volumes de dados. Na imagem médica, as redes neurais convolucionais (CNNs) representam a principal arquitetura aplicada a tarefas de classificação, detecção e segmentação (BEHBOODI *et al.*, 2021) de estruturas anatômicas. Modelos como U-Net, EfficientNet, VGG e ResNet têm sido amplamente explorados em diferentes modalidades de imagem.

Na avaliação uterina, esses modelos são treinados com milhares de imagens etiquetadas,

permitindo que aprendam a identificar a cavidade uterina, o endométrio (WEI *et al.*, 2025) e suas variações. Uma vez treinado, o algoritmo pode realizar segmentação (9) automatizada, mensurações precisas da profundidade e largura da cavidade, estimativa volumétrica e detecção de anomalias morfológicas, com mínima interferência do operador. O resultado é uma análise mais padronizada, reprodutível e potencialmente mais rápida do que a avaliação exclusivamente manual.

Aplicações clínicas da IA na avaliação da cavidade uterina

Estudos recentes demonstram que o *deep learning* é capaz de oferecer desempenho elevado em diferentes etapas da avaliação uterina (Tabela 6.1). Mulliez *et al.* (2023) desenvolveram ferramenta automatizada para mensuração

tridimensional do útero em ressonância magnética (RAJPURKAR *et al.*, 2022), obtendo correlação superior a 0,95 em relação às medidas de especialistas. Zhao *et al.* (2023) e Moro *et al.* (2025) aplicaram modelos semelhantes à USTV, com alta acurácia na segmentação (BEHBOODI *et al.*, 2021) da cavidade e na detecção de alterações estruturais benignas.

Na prática clínica, essas ferramentas podem ser utilizadas para: (a) medições automatizadas da profundidade e largura da cavidade uterina, auxiliando na escolha entre DIU convencional, curto ou mini-DIU; (b) detecção sistemática de septos uterinos, sinequias e miomas submucosos; (c) estimativa do eixo uterino e do ângulo cervicofundal, contribuindo para o planejamento da inserção; (d) geração de laudos estruturados padronizados; e (e) suporte ao ensino de ultrassonografia ginecológica para residentes e especialistas em formação.

Tabela 6.1 Comparação entre avaliação manual e automatizada por IA

Aspecto avaliado	Método manual	IA / <i>Deep Learning</i>
Reprodutibilidade	Variável	Alta
Tempo de análise	5–15 min	<1 min
Segmentação precisa	Moderada	Elevada
Detecção de anomalias	Dependente do operador	Consistente
Indicação personalizada de DIU	Limitada	Possível
Curva de aprendizado	Elevada	Baixa

Impacto clínico e limitações atuais

A integração de modelos de IA aos fluxos de trabalho em ultrassonografia ginecológica oferece benefícios imediatos: redução da variabilidade entre examinadores, maior padronização de laudos, otimização do tempo de exame e aumento da segurança na indicação e inserção do DIU. Em cenários de alta demanda assistencial, essas ferramentas podem contribuir para racionalizar recursos e ampliar a qualidade diagnóstica mesmo em serviços com equipes heterogêneas.

Apesar dos resultados promissores, persistem limitações importantes. A maioria dos estudos foi conduzida em centros de referência, com amostras relativamente restritas. A generalização dos modelos para diferentes populações, equipamentos e protocolos de aquisição exigem validação multicêntrica ampla. Adicionalmente, questões éticas (10)s, regulatórias e de interoperabilidade precisam ser adequadamente endereçadas para garantir segurança, transparência e governança no uso clínico da IA.

Perspectivas futuras

As perspectivas futuras para o uso de *deep learning* na avaliação uterina pré-DIU incluem o desenvolvimento de modelos embarcados em equipamentos portáteis, capazes de fornecer análise automatizada em tempo real em diferentes níveis de atenção à saúde. O aprendizado federado desponta como estratégia promissora para treinar algoritmos em bases de dados distribuídas, preservando a privacidade das pacientes e ampliando a representatividade demográfica e anatômica dos modelos.

Outra direção relevante é a integração dos sistemas de IA a prontuários eletrônicos e plataformas de apoio à decisão clínica, permitindo que as informações derivadas da ultrassonografia sejam combinadas com dados clínicos e laboratoriais na construção de condutas mais personalizadas (ZHANG *et al.*, 2025). A longo prazo, espera-se que essas ferramentas contribuam não apenas para aperfeiçoar a técnica de inserção do DIU, mas também para reposicionar a ultrassonografia como exame central em programas de saúde reprodutiva baseados em evidências.

Considerações finais

O emprego de técnicas de *deep learning* na avaliação ultrassonográfica da cavidade uterina pré-DIU representa um avanço substantivo no campo da saúde reprodutiva e da imagem médica. A capacidade dessas ferramentas de realizar segmentações altamente precisas, reduzir a variabilidade entre examinadores e padronizar medições críticas coloca a ultrassonografia em um novo patamar de objetividade, permitindo interpretações mais robustas e reproduzíveis. A literatura recente demonstra que modelos baseados em CNNs alcançam desempenho comparável — e, em alguns cenários, superior — ao de especialistas experientes, sobretudo na iden-

tificação de anomalias morfológicas e na mensuração automática de parâmetros essenciais para o planejamento do DIU.

Embora os resultados iniciais sejam promissores, a consolidação definitiva dessas tecnologias depende de etapas fundamentais: validação multicêntrica em populações amplas e heterogêneas, integração harmoniosa aos fluxos de trabalho clínicos e desenvolvimento de diretrizes que contemplem aspectos éticos, regulatórios e de interoperabilidade. É igualmente imprescindível que as bases de dados utilizadas no treinamento desses modelos representem a diversidade anatômica e demográfica da população feminina, assegurando equidade e evitando vieses que comprometam a acurácia clínica.

A evolução para modelos embarcados em equipamentos portáteis, associada ao avanço do aprendizado federado e da análise em tempo real, tende a democratizar o acesso a exames de ultrassonografia de alta precisão em centros de menor complexidade, reduzindo desigualdades regionais no cuidado ginecológico. Nesse cenário, a IA não se coloca como substituta do especialista, mas como ferramenta de ampliação das capacidades diagnósticas, fortalecendo a tomada de decisão e aprimorando a segurança dos procedimentos.

Em síntese, o *deep learning* desponta como eixo estruturante de um novo paradigma na avaliação uterina pré-DIU. Sua incorporação progressiva à prática assistencial tem o potencial de elevar a qualidade do cuidado, otimizar recursos e promover maior previsibilidade clínica. A maturidade desse campo dependerá da colaboração estreita entre radiologistas, ginecologistas, cientistas de dados e instituições de pesquisa, garantindo que a inovação tecnológica se mantenha alinhada ao rigor científico, à responsabilidade ética (10) e ao compromisso inequívoco com a saúde da mulher.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARYA, S. *et al.* Role of three-dimensional pelvic ultrasound in the measurement of uterine cavity for IUD selection. *Donald School Journal of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, v. 18, n. 2, p. 101-109, 2024.

BEHBOODI, B. *et al.* Automatic 3D ultrasound segmentation of uterus using deep learning. *arXiv preprint*. 2021.

CAPASSO, I. *et al.* Artificial intelligence model for enhancing the accuracy of transvaginal ultrasound in detecting endometrial (7) cancer. *International Journal of Gynecological Cancer*, v. 34, n. 4, p. 675-683, 2024.

MORO, F. *et al.* Application of artificial intelligence to ultrasound imaging for benign gynecological conditions. *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, v. 65, n. 3, p. 295-302 2025.

MULLIEZ, D. *et al.* Three-dimensional measurement of the uterus on magnetic resonance images: development and performance analysis of an automated deep-learning tool. *Diagnostics*, v. 13, n. 16, p. 2662, 2023.

RAJPURKAR, P. *et al.* AI in medical imaging: clinical implications and challenges. *Nature Reviews Clinical Oncology*, v. 19, n. 9, p. 569-583, 2022.

WATAD, H. *et al.* A prospective study: ultrasonographic assessment and intrauterine device mis-positioning. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, v. 310, n. 3, p. 789-797, 2024.

WEI, Q. *et al.* The application of ultrasound artificial intelligence in the analysis of endometrial (7) diseases. *Biomedical Informatics Insights*, v. 17, p.11782226241310060, 2025.

ZHANG, J. *et al.* Prediction of uterine cavity conception environment using machine learning in TVUS. *BMC Pregnancy Childbirth*, v. 25, p. 1204, 2025.

ZHAO, X. *et al.* Artificial intelligence diagnosis of intrauterine adhesion by 3D-TVUS. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, v. 13, n. 6, p. 3450-3462, 2023.