

Como otimizar o metabolismo embrionário para melhorar a fertilidade e a eficiência reprodutiva do rebanho leiteiro?



NAIARA ZOCCAL SARAIVA
CAROLINA CAPOBIANGO ROMANO QUINTÃO
CLARA SLADE OLIVEIRA
LUIZ SERGIO DE ALMEIDA CAMARGO



Os sistemas de produção leiteira têm sido beneficiados pelos avanços tecnológicos da reprodução animal no Brasil que, por sua vez, se apresenta como um dos líderes mundiais na produção de embriões bovinos, tanto *in vivo* quanto *in vitro*, especialmente em animais zebuínos, predominantes no rebanho nacional. No caso das raças leiteiras de origem europeia, um grande desafio é a dificuldade em lidar com o estresse térmico, problema comum em países com verões quentes e úmidos, como é o caso do Brasil, onde os índices de prenhez tendem a ser mais baixos.

Além da maior resistência ao estresse térmico, os principais atrativos para o uso de embriões produzidos *in vitro* em propriedades leiteiras são a possibilidade de maior ganho genético, a produção sequencial de embriões sem uso de hormônios, o menor intervalo no uso das doadoras e a maior eficiência para uso do sêmen sexado. Para o produtor de leite, a eficiência reprodutiva é crucial para o sucesso do negócio. Porém, fêmeas leiteiras em início de lactação apresentam maior propensão a algumas condições metabólicas como, o balanço energético negativo (BEN), caracterizado por níveis elevados de ácidos graxos livres no sangue. Esses, por sua vez, podem prejudicar a fertilidade dos animais, pois os gametas femininos (oócitos) são bastante sensíveis a altas concentrações dessas moléculas.

O que é metabolismo embrionário e por que ele importa?

Quando as fêmeas estão em BEN, há alteração nos níveis sanguíneos de metabólitos e hormônios, o que geralmente está associado ao comprometimento da função ovariana e fertilidade. Inclusive, o atraso na ovulação pós-parto está diretamente relacionado com o status energético da vaca. Assim, do mesmo modo que a situação metabólica do animal adulto reflete diretamente nos índices reprodutivos obtidos na fazenda, a eficiência do metabolismo embrionário terá impacto direto nas taxas de nascimento de bezerras saudáveis.

Mas, afinal, o que significa "metabolismo embrionário"? Trata-se do conjunto de processos bioquímicos que ocorrem no embrião durante os primeiros dias de desenvolvimento, no decorrer das primeiras divisões celulares (Figura 1).

Quando nos referimos à produção *in vitro* de embriões (PIVE), essas primeiras divisões celulares ocorrem em condições laboratoriais, mais especificamente em incubadoras com temperatura e atmosfera controladas, que simulam condições internas de um animal vivo (Figura 2).

Compreender a importância do metabolismo e os fatores que o influenciam nesse processo, desde o estágio embrionário, é fundamental para otimizar os índices de prenhez e nascimento nos rebanhos. Um metabolismo embrionário eficiente garante o desenvolvimento adequado do embrião, desde a fecundação até a implantação no útero materno. Quando o metabolismo é comprometido, podem ocorrer falhas na concepção, perdas embrionárias precoces e gestações malsucedidas.

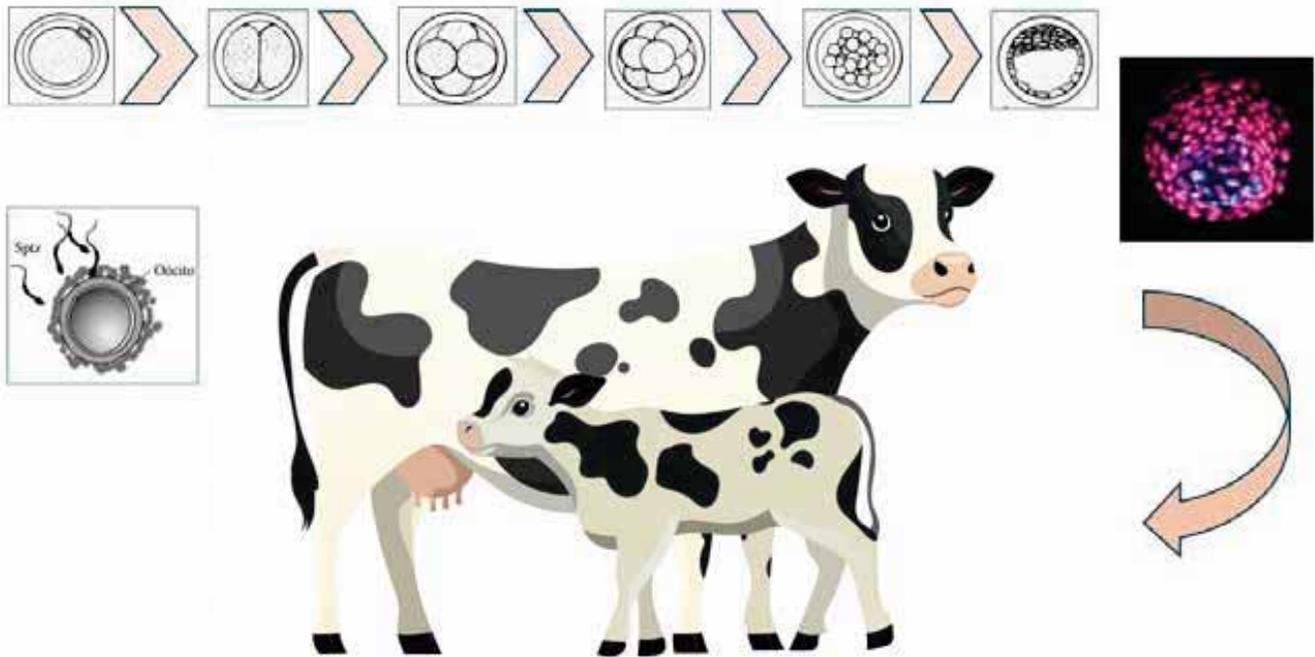


Figura 1. Desenvolvimento pré-implantacional do embrião bovino: a formação de uma nova vida ocorre desde a fecundação do oócito pelo espermatozoide, com sucessivas divisões celulares posteriores e implantação do embrião no útero da vaca

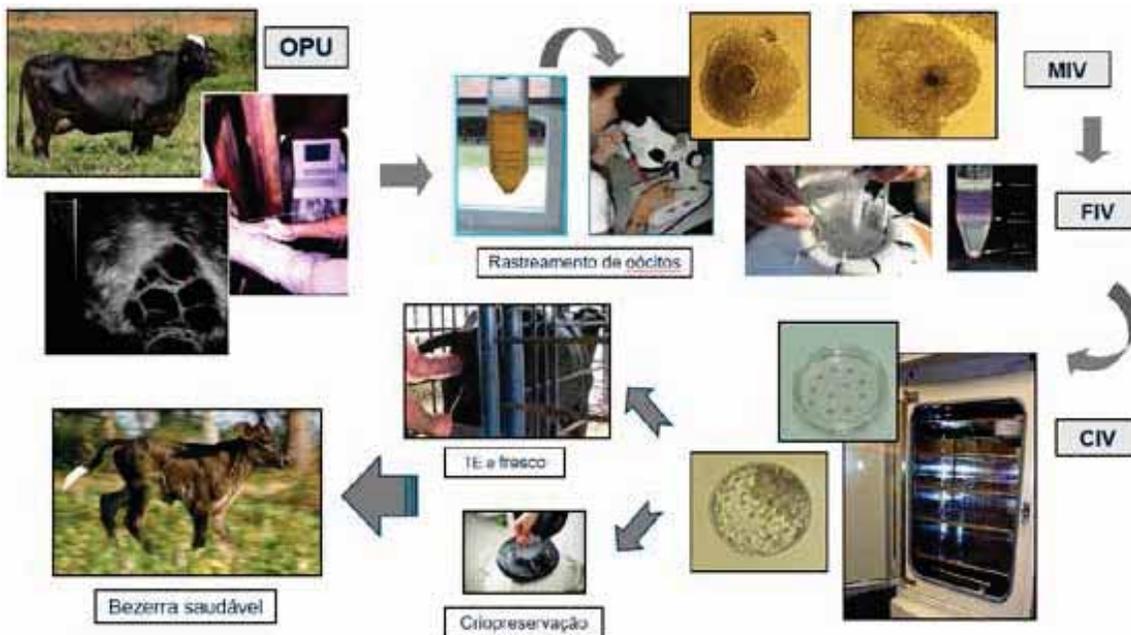


Figura 2. Processo completo da PIVE em bovinos: o processo inicia-se com a aspiração folicular guiada por ultrassonografia (OPU), onde oócitos (óvulos imaturos) são coletados dos ovários da vaca doadora. Os oócitos selecionados passam pela maturação *in vitro* (MIV) em um meio de cultura específico até atingirem a maturidade. Em seguida, ocorre a fecundação *in vitro* (FIV) com espermatozoides de um touro de alto valor genético. Os embriões resultantes são cultivados *in vitro* (CIV) por cerca de 7 dias, até atingirem o estágio de blastocisto. Neste ponto, os embriões podem ser transferidos a fresco para uma vaca receptora ou criopreservados para uso futuro. Após a gestação, a vaca receptora dá à luz uma bezerra com o potencial genético desejado

Fatores que afetam o metabolismo embrionário *in vivo* e *in vitro*

Diversos fatores podem afetar o metabolismo embrionário, incluindo nutrição, sanidade e níveis de estresse do rebanho. Uma dieta equilibrada, com níveis adequados de energia, proteína, vitaminas e minerais, é essencial para garantir o bom desenvolvimento embrionário, ao passo que deficiências nutricionais podem comprometer o metabolismo e a viabilidade do embrião. Ainda, doenças infecciosas, como a diarreia viral bovina (BVD) e a rinotraqueíte infecciosa bovina (IBR), por exemplo, podem afetar negativamente o metabolismo embrionário e aumentar o risco de perdas gestacionais. O estresse, seja por calor, transporte ou manejo inadequado, pode liberar hormônios que também prejudicam o desenvolvimento embrionário.

Além das estratégias já citadas, que visam contribuir para otimização do metabolismo embrionário *in vivo*, algumas técnicas podem ser aplicadas durante o desenvolvimento pré-implantacional de embriões produzidos *in vitro*. Embriões viáveis, com metabolismo eficiente e adaptados às condições do ambiente uterino, são a base para o estabelecimento de uma gestação bem-sucedida.

A equipe de pesquisa do Laboratório de Reprodução Animal da Embrapa Gado de Leite tem dedicado esforços para obter maior compreensão do metabolismo embrionário em bovinos, com foco em otimizar as técnicas de produção *in vitro* (PIVE) e criopreservação de embriões. Um dos focos da equipe é a modulação do estresse oxidativo (Figura 3), ou seja, a busca pela proteção das células embrionárias contra espécies reativas de oxigênio (EROs), que são os conhecidos radicais livres. Radicais livres são como “inimigos” que atacam as células da vaca quando presentes de maneira desequilibrada, e proteger a vaca contra esses inimigos é importante para manter sua saúde e produção. Em nossos estudos, demonstramos

que a vitrificação, técnica amplamente utilizada na criopreservação, pode aumentar a produção de EROs em embriões bovinos o que, por sua vez, está associado à diminuição da qualidade do embrião.

No entanto, a equipe também identificou que a suplementação com antioxidantes, como o 2-mercaptoetanol (BME), pode atenuar os efeitos deletérios do estresse oxidativo, melhorando a qualidade embrionária após o descongelamento. Em um outro estudo, exploramos o uso de nanopartículas de óxido de zinco (ZnO-NPs) como antioxidantes durante a PIVE, constatando que essas nanopartículas podem impactar positivamente na qualidade do embrião, além de reduzir a produção de EROs.

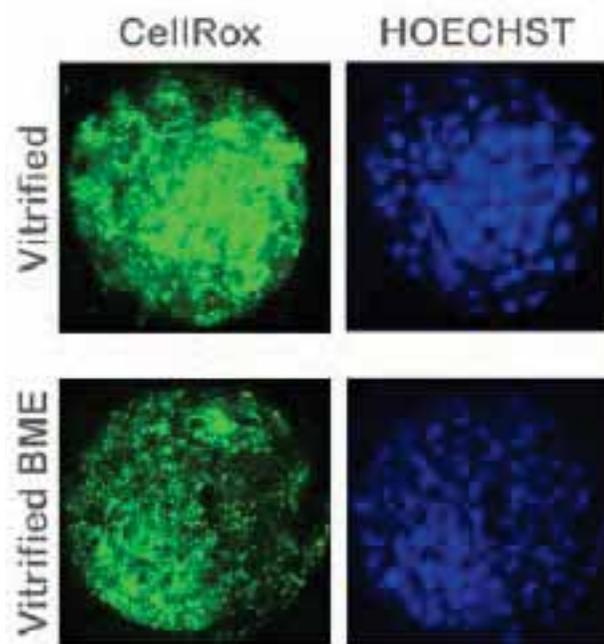


Figura 3. Avaliação do estresse oxidativo em embriões bovinos: imagens de embriões bovinos corados com *CellRox* (verde), que evidencia a presença de espécies reativas de oxigênio (EROs), e Hoechst (azul), que marca o DNA celular

Fonte: Oliveira *et al.* (2025)

DIVERSOS FATORES PODEM AFETAR O METABOLISMO EMBRIONÁRIO, INCLUINDO NUTRIÇÃO, SANIDADE E NÍVEIS DE ESTRESSE DO REBANHO

Lipídios na nutrição e nos embriões: vilões ou aliados?

A relação entre o conteúdo lipídico embrionário e o estresse oxidativo também tem sido investigada pelo grupo. Nossos resultados revelam correlação positiva entre o conteúdo lipídico e o estresse oxidativo em embriões vitrificados, destacando a importância em se monitorar o conteúdo lipídico e outros parâmetros morfológicos para avaliar a qualidade embrionária e prever o sucesso da criopreservação.

A modulação do metabolismo lipídico, ou seja, o controle da produção e consumo de gorduras nos embriões também foi investigada. O embrião, ou melhor, a futura bezerra, precisa de gordura como fonte de energia para se desenvolver, porém, em excesso e dependendo do tipo de gordura presente, esses lipídios causam prejuízos. Assim, estratégias de modulação do metabolismo lipídico, que visam ao aumento da qualidade, tanto do oócito como do embrião, têm sido alvo de nossos estudos devido ao seu impacto no aumento das taxas de nascimento de embriões produzidos *in vivo* e *in vitro*, assim como no aumento da viabilidade embrionária após a criopreservação.

Da dieta ao laboratório: estratégias para melhorar a qualidade embrionária

Além das estratégias laboratoriais, melhorias da dieta do animal podem aumentar significativamente a quantidade e a qualidade de oócitos e embriões produzidos. Nesse sentido, os lipídios possuem papel importante, já que são fundamentais para a formação e flexibilidade das membranas das células dos embriões. Importante ressaltar que, não apenas o acúmulo, mas também o tipo de lipídio presente nessas membranas, afeta os índices de resistência dos embriões ao processo de criopreservação. Pesquisas indicam que o aumento na concentração de ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) na dieta de bovinos, como o linoleico e linolênico, podem ter efeitos benéficos sobre a reprodução, em especial sobre a síntese de hormônios esteroides como a progesterona e prostaglandinas, tempo de luteólise e o número e o tamanho dos folículos.

A gordura pode ser manufaturada para ter pouco ou nenhum efeito na fermentação do rúmen, sendo assim denominada gordura protegida no rúmen (GPR). Assim, a suplementação da dieta com GPR ajuda a repor os ácidos graxos essenciais (linoleico e linolênico) perdidos, importantes no desempenho reprodutivo. Além das GPR, tem-se a possibilidade do uso de subprodutos ricos em energia na alimentação animal, como por exemplo, o óleo de soja, rico em ácidos graxos polinsaturados essenciais, como ômega 6 (ácido linoleico) e ômega 3 (ácido linolênico), essenciais para crescimento, desenvolvimento e funcionamento saudável dos organismos.

Congelamento de embriões bovinos: avanços recentes

Atualmente, embora a PIVE traga diversas vantagens para a pecuária leiteira, ainda persiste o desafio da menor resistência desses embriões ao processo de criopreservação — especialmente quando se utiliza a congelamento convencional. Isso se deve, em grande parte, ao elevado acúmulo de lipídios nos embriões produzidos *in vitro*, o que os torna mais sensíveis ao resfriamento.

Por essa razão, a técnica mais utilizada atualmente para criopreservação de embriões PIV é a chamada vitrificação, também conhecida como método de criopreservação ultrarrápido.

Considerando a crescente demanda do setor por soluções mais simples e ágeis — como embriões que possam ser transferidos diretamente após o descongelamento da palheta — nossa equipe de pesquisa desenvolveu um protocolo inovador para o reaquecimento direto dos embriões vitrificados ainda dentro da palheta. Essa inovação simplifica o procedimento, aumenta a eficiência e favorece a adoção da biotecnologia por um número maior de produtores.

Além disso, pesquisas recentes revelam que a forma como o embrião se desenvolve nos primeiros dias, antes de se fixar no útero da vaca, exerce grande influência na saúde e nas características da futura bezerra, em que o metabolismo embrionário, ou seja, a forma como o embrião utiliza os nutrientes disponíveis no ambiente *in vivo* ou *in vitro*, exerce papel de destaque no desenvolvimento inicial.

Nesse contexto, o estudo da composição de gorduras (lipídios) dos embriões e o ajuste do ambiente de cultivo *in vitro* (laboratório) podem melhorar significativamente a fertilidade das vacas, principalmente quando se utiliza a fecundação *in vitro* (FIV) e o congelamento de embriões, resultando no aumento de embriões viáveis, prenhez e bezerras saudáveis.

Por fim

A otimização do metabolismo embrionário certamente contribuirá para o nascimento de bezerras com maior potencial para produzir leite e se desenvolverem de forma saudável, resultando em animais mais produtivos e com melhor desempenho ao longo da vida. O investimento em pesquisas com foco no metabolismo embrionário inicial é crucial para o sucesso e evolução da reprodução animal, e para garantir o nascimento de bezerras de alta qualidade o que, conseqüentemente, trará maior retorno econômico para a cadeia produtiva do leite. ●

PESQUISAS RECENTES REVELAM QUE A FORMA COMO O EMBRIÃO SE DESENVOLVE NOS PRIMEIROS DIAS, ANTES DE SE FIXAR NO ÚTERO DA VACA, EXERCE GRANDE INFLUÊNCIA NA SAÚDE E NAS CARACTERÍSTICAS DA FUTURA BEZERRA



NAIARA ZOCCAL SARAIVA

Médica-veterinária, doutora em Medicina Veterinária na área de Reprodução Animal, pesquisadora da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora/MG

CAROLINA CAPOBIANGO ROMANO QUINTÃO

Farmacêutica e Bioquímica, doutora em Genética e Biotecnologia, analista da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora/MG

CLARA SLADE OLIVEIRA

Médica-veterinária, doutora em Medicina Veterinária na área de Reprodução Animal, analista da Embrapa Gado de Leite/Juiz de Fora, MG

LUIZ SERGIO DE ALMEIDA CAMARGO

Médico-veterinário, doutor em Ciência Animal, pesquisador da Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora/MG

CLIQUE E CONHEÇA
MAIS SOBRE OS
AUTORES

