

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE LAVRAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM MEDICINA VETERINARIA

**FISIOLOGIA DA REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO
DE BOVINOS**

MOISÉS OLIVEIRA MELO

LAVRAS-MG

2024

MOISÉS OLIVEIRA MELO

**FISIOLOGIA DA REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO
DE BOVINOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Lavras, como parte das exigências da disciplina Estágio Supervisionado II do curso de graduação em Medicina veterinária.

ORIENTADOR

Prof. Dr. Ivam Moreira de Oliveira Junior

LAVRAS-MG

2024

Ficha Catalográfica preparada pelo Setor de Processamento
Técnico da Biblioteca Central do UNILAVRAS

M48f Melo, Moisés Oliveira.
 Fisiologia da reprodução e inseminação artificial em tempo
 fixo de bovinos / Moisés Oliveira Melo. – Lavras: Unilavras,
 2024.

 42f. : il.

 Portfólio acadêmico (Graduação em Medicina Veterinária) –
 Unilavras, Lavras, 2024.

 Orientador: Prof. Ivam Moreira de Oliveira Junior.

 1. Reprodução. 2. Ciclo estral. 3. Bovinos. 4. Inseminação
 artificial. I. Oliveira Junior, Ivam Moreira de. (Orient.). II. Título.

MOISÉS OLIVEIRA MELO

**FISIOLOGIA DA REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO
DE BOVINOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Universitário de Lavras, como parte das exigências da disciplina Estágio Supervisionado II do curso de graduação em Medicina veterinária.

APROVADO EM 05/06/2024

ORIENTADOR

Prof. Dr. Ivam Moreira de Oliveira Junior

LAVRAS-MG

2024

Sem a orientação divina, a conclusão deste trabalho não seria possível. Por isso, dedico-o a Ele, com profunda gratidão no coração.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todas as bênçãos concedidas para que eu chegasse até aqui, agradeço do fundo do coração. Por guiar meus passos durante toda a minha graduação.

Aos meus pais, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Em especial ao meu pai, Manoel Eloisio de Melo, verdadeiro herói e maior mestre da minha vida, que sempre acreditou em mim, me apoiou e incentivou nas horas difíceis de desânimo e cansaço, e que trabalhou duro para eu chegar onde cheguei.

Às minhas irmãs, Ingrid Priscila Oliveira Melo e Debora Cristina Oliveira Melo, que sempre estiveram ao meu lado ao longo da minha vida, me apoiando e acreditando em mim.

À minha namorada, que sempre esteve presente ao meu lado quando precisei.

Aos familiares e amigos, que sempre torceram por mim.

A todos os docentes do curso de Medicina Veterinária, que compartilharam seus conhecimentos.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

LISTA DE SIGLAS

- DG- Diagnóstico gestacional
- FSH- Hormônio folículo estimulante
- GnRH- Hormônio liberador de gonadotrofinas
- IA- Inseminação artificial
- IATF- Inseminação artificial em tempo fixo
- PIV- Produção *in vitro*
- US- Ultrassonografia
- TE- Transferência de embrião

LISTA DE IMAGENS

Imagem 1: Mesa para realização da técnica de inseminação artificial	14
Imagem 2: Botijão de armazenamento de sêmen congelado.....	16
Imagem 3: Confirmação de prenhez por meio de diagnóstico de gestação utilizando ultrassom	17
Imagem 4: Identificação de infecção vaginal através do metricheck.....	19
Imagem 5: Realização de exame de brucelose.....	20

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento e maturação de um folículo primário, um folículo secundário e um folículo terciário.....	26
Figura 2: Crescimento folicular no estágio antral.....	27
Figura 3: Retroalimentação entre o hipotálamo, hipófise e o ovário.....	28
Figura 4: Inseminação artificial em tempo fixo com protocolos baseados em estradiol.	31
Figura 5: Inseminação artificial em tempo fixo com protocolos baseados em GNRH.....	32
Figura 6: Número de inseminações artificiais efetuadas, número de IATF realizadas e proporção de IATF em relação ao número de inseminações efetuadas no Brasil de 2002 a 2021.....	33

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Hormônios reprodutivos, glândula endócrina de onde se originam e suas funções durante o ciclo estral.....	29
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. DESENVOLVIMENTO.....	13
2.1 Caracterização do local do estágio	13
2.2 Atividades desenvolvidas no estágio	13
2.3 Inseminação Artificial.....	14
2.4 Diagnostico de gestação por ultrassom.....	16
2.5 Detecção de infecções uterinas.....	17
2.6 Diagnósticos sanitários.....	19
3. AUTOAVALIAÇÃO.....	21
4. REVISÃO DE LITERATURA	22

FISIOLOGIA DA REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO DE BOVINOS

Resumo.....	22
Abstract.....	23
Introdução.....	24
Ciclo estral em bovinos.....	24
Fisiologia do ciclo estral em bovinos.....	25
Inseminação Artificial em tempo fixo.....	30
Fatores que podem influenciar a inseminação artificial.....	33
Conclusão.....	35
Referencias Bibliograficas.....	36

1. INTRODUÇÃO

Em 2017, durante o terceiro ano do ensino médio na Escola Estadual Doutor Osmar Bicalho, em Cristais-MG, escolhi seguir a carreira em Medicina Veterinária. Minha afinidade com os animais foi cultivada durante a infância na fazenda de meu tio, onde ele criava bovinos de leite. Ao final do ano, fui aprovado no vestibular do Centro Universitário de Lavras, determinando assim minha trajetória acadêmica na área veterinária.

Minha escolha pelo curso decorre da minha vontade de contribuir para o bem-estar dos animais, buscando sempre oferecer o melhor em todas as situações. Após me formar, planejo continuar minha vida acadêmica por mais alguns anos, buscando especializações e ampliando meus conhecimentos.

No décimo período da minha graduação, realizei o estágio supervisionado em uma empresa localizada na cidade de Perdões-MG, a qual presta serviços particulares em propriedades rurais. O estágio envolveu o manejo geral da propriedade, incluindo gerenciamento da fazenda, manejo sanitário, reprodutivo, entre outros serviços.

Esse período foi crucial para integrar o conhecimento prático aos conceitos teóricos, possibilitando a aplicação de diversas técnicas de trabalho. Além disso, contribuiu significativamente para o desenvolvimento de valores éticos profissionais, o que fortaleceu minha confiança para desempenhar as funções de médico veterinário. O estágio foi essencial para aprofundar meus conhecimentos teóricos e consolidar minha experiência prática, especialmente nos cuidados relacionados à gestão da fazenda, manejo sanitário, reprodutivo e alimentar.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi descrever as atividades realizadas durante o estágio, documentadas fotograficamente, e apresentar uma revisão bibliográfica sobre a fisiologia da reprodução juntamente com a inseminação artificial em tempo fixo nos bovinos.

2. DESENVOLVIMENTO

O estágio obrigatório II foi realizado em uma empresa sediada em Perdões-MG, especializada em serviços para propriedades rurais. Suas atividades incluem reprodução animal, manejo sanitário, clínica médica em bovinos e a realização de cursos voltados para a reprodução.

2.1 Caracterização do local do estágio

A empresa presta serviços na região de Perdões-MG e nas cidades vizinhas, contando com uma equipe composta por seis médicos veterinários, um zootecnista, uma assistente administrativa e três estagiários. Além disso, possui um escritório no centro de Perdões-MG, onde toda a gestão é realizada, incluindo reuniões semanais e um pequeno laboratório para análise de exames, como brucelose. Também possui uma central na zona rural, utilizada para a realização dos cursos teórico-práticos oferecidos ao mercado de trabalho. Essa central é utilizada pelos estagiários para treinarem práticas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) e diagnóstico gestacional com ultrassom.

No dia a dia da empresa, todos os membros da equipe realizam serviços a campo, incluindo manejo sanitário, manejo reprodutivo (como diagnóstico gestacional, protocolos hormonais, IATF, transferência de embrião, sexagem fetal), identificação e tratamento de afecções reprodutivas, além de atendimentos clínicos em bovinos.

2.2 Atividades desenvolvidas no estágio

Durante o estágio, foi possível adquirir conhecimentos essenciais sobre criação, manejo reprodutivo, manejo sanitário e gerenciamento de fazendas e instalações para bovinos e vivenciar diversos casos clínicos, incluindo problemas de casco e acidose, além de acompanhar o manejo reprodutivo por meio de avaliações como palpação retal e diagnóstico gestacional com ultrassom. Nessa vivência foram executados protocolos hormonais, Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) e no tratamento de distúrbios reprodutivos, como metrite e endometrite, além de lidar com casos de retenção de placenta. Também foram acompanhadas transferências de

embrião em bovinos, desde a aspiração folicular e produção *in vitro* (PIV) até a transferência de embriões (TE), incluindo a realização de diagnósticos gestacionais (DG) nos animais receptores para avaliar as taxas de concepção. Além disso, o acompanhamento do processo de sexagem fetal foi realizado para avaliar a precisão do laboratório de embriões.

2.3 Inseminação Artificial

A técnica de inseminação artificial (IA) desempenha um papel crucial na reprodução animal, especialmente na indústria pecuária. Nesse contexto, a montagem adequada da mesa para realizar esse procedimento é de suma importância para garantir sua eficácia e sucesso (DA SILVA *et al.*, 2021). Na Figura 1, é possível observar todos os elementos necessários para realizar a inseminação artificial de bovinos de forma eficiente e segura. Desde o descongelamento do sêmen até a aplicação no corpo do útero, cada passo requer cuidado e precisão para maximizar as taxas de concepção e minimizar o risco de contaminação.

Imagem 1: Mesa para realização da técnica de inseminação artificial



Fonte: Próprio autor, 2024.

A organização e limpeza da mesa utilizada para realizar a técnica de inseminação artificial (Imagem 1) são primordiais para aumentar a taxa de concepção e evitar contaminações externas.

Na parte esquerda da imagem, pode-se identificar o descongelador de sêmen, um equipamento crucial para o processo de inseminação artificial. Mantido a uma temperatura média de 35°C, o descongelador é responsável por descongelar a palheta de sêmen de bovino, que deve permanecer no equipamento por trinta segundos para alcançar a temperatura ideal. Logo após, encontram-se uma tesoura e uma pinça anatômica, ferramentas essenciais utilizadas para retirar a palheta de sêmen do botijão de armazenamento e transferi-la para o descongelador. A tesoura desempenha um papel fundamental ao realizar um pequeno corte na palheta, permitindo que o sêmen seja liberado no corpo do útero durante a aplicação da técnica de inseminação artificial.

Na parte adjacente, encontra-se a bainha de inseminação, uma proteção fundamental que reveste o aplicador para preservar a mucosa do trato reprodutivo sem causar danos. Logo ao lado, está o aplicador propriamente dito, onde a palheta de sêmen é inserida e posteriormente depositada no corpo do útero por meio da técnica de inseminação artificial. Por fim, disponibiliza-se papel toalha para a limpeza dos materiais durante o serviço, garantindo um ambiente adequado para a realização do procedimento, se necessário. Esses elementos em conjunto compõem uma etapa essencial do processo de reprodução assistida em bovinos, assegurando sua eficácia e sucesso. A Imagem 2 mostra o botijão de armazenamento de sêmen, uma peça fundamental no contexto da reprodução assistida em bovinos.

Imagem 2: Botijão de armazenamento de sêmen congelado



Fonte: Próprio autor, 2024.

Este dispositivo desempenha um papel crucial na preservação do material genético de alta qualidade, proveniente de animais de alto valor genético ou que tenham falecido. Mantido a uma temperatura extremamente baixa de -196°C , o botijão assegura a viabilidade do sêmen por longos períodos, viabilizando o armazenamento por anos. Sua portabilidade e facilidade de acesso permitem que seja transportado e utilizado em diferentes locais conforme necessário, contribuindo significativamente para os avanços na reprodução bovina.

2.4 Diagnóstico de Gestação por Ultrassom

O diagnóstico gestacional em bovinos é essencial para a gestão reprodutiva eficiente do rebanho. Na prática veterinária, diferentes métodos são empregados para identificar a gestação em vacas, permitindo um acompanhamento preciso do ciclo reprodutivo e um planejamento adequado das atividades relacionadas à reprodução. Um dos métodos mais comuns é a ultrassonografia (US), que oferece a vantagem de detectar a gestação em estágios precoces, possibilitando intervenções oportunas e garantindo melhores resultados reprodutivos (MOREIRA *et al.*, 2022).

Na Imagem 3, observa-se a realização do diagnóstico gestacional por

ultrassom em uma vaca inseminada há 35 dias.

Imagem 3: Confirmação de prenhez por meio de diagnóstico de gestação utilizando ultrassom



Fonte: Próprio autor, 2024.

Para detectar a gestação em bovinos, existem diferentes métodos de diagnóstico. A palpação retal é comumente utilizada após os 45 dias de gestação, enquanto a ultrassonografia transretal permite identificar o líquido amniótico a partir dos 30 dias (GASPERIN *et al.*, 2017; DA SILVA, 2022). Vale ressaltar que as vacas possuem um ciclo estral peculiar, sendo a única espécie que ovula após o estro. Geralmente, a ovulação ocorre aproximadamente 10 a 11 horas após o fim do cio (BAZILO, 2018). Essa característica influencia o momento da inseminação, pois se uma vaca é identificada no cio pela manhã, a inseminação geralmente ocorre à tarde do mesmo dia. Se o cio é observado à tarde, a inseminação é realizada na manhã seguinte, com um intervalo aproximado de 12 horas.

2.5 Detecção de infecções uterinas

A detecção de infecções uterinas, como a endometrite e a metrite, é crucial para manter a saúde reprodutiva do rebanho bovino. Tais condições são frequentes

em vacas pós-parto, período em que estão mais suscetíveis a infecções bacterianas (PASCOTTINI, LEBLANC, 2020). A endometrite, marcada pela inflamação do endométrio, apresenta sintomas como descarga vaginal anormal, febre e redução na taxa de concepção. Seu tratamento inclui o uso de antibióticos, podendo ser administrados diretamente no útero ou via intramuscular, e em casos graves, pode exigir lavagem uterina (SHELDON *et al.*, 2019). Já a metrite, uma inflamação uterina, frequentemente associada a complicações no parto, retenção de placenta ou outros problemas de saúde, manifesta sintomas como febre, apatia, inapetência e descarga vaginal fétida. Seu tratamento envolve antibióticos e cuidados intensivos, incluindo administração de fluidos e suporte nutricional (PAIANO *et al.*, 2021).

Essas infecções representam sérios riscos para a fertilidade do animal, resultando em prejuízos econômicos consideráveis na produção de gado leiteiro e de corte. Portanto, a identificação precoce e o tratamento eficaz dessas condições são essenciais para garantir a saúde dos animais e maximizar a eficiência reprodutiva (PASCOTTINI, LEBLANC, 2020).

Embora o ultrassom seja uma ferramenta valiosa para diagnosticar uma variedade de condições de saúde, incluindo problemas no sistema reprodutivo dos animais, algumas infecções uterinas, como a endometrite e a metrite, podem não ser facilmente identificadas por esse método. Isso se deve ao fato de que essas infecções muitas vezes afetam as camadas internas do útero, como o endométrio, não produzindo mudanças estruturais visíveis na superfície uterina que possam ser detectadas pelo ultrassom. Assim, o Metrichick é uma ferramenta que permite a avaliação direta das secreções uterinas, o que pode fornecer evidências mais precisas da presença de uma infecção (VOIGT *et al.*, 2023).

Na Imagem 4 abaixo, é apresentada a utilização do Metrichick para identificação de infecções uterinas.

Imagem 4: Identificação de infecção vaginal através do metricheck



Fonte: Próprio Autor, 2024.

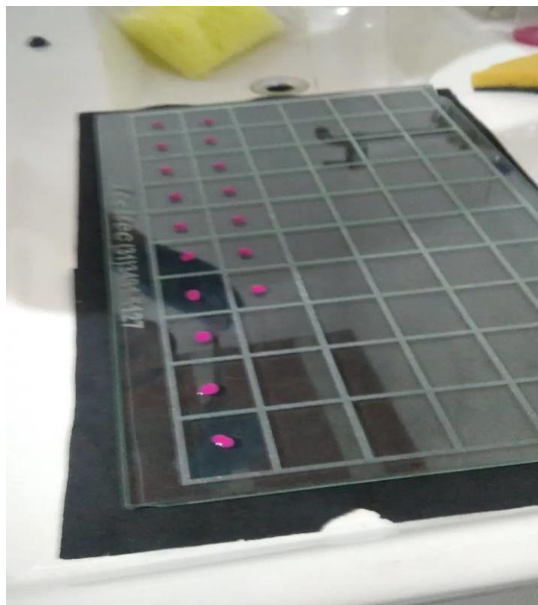
Essa técnica envolve a inserção cuidadosa de um dispositivo no útero do animal, permitindo a coleta e avaliação das secreções em busca de sinais de inflamação ou infecção. O dispositivo é projetado para alcançar o interior do órgão, onde as amostras são coletadas e examinadas visualmente quanto a qualquer anormalidade, como presença de pus, odor fétido ou alterações na cor e consistência. Essa avaliação direta das secreções fornece informações valiosas para o diagnóstico e tratamento de condições como endometrite e metrite, contribuindo para a saúde reprodutiva do animal (VOIGT *et al.*, 2023).

2.6 Diagnósticos sanitários

A empresa oferece serviços de diagnóstico para brucelose e tuberculose em

bovinos. A brucelose bovina, causada pela bactéria *Brucella abortus*, é uma doença infecciosa que pode resultar em abortos, infertilidade e perdas econômicas substanciais na produção de gado (BARBUDDHE *et al.*, 2020). Portanto, a detecção e o controle eficazes da brucelose são fundamentais para garantir a saúde do rebanho e a segurança alimentar. A Imagem 5 ilustra o processo de realização do exame de brucelose.

Imagem 5: Realização do exame de brucelose



Fonte: Próprio Autor, 2024.

O processo de diagnóstico da brucelose compreende a extração de sangue da vaca, seguida pela combinação desse sangue com os antígenos da bactéria *Brucella* em uma placa específica. Utilizando uma pipeta, o antígeno é cuidadosamente aspirado e aplicado na placa, seguido pela adição do soro sanguíneo. Após 5 minutos de agitação, os anticorpos presentes no sangue do animal têm a oportunidade de se ligar aos antígenos da *Brucella*. Em seguida, é introduzido o complemento, uma proteína que se fixa apenas na ausência de anticorpos anti-*Brucella*. A detecção destes anticorpos impede a fixação do complemento, indicando uma reação positiva para a presença da doença.

É importante enfatizar que a brucelose é uma enfermidade de notificação

obrigatória em diversos países. Isso implica que, ao ser diagnosticado com brucelose, as autoridades veterinárias devem ser imediatamente notificadas para que medidas de controle, como isolamento, rastreamento e eliminação de animais infectados, possam ser adotadas. Além disso, a vacinação de bovinos contra a brucelose é uma prática comum em várias regiões como medida preventiva para conter a disseminação da doença (HAYASHI *et al.*, 2020).

3. AUTOAVALIAÇÃO

O estágio foi uma etapa fundamental no meu desenvolvimento profissional, proporcionando uma ampliação significativa dos meus conhecimentos e uma valiosa experiência prática. Durante esse período, pude me dedicar a áreas que me interessam profundamente, como reprodução animal, onde realizei uma variedade de serviços, incluindo diagnóstico gestacional, inseminação artificial em tempo fixo, aplicação de protocolos hormonais, além de exames de brucelose e tuberculose. Também adquiri habilidades no manejo gerencial de fazendas, desde a organização até questões sanitárias e reprodutivas. Aprendi sobre a importância da alimentação do rebanho, desde o cultivo dos alimentos até a preparação da silagem, incluindo técnicas de pulverização e o momento ideal para o corte. O estágio supervisionado não apenas enriqueceu meu conhecimento prático, mas também fortaleceu minha confiança profissional.



4 REVISÃO DE LITERATURA

O artigo foi redigido conforme as normas da Revista Científica Pro Homine, ISSN 2675-6668.

FISIOLOGIA DA REPRODUÇÃO E INSEMINAÇÃO ARTIFICIAL EM TEMPO FIXO DE BOVINOS

PHYSIOLOGY OF REPRODUCTION AND FIXED-TIME ARTIFICIAL INSEMINATION OF CATTLE

Moisés Oliveira Melo¹, Ivam Moreira de Oliveira Junior²

¹ Estudante de Medicina Veterinária, Unilavras, Lavras – MG, Brasil

² Docente, Unilavras, Lavras – MG, Brasil

RESUMO

A produção e exportação de carne bovina e o comércio de embriões bovinos produzidos *in vitro* desempenham um papel fundamental na economia brasileira. O desempenho reprodutivo e o avanço genético do rebanho estão intrinsecamente ligados a esses setores, e a inseminação artificial, especialmente a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), surge como uma tecnologia essencial para aumentar a eficiência reprodutiva em bovinos. O objetivo deste estudo foi explorar aspectos relacionados à fisiologia da reprodução de bovinos e à aplicação da IATF, por meio de uma revisão bibliográfica. O ciclo estral dos bovinos foi identificado como composto por quatro fases distintas: proestro, estro, metaestro e diestro. Cada ciclo pode apresentar 2 ou 3 ondas de desenvolvimento folicular. A inseminação artificial convencional depende da detecção natural do estro, que é o período de receptividade sexual da fêmea. Em contrapartida, a IATF é uma técnica que, por meio de protocolos hormonais, busca um controle mais eficiente do ciclo estral ao sincronizar as ondas foliculares e a ovulação, dispensando a necessidade de detecção do estro. Ambas as estratégias, inseminação artificial convencional e IATF, são abordagens eficazes no manejo reprodutivo de bovinos.

Palavras-chave: Reprodução. Ciclo Estral. Bovinos. Inseminação Artificial.



ABSTRACT

The production and export of beef and the trade of bovine embryos produced in vitro play a fundamental role in the Brazilian economy. The reproductive performance and genetic advancement of the herd are intrinsically linked to these sectors, and artificial insemination, especially fixed-time artificial insemination (FTAI), emerges as an essential technology to increase reproductive efficiency in cattle. The objective of this study was to explore aspects related to the physiology of bovine reproduction and the application of IATF, through a literature review. The bovine estrous cycle was identified as being composed of four distinct phases: proestrus, estrus, metestrus and diestrus. Each cycle may present 2 or 3 waves of follicular development. Conventional artificial insemination depends on the natural detection of estrus, which is the female's period of sexual receptivity. On the other hand, TAI is a technique that, through hormonal protocols, seeks more efficient control of the estrous cycle by synchronizing follicular waves and ovulation, eliminating the need for estrus detection. Both strategies, conventional artificial insemination and TAI, are effective approaches in the reproductive management of cattle.

Keywords: Reproduction. Estrous Cycle. Cattle. Insemination, Artificial.



Introdução

O segmento brasileiro de carne tem demonstrado desempenho positivo ao longo das últimas décadas. O Brasil assume posição de destaque tanto na produção de carne bovina, assumindo a segunda posição em 2018 (15,75%), quanto na exportação, sendo o maior exportador de carne bovina do mundo (19,89%, em 2018) (FERREIRA; FILHO, 2019). Além disso, o Brasil ocupa a posição de maior produtor de embriões bovinos gerados *in vitro* (VIANA; FIGUEIREDO; SIQUEIRA, 2017), com crescimento de 13% em 2014 para 29% em 2015 na proporção de embriões *in vitro* no Brasil (SARTORI *et al.*, 2016).

A eficiência produtiva na criação de bovinos está intrinsecamente ligada ao desempenho reprodutivo eficaz e ao progresso genético do rebanho, aspectos que podem ser moldados por meio da aplicação adequada de biotecnologias (BARUSELLI *et al.*, 2017). Nesse sentido, a inseminação artificial surge como uma das mais importantes tecnologias de reprodução assistida em bovinos (VISHWANATH, 2003). A inseminação artificial convencional, assim como a inseminação artificial em tempo fixo (IATF), são técnicas que podem ser empregadas com o intuito de aprimorar a eficiência produtiva e a qualidade genética de bovinos (TAPONEN, 2009).

Considerando o exposto, o objetivo deste estudo consistiu em explorar, por meio de uma revisão bibliográfica, aspectos relacionados à fisiologia da reprodução de bovinos e à aplicação da IATF.

Ciclo estral em bovinos

O ciclo estral tem, em média, a duração de 20 dias em novilhas, enquanto em vacas adultas, na maioria das vezes, varia entre 21 e 22 dias. Este é dividido em quatro fases, cada uma com características comportamentais e estruturais distintas nos órgãos genitais internos e externos: proestro, estro, metaestro e diestro. No proestro, fase inicial, há aumento do folículo ovariano, regressão do corpo lúteo,



alterações no muco vaginal e vascularização da genitália, e diminuição da progesterona, impulsionadas pela secreção de estrógeno. O estro, período de receptividade sexual, dura cerca de 18 horas e ocorre pouco antes da ovulação, com baixa progesterona e aumento de LH. No metaestro, que dura de 3 a 5 dias após o estro, ocorre a formação do corpo lúteo e mudanças no útero e genitália externa. O diestro é a fase de inatividade antes do próximo ciclo, durando cerca de 12 dias, com presença do corpo lúteo, redução do tamanho das tubas uterinas, útero e vagina, e aumento da progesterona (FAILS, MAGEE, 2019; HASBI, GUSTINA, 2020).

Fisiologia do ciclo estral em bovinos

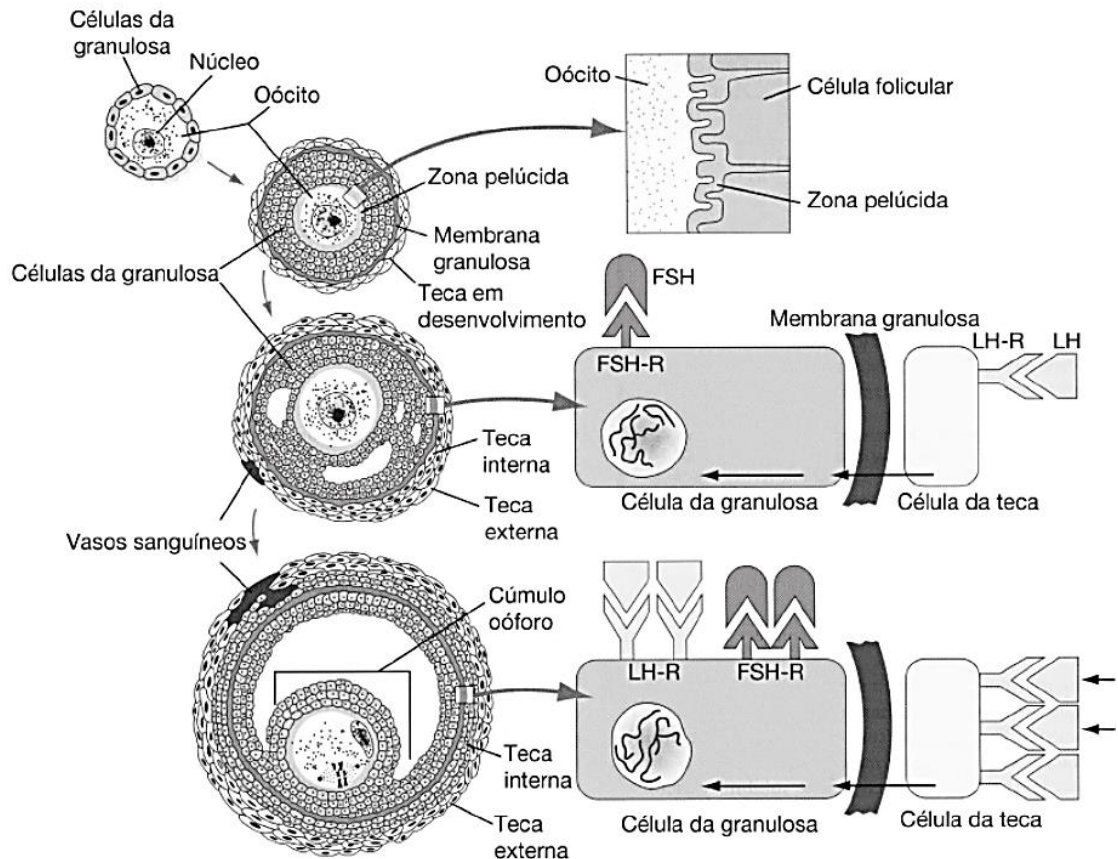
O folículo ovariano, uma unidade funcional do ovário, aloja o oócito e é circundado por camadas de células foliculares, podendo ou não apresentar uma cavidade antral. A presença ou ausência dessa cavidade diferencia o estágio de desenvolvimento do folículo, classificando-o como pré-antral ou antral (LANDIM-ALVARENGA, 2022).

Os folículos pré-antrais são subdivididos em folículos primordiais, primários e secundários (FORTUNE, 2003). Nos folículos primordiais, o oócito imaturo está envolvido por uma única camada de células pré-granulosas achatadas. A transição para o folículo primário ocorre com a proliferação e diferenciação dessas células em granulosa, passando de achatadas a cuboidais. Os folículos secundários são caracterizados pela presença de duas ou mais camadas de células da granulosa ao redor do oócito (AERTS, BOLS, 2010), além do desenvolvimento de receptores específicos para os hormônios folículo-estimulante (FSH) e luteinizante (LH) (FAILS, MAGEE, 2019).

A categoria dos folículos antrais inclui os folículos terciários e os de De Graaf ou pré-ovulatórios (HAFEZ, HAFEZ, 2000). Esses folículos são caracterizados pela presença de um oócito envolto por células do cumulus, células da teca e células da granulosa, além de uma cavidade antral preenchida com líquido folicular (HENNET, COMBELLES, 2012) e um aumento nos receptores para FSH e LH (FAILS, MAGEE,

2019). A Figura 1 apresenta o crescimento e a maturação de um folículo primário, secundário e terciário.

Figura 1 - Crescimento e maturação de um folículo primário, um folículo secundário e um folículo terciário.

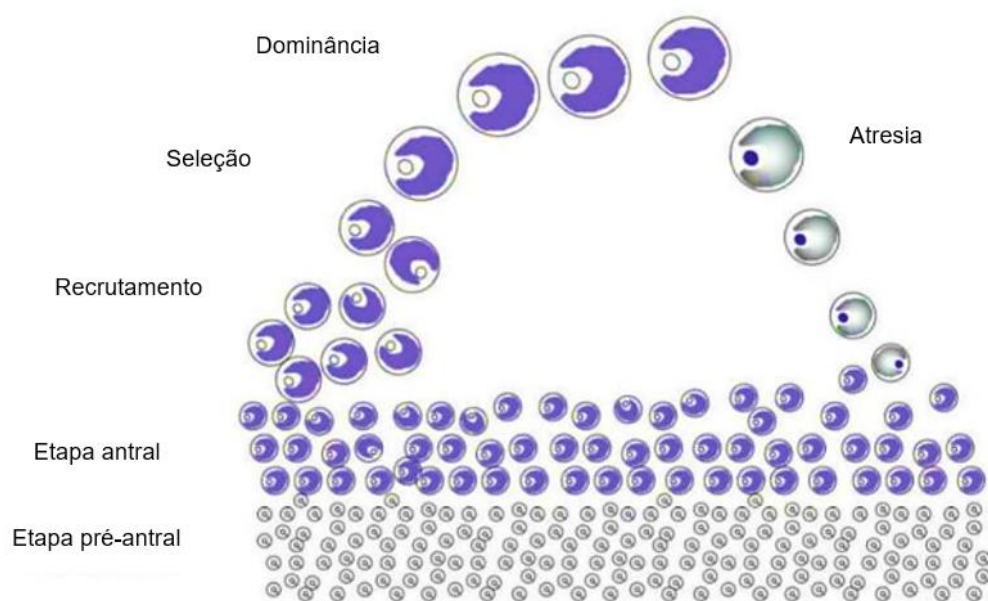


Fonte: Fails e Magee (2019).

O crescimento folicular no estágio antral (Figura 2) é caracterizado por diferentes fases de atividade folicular em um processo ondulatório regulado por hormônios, tipicamente ocorrendo em 2 ou 3 ondas foliculares (JAISWAL *et al.*, 2009; NOSEIR, 2003). Durante este estágio, o aumento nos níveis do hormônio FSH promove o crescimento de vários folículos, normalmente cinco a seis, em um processo conhecido como recrutamento. Dentre esse grupo, um folículo é selecionado para crescimento contínuo e torna-se dominante. Este folículo dominante eleva as concentrações de estrógeno e inibina, diminuindo a concentração de FSH, o que leva à atresia dos folículos subordinados que dependem desse hormônio para seu desenvolvimento. Simultaneamente, o folículo

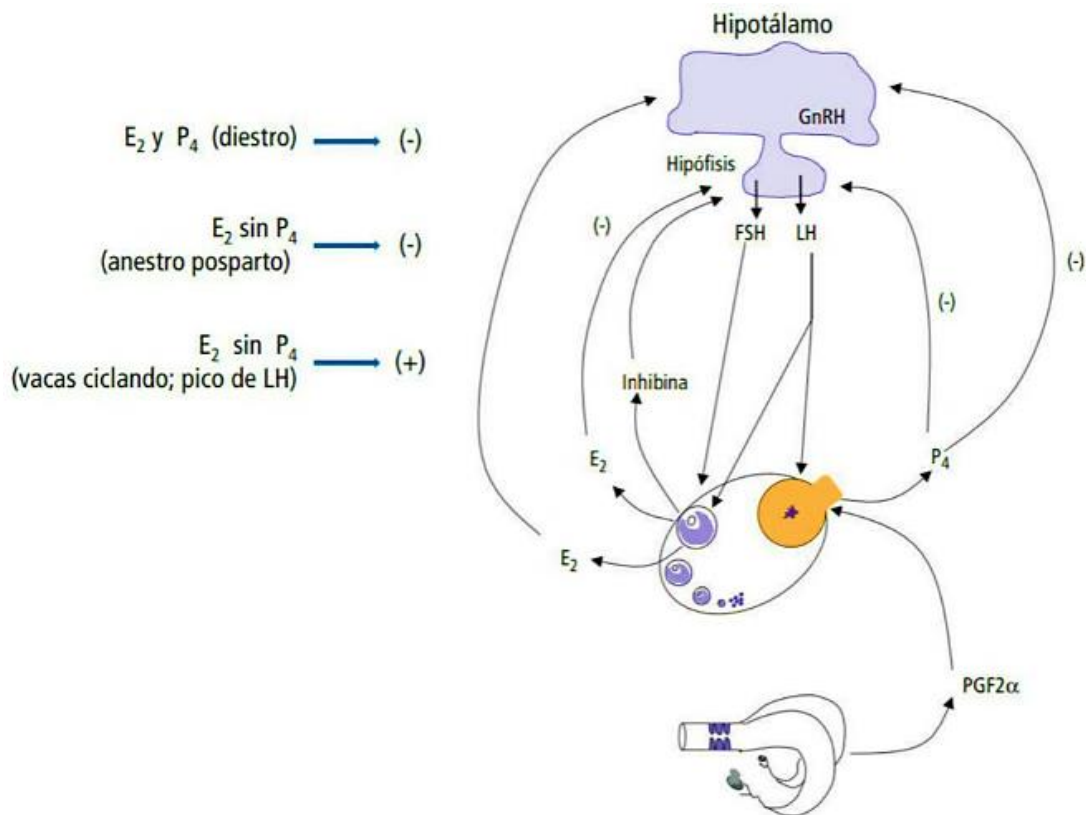
dominante continua seu crescimento estimulado pelo LH. O folículo dominante dura de quatro a seis dias e, se não ovular, sofre atresia. Após a atresia do folículo dominante, observa-se um novo aumento nas concentrações de FSH, iniciando-se uma nova onda folicular. Por outro lado, um folículo dominante viável torna-se ovulatório, evoluindo para o estabelecimento e manutenção da gestação (POHLER *et al.*, 2020; SILVA, 2022).

Figura 2 - Crescimento folicular no estágio antral.



Fonte: Adaptado de Silva (2022).

A regulação hormonal do ciclo estral em bovinos é iniciada pela secreção do hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH), que desencadeia a liberação de LH e estimula a produção de estrógeno pelo folículo dominante. O estrógeno então atinge o hipotálamo, aumentando a secreção de GnRH. Este, por sua vez, estimula uma maior liberação de LH, resultando em um aumento na produção de estrógeno. Esse ciclo de retroalimentação positiva (Figura 3) culmina em um pico de LH, que é responsável por estimular o folículo dominante (GOFF, 2022).

Figura 3 – Retroalimentação entre o hipotálamo, hipófise e o ovário.

Estimulada pela liberação de GnRH, a hipófise sintetiza e secreta LH e FSH. Durante a fase pré-púbere e o anestro pós-parto, os estrógenos inibem o GnRH, mas no proestro e estro, o estimulam. A progesterona, por sua vez, inibe o GnRH e reduz a resposta da hipófise. Os estrógenos e a inibina suprimem diretamente a secreção de FSH na hipófise.

Fonte: Galina *et al.* (1988 citado por Silva, 2022).

Em síntese, as funções ovarianas, que incluem o desenvolvimento do folículo, ovulação, luteinização e luteólise, são reguladas por uma complexa interação de hormônios endócrinos. O hipotálamo desempenha seu papel por meio do GnRH, enquanto a hipófise secreta FSH e LH. Os ovários contribuem para esse processo produzindo progesterona e estradiol. Além disso, o útero desempenha um papel importante na regulação, liberando a prostaglandina $F2\alpha$ (POHLER *et al.*, 2020). Na Tabela 1 está apresentada uma análise detalhada dos hormônios reprodutivos, sua fonte glandular e suas funções ao longo do ciclo estral.



Tabela 1 - Hormônios reprodutivos, sua origem nas glândulas endócrinas e suas funções ao longo do ciclo estral.

Hormônios	Glândula endócrina	Função do hormônio	Ação biológica no ciclo estral
		Inibir o estro	Inibir o estro
		Inibir a ovulação	Inibir a ovulação
Progesterona	Corpo lúteo	Preparar o animal para gestação	Induzir a ciclicidade
		Manter a gravidez	Rotatividade folicular dominante
Prostaglandina F _{2α}	Útero	Induzir a regressão lútea	Induzir regressão luteal prematura
Hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH)	Hipotálamo	Controlar a secreção de LH	Sincronizar onda folicular
		Induzir o aumento de gonadotrofina	Induzir a ovulação
Hormônio Folículo Estimulante (FSH)	Glândula Pituitária Anterior	Iniciar uma onda folicular	Superovulação
		Estimulado por GnRH	Sincronizar onda folicular
Hormônio Luteinizante (LH)	Glândula Pituitária Anterior	Induzir a ovulação	
		Promover maturação de ovócitos	Induzir a ovulação
		Formar o corpo lúteo	
		Comportamento de estro	Rotatividade folicular dominante
Estradiol	Folículo ovariano	Induzir o pico de gonadotrofina	
		Transporte de esperma	Comportamento de estro

Fonte: Adaptado de Pohler *et al.* (2020).



Inseminação artificial em tempo fixo

A inseminação artificial é uma técnica de reprodução assistida utilizada com o objetivo de melhorar a eficiência produtiva e a qualidade genética de bovinos, com base em princípios de simplicidade, economia e sucesso (VISHWANATH, 2003). Envolve procedimentos que incluem a coleta, preservação e introdução sincronizada do sêmen no trato reprodutivo da fêmea, após a detecção do estro. É importante destacar que a avaliação da fertilidade dos machos reprodutores leva em consideração diversas características, que devem ser avaliadas em conjunto para obter uma compreensão abrangente da qualidade do sêmen, como: concentração, motilidade e morfologia dos espermatozoides (FAILS; MAGEE, 2019).

A inseminação artificial possui diferentes vantagens em relação à monta natural, como a seleção de touros geneticamente melhorados, um controle sanitário mais eficiente, o planejamento do manejo reprodutivo e a redução dos custos de manutenção de touros. Entretanto, é importante destacar que a identificação do cio pode apresentar falhas, diminuindo a eficiência reprodutiva do rebanho (SILVA; MELLO; PALHANO, 2021).

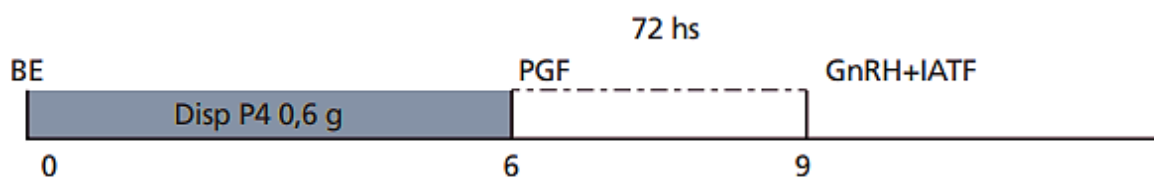
Nesse sentido, com o intuito de simplificar a utilização da inseminação artificial convencional foram desenvolvidos protocolos de IATF. Esses protocolos possibilitam a aplicação da inseminação artificial em dias pré-determinados, eliminando a necessidade de detecção de estro, resultando em elevadas taxas de prenhez e melhor desempenho reprodutivo (BARUSELLI *et al.*, 2019; COLAZO; MAPLETOFT, 2014). Detalhadamente, a IATF visa um melhor controle do ciclo estral por meio da sincronização das ondas foliculares e da ovulação, dispensando a detecção do estro (KASIMANICKAM, 2021).

Diferentes abordagens hormonais já foram estabelecidas com o objetivo de coordenar o estro, buscando simplificar e reduzir o tempo necessário para identificar o cio (TAPONEN, 2009). Os protocolos iniciais utilizavam prostaglandinas F2 α para promover a regressão do corpo lúteo. No entanto, ao identificar que o desenvolvimento folicular em bovinos segue padrões ondulatórios, surgiu a ideia de controlar as ondas foliculares (LAMB *et al.*, 2010). Os dois tipos de protocolos de

IATF atualmente utilizados em bovinos são: protocolos baseados em estradiol e GnRH, ambos combinados com dispositivos de liberação de progesterona e prostaglandina F2 α (BÓ *et al.*, 2018).

Os tratamentos com estradiol e progesterona envolvem a inserção de um dispositivo liberador de progesterona e a administração de 2 mg de benzoato de estradiol em dias aleatórios do ciclo. Posteriormente, a prostaglandina F2 α é administrada no momento da remoção do dispositivo de progesterona, assegurando a luteólise. GnRH ou LH são administrados 54 horas mais tarde, ou 0,5 ou 1 mg de cipionato de estradiol é aplicado no momento da remoção do dispositivo de progesterona para sincronizar a ovulação (Figura 4) (BÓ *et al.*, 2018).

Figura 4 – Inseminação artificial em tempo fixo com protocolos baseados em estradiol.



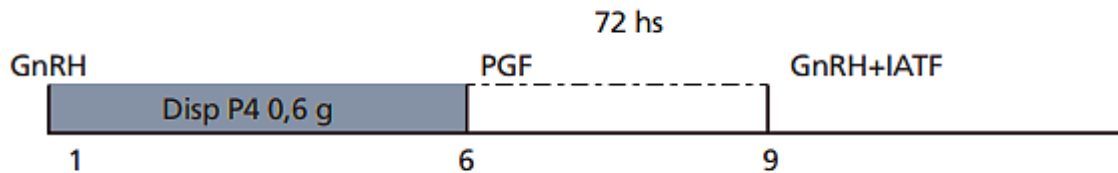
Um dispositivo intravaginal impregnado com progesterona (0,6 g) foi colocado e 2 mg de benzoato de estradiol foram administrados por via intramuscular no Dia 0. No Dia 6, os dispositivos foram removidos e todas as novilhas receberam 150 μ g de prostaglandina. A inseminação artificial em tempo fixo foi realizada 72 horas após a administração de prostaglandina (Dia 9) e ao mesmo tempo foram aplicados 10,5 μ g de GnRH em todos os animais.

Fonte: Mata e Bo (2012).

Entre os tratamentos à base de GnRH, o protocolo amplamente utilizado é conhecido como Co-Synch. Este protocolo envolve a administração de GnRH durante a IATF para sincronizar a ovulação. Nesse esquema, o GnRH é aplicado duas vezes com um intervalo de 9 a 10 dias. Na fase inicial do protocolo, a primeira dose de GnRH é administrada para induzir a ovulação, aguardando-se aproximadamente 2 dias para o surgimento de uma nova onda folicular. A aplicação de prostaglandinas ocorre 6 ou 7 dias após, promovendo a regressão do tecido lúteo. Após o tratamento com prostaglandina, uma segunda dose de GnRH é administrada para sincronizar o pico de LH e a ovulação, permitindo a realização da IATF de 0 a 24 horas depois (Figura 5) (MARTÍNEZ *et al.*, 2002).



Figura 5 - Inseminação artificial em tempo fixo com protocolos baseados em GNRH.



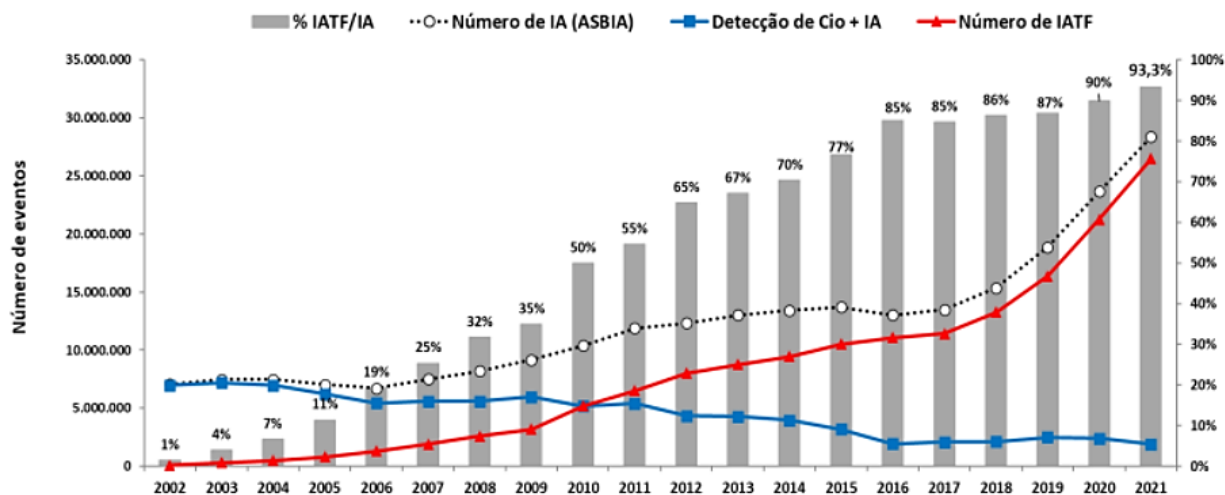
No Dia 1, as novilhas receberam um dispositivo de progesterona juntamente com a administração de 10,5 µg de GnRH intramuscular. No Dia 6, os dispositivos foram removidos e todas as novilhas receberam 150 µg de prostaglandina. A inseminação artificial em tempo fixo foi realizada 72 horas após a administração de prostaglandina (Dia 9) e ao mesmo tempo foram aplicados 10,5 µg de GnRH em todos os animais.

Fonte: Mata e Bo (2012).

Ressaltando a diferença entre os dois protocolos, os tratamentos iniciais com estradiol e progesterona têm como objetivo suprimir as concentrações circulantes de LH e FSH, promovendo a regressão dos folículos na onda folicular atual. Ao contrário do GnRH, o qual é utilizado no início do protocolo para induzir um pico de LH, promovendo a ovulação de um folículo dominante e iniciando assim uma nova onda folicular sincronizada. Apesar de diferenças nos protocolos, ambos são efetivos em relação a taxa de prenhez por IATF (MELO *et al.*, 2016), de modo que a determinação do protocolo a ser seguido depende apenas da capacidade de gerenciamento e expectativas do produtor (ISLAM, 2011).

É válido ressaltar que devido à efetividade dos protocolos de IATF, atualmente, a maior parte das inseminações no Brasil são realizadas por meio da IATF, o que tem demonstrado um aumento na produtividade quando comparado à monta natural (Figura 6) (BARUSELLI *et al.*, 2019).

Figura 6 - Número de inseminações artificiais efetuadas, número de IATF realizadas e proporção de IATF em relação ao número de inseminações efetuadas no Brasil de 2002 a 2021.



Fonte: Baruselli (2022).

Fatores que podem influenciar a inseminação artificial

As questões de saúde reprodutiva têm impacto direto no desempenho reprodutivo das vacas (ABDISA, 2018), influenciando diretamente a produtividade ou resultando na redução da eficiência reprodutiva e na diminuição do tempo esperado de vida produtiva das vacas (HOSSEIN-ZADEH, 2013). De acordo com Santos et al. (2010) as doenças reprodutivas mais comuns e suas incidências são: endometrite clínica (20,8%), metrite (16,1%) e problemas no parto (14,6%).

A endometrite destaca-se como uma das enfermidades mais significativas e impactantes no desempenho reprodutivo das vacas, diminuindo a rentabilidade do rebanho de forma considerável (ADNANE *et al.*, 2017). A taxa de concepção de vacas com endometrite é significativamente menor nas inseminações artificiais, de modo que as vacas acometidas pela patologia tem 1,8 menos chance de ficar gestante no momento da inseminação, em detrimento daquelas sem a doença (PASCOTTINI *et al.*, 2017).

Outra condição patológica que pode ter impacto na inseminação artificial é a metrite, uma doença aguda de grande relevância. A metrite é caracterizada por febre e sinais de toxemia, decorrentes de uma infecção uterina que se desenvolve nos



primeiros 21 dias após o parto (HAIMERL; HEUWIESER, 2014). Além dos sintomas clínicos, as vacas também manifestam mudanças na alimentação e no comportamento social (NEAVE *et al.*, 2018). Essa condição pode prejudicar significativamente o desempenho reprodutivo das vacas, uma vez que aquelas com metrite puerperal têm menor probabilidade de concepção e levam mais tempo para engravidar (GIULIODORI *et al.*, 2013).

Considerando as patologias mencionadas, a redução da eficiência reprodutiva ocorre devido à correlação entre doenças inflamatórias no útero e alterações na motilidade e função dos espermatozoides, juntamente com um aumento na fagocitose espermática. Além disso, esse ambiente inflamatório cria obstáculos para que os zigotos alcancem o estágio de blastocisto após a fecundação. Esses fatores tendem a comprometer o desempenho reprodutivo, evidenciado pela diminuição da concepção e do índice de prenhez no primeiro período reprodutivo, ao mesmo tempo em que aumenta o risco de abate reprodutivo (GILBERT, 2012).

Por fim, é relevante mencionar que doenças extrauterinas também podem influenciar na inseminação artificial. A mastite, doença da glândula mamária causada por diversos patógenos, como bactérias, vírus, fungos e algas, pode impactar negativamente a eficiência reprodutiva em bovinos, resultando em uma diminuição na porcentagem de gravidez na primeira inseminação artificial, bem como no aumento dos dias abertos e na ocorrência de perda de gravidez, quando comparado com vacas não afetadas pela doença (DALANEZI *et al.*, 2020).

O mecanismo pelo qual a ativação extrauterina das respostas imune e inflamatória leva à perda embrionária não está totalmente esclarecido. Acredita-se que o baixo desempenho reprodutivo em vacas afetadas por mastite pode ser atribuído ao aumento da concentração de citocinas, que pode resultar em perda embrionária devido à hipertermia. A elevação da temperatura bloqueia a maturação do oócito e o desenvolvimento embrionário, exercendo efeitos tóxicos sobre o corpo lúteo, reduzindo a proliferação de células endometriais, alterando a função uterina e interferindo no eixo hipotálamo-hipófise nos animais (HANSEN; SOTO; NATZKE, 2004).



Conclusão

O ciclo estral das vacas é um processo complexo que pode ser subdividido em quatro fases distintas: proestro, estro, metaestro e diestro. Durante cada ciclo estral, ocorrem ondas de crescimento folicular, geralmente apresentando 2 ou 3 ondas foliculares. Esses folículos passam por estágios de desenvolvimento, desde a fase pré-antral até atingirem o estágio de folículo terciário, culminando com a ovulação do ovócito maduro.

O conhecimento detalhado do ciclo estral e das fases do desenvolvimento folicular é crucial para o sucesso da inseminação artificial, seja na abordagem convencional ou na IATF. Na inseminação artificial convencional, a identificação natural do momento em que a fêmea expressa o estro é fundamental, seguida pela inseminação individual. Em contrapartida, a IATF utiliza protocolos hormonais para sincronizar o estro em um grupo de fêmeas, permitindo a realização da inseminação em datas predefinidas, eliminando a necessidade de observação do estro. Essa compreensão profunda do ciclo estral contribui para a eficácia e o manejo reprodutivo eficiente do rebanho bovino.



REFERÊNCIAS

ABDISA, Tagesu. Review on the Reproductive Health Problem of Dairy Cattle. **Journal of Dairy & Veterinary Sciences**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2018. DOI: 10.19080/JDVS.2018.05.555655. Disponível em: <https://juniperpublishers.com/jdvs/JDVS.MS.ID.555655.php>.

ADNANE, Mounir; KSIDI, Rachid; HANZEN, Christian; ENGLAND, Gary C. W. Risk factors of clinical and subclinical endometritis in cattle: a review. **Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences**, [S. l.], v. 41, n. 1, p. 1–11, 2017. DOI: 10.3906/vet-1603-63. Disponível em: <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol41/iss1/1>.

AERTS, JMJ; BOLS, PEJ. Ovarian Follicular Dynamics: A Review with Emphasis on the Bovine Species. Part I: Folliculogenesis and Pre-antral Follicle Development. **Reproduction in Domestic Animals**, [S. l.], v. 45, n. 1, p. 171–179, 2010. DOI: 10.1111/j.1439-0531.2008.01302.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0531.2008.01302.x>.

BARUSELLI, P. S.; FERREIRA, R. M.; COLLI, M. H. A.; ELLIFF, F. M.; SÁ_FILHO, M. F.; VIEIRA, L.; FREITAS, B. G. Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Animal Reproduction**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 558–571, 2017. DOI: 10.21451/1984-3143-AR999. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v14/v14n3/p558-571 \(AR999\) SBTE.pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v14/v14n3/p558-571 (AR999) SBTE.pdf).

BARUSELLI, Pietro S. IATF bate mais um recorde e supera 26 milhões de procedimentos em 2021 (Mercado cresce 25% em 2021 e atinge 93% das inseminações efetuadas no Brasil). **Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP**, 6ª ed, 2022. Disponível em: <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>.

BARUSELLI, Pietro Sampaio; CATUSSI, Bruna Lima Chechin; ABREU, Laís Ângelo De; ELLIFF, Flavia Morag; SILVA, Laísa Garcia Da; BATISTA, Emiliana Santana; CREPALDI, Gabriel Armond. Evolução e perspectivas da inseminação artificial em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, [S. l.], v. 43, n. 2, p. 308–314, 2019. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002956240>.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Animal**, [S. l.], v. 8, n. s1, p. 144–150, 2014. DOI: 10.1017/S1751731114000822. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751731114000822>.

BÓ, Gabriel A.; HUGUENINE, Emilio; MATA, José Javier de La; NÚÑEZ-OLIVERA, Richard; BARUSELLI, Pietro S.; MENCHACA, Alejo. Programs for fixed-time artificial insemination in South American beef cattle. **Animal Reproduction**, [S. l.], v. 15, n. Suppl. 1, p. 952–962, 2018. DOI: 10.21451/1984-3143-AR2018-0025. Disponível



em: <http://www.animal-reproduction.org/article/doi/10.21451/1984-3143-AR2018-0025>.

COLAZO, Marcos G.; MAPLETOFT, Reuben J. A review of current timed-AI (TAI) programs for beef and dairy cattle. **The Canadian Veterinary Journal**, [S. l.], v. 55, n. 8, p. 772–780, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4095965/>.

DALANEZI, F. M.; JOAQUIM, S. F.; GUIMARÃES, F. F.; GUERRA, S. T.; LOPES, B. C.; SCHMIDT, E. M. S.; CERRI, R. L. A.; LANGONI, H. Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 103, n. 4, p. 3648–3655, 2020. DOI: 10.3168/jds.2019-16841. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030220301144>.

FAILS, Anna Dee; MAGEE, Christianne. **Anatomia e fisiologia dos animais de produção**. 8. ed. Christianne Magee: Guanabara Koogan, 2019. 396 p.

FERREIRA, Marcelo Dias Paes; FILHO, José Eustáquio Ribeiro Vieira. **Texto para discussão**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2019. 50 p. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9285/1/TD_2479.PDF.

FORTUNE, J. E. The early stages of follicular development: activation of primordial follicles and growth of preantral follicles. **Animal Reproduction Science**, [S. l.], v. 78, n. 3–4, p. 135–163, 2003. DOI: 10.1016/S0378-4320(03)00088-5. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378432003000885>.

GILBERT, Robert O. The effects of endometritis on the establishment of pregnancy in cattle. **Reproduction, Fertility and Development**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 252–257, 2012. DOI: 10.1071/RD11915. Disponível em: <http://www.publish.csiro.au/?paper=RD11915>.

GIULIODORI, M. J.; MAGNASCO, R. P.; BECU-VILLALOBOS, D.; LACAU-MENGIDO, I. M.; RISCO, C. A.; DE LA SOTA, R. L. Metritis in dairy cows: Risk factors and reproductive performance. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 96, n. 6, p. 3621–3631, 2013. DOI: 10.3168/jds.2012-5922. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030213002348>.

GOFF, Jesse P. Sistema endócrino. *In*: REECE, William O. (org.). **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 13. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022. p. 598–635.

HAFEZ, B.; HAFEZ, E. S. Anatomy of Female Reproduction. *In*: **Reproduction in Farm Animals**. 7. ed. United States: Wiley, 2000. p. 13–29. DOI: 10.1002/9781119265306.ch2. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119265306.ch2>.



HAIMERL, P.; HEUWIESER, W. Invited review: Antibiotic treatment of metritis in dairy cows: A systematic approach. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 97, n. 11, p. 6649–6661, 2014. DOI: 10.3168/jds.2014-8462. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030214006237>.

HANSEN, Peter J.; SOTO, Paolete; NATZKE, Roger P. Mastitis and Fertility in Cattle – Possible Involvement of Inflammation or Immune Activation in Embryonic Mortality*. **American Journal of Reproductive Immunology**, [S. l.], v. 51, n. 4, p. 294–301, 2004. DOI: 10.1111/j.1600-0897.2004.00160.x. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0897.2004.00160.x>.

HASBI, Hasbi; GUSTINA, Sri. Review: Comparative of monitoring estrus cycle in livestock: Hormonal features and ultrasound. **Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan**, [S. l.], v. 30, n. 1, p. 10–18, 2020. DOI: 10.21776/ub.jiip.2020.030.01.02. Disponível em: <https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/665>.

HENNET, Margo I.; COMBELLES, Catherine M. H. The antral follicle: a microenvironment for oocyte differentiation. **The International Journal of Developmental Biology**, [S. l.], v. 56, n. 10-11-12, p. 819–831, 2012. DOI: 10.1387/ijdb.120133cc. Disponível em: <http://www.intjdevbiol.com/paper.php?doi=120133cc>.

HOSSEIN-ZADEH, N. Ghavi. Effects of main reproductive and health problems on the performance of dairy cows: a review. **Spanish Journal of Agricultural Research**, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 718–735, 2013. DOI: 10.5424/sjar/2013113-4140. Disponível em: <http://revistas.inia.es/index.php/sjar/article/view/4140>.

ISLAM, R. Synchronization of Estrus in Cattle: A Review. **Veterinary World**, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 136–141, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rafiqul-Islam-9/publication/49616847_Synchronization_of_Estrus_in_Cattle_A_Review/links/09e4150d1e60a42e2e000000/Synchronization-of-Estrus-in-Cattle-A-Review.pdf.

JAISWAL, R. S.; SINGH, J.; MARSHALL, L.; ADAMS, G. P. Repeatability of 2-wave and 3-wave patterns of ovarian follicular development during the bovine estrous cycle. **Theriogenology**, [S. l.], v. 72, n. 1, p. 81–90, 2009. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2009.02.014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093691X09000892>.

KASIMANICKAM, Ram. Pharmacological Intervention of Estrous Cycles. In: **Bovine Reproduction**. United States: Wiley, 2021. p. 458–470. DOI: 10.1002/9781119602484.ch37. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119602484.ch37>.

LAMB, G. C.; DAHLEN, C. R.; LARSON, J. E.; MARQUEZINI, G.; STEVENSON, J. S. Control of the estrous cycle to improve fertility for fixed-time artificial insemination in beef cattle: A review¹. **Journal of Animal Science**, [S. l.], v. 88, n. suppl_13, p.



E181–E192, 2010. DOI: 10.2527/jas.2009-2349. Disponível em: https://academic.oup.com/jas/article/88/suppl_13/E181-E192/4779769.

LANDIM-ALVARENGA, Fernanda da Cruz. Fecundação e clivagem. In: PRESTES, Nereu Carlos; LANDIM-ALVARENGA, Fernanda da Cruz (org.). **Obsterícia Veterinária**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022. p. 1–16.

MARTÍNEZ, Marcelo F.; KASTELIC, John P.; ADAMS, Gregg P.; COOK, Byrne; OLSON, Walter O.; MAPLETOFT, Reuben J. The use of progestins in regimens for fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Theriogenology**, [S. l.], v. 57, n. 3, p. 1049–1059, 2002. DOI: 10.1016/S0093-691X(01)00682-3. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093691X01006823>.

MATA, José Javier de La; BO, Gabriel A. Sincronización de celos y ovulación utilizando protocolos con benzoato de estradiol y GnRH en períodos reducidos de inserción de un dispositivo con progesterona en vaquillonas para carne. **Taurus**, [S. l.], v. 14, n. 55, p. 17–23, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-De-La-Mata/publication/286005017_Estrus_synchronization_and_ovulation_using_protocols_with_estradiol_benzoate_and_GnRH_and_reduced_periods_of_insertion_of_a_progesterone_releasing_device_in_beef_heifers/links/5786432508ae36ad40a687c7/Estrus-synchronization-and-ovulation-using-protocols-with-estradiol-benzoate-and-GnRH-and-reduced-periods-of-insertion-of-a-progesterone-releasing-device-in-beef-heifers.pdf?_sg%5B0%5D=started_experiment_milestone&origin=journalDetail&_rtd=e30%3D.

MELO, L. F.; MONTEIRO, P. L. J.; SURJUS, R. S.; DRUM, J. N.; WILTBANK, M. C.; SARTORI, R. Progesterone-based fixed-time artificial insemination protocols for dairy cows: Gonadotropin-releasing hormone versus estradiol benzoate at initiation and estradiol cypionate versus estradiol benzoate at the end. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 99, n. 11, p. 9227–9237, 2016. DOI: 10.3168/jds.2016-11220. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216305690>.

MOHAMMED, Ahmed. Artificial Insemination and its Economical Significancy in Dairy Cattle: Review. **International Journal of Research Studies in Microbiology and Biotechnology**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 30–43, 2018. DOI: 10.20431/2454-9428.0401005. Disponível em: <https://www.arcjournals.org/pdfs/ijrsmb/v4-i1/5.pdf>.

NEAVE, H. W.; LOMB, J.; WEARY, D. M.; LEBLANC, S. J.; HUZZEY, J. M.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Behavioral changes before metritis diagnosis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 101, n. 5, p. 4388–4399, 2018. DOI: 10.3168/jds.2017-13078. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030218301425>.

NOSEIR, Wael MB. Ovarian follicular activity and hormonal profile during estrous cycle in cows: the development of 2 versus 3 waves. **Reprod Biol Endocrinol**, [S. l.],



v. 1, n. 50, 2003. DOI: 10.1186/1477-7827-1-50. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/1477-7827-1-50>.

PASCOTTINI, O. Bogado; HOSTENS, M.; SYS, P.; VERCAUTEREN, P.; OPSOMER, G. Cytological endometritis at artificial insemination in dairy cows: Prevalence and effect on pregnancy outcome. **Journal of Dairy Science**, [S. l.], v. 100, n. 1, p. 588–597, 2017. DOI: 10.3168/jds.2016-11529. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0022030216308037>.

POHLER, Ky G.; FRANCO, Gessica A.; REESE, Sydney T.; SMITH, Michael F. Physiology and pregnancy of beef cattle. In: BAZER, Fuller W.; CORDEIRO, G. Cliff; WU, Guoyao (org.). **Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations**. United States: Elsevier, 2020. p. 37–55. DOI: 10.1016/B978-0-12-817052-6.00003-3. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128170526000033>.

REITH, S.; HOY, S. Review: Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated systems for detection of estrus in dairy cattle. **Animal**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 398–407, 2018. DOI: 10.1017/S1751731117001975. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1751731117001975>.

SANTOS, JEP; BISINOTTO, RS; RIBEIRO, ES; LIMA, FS; GRECO, LF; STAPLES, CR; THATCHER, WW. Applying nutrition and physiology to improve reproduction in dairy cattle. In: LUCY, MC; PATE, JL; SMITH, MF; SPENCER, TE (org.). **Reproduction in Domestic Ruminants VII**. Nottingham, UK: Nottingham University Press, 2010. p. 387–404. DOI: 10.7313/UPO9781907284991.030. Disponível em: <http://universitypublishingonline.org/ref/id/nottingham/CBO9781907284991A049>.

SARTORI, R. et al. Update and overview on assisted reproductive technologies (ARTs) in Brazil. **Animal Reproduction**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 300–312, 2016. DOI: 10.21451/1984-3143-AR873. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v13/v13n3/p300-312\(AR873\).pdf](http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v13/v13n3/p300-312(AR873).pdf).

SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro Da. **Fisiologia da Reprodução de Bovinos Leiteiros: Aspectos Básicos e Clínicos**. 1. ed. Belo Jardim: EICS, 2022.

SILVA, Mery Any Nascimento Da; MELLO, Marco Roberto Bourg De; PALHANO, Helcimar Barbosa. Inseminação artificial e inseminação artificial em tempo fixo em bovinos. **Revista Científica do UBM**, [S. l.], v. 23, n. 45, p. 79–97, 2021. DOI: 10.52397/rcubm.v23i45.1039. Disponível em: <http://revista.ubm.br/index.php/revistacientifica/article/view/1039>.

TAPONEN, Juhani. Fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Acta Veterinaria Scandinavica**, [S. l.], v. 51, n. 48, 2009. DOI: 10.1186/1751-0147-51-48. Disponível em: <https://actavetscand.biomedcentral.com/articles/10.1186/1751-0147-51-48>.



VIANA, João Henrique Moreira; FIGUEIREDO, Ana Cristina Silva; SIQUEIRA, Luiz Gustavo Bruno. Brazilian embryo industry in context: pitfalls, lessons, and expectations for the future. **Animal Reproduction**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 476–481, 2017. DOI: 10.21451/1984-3143-AR989. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v14/v14n3/p476-481 \(AR989\) SBTE.pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v14/v14n3/p476-481 (AR989) SBTE.pdf).

VISHWANATH, R. Artificial insemination: the state of the art. **Theriogenology**, [S. l.], v. 59, n. 2, p. 571–584, 2003. DOI: 10.1016/S0093-691X(02)01241-4. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093691X02012414>.

BARBUDDHE, SUKHADEO B.; VERGIS, JESS; RAWOOL, DEEPAK B. Immunodetection of bacteria causing brucellosis. In: **Methods in microbiology**. Academic Press, p. 75-115, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S058095171930025X>

BAZILLO, João Gabriel Dos Santos. Manejo reprodutivo em vacas de corte: revisão de literatura. Trabalho de conclusão de curso (Graduação de Medicina Veterinária). Centro universitário CESMAC, Marechal Deodoro, AL, 2018. Disponível em: <http://repositorio.favale.edu.br:8080/jspui/handle/123456789/69>

GASPERIN, B. G.; VIEIRA, A. D.; PEGORARO, L. M. C.; OLIVEIRA, F. C.; FERREIRA, C. E. R.; PRADIEÉ, J.; ROVANI, M. T.; HAAS, C. H. S.; MIRANDA, V.; VOGG, A. P. D.; CAMPOS, F. T. Ultrassonografia reprodutiva em fêmeas bovinas e ovinas. **Embrapa Clima Temperado**, Pelotas, 2017. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167354/1/DOCUMENTO-435.pdf>

HAYASHI, A. M.; GUIDO, M. C.; GOMES, M. N.; PINHEIRO, F. A.; BENESI, F. J.; SUCUPIRA, M. C. A.; GOMES, V. Brucelose bovina: relato da atuação conjunta da Universidade, da Defesa Agropecuária. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, v. 18, n. 3, 2020. Disponível em: <https://www.revistamvez-crmvsp.com.br/index.php/recmvz/article/view/38104>

MOREIRA, A. L.; ARAUJO, B. P. DE LIMA; BATISTA, J. P. N.; NASCIMENTO, M. P. Exame ultrassonográfico no acompanhamento gestacional: bovinos. **Revista Acadêmica do Curso de Medicina Veterinária**, v. 2, p. 13-18, 2022. Disponível em: <https://anais.unievangelica.edu.br/index.php/medicinaveterinaria/article/view/9787>

PAIANO, R. B.; BIRGEL, D. B.; BONILLA, J.; BIRGEL JUNIOR, E. H. Metritis in dairy cows is preceded by alterations in biochemical profile prepartum and at parturition. **Research in Veterinary Science**, v. 135, p. 167-174, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034528821000278>

PASCOTTINI, OSVALDO BOGADO; LEBLANC, STEPHEN J. Modulation of immune function in the bovine uterus peripartum. **Theriogenology**, v. 150, p. 193-200, 2020.



Disponível

em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0093691X20300479>

SHELDON, I. M.; CRONIN, J. G.; BROMFIELD, J. J. Tolerance and innate immunity shape the development of postpartum uterine disease and the impact of endometritis in dairy cattle. *Annu. Rev. Anim. Biosci.*, v. 7, p. 361-384, 2019. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-animal-020518-115227>

SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro da. *Fisiologia da reprodução de bovinos leiteiros: aspectos básicos e clínicos*. Emanuel Isaque Cordeiro da Silva, 2022.

SILVA, M. A. N.; MELLO, M. R. B; PALHANO, H. B. Inseminação artificial e inseminação artificial em tempo fixo em bovinos. *Revista Científica do UBM*, p. 79-97, 2021. Disponível em: <https://revista.ubm.br/index.php/revistacientifica/article/view/1039>

VOIGT, T. F.; NEITZKE, E.; KERBER, N.; LAMB, C. A.; BRAND, J. N.; BASSANI, M. T.; GEBERT, D. T. Isolamento e teste de sensibilidade a antimicrobiano de muco genital coletado de vacas com infecções uterinas. *Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio*, v. 2, p. 367-375, 2023. Disponível em: <http://revistas.uceff.edu.br/inovacao/article/view/284>