INFLUÊNCIA DA QUERCETINA NA MATURAÇÃO IN VITRO DE OÓCITOS NEGATIVOS PARA MARCADORES BRILHANT CRESIL BLUE NA QUALIDADE OOCITARIA

Liana Nascimento Almeida[1]

Karoline de Assis Veras Bacelar[2]

Ana Beatriz Ribeiro Silva[3]

Higor da Silva Ferreira[4]

Felipe de Jesus Moraes Junior[5]

INTRODUÇÃO

A produção *in vitro* de embriões (PIVE) constitui uma das principais biotecnologias aplicadas à reprodução bovina, desempenhando papel fundamental nos programas de melhoramento genético, multiplicação de animais de elevado mérito zootécnico e aceleração do ganho genético dos rebanhos. O desenvolvimento e aperfeiçoamento dos protocolos de produção embrionária contribuíram significativamente para a expansão dessa técnica nas últimas décadas, tornando-a uma ferramenta estratégica para a bovinocultura moderna (Hoshi, 2003; Mello et al., 2016; Fonseca et al., 2019).

O Brasil ocupa posição de destaque mundial na utilização das biotecnologias da reprodução, sendo atualmente um dos principais produtores de embriões bovinos do mundo. Nesse cenário, a produção in vitro de embriões consolidou-se como a principal técnica empregada nos programas comerciais de multiplicação genética, evidenciando a importância da otimização dos protocolos laboratoriais e da qualidade oocitária para o sucesso da PIVE. (Pugliesi et al., 2024)

A eficiência da PIVE depende diretamente da qualidade dos oócitos utilizados, uma vez que a competência oocitária influencia os processos de maturação, fecundação e desenvolvimento embrionário subsequente. A competência oocitária pode ser definida como a capacidade do oócito de completar a maturação, ser fecundado e sustentar o desenvolvimento embrionário inicial até a formação de um embrião viável (Krischer, 2004; Wang e Sun, 2006; Caixeta e Dode, 2010).

A obtenção de oócitos competentes representa um dos principais desafios da PIVE, especialmente quando os gametas são provenientes de ovários coletados em abatedouros. Nesses sistemas, os oócitos recuperados apresentam elevada heterogeneidade quanto ao estágio de desenvolvimento folicular, metabolismo celular e potencial de desenvolvimento embrionário, o que contribui para a variabilidade dos resultados observados entre rotinas laboratoriais (Caixeta e Dode, 2010; Wang e Sun, 2006). Nesse contexto, a maturação in vitro assume papel central, uma vez que o sucesso dessa etapa depende diretamente da capacidade do oócito de responder adequadamente às condições de cultivo.

Entre as etapas da PIVE, a maturação in vitro (MIV) é considerada um dos principais fatores determinantes para o sucesso da técnica, pois envolve uma série de eventos nucleares e

1 Discente do curso de Medicina Veterinária, CCA, Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: liana.202220061771@aluno.uema.br
2 Doutoranda em Ciência Animal - PPGCA, Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: karolaveras@gmail.com
3 Mestranda em Ciência Animal - PPGCA, Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: abearsilva@gmail.com
4 Prof. Pós-doutorado em Ciência Animal – prof. Substituto – Medicina Veterinária – CCA. Universidade Estadual do Maranhao. E-mail: higorferreira.hsf@gmail.com
5 Prof. Dr. Assistente I - Medicina Veterinária – CCA, Universidade Estadual do Maranhão. E-mail: moraesjuinor@cca.uema.br

citoplasmáticos indispensáveis para a aquisição da competência de desenvolvimento. Durante esse período, ocorrem eventos coordenados de maturação nuclear e citoplasmática, essenciais para que o oócito adquira capacidade de sustentar a fecundação e o desenvolvimento embrionário inicial. No entanto, ao serem removidos do ambiente folicular e submetidos a condições artificiais de cultivo os oócitos ficam expostos a alterações metabólicas que podem favorecer a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), comprometendo a qualidade celular e reduzindo a eficiência dos protocolos de produção embrionária (Sutton-McDowall et al., 2012; Reyes e Ross, 2016). Embora as EROs desempenhem funções fisiológicas importantes na sinalização celular e na maturação oocitária, sua produção excessiva resulta em estresse oxidativo, promovendo danos às membranas celulares, proteínas, mitocôndrias e material genético. Como consequência, podem ocorrer alterações no metabolismo celular, redução da competência nuclear e citoplasmática e comprometimento do desenvolvimento embrionário subsequente (Agarwal et al., 2022; Silva e Silva, 2023). Além dos danos celulares diretos, o estresse oxidativo pode comprometer a dinâmica mitocondrial dos oócitos, reduzindo a disponibilidade de ATP necessária para os eventos meióticos e para o desenvolvimento embrionário inicial. Considerando que as mitocôndrias constituem a principal fonte energética do oócito, sua integridade funcional é considerada um dos principais indicadores da competência oocitária durante a maturação in vitro (Yang et al., 2021; Agarwal et al., 2022).

Diante desse cenário, diversos estudos têm investigado a utilização de antioxidantes durante a maturação *in vitro* como estratégia para minimizar os efeitos deletérios do estresse oxidativo. Entre os compostos mais promissores destaca-se a quercetina, um flavonoide natural amplamente encontrado em frutas, vegetais e sementes, reconhecido por sua elevada capacidade antioxidante e citoprotetora. Seu mecanismo de ação está relacionado à neutralização de radicais livres, preservação da função mitocondrial, modulação de vias celulares associadas à apoptose e manutenção da homeostase intracelular (Guemra et al., 2013; Jiao et al., 2022; Davoodian et al., 2022).

Estudos recentes demonstraram que a suplementação dos meios de maturação com quercetina pode promover melhora da competência oocitária, aumentar a viabilidade celular e favorecer o desenvolvimento embrionário, reforçando seu potencial como ferramenta para otimização dos sistemas de produção *in vitro* (Banihosseini et al., 2018; Souza, 2022; Davoodian et al., 2022).

Além das condições de cultivo, a qualidade intrínseca dos oócitos representa um fator determinante para o sucesso da maturação e do desenvolvimento embrionário. Nesse contexto, métodos não invasivos de seleção oocitária têm sido amplamente empregados para aumentar a eficiência dos programas de PIVE. Entre os métodos disponíveis, a coloração pelo Azul de Cresil Brilhante (Brilliant Cresyl Blue – BCB) destaca-se por ser uma técnica simples, de baixo custo e não invasiva para estimar a competência metabólica dos oócitos. (Ericsson et al., 1993; Opiela e Kątska-Książkiewicz, 2013).

A coloração pelo BCB possibilita a distinção entre oócitos classificados como BCB^{+} e BCB^{-}, sendo os primeiros frequentemente associados a maiores taxas de maturação e desenvolvimento embrionário. Diversos estudos relatam que a utilização dessa ferramenta auxilia na seleção de gametas mais competentes, contribuindo para a melhoria dos resultados obtidos na produção *in vitro* de embriões (Catalá et al., 2012; Aguila Paredes et al., 2020; Guimarães, 2018).

Entretanto, uma parcela expressiva dos oócitos recuperados em programas de PIVE, especialmente aqueles provenientes de ovários obtidos em abatedouros, apresenta menor competência metabólica e é classificada como BCB^{-}. Essa condição reduz o aproveitamento do material biológico disponível e pode comprometer a eficiência dos sistemas de produção embrionária. Dessa forma, torna-se relevante investigar estratégias capazes de aumentar a competência desses gametas e ampliar seu potencial de utilização.

Considerando o potencial antioxidante da quercetina e a importância da seleção metabólica por Azul de Cresil Brilhante, a associação dessas duas abordagens pode representar uma alternativa promissora para otimização da maturação oocitária e melhoria da eficiência da

produção *in vitro* de embriões bovinos.

Embora estudos anteriores tenham demonstrado efeitos benéficos da quercetina sobre a maturação oocitária e o desenvolvimento embrionário, ainda são escassas as informações sobre sua atuação específica em populações de oócitos previamente classificadas quanto à competência metabólica pelo teste do Azul de Cresil Brilhante. Dessa forma, permanece pouco compreendido se a suplementação antioxidante pode beneficiar igualmente oócitos BCB^+ e BCB^- ou se seus efeitos são mais pronunciados em gametas com menor competência inicial (Guemra et al., 2013; Davoodian et al., 2022). Assim, o presente estudo teve como objetivos classificar os complexos cúmulus-oócito (CCOs) em grupos BCB^+ e BCB^- e avaliar o efeito da suplementação com quercetina sobre a maturação nuclear durante a maturação *in vitro* de oócitos bovinos.

METODOLOGIA

Comite de Ética

O presente estudo não necessitou de apreciação por Comitê de Ética no Uso de Animais, uma vez que não envolveu a utilização direta de animais vivos, procedimentos experimentais in vivo ou qualquer intervenção que pudesse causar manipulação, manejo ou alteração das condições dos organismos. Todas as atividades foram realizadas exclusivamente em ambiente laboratorial, utilizando material biológico obtido de fontes legalmente autorizadas e sem vínculo com procedimentos experimentais em animais vivos. Dessa forma, o estudo não se enquadra nas situações que exigem submissão prévia aos comitês de ética competentes, em conformidade com a legislação vigente e as diretrizes estabelecidas pelos órgãos reguladores nacionais.

Obtenção dos ovários

Os ovários foram obtidos em abatedouro localizado na região metropolitana de São Luís, Maranhão, e transportados ao Laboratório de Biotecnologia da Reprodução, Engenharia Tecidual e Genética (BIOTECGEN/UEMA). Após a coleta, foram acondicionados em solução salina a aproximadamente 35–37 °C contendo antibiótico e transportados ao Laboratório de Biotecnologia da Reprodução, Engenharia Tecidual e Genética (BIOTECGEN/UEMA) em até duas horas após o abate.

Obtenção e seleção dos CCOs

Os folículos com diâmetro entre 3 e 8 mm foram aspirados utilizando seringa e agulha estéreis. O conteúdo folicular recuperado foi filtrados e transferido para placas de Petri e examinado em estereomicroscópio para identificação dos complexos cúmulus-oócito (CCOs). Foram selecionados apenas CCOs que apresentavam citoplasma homogêneo e múltiplas camadas compactas de células do cúmulus.

Teste do BCB

Após seleção morfológica, os CCOs foram submetidos à coloração com Azul de Cresil Brilhante (BCB). Os CCOs selecionados foram submetidos ao teste do Azul de Cresil Brilhante (BCB) por incubação em solução contendo corante durante 90 minutos a 38,5 °C. Após a coloração, os oócitos que mantiveram coloração azulada no citoplasma foram classificados

como BCB+, enquanto aqueles que apresentaram citoplasma incolor foram classificados como BCB−.

Maturação in vitro

Após a classificação, os CCOs foram distribuídos nos respectivos grupos experimentais e cultivados em meio de maturação previamente equilibrado sob óleo mineral. As placas foram incubadas a 38,5 °C em atmosfera umidificada contendo 5% de CO^2 durante 24 horas.

Delineamento experimental

Foram avaliados 361 CCOs distribuídos entre os seis grupos experimentais. A concentração de quercetina utilizada foi de 10 μM, previamente padronizada no laboratório.

- G1: Controle (sem BCB e sem quercetina);
- G2: Quercetina (sem BCB e com 10 μM de quercetina);
- G3: BCB+;
- G4: BCB+ com 10 μM de quercetina;
- G5: BCB−;
- G6: BCB− com 10 μM de quercetina.

Foram realizadas cinco rotinas experimentais, totalizando 361 CCOs distribuídos entre os grupos.

Avaliação da maturação nuclear

Após a maturação in vitro, os oócitos foram submetidos ao desnudamento mecânico para remoção das células do cúmulus. Em seguida, foram avaliados em microscópio estereoscópico quanto à presença do primeiro corpúsculo polar, sendo considerados maturados os oócitos que apresentaram extrusão do corpúsculo polar.

Análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e 361 repetições. Os dados foram expressos em porcentagem de oócitos maturados. As proporções observadas entre os grupos experimentais foram comparadas pelo teste do qui-quadrado (χ^2), adotando-se nível de significância de 5% ($P < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Microsoft Excel®.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram avaliados 361 complexos cúmulus-oócito distribuídos entre os seis grupos experimentais. As taxas de maturação nuclear observadas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Taxa de maturação nuclear dos CCOs submetidos aos diferentes tratamentos.

Grupo experimental	Com CP	Sem CP	Total	Taxa de Maturação
G1 (Controle)	41	34	75	54,6%^{AB}
G2 (Quercetina)	37	39	76	48,6%^{B}
G3 (BCB+)	41	26	67	61,1%^{AB}
G4 (BCB+/Quercetina)	53	24	77	68,8%^{A}
G5 (BCB-)	19	18	37	51,3%^{AB}
G6 (BCB-/Quercetina)	17	12	29	58,6%^{AB}

^{A,B} Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem ($p<0,05$) para teste X^2 ao nível 5%. CP = Presença de corpúsculo polar.

Fonte: Autor, 2025

O grupo BCB+/quercetina apresentou a maior taxa de maturação nuclear (68,8%), diferindo significativamente do grupo suplementado com quercetina sem seleção prévia por BCB (48,6%) ($P<0,05$). Os grupos BCB+ também apresentaram valores superiores aos observados nos grupos controle e BCB−, demonstrando a importância da competência metabólica inicial dos oócitos para o sucesso da maturação.

Um aspecto relevante observado neste estudo foi que a suplementação com quercetina não promoveu aumento da taxa de maturação quando utilizada em oócitos não previamente selecionados pelo teste BCB. Em contraste, sua associação aos oócitos classificados como BCB^+ resultou na maior taxa de maturação observada. Esses achados sugerem que os efeitos benéficos da quercetina podem estar relacionados à qualidade metabólica inicial dos oócitos, indicando que a suplementação antioxidante isolada pode não ser suficiente para compensar limitações intrínsecas da competência oocitária (Guemra et al., 2013; Davoodian et al., 2022).

Os resultados obtidos para o grupo BCB^+ corroboram a eficiência do teste do Azul de Cresil Brilhante como ferramenta de seleção oocitária. Mesmo na ausência da suplementação antioxidante, os oócitos classificados como BCB^+ apresentaram taxas de maturação superiores às observadas nos grupos não selecionados e nos grupos BCB^-, evidenciando que a competência metabólica inicial exerce influência significativa sobre a aquisição da maturação nuclear (Opiela e Kątska-Książkiewicz, 2013; Aguila Paredes et al., 2020).

Esses achados estão de acordo com estudos que demonstram maior potencial de desenvolvimento em oócitos classificados como BCB+, uma vez que esses gametas apresentam menor atividade da enzima G6PDH e maior grau de maturidade citoplasmática (Ericsson et al., 1993; Opiela e Kątska-Książkiewicz, 2013). Os resultados sugerem que a seleção metabólica dos oócitos por meio do teste BCB potencializa os efeitos da suplementação antioxidante, favorecendo a aquisição da maturação nuclear e indicando uma possível interação entre a qualidade intrínseca do gameta e a resposta ao tratamento com quercetina.

Nos grupos BCB−, observou-se aumento da taxa de maturação quando a quercetina foi adicionada ao meio (58,6%) em comparação ao grupo sem suplementação (51,3%). Embora essa diferença não tenha atingido significância estatística, o aumento observado sugere uma tendência de resposta positiva à suplementação antioxidante em oócitos com menor competência metabólica inicial, hipótese que poderá ser melhor esclarecida em estudos com maior número de observações.

A ação antioxidante da quercetina pode estar relacionada à redução dos danos causados pelas espécies reativas de oxigênio, contribuindo para a manutenção da integridade celular, da função mitocondrial e da progressão meiótica. Resultados semelhantes foram descritos por Davoodian et al. (2022), que observaram melhora da competência oocitária e do desenvolvimento embrionário após suplementação com quercetina. Além disso, estudos têm demonstrado que o controle do estresse oxidativo durante a maturação in vitro é fundamental para a manutenção da qualidade oocitária e do potencial de desenvolvimento embrionário (Agarwal et al., 2022; Jiao et al., 2022).

Influência das estações climáticas sobre a maturação nuclear

Além da avaliação principal, foi realizada uma análise exploratória considerando os períodos de chuva e seca.

Tabela 2 - Taxa de maturação nuclear dos CCOs durante os períodos de chuva e seca.

Grupo experimental	Chuva	Seca
G1 (Controle)	51% (17/33) ^{Aa}	57% (24/42) ^{ABa}
G2 (Quercetina)	43% (13/30) ^{Aa}	52% (24/46) ^{ABa}
G3 (BCB+)	64% (18/28) ^{Aa}	58% (23/39) ^{ABa}
G4 (BCB+/Quercetina)	69 % (16/23) ^{Aa}	68% (37/54) ^{Aa}
G5 (BCB-)	75% (9/12) ^{Aa}	40% (10/25) ^{Bb}
G6 (BCB-/Quercetina)	66% (6/9) ^{Aa}	55% (11/20) ^{ABa}

^{A,B} Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem ($p<0,05$) para teste X^2 ao nível 5%.
^{a,b} Letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem ($p<0,05$) para teste X^2 ao nível 5%. CP = Presença de corpúsculo polar.

Fonte: Autor, 2025

Durante o período seco, o grupo BCB+/quercetina apresentou a maior ($p<0,05$) taxa de maturação (68%), enquanto o grupo BCB− sem suplementação apresentou o menor desempenho (40%). Os resultados sugerem que oócitos metabolicamente menos competentes podem ser mais sensíveis às variações ambientais. Destaca-se que o grupo BCB^+ suplementado com quercetina apresentou taxas praticamente idênticas entre os períodos avaliados (69% e 68%), enquanto o grupo BCB^- sem suplementação apresentou redução acentuada da maturação durante o período seco. Além disso, observou-se diferença estatisticamente significativa entre os períodos de chuva e seca para o grupo BCB^- sem suplementação (G5), evidenciando que a sazonalidade pode exercer influência sobre a competência de maturação de oócitos metabolicamente menos competentes. Esse comportamento sugere que a associação entre elevada competência metabólica e suplementação antioxidante pode conferir maior robustez aos oócitos frente às variações ambientais.

Por outro lado, os grupos BCB+ apresentaram comportamento mais estável entre as estações, indicando maior resistência às alterações ambientais. Observou-se ainda que a suplementação com quercetina reduziu parcialmente os efeitos negativos observados nos grupos BCB−, reforçando seu potencial antioxidante durante a maturação *in vitro*.

Embora essa avaliação não tenha sido inicialmente proposta nos objetivos do estudo, os resultados fornecem evidências preliminares de que fatores sazonais podem influenciar a competência oocitária e merecem investigação em estudos futuros, uma vez que condições ambientais e fisiológicas das doadoras podem impactar a qualidade dos gametas recuperados (Mello et al., 2016; Fonseca et al., 2019).

CONCLUSÃO

A suplementação com 10 μM de quercetina durante a maturação in vitro resultou nas maiores taxas de maturação nuclear quando associada a oócitos previamente selecionados como BCB$^+$, evidenciando a importância da competência metabólica inicial para a resposta ao tratamento antioxidante. Os resultados confirmam a eficiência do teste do Azul de Cresil Brilhante na seleção de oócitos com maior potencial de maturação e sugerem que a associação entre seleção metabólica e suplementação com quercetina pode contribuir para a otimização dos protocolos de produção in vitro de embriões bovinos. Em oócitos BCB−, embora não tenham sido observadas diferenças estatisticamente significativas, verificou-se uma tendência de aumento das taxas de maturação após a suplementação com quercetina, indicando um possível efeito benéfico que deverá ser investigado em estudos futuros. Além disso, os resultados demonstram que a resposta à suplementação antioxidante pode variar de acordo com a competência metabólica inicial dos oócitos, reforçando a importância da seleção oocitária como etapa estratégica para maximizar a eficiência da maturação in vitro.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro e incentivo ao desenvolvimento da pesquisa científica. Ao Laboratório de Biotecnologia da Reprodução, Engenharia Tecidual e Genética (BIOTECGEN/UEMA) pela infraestrutura e suporte técnico disponibilizados para a execução deste estudo. À Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) pelo apoio institucional e a todos os integrantes da equipe executora que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

AGARWAL, Ashok et al. **Estresse oxidativo e reprodução assistida: uma revisão abrangente de seu papel fisiopatológico e estratégias para otimizar o ambiente de cultura de embriões.** Antioxidantes, v. 11, n. 3, p. 477, 2022.

AGUILA PAREDES, L. et al. **Oocyte Selection for In vitro Embryo Production in Bovine Species: Noninvasive Approaches for New Challenges of Oocyte Competence.** Animals, v. 10, n. 12, p. 2196, 2020. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33255250/. Acesso em: 31 ago. 2025.

AGUILA, Luis et al. **Seleção de oócitos para produção in vitro de embriões em bovinos: abordagens não invasivas para novos desafios de competência oocitária.** Animais, v. 10, n. 12, p. 2196, 2020.

BANIHOSSEINI, Seyede Zahra et al. **Quercetin improves developmental competence of mouse oocytes by reducing oxidative stress during in vitro maturation**. 2018.

CAIXETA, Ester Siqueira; DODE, Margot Alves Nunes. **Avaliações da competência ovocitária em bovinos.** Veterinaria e zootecnia, v. 17, n. 1, p. 8-18, 2010.

CATALÁ, Maria G. et al. **Effect of oocyte quality on blastocyst development after in vitro fertilization (IVF) and intracytoplasmic sperm injection (ICSI) in a sheep model**. Fertility and sterility, v. 97, n. 4, p. 1004-1008, 2012.

DAVOODIAN, N.; KADIVAR, A.; DAVOODIAN, N.; AHMADI, E.; NAZARI, H.; MEHRBAN, H. **The effect of quercetin in the maturation media on cumulus-granulosa cells and the developmental competence of bovine oocytes.** Theriogenology. 2022 Sep 1;189:262-269. doi: 10.1016/j.theriogenology.2022.06.026. Epub 2022 Jul 2. PMID: 35809360.

ERICSSON, S. A. et al. **Assessment of porcine oocytes using brilliant cresyl blue.** Theriogenology, v. 39, n. 1, p. 214, 1993.

FONSECA, Jeferson F. et al. **Transferência não cirúrgica de embriões em caprinos e ovinos: a experiência brasileira.** Reprodução, Fertilidade e Desenvolvimento, v. 31, n. 1, p. 17-26, 2019.

GUEMRA, Samuel et al. **Maturação in vitro de oócitos bovinos em meios suplementados com quercetina e seu efeito sobre o desenvolvimento embrionário.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 65, p. 1616-1624, 2013.

GUIMARÃES, Ana Luiza Silva. **Identificação de marcadores não invasivos para a competência ovocitária em bovinos.** 2018.

HOSHI, Hiroyoshi. **Produção in vitro de embriões bovinos e sua aplicação para transferência de embriões.** Theriogenology, v. 59, n. 2, p. 675-685, 2003.

JIAO, Yafei et al. **Quercetin protects porcine oocytes from in vitro aging by reducing oxidative stress and maintaining the mitochondrial functions.** Frontiers in Cell and Developmental Biology, v. 10, p. 915898, 2022.

KRISHER, R. L. **O efeito da qualidade do oócito no desenvolvimento.** Jornal de ciência animal, v. 82, n. suppl_13, p. E14-E23, 2004.

MELLO, Raquel Rodrigues Costa et al. **Produção in vitro (PIV) de embriões em bovinos.** Rev. bras. reprod. anim, p. 6458-64, 2016.

OPIELA, Jolanta; KĄTSKA-KSIĄŻKIEWICZ, Lucyna. **A utilidade da coloração Brilliant Cresyl Blue (BCB) de oócitos de mamíferos usados para produção de embriões in vitro (IVP).** biologia reprodutiva, v. 13, n. 3, p. 177-183, 2013.

PUGLIESI, G. Et al. **Evolução nos últimos 40 anos das tecnologia de reprodução assistida em bovinos – a perspectiva brasileira para programas de transferência de embriões e ressincronização.** Reprodução Animal,21,2024.

REYES, Juan M.; ROSS, Pablo J. **Poliadenilação citoplasmática na maturação de oócitos de mamíferos.** Revisões Interdisciplinares Wiley: RNA, v. 7, n. 1, p. 71-89, 2016.

SILVA, Bianca R.; SILVA, José RV. **Mecanismos de ação de antioxidantes não enzimáticos no controle do estresse oxidativo durante o crescimento folicular in vitro, maturação oocitária e desenvolvimento embrionário.** Ciência da reprodução animal, v. 249, p. 107186, 2023.

SOUZA, Yara Lis de. **Uso da quercetina na produção in vitro de embriões bovinos.** Arapongas: UNOPAR, 2022. 23 f.

SUTTON-MCDOWALL, Melanie L. et al. **Utilização de estoques endógenos de ácidos graxos para produção de energia em embriões pré-implantacionais bovinos.** Theriogenology, v. 77, n. 8, p. 1632-1641, 2012.

WANG, Qiang; SUN, Qing-Yuan. **Evaluation of oocyte quality: morphological, cellular and molecular predictors.** Reproduction, Fertility and Development, v. 19, n. 1, p. 1-12, 2006.

YANG, Cai-Xia et al. **A CoQ10 melhora a maturação meiótica de oócitos de porco por meio do aumento da função mitocondrial e da supressão do estresse oxidativo.** Theriogenology, v. 159, p. 77-86, 2021.