doi.org/10.51891/rease.v12i11.32197

A IMPORTÂNCIA DA ROTINA LABORATORIAL NA FERTILIZAÇÃO IN VITRO: DO GAMETA AO EMBRIÃO

Gabriela Dias dos Santos[1]
Jamilly Gabriela Lopes Siqueira[2]
Flávia Ikeda e Araújo[3]

RESUMO: A fertilização in vitro (FIV) é uma técnica de reprodução assistida que depende da integração entre procedimentos clínicos e laboratoriais para possibilitar a fecundação e o desenvolvimento embrionário. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a importância do rigor técnico e da padronização das rotinas laboratoriais na FIV, desde o processamento dos gametas até o cultivo, a avaliação, a seleção e a criopreservação dos embriões, destacando a atuação do biomédico habilitado em reprodução humana. Trata-se de uma revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa e caráter descritivo, realizada por meio de consultas às bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico, além de artigos científicos, livros e documentos técnicos relacionados ao tema. A análise da literatura permitiu identificar que a qualidade dos procedimentos laboratoriais está relacionada à adequada manipulação dos gametas, ao controle das condições ambientais de cultivo, à avaliação morfológica embrionária, à identificação e rastreabilidade das amostras e à aplicação de protocolos de controle de qualidade. Verificou-se, ainda, que a padronização dos procedimentos e a capacitação profissional são fundamentais para a segurança e a consistência das práticas laboratoriais. Nesse cenário, o biomédico habilitado em reprodução humana desempenha papel relevante na execução e no controle das etapas laboratoriais. Conclui-se que a qualidade da rotina laboratorial constitui um elemento essencial para o desenvolvimento adequado das técnicas de FIV, embora os resultados clínicos também dependam de fatores biológicos e clínicos.

Palavras-chave: Fertilização in vitro. Reprodução assistida. Laboratório de embriologia. Cultivo embrionário. Biomedicina.

ABSTRACT: In vitro fertilization (IVF) is an assisted reproductive technology that relies on the integration of clinical and laboratory procedures to enable fertilization and embryo development. In this context, this study aimed to analyze the importance of technical rigor and standardization of laboratory routines in IVF, from gamete processing to embryo culture, assessment, selection, and cryopreservation, highlighting the role of biomedical professionals qualified in Human Reproduction. This study consists of a qualitative, descriptive literature review conducted through searches in the PubMed, SciELO, and Google Scholar databases, as well as scientific articles, books, and technical documents related to the subject. The literature analysis indicated that the quality of laboratory procedures is associated with the proper handling of gametes, control of environmental conditions during embryo culture, morphological embryo assessment, sample identification and traceability, and implementation of quality control protocols. Furthermore, standardized procedures and professional training were identified as essential for the safety and consistency of laboratory practices. In this context, biomedical professionals qualified in Human Reproduction play an important role in performing and monitoring laboratory procedures. It is concluded that the quality of laboratory routines is essential for the proper implementation of IVF techniques, although clinical outcomes also depend on biological and clinical factors.

Keywords: In vitro fertilization. Assisted reproduction. Embryology laboratory. Embryo culture. Biomedicine.

[1] Graduanda do Curso de Biomedicina, do Centro Universitário do Planalto Central Apparecido dos Santos – UNICEPLAC.
[2] Graduanda do Curso de Biomedicina, do Centro Universitário do Planalto Central Apparecido dos Santos – UNICEPLAC.
[3] Orientadora. Docente do Curso de Biomedicina do Centro Universitário do Planalto Central Apparecido dos Santos – UNICEPLAC.

1 INTRODUÇÃO

A fertilização in vitro (FIV) é uma importante técnica de reprodução assistida para o tratamento da infertilidade, sendo caracterizada pela manipulação de gametas e embriões em ambiente laboratorial. Embora o tratamento envolva diferentes etapas clínicas, o laboratório de embriologia desempenha função fundamental, uma vez que os gametas e embriões permanecem sob responsabilidade da equipe laboratorial durante procedimentos como preparação espermática, identificação e avaliação dos oócitos, fertilização, cultivo embrionário, seleção e criopreservação. A obtenção de resultados consistentes em FIV depende da adequada execução e integração dessas diferentes etapas laboratoriais (Harper et al., 2014).

Nas últimas quatro décadas, as técnicas de reprodução assistida (TRA) apresentaram avanços que resultaram em melhores taxas de gravidez e diminuição de complicações, em particular na redução da incidência de gestações múltiplas. Essas melhorias são consequência do conhecimento avançado sobre a fisiologia e o metabolismo embrionário, o que permite o desenvolvimento de novas e melhores condições de cultivo (Sciorio; Rinaudo, 2023).

Nesse contexto, compreender a rotina laboratorial desde a obtenção e preparação dos gametas até o desenvolvimento embrionário é relevante para a formação dos profissionais envolvidos na reprodução assistida. O conhecimento das condições necessárias para a preservação da qualidade dos oócitos e espermatozoides, bem como dos procedimentos empregados na fertilização e no cultivo embrionário, permite compreender a importância da atuação técnica e da adoção de boas práticas no laboratório de embriologia (Arroyo *et al.*, 2026)

Este trabalho teve como objetivo analisar a importância do rigor técnico e da padronização das rotinas laboratoriais na fertilização *in vitro*, examinando detalhadamente as etapas críticas que vão do processamento de gametas ao cultivo, avaliação morfológica e criopreservação de embriões. Busca-se, ainda, evidenciar a relevância do controle de qualidade e a contribuição do profissional biomédico para a segurança, reprodutibilidade e eficácia dos procedimentos em reprodução assistida.

Como objetivos específicos, pretendeu-se descrever os principais fatores relacionados à infertilidade feminina e masculina e sua relação com a utilização das técnicas de reprodução assistida; apresentar os principais conceitos e a evolução das técnicas de reprodução assistida, com ênfase na fertilização *in vitro*; descrever as principais etapas laboratoriais envolvidas na fertilização *in vitro*, desde a preparação e manipulação dos gametas até o cultivo, a avaliação, a seleção e a criopreservação embrionária; abordar a importância da padronização dos

procedimentos e do controle das condições laboratoriais para a qualidade e a segurança das técnicas de fertilização *in vitro*; e evidenciar a atuação e as atribuições do profissional biomédico habilitado em reprodução assistida nas diferentes etapas laboratoriais.

A escolha do tema justifica-se pela necessidade de evidenciar como a padronização e o rigor técnico nas etapas laboratoriais influenciam diretamente a segurança, a qualidade e a taxa de sucesso da fertilização *in vitro*. Adicionalmente, o estudo valoriza a atuação do profissional biomédico habilitado em reprodução assistida, destacando sua responsabilidade técnica e científica desde a manipulação dos gametas até o cultivo e a avaliação embrionária.

A relevância deste estudo está relacionada à importância das condições laboratoriais para a condução adequada da fertilização *in vitro*, considerando que gametas e embriões são estruturas sensíveis às condições ambientais. Fatores como temperatura, pH, osmolaridade, concentração dos gases e exposição à luz devem ser cuidadosamente controlados durante o cultivo, uma vez que condições inadequadas podem interferir no desenvolvimento e na viabilidade embrionária (Sciorio; Rinaudo, 2023). Além disso, recomendações internacionais ressaltam a importância da padronização dos procedimentos, do controle de qualidade e da segurança nas diferentes atividades realizadas nos laboratórios de FIV (Arroyo *et al.*, 2026).

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Infertilidade conjugal

A infertilidade constitui um importante problema de saúde pública e pode afetar pessoas de diferentes regiões e condições socioeconômicas. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), aproximadamente 17,5% da população adulta mundial, o equivalente a cerca de uma em cada seis pessoas, vivenciam a infertilidade ao longo da vida. As estimativas demonstram que sua ocorrência apresenta pouca variação entre países de alta, média e baixa renda, evidenciando a dimensão global dessa condição (OMS, 2024).

A infertilidade é definida como uma doença do sistema reprodutor masculino ou feminino, caracterizada pela ausência de concepção após 12 meses ou mais de relações sexuais regulares sem o uso de métodos contraceptivos. Além de comprometer a capacidade reprodutiva, essa condição pode provocar impactos emocionais, psicossociais e financeiros, afetando significativamente a qualidade de vida das pessoas que a vivenciam. Apesar de sua elevada prevalência, o acesso à prevenção, ao diagnóstico e ao tratamento da infertilidade ainda apresenta limitações em diversas partes do mundo. Entre as alternativas terapêuticas

disponíveis estão as técnicas de reprodução assistida (TRA), que incluem procedimentos como a fertilização *in vitro* (FIV). Entretanto, os custos elevados, a disponibilidade limitada dos serviços e o estigma relacionado à infertilidade podem dificultar o acesso de muitos indivíduos a essas tecnologias (OMS, 2024).

No contexto da saúde da mulher, a infertilidade apresenta caráter multifatorial e pode exercer impactos relevantes sobre a capacidade reprodutiva e o bem-estar emocional. Entre as possíveis causas da infertilidade feminina estão as alterações hormonais, as modificações estruturais dos órgãos reprodutivos, como as doenças tubárias, a endometriose, além de fatores genéticos e ambientais. Em muitos casos, a condição pode não apresentar sintomas evidentes, o que pode dificultar sua identificação e diagnóstico (Valadares *et al.*, 2024).

A endometriose é uma condição ginecológica crônica, estrogênio-dependente, caracterizada pela presença de tecido semelhante ao endométrio fora da cavidade uterina, acometendo comumente os ovários, as tubas uterinas e o peritônio pélvico. Essa condição está associada a alterações anatômicas, como aderências e fibrose, além de alterações endócrinas e imunológicas. A presença de tecido ectópico desencadeia um processo inflamatório crônico, podendo resultar em manifestações clínicas como dor pélvica crônica, dismenorreia e infertilidade. A endometriose afeta aproximadamente 10% das mulheres em idade reprodutiva, sendo que cerca de 30% a 50% das mulheres diagnosticadas apresentam infertilidade, o que pode contribuir para impactos emocionais, como ansiedade e depressão, tanto nas pacientes quanto em seus parceiros (Skorupskaite; Bhandari, 2024).

Entre os mecanismos envolvidos na endometriose está o comprometimento da função ovariana e da ovulação. O tecido ectópico pode estimular a liberação de mediadores inflamatórios, como citocinas, quimiocinas e prostaglandinas, capazes de interferir no desenvolvimento dos folículos e na liberação do oócito. Essas alterações podem prejudicar a ovulação e, consequentemente, reduzir as possibilidades de concepção. A endometriose também pode estar relacionada à alteração da qualidade dos oócitos e dos embriões, uma vez que o processo inflamatório pode modificar o ambiente em que essas estruturas se desenvolvem. Além disso, podem ocorrer alterações na receptividade do endométrio, dificultando a implantação e o desenvolvimento embrionário (Piçarro *et al.*, 2024).

Outro mecanismo importante está relacionado à formação de aderências e fibroses nos órgãos reprodutivos. Essas alterações podem modificar a anatomia da pelve e comprometer a permeabilidade das tubas uterinas, dificultando a captação do oócito e o transporte dos gametas

e do embrião. As patologias tubárias compreendem alterações que afetam a estrutura ou o funcionamento das tubas uterinas e constituem uma causa relevante de infertilidade feminina. Essas alterações podem estar relacionadas a infecções anteriores, endometriose, cirurgias abdominais, histórico de gravidez ectópica ou alterações anatômicas congênitas ou adquiridas. As obstruções das tubas uterinas, sejam parciais ou completas, podem impedir ou dificultar o encontro entre o espermatozoide e o oócito, além de comprometer o transporte do embrião até o útero (Piçarro *et al*., 2024).

Em determinadas situações, essas alterações podem aumentar o risco de gravidez ectópica. A presença de aderências e cicatrizes também pode prejudicar o funcionamento normal das tubas, especialmente quando decorrente de processos inflamatórios, como a doença inflamatória pélvica (DIP), frequentemente associada a infecções por Chlamydia trachomatis ou Neisseria gonorrhoeae (Piçarro et al., 2024).

As alterações estruturais podem dificultar a captação do oócito pelas fímbrias da tuba e comprometer seu deslocamento adequado. Além disso, alterações funcionais, como a redução da movimentação dos cílios tubários e modificações na produção do muco, também podem contribuir para a infertilidade. A diminuição da atividade ciliar prejudica o transporte do oócito e do embrião ao longo das tubas uterinas, enquanto alterações na secreção do muco tubário podem dificultar a passagem e o deslocamento adequado dos espermatozoides (Piçarro *et al*., 2024).

Na Síndrome Ovariana Metabólica Poliendócrina (SOMP), os desequilíbrios hormonais, especialmente o aumento dos níveis de andrógenos e alterações na relação entre os hormônios luteinizante (LH) e folículo-estimulante (FSH), podem prejudicar o desenvolvimento dos folículos ovarianos e a ocorrência da ovulação. Como consequência, podem ocorrer ciclos menstruais irregulares e episódios de anovulação, reduzindo as chances de concepção (Teede *et al*., 2009).

A infertilidade masculina pode estar associada a diferentes alterações do sistema reprodutivo (figura 2), sejam elas congênitas ou adquiridas, como obstrução dos ductos deferentes, alterações do epidídimo, criptorquidia, varicocele e distúrbios do ducto ejaculatório. Também podem estar envolvidos fatores endócrinos, incluindo alterações na produção de gonadotrofinas, disfunções da tireoide e uso de testosterona exógena. Além disso, fatores ambientais e relacionados ao estilo de vida, como exposição a pesticidas e outras substâncias

químicas, tabagismo e consumo excessivo de álcool, podem interferir na função reprodutiva masculina (Schlegel *et al.*, 2021).

Entre outras possíveis causas, destacam-se alterações genéticas, como anormalidades cromossômicas, microdeleções do cromossomo Y e síndromes como Klinefelter e Kallmann, além de doenças imunológicas, neoplasias e seus tratamentos. Determinados medicamentos e drogas também podem comprometer a produção hormonal e a espermatogênese. Em alguns casos, mesmo após a investigação, não é possível identificar uma causa específica, caracterizando a infertilidade como idiopática. Alterações da função sexual, como disfunção erétil e distúrbios da ejaculação, assim como infecções do trato urogenital, também podem prejudicar a capacidade reprodutiva masculina (Schlegel et al., 2021).

2.2 Reprodução assistida

A Reprodução Assistida (RA), conceito que abrange uma variedade de métodos médico-tecnológicos que permitem gestações que não ocorreriam de forma natural, ou seja, que exigem intervenção médico-tecnológica para acontecer, está se tornando uma opção cada vez mais usada para solucionar a falta involuntária de filhos. Muito divulgada, com uma forte presença na mídia brasileira e um rápido aumento desses serviços no Brasil, a RA enfrenta o desafio de superar todas as causas de infertilidade, conforme mencionam alguns dos principais especialistas dessa área no país, cujos centros, além de oferecer tecnologias reprodutivas avançadas, se destacam como importantes parceiros de pesquisa de grupos internacionais (Ramírez-Galvés, 2008).

A tecnologia de reprodução assistida (TRA) inclui tratamentos de fertilidade nos quais óvulos ou embriões são manipulados fora do corpo da mulher para promover gestações bem-sucedidas e filhos saudáveis. Os procedimentos atuais de TRA abrangem a fertilização *in vitro* com ou sem injeção intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI). A complicação mais comum da TRA está relacionada às consequências da gravidez múltipla, que pode ser prevenida ou minimizada pela redução do número de embriões transferidos para o útero, geralmente por meio da transferência de embrião único (Graham *et al.*, 2023)

A TRA refere-se a procedimentos *in vitro* com etapas sequenciais cuidadosamente orquestradas, que, em conjunto, são denominadas ciclo de TRA: estimulação ovariana; remoção cirúrgica de óvulos do ovário; fertilização com espermatozoides em laboratório; e, em seguida,

transferência do(s) embrião(ões) para o trato reprodutivo feminino. A TRA pode envolver óvulos doados, espermatozoides doados e gestação por substituição (Graham *et al.*, 2023)

Em 1978, nasceu Louise Brown, na Inglaterra, em 25 de julho, sendo considerada o primeiro bebê do mundo nascido após uma fertilização *in vitro* (FIV) bem-sucedida. Em 1981, nasceu Elizabeth Jordan Carr, na Virgínia, sendo o primeiro bebê concebido por FIV a nascer nos Estados Unidos (Piçarro; Rocha, [s. d.]). Desde então, observa-se um crescimento contínuo tanto na quantidade de centros médicos especializados que oferecem esses tratamentos quanto no número de procedimentos realizados anualmente no país (Wright, 2008).

Esses e outros avanços subsequentes no campo em rápido desenvolvimento da tecnologia de reprodução assistida (TRA) trouxeram esperança para pessoas que lutam contra os efeitos médicos, emocionais e financeiros da infertilidade e para aquelas que desejam conceber, mesmo com riscos de recorrência de doenças monogênicas (Graham *et al.*, 2023).

2.3 Evolução da reprodução assistida e da FIV

Os métodos de fertilização *in vitro* (FIV) avançaram drasticamente desde o nascimento do primeiro bebê concebido por FIV em 1978. Originalmente com taxas de sucesso de um dígito, a FIV agora é bem-sucedida em quase 50% dos casos em que a mulher tem menos de 35 anos (Eskew; Jungheim, 2017)

Com o avanço acelerado da biotecnologia, as técnicas de reprodução assistida passaram a contar com um acompanhamento médico e tecnológico cada vez mais voltado à avaliação da qualidade embrionária. Esse processo trouxe novos questionamentos e possibilidades de intervenção sobre os embriões, relacionados à busca por melhores condições biológicas e reprodutivas (Ramírez-Galvéz, 2008).

Além das técnicas destinadas à fecundação, foram desenvolvidas tecnologias complementares, como o diagnóstico genético pré-implantacional, que possibilita a identificação de alterações cromossômicas em pré-embriões durante os primeiros estágios de desenvolvimento, quando apresentam aproximadamente seis a oito células (Ramírez-Galvéz, 2008).

Atualmente, FIV é responsável por milhões de nascimentos em todo o mundo e por 1 a 3% de todos os nascimentos anuais nos EUA e na Europa. A crescente demanda por tratamentos de fertilidade impulsiona a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias para otimizar os protocolos e o sucesso da FIV. Na grande maioria dos casos de FIV, casais inférteis se submetem

ao tratamento para conceber um filho geneticamente relacionado. No entanto, os casais também estão se submetendo à FIV para que seus embriões possam ser testados geneticamente, a fim de diminuir a transmissão de mutações monogênicas associadas à morbidade (Eskew; Jungheim, 2017).

2.4 Técnicas de manipulação de gametas

A FIV consiste na obtenção dos gametas feminino e masculino, seguida da realização da fecundação em ambiente laboratorial. Nesse procedimento, os espermatozoides são colocados em contato com os ovócitos em condições apropriadas para que ocorra a fecundação. Após a formação dos embriões, estes são posteriormente transferidos para a cavidade uterina, com o objetivo de possibilitar a implantação e o desenvolvimento da gestação, sendo essa técnica popularmente conhecida como "bebê de proveta". As taxas de sucesso da FIV podem variar de acordo com diferentes fatores, incluindo a idade da mulher, a qualidade dos embriões obtidos e a causa da infertilidade (Souza; Alves, 2016).

De maneira geral, o processo de FIV e transferência embrionária compreende diferentes etapas, que incluem a indução da ovulação, o acompanhamento do desenvolvimento folicular, a coleta dos ovócitos, a obtenção da amostra seminal, a realização da fecundação em laboratório, o cultivo e desenvolvimento embrionário, a transferência dos embriões para o útero, o suporte da fase lútea e, posteriormente, a realização do diagnóstico de gestação (Souza; Alves, 2016).

Segundo Souza e Alves (2016), a injeção intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI) é uma técnica indicada principalmente em casos de alterações importantes na fertilidade masculina, como baixa concentração ou ausência de espermatozoides, dificuldades relacionadas à ejaculação, alterações na motilidade espermática e disfunção erétil. Apesar de ser realizada no ambiente *in vitro*, a ICSI apresenta uma diferença em relação à FIV, pois a fecundação não ocorre de maneira espontânea. Nessa técnica, um único espermatozoide é selecionado e inserido diretamente no interior do oócito, possibilitando a fertilização (Santos, 2014).

O procedimento de ICSI tem início com a estimulação ovariana, seguida da recuperação dos oócitos. Paralelamente, é realizada a coleta da amostra seminal, da qual é selecionado um único espermatozoide para a fecundação. Após ser imobilizado, o espermatozoide apresenta alterações em sua membrana que favorecem a exposição do núcleo e sua posterior interação com o oócito. Em ambiente laboratorial, utilizando microscópio e micromanipuladores, o espermatozoide selecionado é introduzido diretamente no citoplasma do oócito. Após a injeção,

os embriões são acompanhados quanto ao seu desenvolvimento, permitindo avaliar a ocorrência da fertilização e sua evolução até o momento da transferência embrionária para o útero (Silva; Verzeletti, 2014).

A manipulação de gametas e embriões no laboratório de FIV deve ser realizada de maneira padronizada, segura e eficiente, utilizando técnicas assépticas e condições adequadas para a preservação da qualidade celular. Durante esses procedimentos, é fundamental manter os oócitos e embriões em condições controladas de temperatura, pH e osmolalidade, evitando alterações que possam comprometer sua viabilidade. Além disso, recomenda-se minimizar a exposição à luz, especialmente à luz azul, bem como a possíveis substâncias tóxicas e outras fontes de radiação potencialmente prejudiciais (Grupo de Consenso do Cairo, 2020).

Durante procedimentos que exigem maior tempo de manipulação, como a denudação dos oócitos e a injeção intracitoplasmática de espermatozoides (ICSI), devem ser utilizadas soluções tamponadas adequadas, como MOPS ou HEPES, quando necessário para preservar a estabilidade do pH. Também é importante reduzir o estresse mecânico e as forças de cisalhamento durante a manipulação, utilizando pipetas com tamanho adequado e evitando procedimentos excessivos. Os meios de cultura e as camadas de óleo devem ser previamente equilibrados nas condições gasosas apropriadas, contribuindo para a estabilidade da temperatura, do pH e da osmolalidade durante a manipulação. Dessa forma, o controle rigoroso das condições ambientais e dos procedimentos laboratoriais constitui um fator essencial para preservar a qualidade dos gametas e favorecer o desenvolvimento embrionário adequado (Arroyo *et al.*, 2026).

2.5 Papel do biomédico na reprodução assistida

A reprodução assistida vem se destacando como uma área de grande relevância e inovação na biomedicina, oferecendo novas possibilidades para casais que apresentam dificuldades para engravidar. O desenvolvimento dessas tecnologias modificou significativamente a medicina reprodutiva e também trouxe repercussões para a sociedade, ampliando as possibilidades de constituição familiar para pessoas que anteriormente dependiam exclusivamente da concepção natural. Nesse cenário, o biomédico especializado em embriologia exerce uma função fundamental, contribuindo diretamente para a realização e o êxito dos procedimentos de reprodução assistida (Paula *et al.*, 2019).

Na reprodução humana assistida, o biomédico embriologista exerce diversas funções laboratoriais fundamentais para o desenvolvimento dos procedimentos. Entre suas atribuições estão a identificação e avaliação dos oócitos; a realização e análise do espermograma; o processamento das amostras seminais; a criopreservação de sêmen e embriões; a avaliação embrionária; o *hatching* assistido e a realização de biópsias embrionárias (Câmara, 2013).

A atuação do biomédico na RA possui grande relevância para a execução adequada das técnicas e para a segurança dos pacientes. Entretanto, sua atuação nesse campo não depende apenas dos conhecimentos técnicos adquiridos durante a formação profissional, mas também da capacidade de aplicar esses conhecimentos de maneira criteriosa diante das particularidades dos procedimentos de reprodução assistida (Câmara, 2013).

A formação do biomédico proporciona conhecimentos relacionados à biologia celular, à genética e à fisiologia humana, que são importantes para a compreensão dos mecanismos envolvidos na reprodução. Dessa forma, sua participação ultrapassa a realização das atividades laboratoriais, abrangendo também a busca e o aperfeiçoamento de métodos e tecnologias capazes de contribuir para a evolução das técnicas de fertilização assistida (Maciel, 2021).

Segundo o Conselho Federal de Biomedicina (CFBM), a atuação do biomédico na reprodução humana assistida encontra-se regulamentada por normas específicas, que estabelecem parâmetros técnicos e éticos para o exercício profissional. O biomédico pode participar de diferentes etapas dos procedimentos, incluindo a avaliação dos oócitos, a realização do espermograma e a manipulação de embriões, atividades que apresentam importância para o desenvolvimento da FIV e de outras técnicas de reprodução assistida (Brito, 2023).

Além das atividades laboratoriais, o profissional biomédico possui importante participação na pesquisa e no desenvolvimento de estratégias voltadas à área da saúde. A associação entre seus conhecimentos sobre fisiologia reprodutiva e sua capacitação em técnicas laboratoriais possibilita uma atuação relevante nos laboratórios de reprodução humana. Em conjunto com médicos e demais profissionais da equipe multidisciplinar, esse profissional contribui para o controle da qualidade das etapas laboratoriais e para a adequação dos procedimentos às necessidades de cada paciente, favorecendo melhores resultados nos tratamentos (Maia *et al.*, 2022).

A regulamentação profissional também reconhece a atuação do biomédico no campo da reprodução humana, evidenciando a importância desse profissional em procedimentos que envolvem aspectos técnicos, científicos e humanos. Sua participação não se restringe à execução

de técnicas laboratoriais, mas envolve também responsabilidade com a qualidade dos procedimentos e com a saúde dos indivíduos submetidos aos tratamentos. Assim, o biomédico embriologista ocupa uma posição relevante nos laboratórios de reprodução humana assistida, contribuindo para o desenvolvimento dos tratamentos e para a realização do projeto reprodutivo de diferentes famílias (Maciel, 2021).

No contexto da reprodução assistida, o aconselhamento genético contribui para a compreensão dos riscos de ocorrência ou transmissão de doenças hereditárias, auxiliando indivíduos e casais na avaliação das informações genéticas e das possibilidades reprodutivas. Essa atividade exige conhecimento especializado para que os resultados e os riscos sejam comunicados de maneira clara, favorecendo decisões conscientes e autônomas. Na Biomedicina, o aconselhamento genético deve ser realizado por profissional devidamente habilitado, conforme as normas estabelecidas pelo Conselho Federal de Biomedicina (CFBM, 2022).

Além do aconselhamento genético, a pesquisa em genômica reprodutiva contribui para a investigação de alterações genéticas associadas à infertilidade masculina e feminina. Segundo Harper et al. (2018), os avanços nas tecnologias de análise genética ampliaram as possibilidades de triagem de portadores de variantes associadas a doenças hereditárias e de aplicação de testes genéticos na reprodução assistida. Essas ferramentas podem auxiliar na avaliação dos riscos reprodutivos e no aprimoramento das estratégias diagnósticas, considerando as evidências científicas e os aspectos éticos envolvidos.

As análises andrológicas compreendem exames laboratoriais destinados à avaliação da função reprodutiva masculina. De acordo com Baldi et al. (2022), os exames seminais ampliados podem fornecer informações adicionais às obtidas pelo espermograma convencional, contribuindo para uma investigação mais detalhada das características do sistema reprodutor masculino.

O espermograma é um exame utilizado para avaliar características do sêmen e dos espermatozoides, incluindo volume seminal, concentração, motilidade, vitalidade e morfologia. A padronização dos procedimentos de coleta, processamento e análise é fundamental para a qualidade dos resultados laboratoriais. Entretanto, os achados devem ser interpretados em conjunto com informações clínicas, pois o exame isolado não determina a fertilidade de um indivíduo (WHO, 2021).

O teste de fragmentação do DNA espermático permite avaliar a integridade do material genético dos espermatozoides, complementando a investigação da infertilidade masculina.

Entre os métodos utilizados para essa análise estão o TUNEL (Terminal deoxynucleotidyl transferase dUTP nick end labeling), o SCSA (Sperm Chromatin Structure Assay) e o SCD (Sperm Chromatin Dispersion), que apresentam diferentes princípios metodológicos. A fragmentação elevada do DNA espermático tem sido associada à infertilidade masculina e a resultados reprodutivos desfavoráveis, embora a interpretação dos resultados deva considerar as características de cada método e o contexto clínico (Farkouh *et al*., 2023).

Os testes funcionais dos espermatozoides complementam a avaliação seminal ao investigar aspectos relacionados à atividade celular e aos mecanismos envolvidos na fecundação. Entre os exames avançados descritos na literatura estão a avaliação da reação acrossômica, do estresse oxidativo seminal e do transporte de íons pela membrana espermática. Essas análises permitem investigar características que não são totalmente contempladas pelo espermograma convencional, embora algumas apresentem aplicação predominantemente especializada ou experimental (Boitrelle *et al*., 2021).

2.6 Gametogênese e coleta dos gametas

A gametogênese corresponde ao conjunto de processos responsáveis pela formação e diferenciação das células germinativas que darão origem aos gametas femininos e masculinos. Durante esse processo, as células germinativas passam por sucessivas divisões mitóticas e meióticas, seguidas por eventos de diferenciação celular que resultam na formação dos oócitos e dos espermatozoides. A meiose possui papel fundamental nesse processo, pois possibilita a redução do número de cromossomos e a formação de células germinativas haploides, que posteriormente poderão participar da fecundação e originar o zigoto (Larose *et al*., 2019)

A oogênese é o processo responsável pela formação e maturação dos gametas femininos, ocorrendo nos ovários e estando diretamente associada ao desenvolvimento dos folículos ovarianos. Durante esse processo, as células germinativas femininas passam por etapas de proliferação, crescimento e divisão meiótica, dando origem aos oócitos. Ao longo do desenvolvimento folicular, o oócito estabelece uma relação estreita com as células que o circundam, especialmente as células da granulosa, que participam de seu crescimento e maturação. A retomada da meiose ocorre durante a maturação oocitária, resultando na formação do oócito secundário, que permanece em uma etapa de interrupção meiótica até que ocorra a fecundação. Dessa forma, a oogênese e o desenvolvimento folicular são processos fundamentais

para que o oócito adquira competência para ser fecundado e sustentar as etapas iniciais do desenvolvimento embrionário (Larose *et al.*, 2019).

Na coleta dos gametas para iniciação do processo da TRA, uma das primeiras técnicas a ser usadas é a punção laparoscopia. A laparoscopia foi o método clássico introduzido pelos pioneiros da técnica de FIV. Hoje em dia, as indicações de aspiração folicular pela via laparoscópica estão praticamente limitadas, comum em casos de esterilidade sem causa aparente ou de possível endometriose pélvica. É frequentemente necessária anestesia geral com intubação endotraqueal, os ovários são apreendidos com pinças especiais, tracionados e manipulados de modo a que cada folículo seja puncionado com uma agulha de duplo lúmen ligada a um tubo de Teflon. O conteúdo folicular é aspirado e o fluido folicular recolhido é examinado ao microscópio para identificação dos oócitos e do seu grau de maturação (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

Na punção ecográfica, utilizaram ecografia com guia para a agulha de punção e aspiraram os folículos ováricos pela via percutânea e transvesical. A agulha utilizada para a punção folicular penetra na pélvis através da parede abdominal, atravessando a parede anterior e posterior da bexiga previamente cheia com 300–400 ml de soro fisiológico. Na maioria dos casos utiliza-se anestesia local. Esta técnica representou um grande avanço na simplificação da coleta de oócitos mesmo tendo desvantagens, como a dificuldade em visualizar a ponta da agulha (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

Já na punção ecográfica periuretral, iniciaram a recolha de oócitos pela via uretral. Neste procedimento, a bexiga é preenchida com solução salina e, após intubação vesical com uma sonda de Foley, uma agulha é introduzida através do próprio cateter até à bexiga. Esta é transfixada e a agulha penetra nos folículos ováricos. O desconforto do recheio vesical e a hematúria, bem como a dor pós-procedimento, levaram ao declínio do uso desta via após o advento do transdutor vaginal (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

E na punção ecográfica transvaginal, a técnica mais frequentemente utilizada, com custos reduzidos e execução em regime ambulatório. A introdução é via vaginal para alcançar os ovários em posição alta na pélvis ou fixados atrás do útero por aderências. O transdutor vaginal é utilizado como suporte para a agulha na punção, a compressão no fundo do canal vaginal lateral e posterior permite que a agulha se aproxime do ovário, aumentando a eficiência do processo de coleta. São utilizadas várias agulhas de calibre 17–18 G, de lúmen simples ou duplo, e a aspiração pode ser realizada com uma seringa de 10 ml diretamente acoplada a um

tubo Falcon ou ligada a ele através de tubagem de Teflon e a uma bomba de aspiração controlada, como uma bomba Craft. As taxas de obtenção de oócitos são elevadas e a anestesia pode ser dada localmente ou, preferencialmente, acompanhada de sedação (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

A espermatogênese corresponde ao processo de formação e diferenciação dos gametas masculinos nos túbulos seminíferos dos testículos. O processo tem início a partir das células-tronco espermatogoniais, que apresentam capacidade de autorrenovação e diferenciação, originando células que passam por sucessivas etapas de proliferação e maturação. Posteriormente, as células germinativas entram na meiose, processo responsável pela redução do número de cromossomos e pela formação de células haploides denominadas espermátides. Essas células passam então pela espermiogênese, etapa de diferenciação na qual adquirem as características estruturais do espermatozoide, como a cabeça, o acrossomo e o flagelo. Ao final desse processo, são formados espermatozoides que, após os eventos posteriores de maturação e aquisição da capacidade fecundante, estarão aptos a participar da fertilização (Larose et al., 2019).

A coleta de espermatozoides para reprodução assistida pode ser feita de algumas formas, uma delas é a coleta a partir do ejaculado. O sêmen é habitualmente colhido por masturbação para um frasco estéril após 2 a 4 dias de abstinência sexual. Pacientes com ejaculação retrógrada e/ou neuropatia diabética, os espermatozoides são recuperados na urina, o paciente digere 2g de bicarbonato de sódio na véspera e 2g de manhã para alcalinizar o pH urinário, após masturbação a urina é recolhida e centrifugada (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

Coleta pelo epidídimo pode ocorrer em casos de azoospermia obstrutiva. Utilizam-se técnicas cirúrgicas ou percutâneas, como a MESA (Aspiração Microcirúrgica de Espermatozoides do Epidídimo) técnica invasiva indicada quando há possibilidade de reconstrução microcirúrgica ou para obter grandes amostras para criopreservação. E a PESA (Aspiração Percutânea de Espermatozoides do Epidídimo) procedimento menos invasivo sob anestesia local, que pode ser repetido no mesmo epidídimo. Apresenta como desvantagem o risco de fibrose local. Os resultados de PESA + ICSI são satisfatórios e equivalentes aos da MESA (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

Já na colheita de espermatozoides dos testículos, indicada principalmente na azoospermia não obstrutiva ou quando a recuperação epididimária falha. A TESE (Extração de Espermatozoides Testiculares por Biópsia) biópsia aberta sob anestesia local. Permite avaliar a histologia e extrair espermatozoides de focos de espermatogênese. Complicações agudas incluem hematoma escrotal e infeção a longo prazo, monitoriza-se o risco de fibrose e

desvascularização testicular. TESA (Aspiração Percutânea Testicular com Agulha 21G): Mais indicada em casos com espermatogénese preservada. Em casos de insuficiência testicular primária (ex.: Síndrome de Klinefelter), a utilização de colagenase para dissolver o tecido testicular facilita a localização de espermatozoides (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

E na colheita em pacientes com distúrbios de ejaculação, em pacientes com lesões medulares, disfunção psicossexual ou esclerose múltipla, utiliza-se a Estimulação Vibratória Peniana (PVS) combinada com ICSI. A bexiga deve ser lavada e instilada com 25–50 ml de soro fisiológico para proteger eventuais espermatozoides ejaculados de forma retrógrada. A PVS é aplicada em sessões de intervalos de 5 minutos (máximo de 15 min no total). Em lesões acima de T6, deve monitorizar-se a disreflexia autonómica (hipertensão, sudorese e cefaleia). A taxa de sucesso aproxima-se dos 50% (Franco Jr.; Baruffi, 2002).

2.7 Cultivo embrionário e ambientes laboratoriais

O cultivo embrionário *in vitro* tem como objetivo proporcionar condições adequadas para que os embriões mantenham seu potencial de desenvolvimento de maneira semelhante ao observado no ambiente fisiológico do trato reprodutivo feminino. Embora o oviduto e o útero apresentem condições naturais que não podem ser reproduzidas integralmente no laboratório, alguns fatores podem ser controlados durante o cultivo, especialmente a temperatura, o pH, a osmolaridade e a concentração dos gases. Entre esses fatores, a concentração de oxigênio recebe atenção especial, uma vez que o ambiente do trato reprodutivo apresenta níveis inferiores aos encontrados no ar atmosférico, sendo recomendada a utilização de condições de cultivo com menor concentração de O_2 (Gardner, 2016).

Os meios de cultura são componentes fundamentais para o cultivo de embriões humanos, pois fornecem condições necessárias para a manutenção e o desenvolvimento embrionário durante a FIV. Ao longo do desenvolvimento das técnicas de reprodução assistida, diferentes formulações de meios foram desenvolvidas com o objetivo de atender às necessidades dos embriões em diferentes etapas do cultivo. Dessa forma, a composição e a escolha do meio de cultura constituem aspectos importantes para a manutenção de condições adequadas ao desenvolvimento embrionário (Pool; Schoolfield; Han, 2012).

Os sistemas de cultivo embrionário podem utilizar meios sequenciais ou meios monofásicos (*singlestep*). No cultivo sequencial, diferentes formulações são empregadas ao

longo do desenvolvimento embrionário, com o objetivo de acompanhar as diferentes condições fisiológicas observadas durante o desenvolvimento no trato reprodutivo feminino. Já os meios monofásicos são formulados para permitir o cultivo prolongado dos embriões em uma mesma formulação, buscando fornecer os componentes necessários ao desenvolvimento embrionário durante as diferentes etapas do cultivo (Grupo de Consenso do Cairo, 2020).

Apesar das diferenças entre as estratégias de cultivo, os estudos disponíveis não demonstram evidências suficientes para estabelecer a superioridade de um sistema sobre o outro. Revisões sistemáticas e meta-análises que compararam meios monofásicos e sequenciais não identificaram diferenças significativas em importantes resultados clínicos, como as taxas de gravidez. Embora alguns estudos tenham observado maior formação de blastocistos com o uso de meios monofásicos, a qualidade e a quantidade das evidências disponíveis ainda são insuficientes para recomendar uma das estratégias como superior à outra (Sfontouris *et al.*, 2016; Dieamant *et al.*, 2017; Grupo de Consenso do Cairo, 2020).

As incubadoras constituem equipamentos essenciais no laboratório de fertilização *in vitro*, pois são responsáveis por manter condições ambientais estáveis para o cultivo de gametas e embriões. Entre os parâmetros controlados estão a temperatura, a composição gasosa e a umidade, que devem permanecer dentro de condições adequadas ao desenvolvimento embrionário. As incubadoras de bancada (*bench-top*) apresentam como uma de suas características a rápida recuperação das condições ambientais após alterações, embora não existam evidências suficientes para estabelecer superioridade clínica de um determinado tipo de incubadora (Swain, 2014).

A tecnologia *Time-Lapse* permite o registro contínuo de imagens dos embriões durante o cultivo, em intervalos regulares, possibilitando acompanhar seu desenvolvimento sem a necessidade de retirá-los repetidamente da incubadora. Dessa forma, é possível observar características morfológicas e alterações na velocidade e no padrão de desenvolvimento embrionário ao longo do tempo, fornecendo informações adicionais para a avaliação realizada pelos embriologistas. Apesar dessas vantagens, as evidências disponíveis ainda não demonstram que o uso do *Time-Lapse* aumente as taxas de gravidez ou de nascidos vivos em comparação à avaliação convencional. Por isso, sua utilização deve estar associada à capacitação adequada da equipe e à interpretação criteriosa das imagens e dos parâmetros observados (Apter *et al.*, 2020).

As condições gasosas também são essenciais para a manutenção de um ambiente adequado ao cultivo embrionário. A concentração de oxigênio, o dióxido de carbono e o pH do meio de cultura devem ser monitorados e mantidos dentro de parâmetros previamente estabelecidos, a fim de preservar a estabilidade das condições de cultivo. A utilização de baixa concentração de oxigênio, aproximadamente 5%, é recomendada para limitar os danos relacionados ao estresse oxidativo. O dióxido de carbono, por sua vez, apresenta relação direta com o pH do meio, especialmente em sistemas de cultura baseados em bicarbonato, tornando seu controle fundamental para a manutenção da homeostase embrionária. Dessa forma, o monitoramento regular das concentrações gasosas e do pH constitui uma prática importante nos laboratórios de fertilização *in vitro* (Grupo de Consenso do Cairo, 2020; Arroyo *et al*., 2026).

A qualidade do ambiente laboratorial é um fator importante para a segurança e a manutenção da qualidade dos procedimentos de FIV, uma vez que gametas e embriões podem ser afetados por contaminantes presentes no ar. Dessa forma, o laboratório deve apresentar condições ambientais controladas, incluindo sistemas de filtragem de alta eficiência (HEPA), controle de compostos orgânicos voláteis (COVs), renovação adequada do ar e monitoramento periódico da qualidade ambiental. Os materiais utilizados na construção, pintura, mobiliário e revestimentos também devem ser selecionados de forma a minimizar a liberação de COVs e outros compostos potencialmente prejudiciais aos gametas e embriões. Essas medidas contribuem para reduzir riscos de contaminação e manter condições apropriadas durante a manipulação do material reprodutivo (Mortimer *et al*., 2018; Arroyo *et al*., 2026).

Além do controle ambiental, a identificação correta dos pacientes e a rastreabilidade das células reprodutivas constituem etapas essenciais para a segurança dos procedimentos realizados no laboratório. O *witnessing*, realizado de forma manual ou por sistemas eletrônicos, deve ser empregado nas etapas consideradas críticas, como a identificação inicial dos gametas, transferência de material entre recipientes, fertilização, criopreservação e transferência embrionária. A conferência por um segundo profissional qualificado ou por sistemas eletrônicos de identificação contribui para reduzir o risco de trocas ou erros de identificação. Além disso, devem ser registrados os dados referentes às manipulações, aos profissionais envolvidos, aos materiais utilizados e aos horários de cada procedimento, garantindo a rastreabilidade durante todo o tratamento (Arroyo *et al*., 2026).

2.8 Critérios e métodos de seleção embrionária

A avaliação morfológica constitui um dos principais métodos utilizados para a classificação e seleção de embriões durante as técnicas de fertilização *in vitro*. Esse procedimento acompanha as características embrionárias ao longo do desenvolvimento e permite estabelecer uma ordem de prioridade entre os embriões disponíveis para transferência ou criopreservação. Embora seja amplamente utilizado na rotina dos laboratórios de reprodução assistida, fornece apenas uma estimativa do potencial de desenvolvimento embrionário e não permite determinar, isoladamente, sua competência genética (Coticchio *et al.*, 2025).

No terceiro dia de desenvolvimento (D3), correspondente ao estágio de clivagem, são avaliados principalmente o número e a regularidade dos blastômeros, o grau de fragmentação citoplasmática, a presença de multinucleação e outras alterações morfológicas. Embriões considerados de melhor qualidade tendem a apresentar número adequado de blastômeros para o estágio de desenvolvimento, células relativamente uniformes, baixo percentual de fragmentação e ausência de alterações significativas. A velocidade de clivagem também pode ser considerada, pois o desenvolvimento deve ocorrer de maneira compatível com o estágio esperado. Esses parâmetros permitem comparar os embriões e identificar aqueles com características mais favoráveis ao desenvolvimento subsequente (Coticchio *et al.*, 2025).

No estágio de blastocisto, geralmente alcançado entre o quinto e o sétimo dia de desenvolvimento, a avaliação morfológica torna-se mais detalhada devido à formação de estruturas celulares distintos. Nessa fase, são analisados o grau de expansão do blastocisto, a massa celular interna (MCI) e o trofectoderma (TE). A MCI dará origem principalmente ao embrião propriamente dito, enquanto o TE participa da formação dos tecidos extraembrionários, incluindo estruturas relacionadas à placenta. Na classificação tradicional, o grau de expansão é associado a uma escala numérica, enquanto a MCI e o TE são classificados de acordo com suas características, organização e quantidade de células. Assim, maior expansão, uma MCI bem definida e compacta e um TE formado por células numerosas e organizadas são geralmente associados a características morfológicas mais favoráveis (Arroyo *et al.*, 2026).

Apesar de sua importância para a tomada de decisão no laboratório, a classificação morfológica deve ser interpretada de forma integrada, considerando também o contexto clínico e laboratorial. Embriões com morfologia semelhante podem apresentar diferentes potenciais de implantação e desenvolvimento, de modo que a avaliação morfológica não deve ser entendida

como uma determinação absoluta da viabilidade embrionária ou de sua competência genética (Coticchio *et al*., 2025).

Os desenvolvimentos de novas tecnologias têm ampliado as possibilidades de avaliação e seleção embrionária, complementando a análise morfológica convencional. Entre essas ferramentas, destacam-se o monitoramento por *Time-Lapse* e a inteligência artificial (IA), que permitem incorporar informações relacionadas à dinâmica do desenvolvimento embrionário e à análise automatizada de imagens. Dessa forma, essas tecnologias apresentam potencial para tornar a seleção embrionária mais objetiva e fornecer informações adicionais ao embriologista durante a escolha dos embriões com maior potencial de desenvolvimento (Apter *et al*., 2020).

O *Time-Lapse* permite acompanhar continuamente o desenvolvimento embrionário e identificar características morfocinéticas, como o momento das divisões celulares e a duração de determinadas etapas do desenvolvimento. Essas informações podem complementar a avaliação morfológica estática, uma vez que dois embriões com características morfológicas semelhantes em determinado momento podem apresentar diferentes padrões de desenvolvimento ao longo do cultivo. Assim, a análise da dinâmica embrionária pode auxiliar na classificação e na priorização dos embriões, embora ainda não existem evidências suficientes para considerar o *Time-Lapse*, isoladamente, superior à avaliação convencional em relação aos principais desfechos clínicos (Apter *et al*., 2020).

A inteligência artificial, por sua vez, vem sendo estudada como uma ferramenta capaz de analisar imagens embrionárias e reconhecer padrões associados ao desenvolvimento e aos resultados da reprodução assistida. Algoritmos de aprendizado de máquina e *deep learning* podem processar grande quantidade de imagens e informações morfocinéticas, possibilitando a classificação dos embriões de maneira automatizada e padronizada. Quando integrada aos sistemas de *Time-Lapse*, a IA pode utilizar informações obtidas durante todo o desenvolvimento embrionário para auxiliar na identificação dos embriões com características mais favoráveis (Wu *et al*., 2025).

Apesar do potencial dessas tecnologias, sua utilização ainda apresenta limitações. A qualidade e a quantidade dos dados utilizados no treinamento dos algoritmos, as diferenças entre laboratórios e sistemas de aquisição de imagens e a necessidade de validação em diferentes populações podem influenciar o desempenho dos modelos. Além disso, resultados promissores na classificação embrionária não significam necessariamente aumento comprovado das taxas de implantação, gravidez ou nascimento vivo. Portanto, o *Time-Lapse* e a IA devem ser

considerados ferramentas complementares à avaliação realizada pelo embriologista, e sua incorporação à rotina laboratorial deve estar associada à validação científica e à interpretação criteriosa dos resultados (AlSaad *et al.*, 2025; Mina *et al.*, 2025).

O Teste Genético Pré-Implantacional (PGT) compreende um conjunto de técnicas utilizadas para a análise genética de embriões antes da transferência para o útero, podendo ser indicado em situações específicas, como o risco de transmissão de doenças monogênicas e alterações cromossômicas estruturais ou numéricas. Sua realização envolve a integração entre o laboratório de FIV e o laboratório de genética, sendo necessária uma avaliação individualizada da indicação clínica, além de procedimentos laboratoriais padronizados e profissionais devidamente capacitados (Carvalho et al., 2020).

Para a realização do teste, é necessária a obtenção de uma amostra celular por meio da biópsia embrionária. Atualmente, a biópsia de blastocisto com coleta de células do trofectoderma (TE) é a abordagem mais utilizada, permitindo a retirada de aproximadamente 5 a 10 células para análise genética. A abertura da zona pelúcida pode ser realizada com laser, possibilitando a passagem da pipeta de biópsia e a coleta das células. Durante o procedimento, a manipulação deve ser realizada em condições controladas, com equipamentos calibrados, superfície aquecida, materiais adequados e redução do tempo de exposição do embrião fora das condições de cultivo. Também são necessários cuidados para evitar contaminação das amostras e mistura entre embriões, incluindo higienização das superfícies, uso adequado de materiais e identificação individual das placas e recipientes (Kokkali *et al.*, 2020).

A identificação e a rastreabilidade constituem etapas essenciais durante todo o processo de PGT. A correspondência entre o embrião, a amostra biopsiada e o respectivo resultado genético deve ser preservada desde a realização da biópsia até a análise laboratorial, a criopreservação e a eventual transferência embrionária. Para isso, procedimentos de *witnessing* e sistemas de identificação devem ser empregados de acordo com os protocolos do laboratório, reduzindo o risco de troca ou identificação incorreta de amostras. Além disso, o treinamento dos profissionais responsáveis pela biópsia e o acompanhamento de indicadores como danos embrionários, sobrevivência após a criopreservação e qualidade das amostras são importantes para garantir a segurança e a padronização do procedimento (Kokkali *et al.*, 2020; Carvalho *et al.*, 2020).

Após a análise genética, os resultados são utilizados em conjunto com as informações clínicas e laboratoriais para orientar a seleção dos embriões que poderão ser considerados para

transferência. Entretanto, o PGT não deve ser interpretado como garantia de implantação ou nascimento vivo, pois existem limitações relacionadas à representatividade da amostra biopsiada, ao mosaicismo embrionário e à possibilidade de resultados inconclusivos. Dessa forma, a aplicação do PGT exige rigor técnico desde a seleção da indicação e realização da biópsia até a análise genética, identificação da amostra e correlação correta entre o resultado obtido e o embrião correspondente (Carvalho *et al*., 2020).

2.9 Transferência e criopreservação

Após a avaliação e seleção dos embriões, a transferência embrionária constitui uma das etapas finais do tratamento de fertilização *in vitro*, sendo responsável pela introdução do embrião selecionado na cavidade uterina. A definição do embrião a ser transferido e do momento adequado para a realização do procedimento depende da integração entre as características embrionárias, o estágio de desenvolvimento e as condições do endométrio. Dessa forma, a transferência deve ser realizada de maneira padronizada, considerando tanto os parâmetros laboratoriais quanto a sincronização entre o desenvolvimento embrionário e a receptividade endometrial (Ji *et al*., 2024).

A criopreservação permite conservar oócitos e embriões viáveis para utilização posterior, constituindo uma importante estratégia dentro da reprodução assistida. O desenvolvimento das técnicas de congelamento possibilitou maior flexibilidade nos ciclos de fertilização *in vitro*, permitindo que embriões excedentes com características adequadas sejam armazenados para futuras transferências, além de possibilitar a preservação de oócitos para pacientes que desejam adiar a reprodução ou preservar seu potencial reprodutivo (Casciani *et al*., 2023; Cimadomo *et al*., 2024).

Entre as técnicas atualmente empregadas, destaca-se a vitrificação, método de criopreservação caracterizado pelo resfriamento ultrarrápido das células após exposição a soluções contendo crioprotetores. O objetivo é reduzir a formação de cristais de gelo intracelulares, que podem provocar danos às estruturas celulares. Para isso, o procedimento envolve etapas controladas de exposição aos crioprotetores, desidratação celular, carregamento do material biológico no dispositivo de armazenamento e rápida imersão em nitrogênio líquido. Posteriormente, no momento da utilização, é realizado o aquecimento e a remoção progressiva dos crioprotetores, seguida da avaliação da sobrevivência e das características do material criopreservado (Li; Gao, 2023).

A padronização dessas etapas é fundamental para a manutenção da qualidade dos oócitos e embriões, uma vez que fatores como concentração dos crioprotetores, tempo de exposição, velocidade de resfriamento e condições de aquecimento podem interferir diretamente na sobrevivência celular. Nesse contexto, protocolos mais recentes têm buscado reduzir o tempo de exposição aos crioprotetores e otimizar as etapas de vitrificação e aquecimento, procurando diminuir o estresse celular e melhorar a eficiência dos procedimentos laboratoriais (Martinez-Rodero *et al.*, 2025).

Na preservação de oócitos, a vitrificação também apresenta relevância crescente, principalmente em estratégias de preservação da fertilidade. Entretanto, os resultados podem ser influenciados por fatores relacionados à idade da paciente, à qualidade oocitária, às condições laboratoriais e à eficiência dos procedimentos de vitrificação e aquecimento. Dessa forma, a adequada execução técnica e o controle das condições laboratoriais são fundamentais para preservar o potencial de desenvolvimento dos oócitos após o descongelamento (Cimadomo *et al.*, 2024).

Após o aquecimento de embriões vitrificados, é necessária uma avaliação criteriosa de sua sobrevivência e recuperação morfológica antes da transferência. Nos blastocistos, por exemplo, a reexpansão após o aquecimento constitui um dos parâmetros observados pela equipe do laboratório. Além disso, a identificação correta das amostras, o registro das etapas realizadas e a rastreabilidade dos materiais biológicos são fundamentais para garantir a segurança do procedimento e evitar erros de identificação durante o armazenamento e a utilização dos gametas e embriões (Li; Gao, 2023).

Dessa maneira, a transferência embrionária e a criopreservação representam etapas que dependem diretamente da qualidade da rotina laboratorial. Desde a avaliação e seleção dos embriões até a vitrificação, armazenamento, aquecimento e preparo para transferência, cada procedimento exige padronização, controle de qualidade e adequada rastreabilidade. Nesse contexto, a atuação do profissional responsável pelo laboratório de RA é essencial para garantir a execução correta das técnicas e contribuir para a manutenção da qualidade e da segurança dos gametas e embriões durante todo o processo.

2.10 Habilitação em reprodução humana pelo profissional biomédico

A atuação do biomédico na área de reprodução humana exige formação específica e registro da habilitação profissional junto ao Conselho Regional de Biomedicina (CRBM) de sua

jurisdição. A Resolução nº 78, de 29 de abril de 2002, do Conselho Federal de Biomedicina (CFBM), inclui a reprodução humana entre as áreas de habilitação do biomédico. Para obter o registro da habilitação, o profissional deve atender aos requisitos previstos na regulamentação vigente, que contempla diferentes modalidades de formação, como estágio supervisionado durante a graduação, pós-graduação lato ou stricto sensu, título de especialista, residência multiprofissional em saúde e aprimoramento profissional, observadas as condições aplicáveis a cada modalidade (CFBM, 2002; CFBM, 2025).

A Resolução CFBM nº 395, de 9 de maio de 2025, estabelece os critérios para obtenção e registro das habilitações biomédicas. Entre esses critérios, prevê estágio supervisionado mínimo de 500 horas para a habilitação obtida durante a graduação e para cursos de aprimoramento profissional nas condições especificadas pela norma. Após cumprir os requisitos correspondentes, o biomédico deve solicitar o registro da habilitação ao CRBM, estando sua atuação condicionada à regularização profissional e aos limites legais de sua competência (CFBM, 2025).

3 METODOLOGIA

O presente estudo consiste em uma revisão bibliográfica de caráter descritivo, realizada com o objetivo de reunir e analisar informações científicas relacionadas à importância das técnicas laboratoriais empregadas na fertilização *in vitro* (FIV), desde a manipulação dos gametas até a avaliação e seleção embrionária.

A pesquisa bibliográfica foi realizada por meio da consulta às bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico, utilizando como principais descritores os termos “fertilização *in vitro*”, “reprodução assistida”, “técnicas laboratoriais”, “embriologia”, “cultivo embrionário”, “seleção embrionária” e “biomédico na reprodução assistida”, bem como seus correspondentes em inglês, quando aplicável.

Foram priorizados artigos científicos, livros, documentos de instituições científicas e recomendações técnicas relacionados ao tema, publicados em português e inglês. A seleção do material considerou a pertinência dos estudos em relação aos objetivos propostos, priorizando publicações que abordassem as técnicas laboratoriais da FIV, as condições de cultivo embrionário, o controle de qualidade e a atuação dos profissionais envolvidos na reprodução assistida.

Após a seleção, os materiais foram analisados e organizados de acordo com os principais aspectos relacionados ao tema, incluindo infertilidade, reprodução assistida, evolução da FIV, etapas laboratoriais, controle de qualidade e atuação do profissional biomédico. As informações obtidas foram utilizadas para fundamentar a discussão sobre a importância da padronização e do rigor técnico nos procedimentos laboratoriais de fertilização *in vitro*.

3.1 Tipo de estudo

O presente trabalho caracteriza-se como uma revisão bibliográfica, de abordagem qualitativa. A pesquisa bibliográfica permite reunir, analisar e discutir conhecimentos já publicados sobre determinado tema, possibilitando a compreensão dos principais aspectos científicos relacionados ao objeto de estudo.

Neste trabalho, foram investigadas publicações científicas e recomendações técnicas referentes à fertilização in vitro (FIV), com ênfase nas etapas laboratoriais envolvidas desde a preparação e manipulação dos gametas até a fertilização, o cultivo, a avaliação, a seleção e a criopreservação embrionária. Também foram considerados aspectos relacionados ao controle de qualidade, à padronização dos procedimentos e à atuação do profissional biomédico habilitado em reprodução humana.

A abordagem qualitativa foi utilizada para interpretar e relacionar as informações obtidas nas publicações selecionadas, buscando compreender a importância das condições laboratoriais para a preservação da qualidade dos gametas e embriões. O caráter descritivo, por sua vez, permitiu apresentar as principais técnicas empregadas na rotina dos laboratórios de FIV e discutir sua relevância para a segurança e a qualidade dos procedimentos de reprodução assistida.

Dessa forma, o estudo buscou integrar os conhecimentos disponíveis na literatura para compreender como a execução adequada das técnicas laboratoriais, associada ao monitoramento das condições ambientais e à atuação de profissionais qualificados, contribui para a qualidade dos procedimentos de FIV.

3.2 Estratégia de busca e fontes de dados

A revisão da literatura foi realizada por meio de buscas nas bases de dados PubMed, SciELO e Google Acadêmico, selecionadas por disponibilizarem artigos científicos e publicações relacionados às áreas da saúde, reprodução humana e embriologia. Também foram

consideradas recomendações de instituições científicas e documentos normativos pertinentes à atuação profissional na área de reprodução humana.

Para a realização das buscas, foram considerados os seguintes descritores em português: "fertilização *in vitro*", "reprodução assistida", "técnicas laboratoriais", "embriologia", "cultivo embrionário", "seleção embrionária", "criopreservação de embriões" e "biomédico na reprodução assistida". Em inglês, foram utilizados termos correspondentes, como "in vitro fertilization", "assisted reproductive technology", "embryo culture", "embryo assessment", "embryo cryopreservation" e "quality control in IVF laboratories".

Os termos foram combinados com os operadores booleanos AND e OR, conforme a necessidade de cada busca. O operador AND foi empregado para relacionar conceitos e tornar os resultados mais específicos, enquanto o operador OR foi utilizado para reunir termos semelhantes e ampliar a recuperação de publicações relevantes. Entre as combinações consideradas, destacam-se: "in vitro fertilization" AND "embryo culture"; "assisted reproductive technology" AND "laboratory quality control"; e "fertilização in vitro" AND "cultivo embrionário".

Foram priorizadas publicações em português e inglês que apresentassem relação direta com os objetivos do estudo, especialmente aquelas que abordassem as técnicas laboratoriais da FIV, as condições de cultivo, a avaliação morfológica embrionária, a criopreservação, a segurança dos procedimentos e a atuação dos profissionais envolvidos. Documentos normativos e recomendações técnicas também foram considerados quando pertinentes ao tema.

Após a busca, as publicações foram selecionadas de acordo com sua relevância temática e seu potencial de contribuir para a discussão proposta. As informações identificadas foram organizadas por assunto e utilizadas na elaboração da revisão, permitindo relacionar os conhecimentos científicos sobre a rotina laboratorial à importância da padronização, do controle de qualidade e da rastreabilidade no laboratório de FIV.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Harper et al. (2014) destacam que a fertilização in vitro (FIV) é uma técnica de reprodução assistida na qual o laboratório de embriologia desempenha papel fundamental em diferentes etapas, desde a preparação dos espermatozoides e a avaliação dos oócitos até a fertilização, o cultivo embrionário, a seleção e a criopreservação. Segundo os autores, a obtenção de resultados consistentes depende da execução adequada e da integração desses procedimentos,

evidenciando a importância da atuação da equipe laboratorial para a qualidade do processo de reprodução assistida.

Em concordância, Arroyo et al. (2026) reforçam que a qualidade dos procedimentos laboratoriais é fundamental para a segurança e a eficiência da fertilização in vitro. Os autores destacam a importância da padronização dos procedimentos, da identificação e rastreabilidade dos gametas e embriões, do controle das condições de cultivo e da implementação de medidas de gestão da qualidade. Dessa forma, complementam a ideia de Harper et al. (2014), ao evidenciar que a integração das etapas laboratoriais deve ser acompanhada de protocolos padronizados e controle rigoroso dos procedimentos para favorecer a qualidade do processo de reprodução assistida.

Sciorio e Rinaudo (2023) destacam que, ao longo das últimas quatro décadas, as técnicas de reprodução assistida apresentaram avanços importantes, contribuindo para a melhora das taxas de gravidez e para a redução de complicações, especialmente das gestações múltiplas. Segundo os autores, esses progressos estão relacionados ao aprofundamento do conhecimento sobre a fisiologia e o metabolismo embrionário, que possibilitou o aprimoramento das condições de cultivo e favoreceu o desenvolvimento embrionário em laboratório.

Em concordância, Alteri et al. (2024) reconhecem a importância dos fatores embriológicos para os resultados da fertilização in vitro. Entretanto, ressaltam que estratégias de transferência embrionária devem considerar também a segurança materna e neonatal, recomendando a transferência de um único embrião na maioria dos casos para reduzir o risco de gestações múltiplas. Dessa forma, evidencia-se que, embora os avanços nas técnicas de reprodução assistida e nas condições laboratoriais sejam importantes, a obtenção de resultados favoráveis também depende de decisões clínicas fundamentadas em evidências científicas

Arroyo et al. (2026) destacam a importância de compreender todas as etapas da rotina laboratorial na fertilização in vitro, desde a obtenção e preparação dos gametas até o desenvolvimento embrionário. Os autores ressaltam que conhecer as condições necessárias para preservar a qualidade dos oócitos e espermatozoides, assim como os procedimentos de fertilização e cultivo embrionário, contribui para a formação dos profissionais da reprodução assistida e reforça a importância da atuação técnica e da adoção de boas práticas no laboratório de embriologia.

Embora destaquem a importância do conhecimento das etapas laboratoriais para a formação dos profissionais envolvidos na reprodução assistida, Shapiro et al. (2023) apontam

que a formação em embriologia clínica ainda apresenta desafios relacionados à estruturação do treinamento e à padronização das competências profissionais. Os autores defendem a necessidade de uma formação teórica e prática mais rigorosa, com definição de competências específicas para a atuação no laboratório. Dessa forma, compreende-se que conhecer os procedimentos laboratoriais é fundamental, mas esse conhecimento deve ser acompanhado de treinamento estruturado e avaliação das habilidades técnicas, contribuindo para uma atuação profissional mais qualificada na reprodução assistida.

Sciorio e Rinaudo (2023) destacam que a qualidade das condições laboratoriais é essencial para preservar a viabilidade dos gametas e embriões durante a fertilização in vitro (FIV). Os autores ressaltam que fatores como temperatura, pH, osmolaridade, concentração dos gases e exposição à luz precisam ser controlados para minimizar o estresse celular e favorecer o desenvolvimento embrionário. Além disso, Arroyo et al. (2026) reforçam a importância da padronização dos procedimentos, do monitoramento dos equipamentos e da adoção de medidas de controle de qualidade e segurança para garantir condições adequadas de manipulação e cultivo embrionário.

Em concordância, Konstantogianni et al. (2024) discutem a influência das condições de cultivo sobre o desenvolvimento embrionário, com destaque para a concentração de oxigênio. Os autores abordam a importância de avaliar as condições gasosas utilizadas no laboratório, considerando que a concentração de oxigênio pode influenciar o ambiente de cultivo e o desenvolvimento dos embriões. Dessa forma, reforça-se que o controle das condições laboratoriais deve ser individualizado conforme os procedimentos adotados e fundamentado nas evidências científicas disponíveis, contribuindo para a manutenção de um ambiente adequado ao cultivo embrionário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo permitiu compreender a importância da rotina laboratorial na fertilização *in vitro*, desde a manipulação dos gametas até o desenvolvimento, a avaliação e a criopreservação dos embriões. Observou-se que cada etapa exige precisão técnica, padronização dos procedimentos e manutenção de condições laboratoriais adequadas para preservar a qualidade dos materiais biológicos utilizados na reprodução assistida.

Nesse contexto, o controle das condições de cultivo, a avaliação embrionária, a identificação correta das amostras e a aplicação de protocolos de qualidade são aspectos

fundamentais para a segurança dos procedimentos laboratoriais. A atuação do biomédico habilitado em reprodução humana também se destaca pela importância do conhecimento técnico e do cumprimento das normas profissionais aplicáveis à área.

Conclui-se que a qualidade da rotina laboratorial representa um elemento essencial para o desenvolvimento das técnicas de FIV. Dessa forma, a atualização científica contínua, a capacitação dos profissionais e a padronização dos procedimentos são medidas importantes para o aprimoramento das práticas laboratoriais e para a qualidade da assistência em reprodução humana.

REFERÊNCIAS

ALSAAD, R. et al. Deep learning applications for human embryo assessment using time-lapse imaging: scoping review. Frontiers in Reproductive Health, v. 7, art. 1549642, 2025. DOI: https://doi.org/10.3389/frph.2025.1549642.

APTER, Susanna et al. Good practice recommendations for the use of time-lapse technology. Human Reproduction Open, Oxford, v. 2020, n. 2, art. hoaa008, 2020. DOI: https://doi.org/10.1093/hropen/hoaa008.

ARROYO, Gemma et al. ESHRE recommendations on Good Practice in the IVF laboratory. Human Reproduction, v. 41, n. 8, p. 1245–1269, 2026. DOI: https://doi.org/10.1093/humrep/deag096.

BALDI, E. et al. Extended semen examinations in the sixth edition of the WHO Laboratory Manual for the Examination and Processing of Human Semen: contributing to the understanding of the function of the male reproductive system. Fertility and Sterility, v. 117, n. 2, p. 252–257, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2021.11.034.

BRITO, Vanessa da Silva. Biomedicina: estágio obrigatório III — plano de ensino 2023.1. 2023.

CASCIANI, Valentina et al. Oocyte and embryo cryopreservation in assisted reproductive technology: past achievements and current challenges. Fertility and Sterility, v. 120, n. 3, pt. 1, p. 506–520, 2023.

CARVALHO, Filipa et al. ESHRE PGT Consortium good practice recommendations for the organisation of PGT. Human Reproduction Open, v. 2020, n. 3, art. hoaa021, 2020. DOI: https://doi.org/10.1093/hropen/hoaa021.

CDC. Sociedade Americana de Medicina Reprodutiva; Sociedade de Tecnologia de Reprodução Assistida. Taxas de sucesso da tecnologia de reprodução assistida em 2005. Atlanta, GA: Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos EUA, CDC, 2007.

CIMADOMO, Danilo et al. Oocyte vitrification for fertility preservation is an evolving practice requiring a new mindset: societal, technical, clinical, and basic science-driven evolutions. Fertility and Sterility, v. 121, n. 4, p. 555–561, 2024.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM). Normativa CFBM nº 001, de 31 de janeiro de 2022. Dispõe sobre as atribuições do biomédico conselheiro geneticista especialista em genética e estabelece normas sobre os procedimentos e campos de atuação em aconselhamento genético. Brasília, DF: CFBM, 2022. Disponível em: https://cfbm.gov.br/wp-content/uploads/2022/02/NORMATIVA-CFBM-No-001-2022-de-31-janeiro-de-2022-2.pdf. Acesso em: 12 out. 2026.

CONSELHO FEDERAL DE BIOMEDICINA (CFBM). Resolução nº 395, de 9 de maio de 2025. Dispõe sobre a regulamentação das habilitações do profissional biomédico e as normas para o respectivo registro nos Conselhos Regionais de Biomedicina. Disponível em: https://www.cfbm.gov.br/wp-content/uploads/2025/05/RESOLUCAO-No-395-DE-9-DE-MAIO-DE-2025-DOU-Imprensa-Nacional.pdf. Acesso em: 12 out. 2026.

COTICCHIO, Giovanni et al. The Istanbul Consensus update: a revised ESHRE/ALPHA consensus on oocyte and embryo static and dynamic morphological assessment. Reproductive BioMedicine Online, v. 50, n. 6, art. 104955, 2025.

CÂMARA, B. Biomedicina e reprodução humana. 10 out. 2013.

DIEAMANT, F. et al. Single versus sequential culture medium: which is better at improving ongoing pregnancy rates? A systematic review and meta-analysis. JBRA Assisted Reproduction, v. 21, n. 3, p. 240–246, 2017. DOI: https://doi.org/10.5935/1518-0557.20170045.

ELIZUR, Shai E. et al. Endometriosis and infertility: pathophysiology, treatment strategies, and reproductive outcomes. Archives of Gynecology and Obstetrics, v. 312, n. 4, p. 1037–1048, 2025.

ESHRE GUIDELINE GROUP ON THE NUMBER OF EMBRYOS TO TRANSFER; ALTERI, Alessandra et al. ESHRE guideline: number of embryos to transfer during IVF/ICSI. Human Reproduction, v. 39, n. 4, p. 647–657, abr. 2024. DOI: https://doi.org/10.1093/humrep/deae010.

ESKEW, Ashley M.; JUNGHEIM, Emily S. A history of developments to improve in vitro fertilization. Missouri Medicine, v. 114, n. 3, p. 156–159, 2017.

FARKOUH, A. et al. Sperm DNA fragmentation in male infertility: from bench to bedside. Arab Journal of Urology, v. 21, n. 4, p. 199–203, 2023. DOI: https://doi.org/10.1080/20905998.2023.2278200.

FRANCO JR., J. G.; BARUFFI, R. L. R. Introduction to methods for collecting human gametes in assisted reproduction. Reproductive BioMedicine Online, v. 5, n. 2, p. 187–197, 2002.

GARDNER, D. O impacto do oxigênio fisiológico durante o cultivo e da vitrificação para criopreservação no resultado do cultivo prolongado em fertilização in vitro humana. Reproductive BioMedicine Online, v. 32, p. 137–141, 2016.

GRAHAM, Mary Elaine et al. Assisted reproductive technology: short- and long-term outcomes. Developmental Medicine & Child Neurology, v. 65, n. 1, p. 38–49, 2023.

GRUPO DE CONSENSO DO CAIRO. Em um laboratório de fertilização in vitro, só existe uma coisa que é verdadeiramente importante: tudo. Diretrizes de Consenso do Cairo sobre Condições de Cultura para FIV. Reproductive BioMedicine Online, v. 40, p. 33–60, 2020.

HARPER, J. C. et al. Laboratory procedures for human in vitro fertilization. Seminars in Reproductive Medicine, 2014.

JI, X. et al. Prioritized single vitrified blastocyst to be warmed between grades 3 or 4 blastocyst on day 5 transfer cycles. 2024.

KOKKALI, Georgia et al. ESHRE PGT Consortium and SIG Embryology good practice recommendations for polar body and embryo biopsy for PGT. Human Reproduction Open, v. 2020, n. 3, art. hoaa020, 2020. DOI: https://doi.org/10.1093/hropen/hoaa020.

KONSTANTOGIANNI, O. et al. Culture of Human Embryos at High and Low Oxygen Levels. Journal of Clinical Medicine, v. 13, n. 8, art. 2222, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/jcm13082222.

LAROSE, Hailey et al. Gametogenesis: a journey from inception to conception. Current Topics in Developmental Biology, v. 132, p. 257–310, 2019.

LI, Da; GAO, Yingzhuo; LI, Rong. Expert consensus on the vitrification of human oocytes and embryos. Chinese Medical Journal, v. 136, n. 23, p. 2773–2775, 2023. DOI: https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000002895.

MACIEL, Rayana Ariane Pereira. XIII Jornada Acadêmica e VIII Encontro do Egresso de Biomedicina do UniBrasil (online). Revista Expressão, v. 10, n. 1, p. 45–47, 2021.

MAIA, T. M. et al. Projetando um destino para embriões humanos: uma revisão bibliográfica. RECISATEC – Revista Científica Saúde e Tecnologia, v. 2, n. 5, e25133, 2022.

MARTINEZ-RODERO, Iris et al. Shorter protocols for vitrification and post-warming dilution of human oocytes and embryos: a narrative review. Reproductive BioMedicine Online, v. 51, n. 2, art. 104857, 2025.

MINA, A. et al. Predicting pregnancy outcomes in IVF cycles: a systematic review and diagnostic meta-analysis of artificial intelligence in embryo assessment. Contraception and Reproductive Medicine, v. 10, n. 1, art. 59, 2025. DOI: https://doi.org/10.1186/s40834-025-00400-4.

MORA, Ticiana Camila. Curso profissionalizante: anatomia e fisiologia humana. Indaial: UNIASSELVI, 2022.

MORTIMER, D. et al. Cairo consensus on the IVF laboratory environment and air quality: report of an expert meeting. Reproductive BioMedicine Online, v. 36, n. 6, p. 658–674, 2018. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rbmo.2018.02.005.

PAULA, P. J. et al. Técnicas de reprodução humana assistida: uma revisão bibliográfica. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, v. 3, n. 9, p. 90–104, 2019.

PIÇARRO, A. V.; ROCHA, J. P. M. Infertilidade. [S. l.]: Editora Pasteur, [s. d.]. cap. 11, p. 97–104. Disponível em: https://sistema.editorapasteur.com.br/uploads/pdf/publications_chapter/INFERTILIDADE-99c2cde2-3fd7-437a-b28c-4e39fa81c1fd.pdf. Acesso em: 8 set. 2026.

POOL, T. B.; SCHOOLFIELD, J.; HAN, D. Human embryo culture media comparisons. In: SMITH, G. D.; SWAIN, J. E.; POOL, T. B. (ed.). Embryo culture: methods and protocols. Totowa, NJ: Humana Press, 2012. p. 367–386. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-61779-971-6_21.

RAMÍREZ-GALVEZ, M. Reprodução assistida, consumo de tecnologia, deslocamentos e exclusões. Ciência e Cultura, São Paulo, v. 1, p. 39–41, 2008. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252008000100016&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 set. 2026.

SANTOS, M. F. O. Injeção intracitoplasmática de espermatozoides: questões éticas e legais. Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil, Recife, v. 10, n. 2, p. 289–296, 2014.

SCHLEGEL, P. N. et al. Diagnóstico e tratamento da infertilidade em homens: Diretriz AUA/ASRM Parte I. The Journal of Urology, v. 205, n. 1, p. 36–43, 2021. DOI: https://doi.org/10.1097/JU.0000000000001521.

SCIORIO, Romualdo; RINAUDO, Paolo. Culture conditions in the IVF laboratory: state of the ART and possible new directions. Journal of Assisted Reproduction and Genetics, v. 40, n. 11, p. 2591–2607, 2023.

SFONTOURIS, I. A. et al. Blastocyst culture using single versus sequential media in clinical IVF: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. Journal of Assisted Reproduction and Genetics, v. 33, n. 10, p. 1261–1272, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s10815-016-0774-5.

SHAH, R. et al. The sixth edition of the WHO Manual for Human Semen Analysis: a critical review and SWOT analysis. Life, v. 11, n. 12, art. 1368, 2021. DOI: https://doi.org/10.3390/life11121368.

SHAPIRO, Heather et al. Education of the clinical embryology laboratory professional: development of a novel program delivered in a laboratory medicine department. F&S Reports, v. 4, n. 3, p. 262–269, 2023.

SILVA, C. P.; VERZELETTI, F. B. Avaliação do desenvolvimento embrionário através da técnica de ICSI (injeção intracitoplasmática de espermatozoide). Cadernos da Escola de Saúde, Curitiba, v. 1, n. 11, 2014.

SKORUPSKAITE, Karolina; BHANDARI, Harish M. Endometriosis and fertility. Obstetrics, Gynaecology & Reproductive Medicine, v. 34, n. 12, p. 319–325, 2024.

SOUZA, Karla Keila Pereira Caetano; ALVES, Oslania de Fátima. As principais técnicas de reprodução humana assistida. Saúde & Ciência em Ação: Revista Acadêmica do Instituto de Ciências da Saúde, v. 2, n. 1, p. 26–37, jan./jul. 2016.

SWAIN, J. Decisões para o laboratório de FIV: análise comparativa de incubadoras de cultivo de embriões. Reproductive BioMedicine Online, v. 28, p. 535–547, 2014.

TEEDE, H. et al. Polycystic ovary syndrome: a complex condition with psychological, reproductive and metabolic manifestations that impacts on health across the lifespan. BMC Medicine, v. 8, n. 1, 30 jun. 2010.

WINTERS, B. R.; WALSH, T. J. The epidemiology of male infertility. Urologic Clinics of North America, v. 41, n. 1, p. 195–204, 2014. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ucl.2013.08.006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). 1 in 6 people globally affected by infertility: WHO. Geneva: World Health Organization, 2023. Disponível em: https://www.who.int/news/item/04-04-2023-1-in-6-people-globally-affected-by-infertility. Acesso em: 8 set. 2026.

WRIGHT, Victoria C. et al. Assisted reproductive technology surveillance—United States, 2005. MMWR Surveillance Summaries, v. 57, n. 5, p. 1–23, 2008.

WU, Y. C. et al. Artificial intelligence and assisted reproductive technology: a comprehensive systematic review. Taiwanese Journal of Obstetrics and Gynecology, v. 64, n. 1, p. 11–26, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tjog.2024.