

**CENTRO PAULA SOUZA
ETEC PROF. CARMELINO CORRÊA JÚNIOR
ENSINO MÉDIO COM HABILITAÇÃO PROFISSIONAL
DE TÉCNICO EM BIOTECNOLOGIA**

Stéfany Olliozi Guimarães

**TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE EMBRIÕES NA
FERTILIZAÇÃO IN VITRO**

FRANCA

2025

Stéfany Olliozi Guimarães

**TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO E SELEÇÃO DE EMBRIÕES NA
FERTILIZAÇÃO IN VITRO**

Trabalho de Conclusão de curso, apresentado ao Curso Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio da Etec Prof. Carmelino Corrêa Júnior, orientado pela Profa. Dra. Joana D'Arc Félix de Sousa, como requisito parcial para obtenção do título de Técnico em Biotecnologia.

FRANCA

2025

Dedico este trabalho aos meus pais que me apoiaram e continuam me apoiando em todos os momentos para a realização dos meus sonhos, metas e objetivos. Graças ao esforço deles, hoje posso concluir meu curso.

Dedico também esta monografia ao meu querido avô (in memoriam), cuja presença foi essencial na minha vida e cuja falta diária é imensa!

E, por fim, dedico este trabalho ao meu esforço, dedicação e força de vontade, pois sem isso nada seria possível.

Agradeço primeiramente aos meus pais, [Jeniffer] e [Anderson], pelo amor, apoio e sacrifício que fizeram para que eu pudesse alcançar meus objetivos. Vocês são minha base e minha inspiração! Sem vocês, eu não teria chegado até aqui.

Agradeço aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos três anos, pelo companheirismo, apoio e trocas de conhecimento, que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formanda. Juntos, superamos medos e desafios e hoje celebramos conquistas.

Agradeço ao colégio por proporcionar um ambiente de aprendizado e crescimento. Agradeço também aos professores e funcionários, em especial [Caroline Scott, Yara Ferreira, Ana Lucia Bassi e Joana D'Arc Félix], que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Muito obrigada por fazerem parte dessa jornada tão importante e especial em minha vida.

“Aquele sonho um dia se tornou realidade, mas como tudo tem um começo, meio e fim, o nosso se encerra por aqui. O sonho mais lindo de todas as realidades”

GUIMARÃES STÉFANY

RESUMO

GUIMARÃES, Stéfany Olliozi. Técnicas De Avaliação E Seleção De Embriões Na Fertilização In Vitro. Trabalho de Conclusão de Curso Apresentado para Obtenção do Título de Técnico em Biotecnologia Integrado ao Ensino Médio. ETEC Prof. Carmelino Corrêa Júnior, Franca/SP, 2025.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) teve como objetivo geral analisar as principais metodologias e técnicas utilizadas na avaliação e seleção de embriões no processo da Fertilização In Vitro (FIV) Humana, considerando seus fundamentos técnicos e as implicações éticas envolvidas. Diante do crescente índice de infertilidade na população global, que, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), atinge cerca de 17,5% da população, a FIV se consolida como uma solução crucial, tornando a otimização da seleção embrionária um campo de estudo de alta relevância na medicina reprodutiva. A metodologia empregada consistiu em uma pesquisa bibliográfica aprofundada, baseada em literatura científica e artigos especializados, com o intuito de descrever o processo completo da FIV, desde a estimulação ovariana e a coleta de gametas (óvulos por aspiração folicular e espermatozoides por swim-up ou gradiente de densidade), até o cultivo e a transferência embrionária. O desenvolvimento do trabalho focou na comparação crítica das ferramentas de seleção, que representam o cerne da eficácia do tratamento. Os resultados da análise demonstraram uma evolução significativa nas técnicas de avaliação. Inicialmente baseada na morfologia (avaliação estática e subjetiva), a prática evoluiu para a morfocinética (monitoramento dinâmico via time-lapse), que oferece maior objetividade e menor manipulação do embrião. O estudo destacou, ainda, a ascensão do Teste Genético Pré-Implantacional para Aneuploidias (PGT-A), que, apesar de ser um método invasivo e de alto custo, oferece a maior precisão na seleção de embriões euploides, sendo fundamental para reduzir o risco de aborto espontâneo e falhas de implantação, especialmente em pacientes com idade materna avançada. A discussão revelou que a comunidade científica converge para a necessidade de uma abordagem integrada, onde a combinação estratégica de dados morfológicos, morfocinéticos e genéticos é essencial. Além disso, a pesquisa investigou o uso de recursos

tecnológicos emergentes, como a Inteligência Artificial (IA), que se apresenta como o futuro da seleção embrionária, atuando como um catalisador para processar e correlacionar a vasta quantidade de dados, prometendo um escore de viabilidade mais preciso e personalizado. Conclui-se que o sucesso da FIV está intrinsecamente ligado ao aprimoramento contínuo das técnicas de seleção, sendo a integração de dados e a personalização do tratamento os caminhos para maximizar as taxas de sucesso. O trabalho reforça o papel central do profissional de Biotecnologia na vanguarda dessa inovação, atuando com rigor técnico e ético para aprimorar os protocolos de triagem na prática clínica da reprodução humana assistida.

Palavras-chave: Fertilização In Vitro. Seleção Embrionária. PGT-A. Morfocinética. Biotecnologia.

ABSTRACT

GUIMARÃES, Stéfany Olliozi. Techniques for Embryo Assessment and Selection in In Vitro Fertilization. Course Conclusion Paper Presented for Obtaining the Title of Technician in Biotechnology Integrated in High School. ETEC Prof. Carmelino Correa Junior, Franca/SP, 2025.

The present Course Conclusion Paper (TCC) had as its general objective to analyze the main methodologies and techniques used in the assessment and selection of embryos in the process of Human In Vitro Fertilization (IVF), considering their technical foundations and the ethical implications involved. Given the growing rate of infertility in the global population, which, according to the World Health Organization (WHO), affects about 17.5% of the population, IVF is consolidating itself as a crucial solution, making the optimization of embryo selection a study field of high relevance in reproductive medicine. The methodology employed consisted of an in-depth bibliographic review, based on scientific literature and specialized articles, with the aim of describing the complete IVF process, from ovarian stimulation and gamete collection (oocytes by follicular aspiration and sperm by swim-up or density gradient), to embryo culture and transfer. The development of the work focused on the critical comparison of selection tools, which represent the core of treatment efficacy. The results of the analysis demonstrated a significant methodological transition in assessment techniques. Initially based on morphology (static and subjective assessment), the practice evolved to morphokinetics (dynamic monitoring via time-lapse), which offers greater objectivity and less embryo manipulation. The study also highlighted the rise of Preimplantation Genetic Testing for Aneuploidy (PGT-A), which, despite being an invasive and high-cost method, offers the highest precision in the selection of euploid embryos, being fundamental to reducing the risk of spontaneous abortion and implantation failures, especially in high-risk patients, such as those with advanced maternal age. The discussion revealed that the scientific community converges on the need for an integrated approach, where the strategic combination of morphological, morphokinetic, and genetic data is essential. Furthermore, the research investigated the use of emerging technological resources, such as Artificial Intelligence (AI), which presents itself as the future of embryo selection, acting as a catalyst to process and correlate the vast amount of data, promising a more accurate and personalized embryo viability score. It is concluded that the success of IVF is intrinsically linked to the continuous improvement of selection techniques, with data integration and treatment

personalization being the paths to maximize success rates. The work reinforces the central role of the Biotechnology professional at the forefront of this innovation, acting with technical and ethical rigor to improve screening protocols in the clinical practice of assisted human reproduction.

Keywords: In Vitro Fertilization. Embryo Selection. PGT-A. Morphokinetics. Biotechnology.

1	INTRODUÇÃO.....	09
1.1	Justificativas ou Problema de Pesquisa.....	06
1.2	Objetivos	08
2	DESENVOLVIMENTO.....	12
2.1	Referencial Teórico	12
2.2	Materiais e Métodos.....	12
2.2.1	Materiais.....	12
2.2.2	Métodos.....	12
2.2.2.1	Métodos empregados na extração de vitaminas e aminoácidos do balsamo e jatobá.....	12
2.2.2.2	Métodos empregados na extração de vitaminas, nutrientes e proteínas nas frutas.....	12
2.3	Resultados e Discussão.....	12
2.3.1	Teste de extração das cascas de balsamo e jatobá.....	12
2.3.1.1	Resultado dos testes das cascas.....	15
2.3.1.2	Resultado dos testes das cascas.....	15
2.3.2	Teste de extração das cascas de balsamo e jatobá.....	12
2.3.2.1	Resultado dos testes das cascas.....	15
2.3.3	Teste de extração das cascas de balsamo e jatobá.....	12
2.3.3.1	Resultado dos testes das cascas.....	15
3	CONCLUSÃO.....	19
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	19
	APÊNDICES.....	15
	ANEXOS.....	16

1 INTRODUÇÃO

A Fertilização In Vitro (FIV) representa um dos maiores avanços da medicina reprodutiva, oferecendo a milhares de casais a possibilidade de concretizar o sonho da parentalidade diante de desafios de infertilidade. Desde o nascimento do primeiro bebê concebido por FIV em 1978, a técnica evoluiu exponencialmente, consolidando-se como um tratamento de alta eficácia. No entanto, o sucesso do procedimento depende criticamente de uma etapa laboratorial fundamental: a correta avaliação e seleção dos embriões a serem transferidos. Este trabalho se propõe a analisar o panorama atual dessas técnicas, compreendendo seus fundamentos e o impacto direto nas taxas de sucesso clínico.

O presente estudo se justifica pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre as metodologias que buscam maximizar a viabilidade embrionária. A FIV é um procedimento complexo que se inicia com a estimulação ovariana, seguida pela coleta dos gametas e, finalmente, a fertilização em ambiente laboratorial (Associação Brasileira de Reprodução Assistida, 2025). A escolha do embrião com maior potencial de implantação é o fator determinante para o êxito do ciclo, sendo aprimorada constantemente por inovações biotecnológicas. A monitoração do ciclo, por exemplo, é crucial para determinar o momento ideal da recuperação dos ovócitos, utilizando-se protocolos como o ciclo com agonista luteínico longo de GnRH ou o ciclo com GnRHant (CHOE; SHANKS, 2025).

O objetivo geral deste trabalho é analisar as principais metodologias e técnicas utilizadas em avaliações e seleções de embriões no processo da Fertilização In Vitro Humana (FIV), considerando e abordando todos seus fundamentos técnicos e as implicações éticas envolvidas. Para tal, foram estabelecidos objetivos específicos que guiaram a pesquisa, como a descrição dos critérios morfológicos usados na avaliação embrionária, a comparação entre diferentes métodos de seleção e a investigação do uso de recursos tecnológicos avançados. A coleta dos gametas, por sua vez, é uma etapa que exige técnicas de manuseio distintas, como a aspiração folicular para os óvulos e o processamento seminal por swim-up ou gradiente de densidade para os espermatozoides, visando selecionar os melhores gametas para a fecundação (Manual Reprodução Humana, 2011).

O desenvolvimento do estudo abordou a evolução das técnicas de seleção, desde a avaliação morfológica tradicional até a incorporação da morfocinética (time-lapse) e a aplicação de dados genéticos por meio do Teste Genético Pré-Implantacional (PGT). A análise demonstrou que, apesar dos avanços, a infertilidade ainda é uma preocupação de saúde pública, afetando cerca de 17,5% da população, o que reforça a importância contínua da FIV (OMS, 2023). A discussão crítica dessas técnicas, que envolve a análise de seus pontos fortes e fracos, bem como as opiniões de diferentes autores, permitiu uma visão abrangente sobre o dilema da seleção embrionária e a busca por maior precisão e eficácia clínica.

A metodologia empregada consistiu em uma pesquisa bibliográfica aprofundada, baseada em literatura científica e artigos especializados, que permitiu a descrição detalhada dos processos e a análise comparativa das ferramentas de seleção. O estudo se aprofundou na aplicação de dados genéticos e epigenéticos como critérios complementares, e explorou como as pesquisas científicas atuais, incluindo o uso de

inteligência artificial, estão influenciando a evolução dos protocolos de triagem de embriões na prática clínica.

Em conclusão, este trabalho reforça que o sucesso da FIV está intrinsecamente ligado à capacidade de realizar uma seleção embrionária precisa e personalizada. A tendência é a convergência de dados morfológicos, morfocinéticos e genéticos, impulsionada pela tecnologia, para maximizar as taxas de sucesso e minimizar os riscos. O aprimoramento contínuo dessas técnicas é fundamental para a medicina reprodutiva, e o profissional de Biotecnologia desempenha um papel crucial na vanguarda dessa inovação, atuando com rigor técnico e ético para garantir o avanço da reprodução humana assistida.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as principais metodologias e técnicas utilizadas em avaliações e seleções de embriões no processo da Fertilização In Vitro Humana (FIV), considerando e abordando todos seus fundamentos técnicos e as implicações éticas envolvidas

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1). Descrever o processo da Fertilização In Vitro.
- 2). Descrever critérios morfológicos usados na avaliação de embriões humano durante os estágios iniciais da Fertilização In Vitro.
- 3). Comparar diferentes métodos e ferramentas utilizados na seleção embrionária, considerando níveis de precisão e eficácia clínica.
- 4). Investigar o uso de recursos tecnológicos, como inteligência artificial e plataformas automatizadas, para apoiar e entender a seleção dos embriões com maior potencial de sucesso.
- 5). Estudar a aplicação de dados genéticos e epigenéticos como ferramentas complementares e critérios clínicos utilizados na seleção de embriões em procedimentos de Fertilização In Vitro.
- 6). Explorar e analisar como as pesquisas científicas atuais tem impactado e influenciado a evolução dos métodos para aperfeiçoar os protocolos de triagem de embriões na pratica clínica.

1 DESENVOLVIMENTO

1.1 Como funciona a FIV

A fertilização *in vitro* vem sendo cada dia mais reconhecida no processo de reprodução humana, onde a técnica consiste em realizar o encontro do ovulo com o espermatozoide fora o corpo humano, ou seja, em condições laboratoriais fazendo com que eles se resultem em embriões e então podendo ser inseridos ao corpo receptor, mais especificamente no útero feminino. (Associação Brasileira de Reprodução Assistida, 2025).

O procedimento completo consiste em quatro etapas distintas, sendo elas: estimula ao ovariano, coleta dos gametas (espermatozoides e óvulos), fertilização dos gametas, cultivo dos embriões em laboratório e por fim realizando então a transferência dos embriões para o útero receptor. (Associação Brasileira de Reprodução Assistida, 2025).

O ciclo da Fertilização In Vitro se inicia com a estimulação dos ovários. Vem sendo usados diversos protocolos desde a ausência de estimulação até diversos níveis de estimulação ovariana, utilizando citrato de clomifeno, letrozol, hormônios exógenos como LH e FSH. Nos ciclos da Fertilização agonistas do GnRH são usados para eliminar o ponto alto do LH da mulher, onde permite que os médicos cronometrem a recuperação dos ovócitos. A monitoração por ultrassonografia transvaginal é feita para monitorar a recuperação dos ovócitos, podendo então ser observado o crescimento folicular e os níveis sanguíneos de E2 são cruciais para determinar quaisquer alterações que sejam indicadas e visíveis durante o protocolo de estimulação (CHOE, J.; SHANKS, A. L. In Vitro Fertilization.2025)

Na grande maioria dos casos a estimulação ovariana é feita, permitindo a coleta de cerca de 10 a 20 ovócitos. No procedimento existem dois protocolos principais, sendo eles ciclo com agonista luteínico longo de GnRH (GnRH_a) ou ciclo com GnRH_{ant}. (CHOE, J.; SHANKS, A. L. In Vitro Fertilization.2025).

1.2 Breve histórico

Foi iniciado os estudos sobre a fertilização *in vitro* no ano de 1950, embora o primeiro bebe concebido com apoio da FIV só nasceu em 1978. No ano de 1978 foi obtida a primeiro parto de uma criança gerada por fertilização *in vitro*, foi então onde se deu o marco inicial da reprodução assistida. Em 25 de julho foi obtida a primeira concepção por fertilização *in vitro* na Inglaterra pelos médicos Patrick Steptoe e Robert Edwards, resultando então no nascimento de Louise Brown.

A partir de então com o avanço da medicina milhares de casais concretizam diariamente o sonho de ter filhos. Na América latina, o avanço foi registrado em 1984, no Brasil, com o primeiro nascimento de uma fertilização *in vitro*, no município de São José dos pinhais, Paraná. Hoje a fertilização *in vitro* é reconhecida por suas altas taxas de sucesso que graças aos avanços laboratoriais vem aumentando cada dia mais, avanços esses como a seleção correta e criopreservação de embriões.

2.3 Coleta dos Gametas

A coleta dos gametas é iniciada com a captura de óvulos femininos e espermatozoides masculinos, onde cada um consiste em uma técnica de manuseio diferentes. A etapa ocorre em dois momentos diferentes, sendo a aspiração folicular que consiste em uma etapa simples de retirada de oócitos por meio da aspiração individual de cada folículo, por meio de agulhas especiais, durando em média de 20 a 30 minutos.

O procedimento é realizado após cerca de 26 a 28 horas de detecção do pico de LH endógeno, que é um hormônio luteinizante produzido pelo próprio corpo, ou de 34 a 36 horas após a aplicação da injeção de HCG, que é o processo para induzir a maturação dos óvulos para realizar a extração em ambiente ambulatorio ou cirúrgico, onde o paciente recebe uma leve sedação ou anestesia geral de curta duração para efeito somente durante o procedimento.

A técnica é feita através de um transdutor de ultrassom transvaginal com uma agulha fina de aspiração, onde a compressão do saco vaginal lateral e posterior realizada pelo transdutor faz com que a agulha se aproxime do ovário, o que aumenta as chances de sucesso no processo da coleta, fazendo então a agulha perfurar a parede vaginal, entrando diretamente nos ovários e alcançando então os folículos para então realizar a retirada.

O líquido folicular é então retirado através de um sistema de sucção acoplado diretamente a tubos coletores, após a realização das etapas citadas, os óvulos são recuperados e identificados no microscópio em laboratório especializado em embriologia, onde passam por um acompanhamento para avaliação de sua maturidade (estágio germinal vesícula – GV, metáfase 1 – M1, metáfase 2 – M2), e então sendo selecionados os mais adequados para fecundação (Manual Reprodução Humana, 2011).

Para a realização da técnica a coleta do gameta masculino também acontece, onde o espermatozoide é coletado através da masturbação em uma placa de cultura, após de cumprir o tempo de 2 a 5 dias de abstinência sexual, em seguida a amostra seminal é processada em laboratório, utilizando técnicas como *swim-up* ou gradiente de densidade, tendo como objetivo selecionar os melhores espermatozoides com capacidade de locomoção direcionada e estrutura espermática preservada, para a próxima etapa da técnica (Fertilityanswers, 2025).

Para seleção são avaliados diversos parâmetros do sêmen sendo eles aspectos macroscópicos e microscópicos, sendo os macroscópicos, liquefação, viscosidade, cor, volume e PH e os aspectos microscópicos capacidade de locomoção, quantidade, vitalidade e morfologia, sendo possível também durante toda a análise detectar se o espermatozoide possui alguma substância que pode ser prejudicial ao corpo da mulher.

Na técnica de *swim-up* consiste em submeter uma força centrífuga no líquido que contém o sêmen, para que os melhores espermatozoides superem a força e cheguem a superfície. No gradiente de densidade a força da centrifugação também é a que separa os espermatozoides para que superem ou não os gradientes de densidades diferentes, aqueles que conseguem superar todos os níveis de densidade chegam ao fundo do tubo e são utilizados na técnica. Aqueles que contêm morfologia e capacidade de locomoção prejudicados se tornam os sobrenadantes do tubo e são descartados por má qualidade e funcionamento.

1.3 Sucessos e Desafios da Fertilização in vitro

A fertilização in vitro vem obtendo avanços significativos no ramo da medicina reprodutiva trazendo expectativas e possibilidades para casais que sonham em engravidar, mas possuem algum tipo de impedimento. Contudo, essas técnicas

possuem seus próprios obstáculos, e os avanços recentes, assim como as futuras possibilidades desses métodos, tem gerado curiosidade e debate em diversas áreas. De acordo com a organização mundial da saúde (OMS, 2023) foi feita uma análise de mais de 12.000 estudos em diferentes continentes, resultando em uma revisão abrangente fundamentada em 133 estudos populacionais que ocorreram entre 1990 e 2021. Na pesquisa foi revelado que, em média 17,5% da população apresenta algum nível de infertilidade, um percentual muito alto ao que os especialistas em reprodução humana imaginavam.

Estima-se que cerca de 35% dos casos de infertilidade estão ligados ao sexo feminino. As causas de infertilidade feminina podem estar ligadas a diversos fatores, englobando problemas fisiológicos, influencias ambientais, fatores genéticos e imunológicos, além dos fatores que ainda não são compreendidos. Essa situação se tornou uma preocupação de saúde pública na comunidade social atual, sendo um dos principais fatores onde levam os casais a procurarem métodos de reprodução assistida, como a Fertilização In Vitro (FIV).

A Fertilização In Vitro (FIV) traz dificuldades como custos altos, riscos a saúde e impacto físico significativo, o que torna o tratamento uma jornada tanto quanto desafiadora, tanto em termos financeiros, quanto físicos. O Processo é também uma fonte de estresse emocional, apresentando taxas de sucesso diversas e incertas quanto aos resultados, principalmente para mulheres de maior idade. Ademais, casais que escolhem a reprodução assistida podem sofrer algum tipo de preconceito social.

1.4 Por que fazer a seleção de embriões?

No processo da FIV, a seleção dos embriões é realizada em ambiente laboratorial, onde uma envolve uma avaliação detalhada de sua morfologia e morfoclimática. Para determinados casais, é indicado a biopsia dos embriões e o teste genético pré-implantacional para avaliar a condição genética do embrião.

Este procedimento permite fazer a escolha dos embriões com melhores probabilidades de sucesso, levando em conta aspectos como a divisão celular e a ausência de anomalias genéticas. A meta é garantir que os embriões saudáveis sejam implantados para otimizar as oportunidades de uma gestação bem sucedida.

Na maioria dos ciclos de fertilização in vitro, são gerados múltiplos embriões após a estimulação ovariana intensiva. A sobrevivência desses embriões e por consequência a probabilidade de um deles conseguir se implantar com sucesso, pode apresentar variações biológicas. (Reprodução Humana, Volume 26, Edição 5, maio de 2011, Páginas 964–966).

Para alcançar melhores taxas de nascidos vivos após o procedimento de fertilização in vitro e ao mesmo tempo reduzir as chances de gestações múltiplas, de um ou dois embriões, os embriões que apresentam melhores chances de implantação, são escolhidos para serem transferidos. Em seguida, os embriões supranumerários que tem boas probabilidades de implantação, são selecionados para serem congelados para uma possível transferência no futuro, enquanto os embriões restantes são descartados em local correto de descarte (Reprodução Humana, Volume 26, Edição 5, maio de 2011, Páginas 964–966).

1.5 Como acontece o cultivo embrionário?

Após fazer a fase de fertilização, os embriões vão para o chamado cultivo embrionário. Durante essa fase de desenvolvimento, eles permanecerão em um ambiente controlado, com condições ideais de temperatura, ph e composição de gases imitados.

O cultivo embrionário refere-se a um período em que o embrião se desenvolve durante o tratamento de FIV, antes dos embriões serem transferidos para o útero feminino ou até mesmo do congelamento, dependendo do protocolo escolhido no processo.

Entretanto, a formação dos embriões envolve algumas etapas essenciais. A primeira etapa é a estimulação dos ovários e a indução da ovulação. Esse processo utiliza medicamentos hormonais com o objetivo de promover o crescimento e a maturação correta de um maior número de folículos, resultando na obtenção de cerca de 10 óvulos para a fecundação.

A segunda fase do procedimento envolve a obtenção dos folículos que se destacam, um processo conhecido como punção folicular, onde a maior parte contém óvulos maturados. Paralelamente, é feito o recolhimento do sêmen, e os espermatozoides com as melhores características de motilidade e morfologia são

escolhidos utilizando métodos de procedimento seminal. Pouco tempo após a fecundação, inicia-se a terceira fase. A técnica mais comum para a fecundação dos gametas é a injeção intracitoplasmática. Cada espermatozoide é analisado de forma individualizada por um microscópio de alta potência e, em seguida, um embriologista insere esses espermatozoides diretamente no citoplasma do óvulo utilizando um equipamento extremamente preciso, conhecido como micromanipulador de gametas.

A fase do cultivo embrionário representa o próximo passo no processo. Tradicionalmente, os embriões eram mantidos em cultivo até o segundo ou terceiro dia de desenvolvimento, um período conhecido como D3 ou clivagem, durante o qual se inicia a divisão celular, resultando em embriões compostos por quatro a oito células.

Entretanto, os avanços nas técnicas de cultura e na tecnologia de laboratório tornaram viável a manutenção dos embriões por períodos mais longos, podendo chegar até seis dias. Neste estágio, o embrião é denominado blastocisto, apresentando centenas de células organizadas segundo suas funções. Esse método foi denominado cultura estendida (ou prolongada) de embriões.

1.6 O que torna um embrião viável

A viabilidade embrionária durante a fertilização *in vitro* (FIV) representa um dos fatores mais cruciais para o êxito do tratamento. Vários elementos têm impacto nessa viabilidade, com a qualidade morfológica do embrião sendo um dos mais frequentemente analisados nos laboratórios de reprodução assistida. Critérios como simetria celular, nível de fragmentação e taxa de divisão celular são utilizados para classificar os embriões com relação ao seu potencial de implantação. Em particular, embriões que chegam ao estágio de blastocisto entre os dias 5 e 6 após a fertilização costumam mostrar taxas de implantação mais elevadas, especialmente quando apresentam qualidades morfológicas favoráveis tanto na massa celular interna (ICM) quanto no trofotoderma (TE), os quais darão origem, respectivamente, ao feto e à placenta (YOSHIDA et al., 2024; PEERJ, 2022).

Além de considerar a morfologia, o desenvolvimento das técnicas de diagnóstico genético pré-implantacional, como o PGT-A, possibilita a avaliação da euploidia dos embriões, ou seja, a verificação se eles têm a quantidade apropriada de cromossomos. Pesquisas indicam que embriões euploides têm taxas de implantação

consideravelmente mais elevadas e taxas de aborto mais baixas quando comparados a embriões escolhidos apenas com base na morfologia (CHANG et al., 2023).

Outro aspecto importante a se considerar é a idade da mãe, uma vez que mulheres mais jovens geralmente conseguem gerar óvulos com uma melhor competência meiótica, o que leva a embriões com uma maior probabilidade de serem euploides e viáveis. A idade também afeta a qualidade mitocondrial dos embriões, o risco associado a aneuploidias e a maneira como os ovários reagem ao estímulo hormonal (ZHU et al., 2025).

Finalmente, fatores como as condições do laboratório de fertilização in vitro, o tipo de meio usado para cultivo e até mesmo a capacidade de reexpansão do blastocisto após o descongelamento (especialmente em casos de transferência de embriões vitrificados) são considerados essenciais para o êxito do ciclo. Blastocistos que se reexpansam de forma satisfatória após o descongelamento costumam apresentar melhores resultados em relação à taxa de natalidade (PATOUNAKIS et al., 2022).

Essas descobertas reforçam a compreensão de que a viabilidade do embrião é influenciada por múltiplos fatores, envolvendo uma interação complexa entre aspectos morfológicos, genéticos, idade materna e condições do laboratório. A consideração desses elementos permite aprimorar a seleção de embriões, aumentando as probabilidades de sucesso nos tratamentos de reprodução assistida.

1.6 Critérios Morfológico e de Desenvolvimento

Na técnica de fertilização in vitro (FIV), a seleção dos embriões é predominantemente baseada em critérios morfológicos, que desempenham um papel fundamental na identificação dos embriões com maior probabilidade de implantação. Esses critérios envolvem a avaliação da simetria das células, o nível de fragmentação do citoplasma, as dimensões dos blastômeros e a presença ou ausência de vacúolos. Embriões que apresentam células homogêneas, baixa taxa de fragmentação e boa compactação são considerados de qualidade superior e têm maiores chances de sucesso durante o processo de transferência embrionária (ALMODIN; PEREIRA; CÂMARA, 2023).

Além da análise da morfologia em um único momento, o acompanhamento do desenvolvimento embrionário ao longo do tempo, que é chamado de morfocinética, tem se revelado um critério significativo na escolha dos embriões. A morfocinética investiga a eficiência das divisões celulares, englobando o período que um embrião leva para avançar para fases cruciais, como as de 2, 4 e 8 células, assim como a formação de mórula e blastocisto. Embriões que atingem esses pontos de desenvolvimento dentro de intervalos temporais determinados costumam demonstrar maior viabilidade e chances de implantação (CONSENSO DE ISTAMBUL, 2024).

A fragmentação celular, que é uma característica morfológica amplamente analisada, diz respeito à presença de diminutos fragmentos de citoplasma localizados entre os blastômeros. Níveis elevados de fragmentação estão ligados a um potencial de desenvolvimento inferior e a taxas de implantação mais baixas. Consequentemente, embriões que apresentam menos de 10% de fragmentação são, em geral, vistos como os mais adequados para transferência (LANDE, 2025).

A avaliação morfológica e de desenvolvimento considera a qualidade do blastocisto como um fator crucial. Os blastocistos que apresentam uma boa expansão, uma massa celular interna densa e um trofoblasto com células bem organizadas e homogêneas são os mais indicados para a transferência, pois apresentam uma capacidade superior de implantação e desenvolvimento fetal (ALMODIN; PEREIRA; CÂMARA, 2023).

Em síntese, a junção dos critérios morfológicos clássicos com uma investigação minuciosa do crescimento embrionário torna possível a identificação mais acertada dos embriões que possuem um potencial mais elevado de êxito na fertilização in vitro. Essa estratégia tem se revelado essencial para aprimorar os resultados da FIV e elevar as taxas de gestação (CONSENSO DE ISTAMBUL, 2024).

1.7 Avaliação Morfológica tradicional (classificação por estágios)

Com os avanços da Fertilização In vitro, teve início a prática de induzir a ovulação nas mulheres. Em cada um dos ciclos menstruais, múltiplos ovulos são coletados diretamente dos ovários e fertilizados com o espermatozoide em um ambiente de laboratório. Quando o processo da fertilização é bem-sucedida, os embriões mais viáveis são gerados, sendo que esses embriões são então analisados antes de serem transferidos para o útero da mulher.

O embrião se forma a partir da união do ovulo com o espermatozoide, representando as primeiras alterações que acontecem no ovulo. A fase de embrionária é o processo que dura as primeiras 8 semanas do processo de desenvolvimento.

Com o advento da Fertilização In Vitro, a ovulação feminina começou a ser estimulada, e em cada ciclo menstrual, diversos óvulos são extraídos dos ovários e fertilizados em ambiente laboratorial, juntamente com os espermatozoides.

Quando a fertilização é realizada com sucesso, os embriões considerados mais viáveis são gerados, os quais, em seguida são submetidos a uma análise antes de serem transferidos ao útero da mulher. Entretanto tornou-se imprescindível criar um sistema de classificação para fazer a identificação dos embriões mais viáveis e superiores. Assim, aqueles que possuem características mais favoráveis são transferidos para o útero feminino, visando promover a concepção.

Conforme apresentado anteriormente, após a coleta dos embriões, os embriologistas realizam a categorização para identificar os que apresentam as melhores qualidades. Para isso, o processo de cada embrião é monitorado em ambiente de laboratório, que replica as condições da trompa de falópio durante uma gravidez natural. Entretanto tornou-se imprescindível criar um sistema de classificação para fazer a identificação dos embriões mais viáveis e superiores. Assim, aqueles que possuem características mais favoráveis são transferidos para o útero feminino, visando promover a concepção.

Conforme apresentado anteriormente, após a coleta dos embriões, os embriologistas realizam a categorização para identificar os que apresentam as melhores qualidades. Para isso, o processo de cada embrião é monitorado em ambiente de laboratório, que replica as condições da trompa de falópio durante uma gravidez natural. Até o terceiro dia de desenvolvimento embrionário, a classificação é bastante simples, o embrião passa por algumas divisões, resultando em 2, 4, 6 e 8 células.

No primeiro dia (D1) é correspondente ao estágio pronuclear, sendo possível observar dois pronúcleos presentes no citoplasma do zigoto.

No segundo dia (D2), acontece a divisão de duas para quatro células, iniciando então o processo de clivagem.

No terceiro dia (D3), o embrião pode atingir uma quantidade de até oito células.

e então no quarto dia (D4), inicia-se o processo de compactação celular, que consiste em uma agregação de células sem características claras.

Ao chegar ao quinto dia (D5, D6, D7), o embrião passa para a fase de blastocisto, um estágio mais desenvolvido. No dia cinco, o embrião conta com centenas de células e começa a estabelecer uma estrutura interna que o prepara para a aderência ao útero.

A avaliação dos embriões clivados leva em consideração tanto a quantidade de células quanto o nível de fragmentação. Assim, um maior número de células indica uma qualidade superior do embrião.

Por outro lado, o nível de fragmentação refere-se à proporção de material celular anômalo que se solta das células durante o processo de clivagem; quanto menor essa porcentagem, maior será a qualidade do embrião.

1.8 Time-Lapse Imaging (monitoramento contínuo).

Com os avanços da tecnologia, os procedimentos da Fertilização In Vitro foram adquirindo melhorias e novas estruturas. A incubadora de tecnologia avançada opera utilizando um sistema de vídeo em time-lapse, o que possibilita a visualização do progresso embrionário em tempo real, sem a necessidade de intervenções externas (RSVP Perfil, 2024). A tecnologia Embryoscope Plus+, que permite a observação em time-lapse do desenvolvimento embrionário, tem ganhado destaque e se tornado cada vez mais comum em centros de fertilização in vitro (FIV) no Brasil. Combinando inteligência artificial e monitoramento contínuo do cultivo, o dispositivo fornece informações minuciosas sobre cada etapa do progresso dos embriões, contribuindo para diagnósticos mais precisos e impulsionando pesquisas científicas na área da reprodução assistida (O GLOBO, 2025).

De acordo com o médico Rodrigo Rosa, que é especialista em Reprodução Humana e um dos fundadores do Mater Lab, esses dispositivos atuam como câmeras especializadas, podendo gravar e monitorar o progresso dos embriões ao longo das 24 horas do dia. Essa tecnologia oferece aos profissionais uma quantidade considerável de dados e garante que os embriões permaneçam em um ambiente sempre adequado para o seu desenvolvimento (O GLOBO, 2025).

Ele comenta que a aplicação da tecnologia transcende o cuidado individual. A imensa quantidade de dados gerados tem o potencial de sustentar pesquisas multicêntricas, auxiliar na validação de novos biomarcadores relacionados à viabilidade dos embriões e promover a criação de diretrizes clínicas, além de algoritmos preditivos (RSVP Perfil, 2024).

RSVP PERFIL. Tecnologia de time-lapse revoluciona monitoramento de embriões e amplia chances de sucesso na FIV.

1.9 Diagnóstico Genético Pré-implantacional (PGT-A, PGT-M, PGT-SR)

Por meio de concepção natural ou de técnicas de reprodução assistida, embriões podem apresentar anomalias cromossômicas e genéticas, as quais essas modificações podem comprometer a viabilidade do embrião, levando então a diversos problemas no processo de implantação no útero, abortos espontâneos ou desenvolvimento de doenças congênitas. Diante dessa situação, o teste genético pré-implantacional (PGT) se revela um recurso de grande relevância na medicina reprodutiva, permitindo a identificação de alterações precocemente e então contribuindo para a melhoria dos resultados reprodutivos (FIV SÃO PAULO, 2025).

O teste genético pré-implantacional (PGT) é utilizado de forma exclusiva nos procedimentos de fertilização in vitro e tem como objetivo fazer o rastreamento dos embriões humanos, enquanto eles permanecem fora do útero. Por meio desta técnica é possível observar então as anomalias monogênicas, alterações numéricas nos cromossômicas (aneuploidias) e rearranjos estruturais (translocações) em células embrionárias, fazendo então uma contribuição para a melhor seleção dos embriões com maior potencial de viabilidade (FIV SÃO PAULO, 2025).

A eliminação dos embriões com anomalias promove uma melhoria dos resultados

clínicos, aumentando cada vez mais as chances de concepção e fazendo a prevenção de síndromes genéticas hereditárias. Deste modo, casais com chances elevadas de transmitir doenças hereditárias para seus filhos, podem optar por realizar a fertilização in vitro com o teste genético pré-implantacional, mesmo que não haja problemas com infertilidade (FIV SÃO PAULO, 2025).

A idade feminina constitui um fator considerado muito relevante, uma vez que a qualidade dos oócitos e embriões acontecem de acordo com o envelhecimento dos óvulos, o que acaba aumentando o risco de aneuploidias. Além disso, o histórico de abortos espontâneos recorrentes e insucessos repetidos em ciclos de fertilização in vitro (FIV) podem ser resultados de anomalias cromossômicas então presentes nos embriões. Portanto, o teste genético pré-implantacional (PTG) se torna uma alternativa promissora para um melhor resultado reprodutivo dos casais.

O PGT-A (Teste Genético Pré-implantacional para Aneuploidias) possibilita a identificação de aneuploidias, que é correspondente as alterações numéricas que acontecem no cromossomo, abrangendo todos os 24 cromossomos humanos, sendo eles os 22 cromossomos autossômicos e os cromossomos sexuais X e Y). Essa técnica é realizada por uma técnica da biologia molecular, utilizando o DNA que é obtido do embrião. Para a realização do procedimento é realizada uma biópsia embrionária, na qual uma ou mais células do embrião é removida para análise genética. Os embriões quando são classificados como euploides, ou seja, quando são portadores de um conjunto cromossômico normal, podem então estar sendo transferidos para o útero ou então ser armazenados em um meio de criopreservação. O PTG-M tem como objetivo principal identificar os embriões que não possuem nenhuma associação com mutações que estão associadas as doenças monogênicas, como por exemplo a anemia falciforme e hemofilia, com o intuito de evitar a transmissão hereditária aos descendentes, de condições como as citadas anteriormente.

Esse exame realiza uma análise de genes específicos que estão associados a doenças genéticas, possibilitando a detecção dos embriões saudáveis, ou seja, aqueles que não carregam traços de doenças herdadas dos genitores. Para famílias que são portadoras de doenças genéticas, o teste fornece um resultado para identificar os embriões que não possuem as mutações antes da gestação, fazendo uma grande contribuição para prevenção de doenças genéticas e para manutenção da saúde de gerações futuras, sendo possível eliminar a mutação da

linhagem familiar. As principais doenças detectadas pela PTG-M são: Doença de Huntington, fibrose cística, daltonismo, hemofilia, surdez profunda e fenilcetonúria, entre outras .

O processo da PGT-M inicia com a extração de DNA das amostras , posteriormente seguida de uma análise de ligação genica, fundamentando-se na premissa de que o marcador (sequencia de DNA conhecida) está localizado na mesma região cromossômica do gene associado à doença . Sendo então durante a meiose que saberemos que tanto o gene mutado quanto os marcadores polimórficos correspondentes serão herdados em conjunto .

Para a realização do procedimento é utilizado a reação de cadeia de polimerase fluorescente quantitativa (QF- PCR), utilizando marcadores STRs (short tandem repeats) que são específicos para a região que está sob análise, juntamente com a avaliação de fragmentos por meio da eletroforese capilar, o que permite a identificação precisa dos alelos presentes.

O PGT-SR (Teste Genético Pré-implantacional para Rearranjos Estruturais), é mais um dos exames genéticos realizados durante o processo da Fertilização In Vitro (FIV), tendo como objetivo identificar rearranjos estruturais cromossômicos, como as translocações, inversões ou deleções.

Essas mutações podem prejudicar o desenvolvimento embrionário aumentando o risco de doenças genética, falhas na implantação ou ate mesmo abortos espontâneos. A utilização da PGT-SR é indicada em casos em que um dos genitores apresentem anomalias estruturais cromossômicas hereditárias, permitindo que a seleção dos embriões viáveis, com qualidades de saúde, com maior potencial de vida e sem mutações seja maior.

Esse teste avalia a estrutura cromossômica dos embriões detectando intercâmbios de segmentos, inversões na sequencia e alterações envolvendo perda ou duplicação de material genético que possam acabar interferindo no desenvolvimento embrionário.

Embora essas modificações não interfiram necessariamente na saúde do portador de forma imediata, mas podem resultar em embriões que não são viáveis ou que apresentem algum tipo de anomalia estrutural, dificultando então o processo de uma gestação saudável.

2.0 Bioética na escolha dos embriões

Na fertilização in vitro (FIV), a seleção dos embriões é um dos temas mais sensíveis na bioética atual, pois abrange a intersecção entre os avanços científicos e os princípios morais fundamentais. A evolução do diagnóstico genético pré-implantacional (DGPI) permite identificar doenças hereditárias antes que o embrião seja implantado, contribuindo para a prevenção de condições graves e para o sucesso do tratamento reprodutivo (RODRIGUES; LOPES, 2016).

Entretanto, essa abordagem gera diversas discussões sobre os limites éticos da seleção: até que ponto é moralmente aceitável escolher quais embriões devem ser implantados, criados preservados ou descartados.

Sob a perspectiva da bioética, as escolhas devem se fundamentar em conceitos como a dignidade humana, a beneficência, a autonomia e a justiça (BEAUCHAMP; CHILDRESS, 2013). O princípio da beneficência justifica a utilização do Diagnóstico Genético pré-implantacional (DGPI) quando tem como objetivo prevenir o sofrimento e promover o bem-estar, enquanto o princípio da justiça assegura que a triagem embrionária não se converta em um instrumento de eugenia ou discriminação genética. Dessa forma, a bioética busca equilibrar o desejo reprodutivo dos pais com a responsabilidade moral inerente ao início da vida, garantindo que os avanços científicos sejam guiados por valores éticos e respeito à dignidade humana.

No Brasil, a Resolução CFM nº 2.320/2022 estabelece que a seleção de embriões deve ter finalidade estritamente médica, proibindo a escolha de características não relacionadas à saúde, como o sexo ou atributos físicos (CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA, 2022). Essa regulamentação reforça o compromisso com a ética biomédica e com a proteção da vida em potencial, garantindo que o uso das biotecnologias reprodutivas permaneça dentro de limites morais e científicos bem definidos.

Assim, a bioética na fertilização in vitro atua como um guia para o uso responsável das tecnologias de reprodução assistida. Longe de impedir o avanço científico, ela busca assegurar que a aplicação dessas práticas ocorra de forma ética, respeitando os direitos humanos e promovendo o bem-estar, além de prevenir a mercantilização e a instrumentalização da vida humana.

2.1 Dilemas como seleção de sexo, doenças e “bebes sob medida”

Com os avanços na reprodução assistida e em especial no Diagnóstico Genético Pré Implantacional (PGT/PGD), possibilitaram a avaliação de embriões antes de sua transferência para o útero, proporcionando benefícios à saúde, mas também levantando questões éticas importantes. No entanto, esse progresso também tem provocado debates éticos relevantes. Dentre essas questões, destacam-se a escolha do sexo da criança, a triagem de doenças hereditárias e a potencial geração de “bebês personalizados”. Esses dilemas envolvem princípios centrais da bioética, como a autonomia, a justiça, a equidade e a dignidade humana.

A escolha do sexo do bebê é um dos temas mais debatidos na área da reprodução assistida. Segundo o Conselho Federal de Medicina (CFM), no Brasil é ilegal, a seleção do sexo do bebê pode ocorrer por razões médicas, sendo permitida apenas para prevenir doenças ligadas ao cromossomo sexual. Esta regulamentação se destina a evitar comportamentos discriminatórios e impedir que as técnicas reprodutivas sejam utilizadas para atender preferências estéticas ou culturais. Como aborda Queiroz (2001), essa restrição legal foi estabelecida para manter a integridade ética no uso das biotecnologias, prevenindo desequilíbrios sociais e a instrumentalização da vida humana. Esta visão é também apoiada por Sena Figueirêdo e Fonseca da Silva (2022), que analisam as limitações impostas pela Resolução CFM nº 2.294/2021.

A seleção de embriões para prevenir doenças genéticas é amplamente considerada uma prática ética, uma vez que promove o princípio da beneficência e ajuda a evitar sofrimentos futuros. Por meio do diagnóstico genético pré-implantacional (PGT), é possível detectar mutações hereditárias graves, e realizar a transferência de embriões saudáveis, reduzindo a probabilidade de transmissão de doenças. Apesar disso, essa prática levanta questões sobre os limites morais de decidir quais vidas seriam “preferíveis” ou “desejáveis”. Giansante e Nojiri (2017) ressaltam que mesmo quando utilizada para fins terapêuticos, a seleção embrionária deve ser guiada por restrições claras, a fim de impedir que se converta em escolhas baseadas em critérios não médicos.

É nesse contexto que surgem os debates sobre os chamados “bebês projetados”, termo que refere-se à seleção de traços que não estão ligados à saúde, como a cor dos olhos, altura ou capacidades intelectuais. Embora essa possibilidade ainda esteja tecnologicamente distante, ela recebe críticas por sua semelhança com práticas eugênicas e por potencialmente acentuar desigualdades sociais. Alves, Hecht e

Bonamigo (2023) indicam que a modificação genética pode representar uma forma de “nova eugenia”, restrita a grupos que possuem acesso facilitado às tecnologias de reprodução assistida. Sob uma perspectiva filosófica, Araujo (2020) argumenta que a seleção embrionária voltada ao aprimoramento cognitivo ameaça princípios éticos fundamentais, como a autonomia e a identidade individual.

Dessa forma, as questões relacionadas à escolha do sexo, à prevenção de doenças e à criação de “bebês personalizados” mostram que, embora as técnicas de reprodução sejam vantajosas, é necessário que sejam rigorosamente regulamentadas. A bioética desempenha um papel essencial ao estabelecer parâmetros que garantam que o uso da biotecnologia permaneça orientado para o bem-estar humano, sem ultrapassar barreiras que poderiam levar à discriminação, à desigualdade ou ao renascimento de ideias eugênicas. Uma análise crítica desses limites é indispensável para assegurar que a reprodução assistida continue alinhada aos princípios da dignidade humana e da justiça.

2.3 Discussão: A Evolução e o Dilema na Seleção Embrionária: Morfologia, Morfocinética e Teste Genético Pré-Implantacional (PGT)

A busca incessante pela otimização das taxas de sucesso na Fertilização In Vitro (FIV) impulsionou o desenvolvimento de diversas metodologias para a avaliação e seleção de embriões. Tradicionalmente centrada na morfologia embrionária, a prática clínica evoluiu para incorporar a morfocinética (com o uso de time-lapse) e, mais recentemente, o Teste Genético Pré-Implantacional (PGT). Este tópico visa comparar criticamente estas três abordagens, analisando seus pontos fortes e fracos sob a ótica de diferentes autores e as implicações para o futuro da medicina reprodutiva.

A Transição da Avaliação Estática para a Dinâmica

A avaliação morfológica é o método mais antigo e estabelecido, caracterizado pela observação visual do embrião em momentos fixos, como no terceiro e quinto dia de desenvolvimento, focando em critérios como o número de células, o grau de fragmentação e a simetria (MOURA et al., 2003). Seu principal ponto forte reside no

baixo custo e na ampla disponibilidade, sendo o padrão ouro por muitos anos. Contudo, sua maior fraqueza é a subjetividade da avaliação e sua natureza estática, que não considera o ritmo de desenvolvimento embrionário. Além disso, autores como Scott et al. (2019) apontam que a morfologia possui uma correlação limitada com a ploidia, ou seja, com a integridade genética do embrião.

Em resposta a essa limitação, surgiu a morfocinética, que utiliza incubadoras time-lapse com câmeras embutidas para monitorar continuamente o desenvolvimento embrionário, registrando o tempo exato das divisões celulares (NÓBREGA, 2025). A grande vantagem desta técnica é a redução da manipulação do embrião, mantendo-o em um ambiente de cultivo ideal, e a obtenção de dados dinâmicos que permitem identificar padrões de desenvolvimento anormais. Herrero et al. (2018) defendem que a morfocinética, ao fornecer informações sobre o timing das divisões, pode ser uma ferramenta mais robusta para a seleção de embriões com maior potencial de implantação, oferecendo maior objetividade que a morfologia isolada. No entanto, o alto custo inicial do equipamento e a necessidade de padronização dos critérios de seleção ainda são considerados pontos fracos desta abordagem.

O PGT-A: Precisão Genética e o Dilema da Invasividade

O Teste Genético Pré-Implantacional para Aneuploidias (PGT-A) representa o ápice da seleção embrionária, focando na análise genética de células do embrião (biópsia de trofoectoderma) para rastrear alterações no número de cromossomos (EUGÊNIO, 2016). A principal vantagem, amplamente citada na literatura, é a maior precisão na seleção de embriões euploides (geneticamente normais), o que, segundo Nóbrega (2025), reduz significativamente o risco de aborto espontâneo e falhas de implantação, permitindo a transferência de embrião único. Eugênio (2016) destaca que o PGT, em conjunto com a FIV, revolucionou a capacidade diagnóstica, sendo crucial para casais com idade materna avançada ou histórico de doenças cromossômicas.

Apesar de sua promessa, o PGT-A não está isento de críticas e desvantagens. É uma técnica invasiva, que requer a biópsia do embrião e seu congelamento subsequente,

o que adiciona custos e etapas ao processo. O fenômeno do mosaicismo embrionário (presença de células geneticamente diferentes no mesmo embrião) levanta preocupações sobre a precisão do teste, podendo levar a resultados falso-positivos ou falso-negativos. Por essa razão, Scott et al. (2019) questionam a necessidade do PGT-A em pacientes jovens com bom prognóstico, sugerindo que a invasividade e o custo podem não se justificar em todos os casos.

Rumo à Seleção Integrada e Personalizada

O consenso atual na medicina reprodutiva aponta para a necessidade de uma abordagem integrada na seleção embrionária. Nenhuma técnica isolada é universalmente superior. A morfologia continua sendo a base, a morfocinética oferece uma camada valiosa de dados dinâmicos e não invasivos, e o PGT-A fornece a informação genética crucial, especialmente em casos de alto risco.

O futuro da seleção embrionária, conforme sugerido por pesquisas recentes (UNESP, 2023), reside na aplicação da Inteligência Artificial (IA), que atuará como um catalisador para processar e correlacionar todos esses dados – morfológicos, morfocinéticos e genéticos – fornecendo um escore de viabilidade mais preciso e personalizado para cada paciente. A discussão continuará a evoluir, mas a tendência é que a combinação estratégica e personalizada dessas ferramentas guie os protocolos de laboratório, maximizando as chances de sucesso da FIV.

3 CONCLUSÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso teve como objetivo principal analisar as principais metodologias e técnicas utilizadas na avaliação e seleção de embriões no processo da Fertilização In Vitro (FIV) Humana, abordando seus fundamentos técnicos e as implicações éticas inerentes. A jornada de pesquisa e análise demonstrou que a seleção embrionária é o ponto nevrálgico para o sucesso da FIV, sendo uma área em constante e rápida evolução tecnológica.

Em consonância com os objetivos específicos propostos, o estudo inicialmente descreveu o processo da FIV, desde a estimulação ovariana e a coleta de gametas, até o cultivo e a transferência embrionária, estabelecendo a base técnica para a compreensão do tema. A análise aprofundada dos critérios de seleção revelou uma transição metodológica significativa:

1. Da Morfologia à Morfocinética: A avaliação morfológica, embora seja o método tradicional e de baixo custo, demonstrou ser limitada por sua subjetividade e natureza estática. A incorporação da morfocinética (via time-lapse) representa um avanço crucial, fornecendo dados dinâmicos e não invasivos sobre o desenvolvimento embrionário, o que permite uma seleção mais objetiva e com menor manipulação do embrião.

2. A Revolução Genética (PGT): O estudo confirmou a importância crescente da aplicação de dados genéticos e epigenéticos, materializada no Teste Genético Pré-Implantacional (PGT). O PGT-A, em particular, demonstrou ser a ferramenta de maior precisão para a identificação de embriões euploides, contribuindo diretamente para a redução das taxas de aborto espontâneo e falhas de implantação, especialmente em grupos de risco, como pacientes com idade materna avançada.

3. O Futuro da Seleção: A investigação sobre o impacto das pesquisas científicas atuais revelou que a evolução dos métodos aponta para a integração tecnológica. O uso de recursos como a Inteligência Artificial (IA) e plataformas automatizadas surge como o próximo passo para processar e correlacionar a vasta quantidade de dados morfológicos, morfocinéticos e genéticos, prometendo um escore de viabilidade embrionária mais preciso e personalizado.

Em suma, a seleção embrionária na FIV não se baseia mais em uma única técnica, mas sim em uma abordagem combinada e personalizada. O desafio atual reside em equilibrar a precisão diagnóstica (oferecida pelo PGT) com a não-invasividade (oferecida pela morfocinética), garantindo que a busca pela excelência técnica não negligencie as implicações éticas envolvidas na seleção da vida humana.

Conclui-se que o aprimoramento contínuo das técnicas de avaliação e seleção de embriões é fundamental para maximizar o sucesso da FIV, oferecendo esperança

a casais inférteis. O profissional de Biotecnologia desempenha um papel central nesse cenário, atuando na vanguarda da inovação laboratorial e na aplicação de ferramentas de alta complexidade, sempre pautado pela ética e pelo rigor científico. O caminho para o aperfeiçoamento dos protocolos de triagem é a integração de dados e a personalização do tratamento, garantindo que a ciência e a tecnologia sirvam ao propósito maior da reprodução humana assistida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHANG, L. et al. Preimplantation genetic testing and live birth rates: A meta-analysis. *Fertility and Sterility Reports*, 2023.

PATOUNAKIS, G. et al. Post-warming embryo morphology is associated with live birth: a cohort study of single vitrified-warmed blastocyst transfer cycles. *Human Reproduction Open*, 2022.

PEERJ. Morphology of inner cell mass: a better predictive biomarker of blastocyst viability. *PeerJ*, v. 10, p. e13935, 2022. Disponível em: <https://peerj.com/articles/13935/>

. Acesso em: 16 out. 2025.

YOSHIDA, A. et al. Effect of Blastocyst Morphology and Developmental Rate on Euploidy and Live Birth Rates in PGT-A Cycles. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, 2024. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s43032-025-01818-6>

. Acesso em: 16 out. 2025.

ZHU, X. et al. Correlation between maternal age and embryo euploidy in IVF cycles. *Archives of Gynecology and Obstetrics*, 2025.

ALMODIN, Carlos Gilberto; PEREIRA, Lis Andréia; CÂMARA, Vania Cibele Minguetti. Co-cultura de embriões humanos em células Vero e transferência em fase de blastocisto. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, v. 45, n. 3, p. 145-151, 2023.

CONSENSO DE ISTAMBUL. Atualizações do Consenso de Istambul. Sociedade Brasileira de Reprodução Humana, 2024. Disponível em: <https://sbrh.org.br/comite/embriologia/atualizacoes-do-consenso-de-istambul/>

LANDE, R. Eduardo. Classificação Embrionária. FIVMED, 2025. Disponível em: <https://fivmed.com.br/procedimentos/classificacao-embrionaria/>

AMERICAN SOCIETY FOR REPRODUCTIVE MEDICINE (ASRM). *Ethics Committee Opinions: Use of preimplantation genetic testing for aneuploidy (PGT-A)*. Birmingham, 2021. Disponível em: <https://www.asrm.org/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

BRASIL. *Código Civil Brasileiro*. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm. Acesso em: 9 nov. 2025.

CONSELHO FEDERAL DE MEDICINA (CFM). *Resolução nº 2.320, de 17 de março de 2022*. Dispõe sobre normas éticas para a utilização das técnicas de reprodução assistida. Brasília: CFM, 2022. Disponível em: <https://portal.cfm.org.br/resolucoes-cfm/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

HUMAN FERTILISATION AND EMBRYOLOGY AUTHORITY (HFEA). *Code of Practice, 9th Edition*. Londres, 2023. Disponível em: <https://www.hfea.gov.uk/>. Acesso em: 9 nov. 2025.

UNESCO. *Declaração Universal sobre Bioética e Direitos Humanos*. Paris: Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2005. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000146180>. Acesso em: 9 nov. 2025.

ALVES, Sarah Michelon; HECHT, Laura Cristina; BONAMIGO, Elcio Luiz. A escolha das características físicas e de gênero dos bebês pode ser o primeiro passo para a nova eugenia? *Anais de Medicina*, Joaçaba, p. 1-10, 2023. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/anaisdemedicina/article/view/4677>

. Acesso em: 18 nov. 2025.

ARAUJO, Marcelo de. The Ethics of Genetic Cognitive Enhancement: Gene Editing or Embryo Selection? *Philosophies*, v. 5, n. 3, p. 20, 2020. DOI: 10.3390/philosophies5030020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2409-9287/5/3/20>

. Acesso em: 18 nov. 2025.

GIANSANTE, Ana Letícia Valladão; NOJIRI, Sérgio. “Designer babies”: aspectos bioéticos da seleção embrionária na reprodução humana assistida. *Revista de Biodireito e Direitos dos Animais*, Brasília, v. 3, n. 1, p. 92-108, 2017. Disponível em: <https://www.indexlaw.org/index.php/revistarbda/article/view/2104>

. Acesso em: 18 nov. 2025.

QUEIROZ, N. M. Sexagem: a escolha de sexo dos filhos numa perspectiva ético-jurídica. *Âmbito Jurídico*, 2001. Disponível em: <https://ambitojuridico.com.br/sexagem-a-escolha-de-sexo-dos-filhos-numa-perspectiva-etico-juridica/>

. Acesso em: 18 nov. 2025.

SENA FIGUEIRÊDO, Beatriz; FONSÊCA DA SILVA, André Ricardo. Limites entre a reprodução assistida: aspectos da Resolução CFM nº 2.294/2021. *Direito & Desenvolvimento*, João Pessoa, v. 13, n. 1, p. 224-236, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unipe.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/download/1588/787/5226>

. Acesso em: 18 nov. 2025.

.