

Aspectos relevantes sobre técnica de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em bovinos: Uma revisão bibliográfica

Relevant aspects of fixed-time artificial insemination (FTAI) in cattle: A literature review

DOI 10.5281/zenodo.12963987

Rafael Farias Lima¹

Adriano Gonzaga de Souza Silva²

Guilherme de Oliveira Ferreira dos Santos³

Priscila Izabel Santos de Tótar⁴

256

Resumo: O aumento na procura por gado de corte tornou necessário a adaptação de novas biotecnologias com a finalidade de aprimorar e aumentar a produtividade do rebanho. A IATF tornou-se a biotecnologia mais utilizada devido seu fácil manejo e resultados eficientes, os protocolos hormonais permitem a sincronização da ovulação, onde um número maior de fêmeas pode ser inseminado ao mesmo tempo, proporcionando o aumento da produtividade, permitindo também cruzamento entre raças resultando no melhoramento genético do animal. Como todo

¹ Acadêmico do Curso de Medicina Veterinária - Faculdade do Noroeste de Minas -- FINOM -- Paracatu-MG. E-mail: rafael.lima@soufinom.com.br

² Bibliotecário (UNIRIO). Acadêmico do Curso de Medicina Veterinária - Faculdade do Noroeste de Minas -- FINOM -- Paracatu-MG. Atualmente bibliotecário no Colégio Dom Elizeu e na Escola Estadual Temístocles Rocha. Atuou em consultoria de implementação de bibliotecas e na organização de acervos institucionais e particulares, abrangendo bibliotecas especializadas, escolares e universitárias. E-mail: adrianogonzagass@yahoo.com.br

³ Bacharel em Ciências Biológicas (UFV). Mestre em Microbiologia Agrícola (UFV) e Doutor em Ciências (USP). Atua na área de Biologia Geral, Microbiologia e Meio Ambiente. Atualmente é Técnico Administrativo em Educação na Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: guilhermeofsantos@ufc.br

⁴ Bióloga (UFV). Mestre em Biologia Celular e Estrutural (UFV). Doutora em Ciências (Biologia Celular) (UFMG). Realizou residência pós-doutoral no Departamento de Química (ICEX-UFMG). Atualmente integra o corpo docente das faculdades FINOM e TECSOMA. Atua no Centro Universitário ICESP do Distrito Federal como tutora de disciplinas de ensino à distância e conteudista em nível nacional. É coordenadora do curso de pós-graduação em Biologia-Educação Básica ofertado a professores efetivos da rede estadual de ensino, em parceria com a Faculdade Finom pelo programa Trilhas de Futuro. É membro do Núcleo Docente Estruturante (NDE) do curso de Farmácia do ICESP-DF. Atua como professora substituta na área de Embriologia do departamento de Genética e Morfologia da Universidade de Brasília (UnB). E-mail: priscilatotaro@finom.edu.br

Recebido em: 26/06/2024

Aprovado em: 26/07/2024

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*



procedimento apresenta vantagens e desvantagens, sua utilização tem promovido um aumento crescente na produção de gado de corte no Brasil.

Palavras-Chave: IATF. Biotecnologia. Ciclo Estral. Produtividade. Melhoramento genético.

Abstract: The increase in the demand for beef cattle has made it necessary to adapt new biotechnologies in order to improve and increase the productivity of the herd. The FTAI has become the most used biotechnology due to its easy handling and efficient results, the hormonal protocols allow the synchronization of ovulation, where a greater number of females can be inseminated at the same time, providing increased productivity, also allowing crossbreeding between breeds resulting in the genetic improvement of the animal. As every procedure has advantages and disadvantages, its use has promoted a growing increase in beef cattle production in Brazil.

Keywords: FTAI; Biotechnology; Estrous Cycle; Productivity; Breeding.

Introdução

Diante da posição de grande relevância ocupada pela bovinocultura na economia brasileira, faz-se necessária a adoção de diferenciadas técnicas de manejo visando o aumento de produtividade e do bem-estar animal.

Biotecnologias associadas à reprodução animal são estratégias interessantes para o aprimoramento do rebanho. O manejo reprodutivo é recorrente na pecuária, porém um de seus maiores desafios é a curta duração do estro nas fêmeas, associado a alta incidência de estros noturnos (de 30 a 50%), dificultando sua identificação com precisão. Esse fator é um dos limitantes à implantação de programas convencionais de inseminação artificial (IA) como alternativa biotecnológica de manejo da reprodução.

A metodologia de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) funciona atualmente como uma eficiente estratégia para contornar esse e outros fatores, baseando-se em protocolos que proporcionem a sincronização da ovulação, o que permite a realização da inseminação artificial em tempo fixo (IATF), descartando a necessidade da observação do cio.

A manipulação do ciclo estral é, portanto, uma alternativa cada vez mais utilizada. Os diferentes tipos de protocolos hormonais utilizados são escolhidos com base nas características dos animais ou por questões de praticidade de manejo, entre outras. É importante também analisar os fatores distintos para cada situação onde será implantado um programa de IATF, devido às particularidades de cada rebanho bovino, em determinada propriedade.

O presente estudo propõe uma análise dos diferentes panoramas em que foram executados vários tipos de protocolos de IATF, descrevendo procedimentos, ressaltando a eficiência e os problemas associados a cada metodologia.

O presente artigo visa à realização de um levantamento bibliográfico acerca de tópicos relevantes ao entendimento do funcionamento da técnica de IATF, abordando como diferentes protocolos utilizados podem interferir nos resultados da taxa de fertilidade do gado de corte. Com isso, será possível avaliar a eficiência dos protocolos de IATF descritos na literatura científica, agregando informações sobre o tema.

Metodologia

Uma pesquisa bibliográfica foi conduzida com o objetivo de descrever e avaliar protocolos de IATF em bovinos. A busca foi realizada nas plataformas: “*Scielo*”, “*Pubmed*”, “*Google Scholar*” e “*PubVet*” empregando-se o termo: “IATF em bovinos”, para a busca.

Foram enumerados, num primeiro momento, todos os artigos encontrados, e posteriormente foi adotado o primeiro critério de exclusão, selecionando-se apenas artigos escritos em português. Nos artigos selecionados em língua portuguesa, foi aplicado o segundo critério de exclusão: foram selecionados os artigos publicados nos últimos 5 anos (2018-2023). Admitiu-se, porém, a possibilidade da inclusão de informações contidas em artigos muito relevantes para o tema, com grande número de citações, que estivessem fora do período de tempo estabelecido.

Foram admitidos artigos de revisão bibliográfica, revisão sistemática e artigos de cunho experimental. Com base nos artigos selecionados, após a aplicação dos critérios de exclusão mencionados, foi realizada a análise do resumo das publicações, a fim de identificar artigos com informações coerentes com os objetivos de nossa pesquisa.

Os artigos selecionados na etapa anterior foram lidos na íntegra, e suas informações utilizadas para a elaboração desta revisão bibliográfica.

Resultados

Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) em bovinos

A importância da pecuária e dos rebanhos bovinos no Brasil pode ser comprovada em números. Em 2022 o rebanho de bovinos brasileiro alcançou a marca de 234.352.649 cabeças

(IBGE, 2022). Dados estatísticos de 2017 apontaram que 2.554.415 estabelecimentos estão voltados à prática agropecuária (IBGE, 2017).

O Noroeste de Minas apresenta um montante composto por 1.750.511 cabeças de gado e o município de Paracatu conta com a somatória de 235.830 animais (IBGE, 2022).

No Brasil, no segundo semestre do ano de 2023, foram abatidas 8,36 milhões de cabeças de gado, sob inspeção sanitária. Esse montante supera em 12,6% a marca alcançada no mesmo período de 2022, e é 13,4% superior ao da marca obtida no trimestre anterior (IBGE, 2023).

Dados da Secretaria de Comércio Exterior – Secex dão conta que no 2º trimestre de 2023 as exportações brasileiras de carne bovina *in natura* atingiram o patamar de 471,28 mil toneladas. Esse é o melhor resultado para o período, segundo a série histórica iniciada em 1997 (IBGE, 2023).

Devido a grande relevância dos bovinos na pecuária e na economia brasileira, novas estratégias de manejo são essenciais para aumentar a produtividade e a qualidade dos rebanhos.

O manejo reprodutivo de bovinos pode ser baseado em metodologias diversas: o acasalamento com touros, a IA tradicional e a IATF, que surgiu como uma das principais formas de se contornar os desafios particulares de cada metodologia.

A IATF possui uma metodologia efetiva, organizada em protocolos, que podem variar em cada caso específico. Basicamente, são utilizadas manipulações hormonais para induzir a ovulação sincronizada em um número considerável de fêmeas, sincronizando o ciclo estral e dispensando a observação do cio (CASTILHO, 2015).

Como resultado dessa sincronização da ovulação, a IATF permite que o produtor tenha um amplo controle da reprodução de seu rebanho, sendo possível inseminar até 700 vacas em um mesmo dia (BARUSELLI, et al. 2004).

Consequentemente, a IATF agrega uma série de vantagens práticas às propriedades, como a possibilidade de programar gestações e nascimentos, otimizando o trabalho com maior aproveitamento da mão-de-obra e maior produtividade.

Outras vantagens são associadas à IATF, como o nascimento de bezerros mais homogêneos, com maior peso e com desmama uniforme; a possibilidade de antecipar a prenhez em até 30 dias, além do aumento do número de fêmeas com maior chance de ocorrência de gestação aos 24 meses. São registradas também melhoras na performance reprodutiva na estação seguinte e redução da duração das estações reprodutivas e de nascimento. Com a prática da IATF é possível também reduzir o número de touros nas propriedades e aumentar o ganho genético (ANDRADE, et al. 2018).

Apesar de diversos pontos positivos associados à IATF, a adesão à técnica não é isenta de dificuldades. A desinformação e a falta de domínio dos índices reprodutivos de seu próprio rebanho ainda impedem que produtores implementem a IATF de modo satisfatório em suas propriedades. A escolha entre diferentes protocolos de IATF depende de diversos fatores individuais que devem ser avaliados tecnicamente por um profissional habilitado (SANTOS, et al. 2021).

A prática da IATF requer cuidados que levam em consideração diversos aspectos do rebanho, dos animais individualmente e da propriedade. O manejo alimentar, por exemplo, é extremamente importante para se alcançar o “balanço energético positivo” e a condição nutricional adequada para a atividade reprodutiva. Condições ambientais que busquem reduzir o estresse térmico são também essenciais, assim como deve-se observar a ocorrência de quaisquer outros fatores estressores a fim de se evitar o aumento do cortisol (o que compromete o ciclo estral, a ovulação e pode trazer mudanças comportamentais) (CASTILHO, 2015).

Os aspectos sanitários e o cuidado com a manipulação e o armazenamento dos produtos e suprimentos a serem utilizados na prática de IATF também são importantes. Vale ressaltar a necessidade de se atender a todas as normas de biossegurança e de bem-estar animal.

Estudos realizados em 2021 dão conta de que a IATF bateu um recorde, registrando 26 milhões de procedimentos de sincronização realizados. Entre 2020 e 2021, 93% das inseminações artificiais realizadas no Brasil foram IATF. Diversos avanços científicos levaram a IATF no Brasil aos patamares da média mundial de inseminações. A IATF é, portanto, uma biotecnologia cuja utilização vem evoluindo substancialmente e que se consolidou no setor produtivo. Ainda, a IATF movimenta o mercado e a indústria de produtos veterinários e incrementa a demanda de mão de obra especializada em reprodução animal (BARUSELLI, et al. 2022).

A morfologia dos órgãos reprodutores femininos em bovinos

O conhecimento dos aspectos anatômicos e histológicos dos órgãos reprodutores das fêmeas é essencial para a compreensão dos mecanismos reprodutivos em bovinos, e consequentemente para o entendimento da fisiologia da reprodução, que é a base da técnica de IATF.

O sistema reprodutor feminino é responsável pela produção e transporte do gameta feminino até o sítio de fecundação, além de prover um ambiente adequado para o

desenvolvimento de um embrião (e posteriormente, feto) até o seu nascimento. Em mamíferos o sistema reprodutor feminino geralmente é composto por ovários e tubas uterinas (também chamadas de ovidutos) pares, útero, vagina e vulva (FAILS; MAGEE, 2019) (Fig.1).

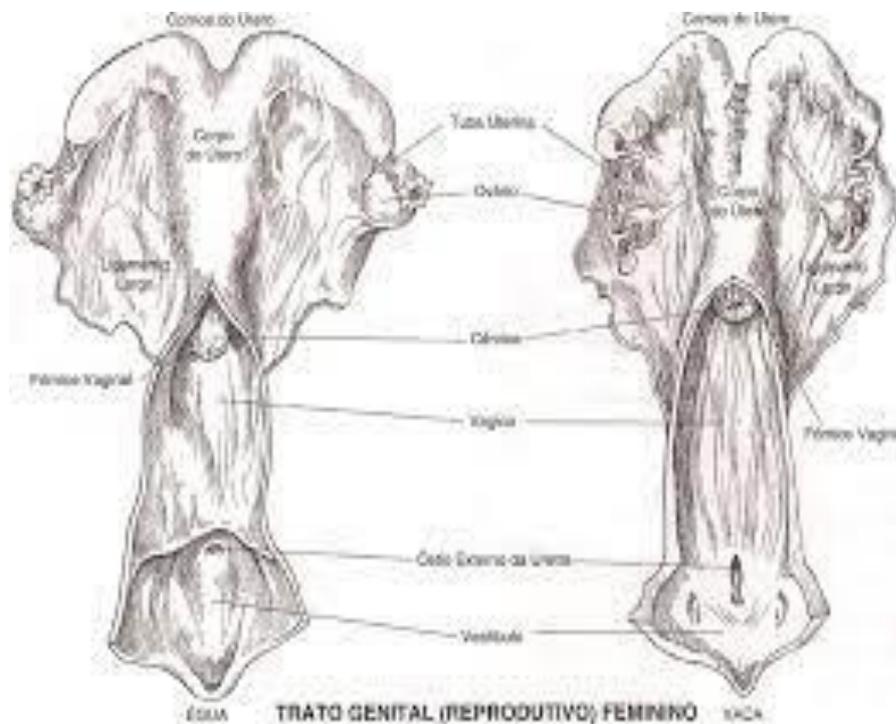


Figura 1: Anatomia do sistema reprodutor feminino em égua (esquerda) e vaca (direita). **Fonte:** FAILS, Anna Dee; MAGEE, Christianne. Frandson Anatomia e Fisiologia dos Animais de Produção. 8ed. São Paulo. Gen, 2019

As gônadas femininas, os ovários, são revestidos externamente por um epitélio simples cúbico conhecido como epitélio germinativo, e dividem-se em duas regiões: a cortical e a medular. A região cortical (ou córtex) contém os folículos ovarianos em diferentes fases de desenvolvimento, e outras estruturas relacionadas ao ciclo ovariano (como o corpo hemorrágico e o corpo lúteo). A região medular (ou medula) é rica em vasos sanguíneos e tecido conjuntivo fibroso (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2023).

Os folículos ovarianos são compostos por camadas de células foliculares e um ovócito em maturação, bloqueado em diferentes fases da meiose à medida que a gametogênese avança. A morfologia dos folículos é compatível com diferentes fases do seu desenvolvimento (primordial, primário, secundário, terciário e maduro) (Fig. 2).

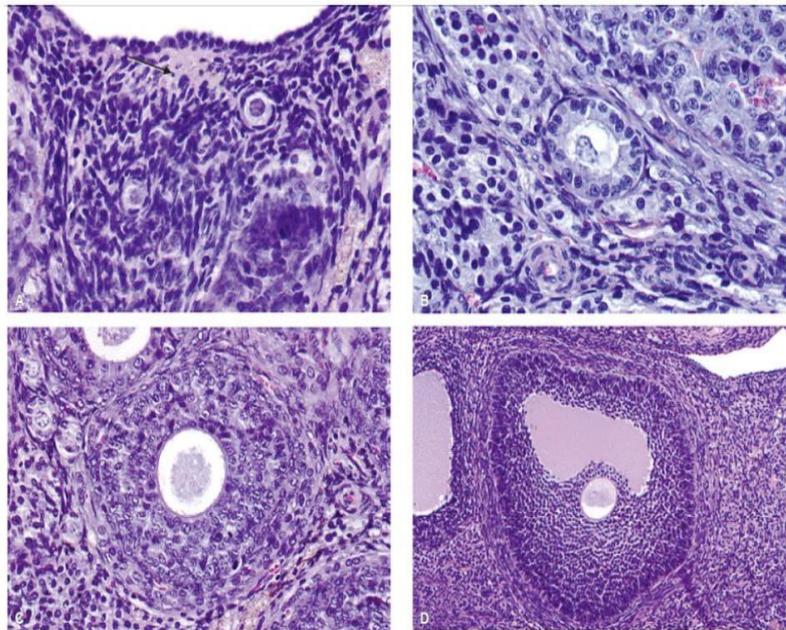


Figura 2: Córtex ovariano com folículos em diferentes estágios de desenvolvimento. A. Folículo primordial, revestido de uma única camada de células foliculares de aspecto pavimentoso. B. Folículo secundário, revestido de uma única camada de células foliculares cuboidais a colunares. C. Folículo secundário, envolvido por múltiplas camadas de células foliculares ou células da granulosa. D. Folículo terciário, já apresenta antro (cavidade preenchida por líquido folicular e revestida de células da granulosa). **Fonte:**SANTOS, Renato de Lima; ALESSI, Antonio Carlos. Patologia Veterinária. São Paulo: Roca, 2023..

A tuba uterina é o sítio da fecundação nos mamíferos e o local de início dos primeiros eventos da clivagem e do desenvolvimento, É um segmento que se divide em istmo, ampola e infundíbulo (em ordem decrescente de proximidade com o útero). A mucosa das tubas uterinas é altamente pregueada e revestida por um epitélio simples colunar, ciliado e secretor. Existe em toda a tuba uterina (embora a sua espessura varie entre as três regiões descritas) uma camada de músculo liso que permite a contração da tuba uterina durante o transporte dos gametas até o sítio exato da fecundação (SANTOS; ALESSI, 2023).

O útero é um órgão composto por três camadas histologicamente distintas: endométrio, perimétrio e miométrio. O endométrio é uma região responsiva aos hormônios do ciclo reprodutivo, rica em glândulas e vasos sanguíneos e é o local onde ocorre a implantação do blastocisto e que também dá origem à porção materna da placenta. O miométrio é uma camada de músculo liso, também responsiva a diferentes hormônios que afetam a sua contração (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2023).

Especificamente em bovinos, o útero é composto por dois cornos, um corpo e uma cérvix (também chamada de colo uterino). Os embriões desenvolvem-se nos cornos uterinos, enquanto o corpo do útero é sítio de deposição do sêmen na IA (a deposição de sêmen nos

cornos uterinos reduz a chance de fecundação e pode provocar lesões incompatíveis com a implantação e com a progressão da gestação). Em diferentes espécies de bovinos, a cérvis do útero varia em tamanho e espessura. (NICIURA, 2008)

A vagina é o órgão de cópula e o canal por onde acontece o parto. No vestíbulo vaginal ocorre o meato urinário, responsável pela eliminação da urina. A genitália externa é constituída por vulva e clitóris.

Vale lembrar que o padrão observado na gônada masculina é o de funções gonadal, gametogênica e esteroidogênica contínuas. Por outro lado, nas fêmeas as atividades da gônada apresentam um padrão cíclico, ou seja: são reconhecidas no ovário diferentes fases marcadas por peculiaridades morfológicas e funcionais. O ciclo ovariano é regulado por hormônios e influencia outros órgãos, numa espécie de integração hormonal entre hipotálamo, hipófise, gônadas e útero (SANTOS; ALESSI, 2023).

O ciclo estral em bovinos como forma de compreender a IATF

O estro, ou cio, é definido como o dia zero do ciclo e é a “fase reprodutiva” da fêmea, com sinais de receptividade sexual e consequente ovulação. A ovulação ocorre em média 12 a 16 horas após o cio, e o ciclo estral é o período de 21 dias compreendido entre duas ovulações, caso não ocorra fecundação (VALLE, 1991).

O ciclo estral dos bovinos é dividido em duas fases: a folicular, caracterizada pela maturação dos folículos ovarianos e ovulação, e a luteínica que compreende o desenvolvimento do corpo lúteo.

O corpo lúteo é formado pelo colapso das células foliculares e invasão do antro folicular por sangue e linfa, após a ovulação. Como é formado também por células esteroidogênicas, o corpo lúteo é considerado uma glândula endócrina temporária que secreta progesterona. A progesterona é fundamental para a manutenção da gestação, e caso haja fecundação o corpo lúteo será mantido (SCHAMS; BERISHA, 2004)

Os principais hormônios hipotalâmicos e hipofisários responsáveis pelo controle da reprodução em fêmeas de bovinos são: o hormônio liberador de gonadotrofina, secretado pelo hipotálamo e que provoca a liberação de FSH e LH; o FSH (hormônio folículo estimulante), produzido na hipófise anterior e responsável pela estimulação do desenvolvimento dos folículos ovarianos e da secreção de estrogênios, e o LH (hormônio luteinizante) também oriundo da

hipófise anterior e que estimula a ovulação, a formação e a manutenção do corpo lúteo (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2023).

Os hormônios ovarianos envolvidos no ciclo estral são: o estradiol, produzido nos folículos ovarianos, estimulador da liberação de LH e da manifestação do cio e a progesterona, secretada pelo corpo lúteo e responsável pela manutenção da gestação (JUNQUEIRA e CARNEIRO, 2023).

A fase folicular é dividida em proestro e estro. No proestro, que dura de 2 a 3 dias, ocorre a queda dos níveis de progesterona, aumento dos níveis de estradiol e desenvolvimento dos folículos, por ação do FSH. Os folículos em desenvolvimento produzem cada vez mais estradiol, cujos altos níveis estimulam a manifestação do cio e a liberação massiva de LH. O pico de LH marca o início da segunda etapa da fase folicular, o estro (VALLE, 1991).

Os hormônios FSH e LH são conhecidos como hormônios gonadotróficos e são essenciais para a maturação das células da granulosa, e consequentemente para o desenvolvimento folicular. Nas vacas, concentrações basais de gonadotrofinas durante o ciclo estral promovem ondas de crescimento folicular a cada 7-9 dias, o que resulta em 2 a 3 ondas de crescimento folicular por ciclo estral. Por “onda de crescimento folicular” pode-se entender o aparecimento simultâneo de 3 a 6 folículos de diâmetro igual ou superior a 5 mm. O mecanismo de seleção e dominância folicular permite que 1(ou eventualmente 2) folículos alcance o estágio final de maturação (até a ovulação). Os demais folículos entram em um processo de degeneração conhecido como atresia folicular, por um mecanismo ainda pouco elucidado, mas que pode ser influenciado por fatores endócrinos, parácrinos e autócrinos (IGF-I; EGF; FGF; inibina, entre outros) (NASCIMENTO; SANTOS, 2021) (Fig.3).

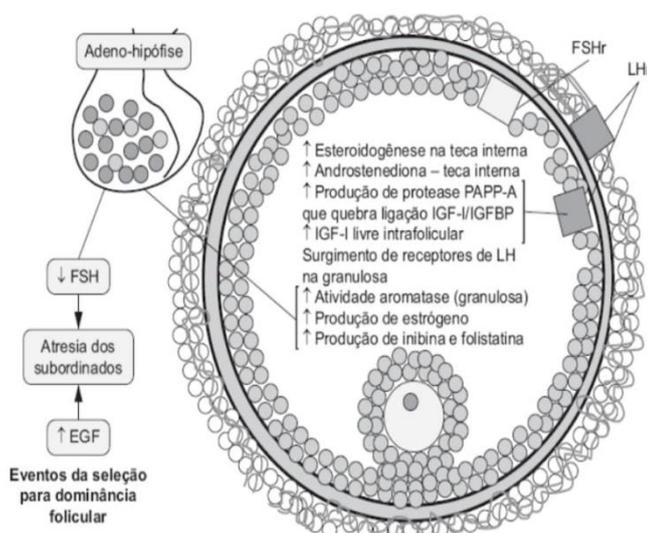


Figura 3: Representação esquemática dos mecanismos envolvidos na seleção e dominância folicular. O folículo dominante (FD) produz estradiol e inibina, que exercem feedback negativo sobre a hipófise, diminuindo a secreção de hormônio folículo estimulante (FSH). O FD tem aumento no fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-I) livre intrafolicular (o que permite o seu desenvolvimento mesmo com a diminuição da concentração de FSH) e se desenvolve até a ovulação; os folículos subordinados (FS) produzem fator de crescimento epidérmico (EGF) e não têm condição de desenvolvimento quando da diminuição da concentração de FSH e entram em atresia. **Fonte:** NASCIMENTO, Ernane Fagundes; SANTOS, Renato de Lima. Patologia da Reprodução dos Animais Domésticos. 4.ed. São Paulo: GEN, 2021.

Os elevados níveis de estradiol que caracterizam o estro, são responsáveis pela manifestação do cio e por uma série de modificações fisiológicas que caracterizam esta fase: dilatação da cérvix, síntese e secreção de muco vaginal, ocorrência de corrimento vaginal claro e de consistência viscosa, e vulva/vagina avermelhadas e intumescidas. As modificações comportamentais características do estro incluem: diminuição da produção de leite, perda de apetite e inquietação (VALLE, 1991). O melhor sinal do cio é considerado o fato de a fêmea se deixar montar por outra vaca ou touro. O desenvolvimento do corpo lúteo após a ovulação marca a fase luteínica que se divide em metaestro e diestro. O metaestro dura de 2 a 3 dias e é caracterizado principalmente pela ovulação com liberação do óvulo através da ruptura do folículo. Em bovinos a ovulação ocorre entre 12 a 16 horas após o fim do cio. O período em que o corpo lúteo se forma e passa a ser funcional, sintetizando progesterona é conhecido diestro, que dura 15 dias (entre as fases do ciclo estral, o diestro é o que tem a maior duração) (PRESTES; ALVARENGA, 2017).

Caso ocorra fecundação e gravidez, o corpo lúteo será mantido, ao passo que este regride caso não haja prenhez, por volta do 17º dia do ciclo. A queda nos níveis de progesterona causada pela lise do corpo lúteo permite o início de um novo ciclo.

As oscilações dos níveis hormonais durante o ciclo estral bovino constituem uma informação básica essencial para a compreensão da técnica de IATF e da aplicação de seus protocolos (Fig. 4).

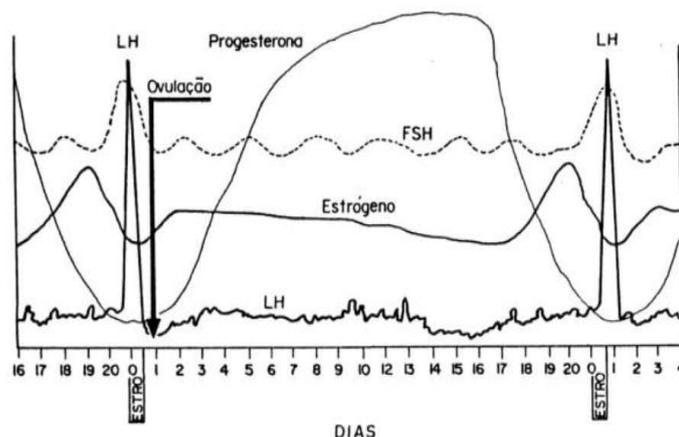


Figura 4: Representação esquemática das variações, na concentração dos principais hormônios que regulam o ciclo estral em bovinos. **Fonte:** Valle, 1991.

A luteólise (regressão do corpo lúteo) é desencadeada principalmente pela ação da prostaglandina F₂ (PGF₂), à cuja ação o corpo lúteo é mais suscetível à medida que envelhece (a partir do 10º dia do ciclo) (BERARDINELLI; ADAIR, 1989).

Protocolos de IATF

A disponibilidade de protocolos e insumos destinados à elaboração de protocolos de IATF no mercado, hoje, é muito vasta. A principal preocupação com relação ao protocolo escolhido deve ser a aplicação e manipulação correta dos insumos, a dosagem correta de hormônios e outras questões relacionadas ao lote de fêmeas a ser inseminado, como por exemplo o escore corporal.

Um dos protocolos de IATF é conhecido como “protocolo de 3 manejos” e é muito usado para vacas multíparas (Fig.5). Neste tipo de protocolo, um implante intravaginal de progesterona (P4) é colocado no “dia 0” (D0). Adicionalmente, é feita a aplicação de benzoato de estradiol (BE), a fim de estimular uma nova onda de desenvolvimento folicular. O dispositivo de P4 é retirado no D8, no qual também é feita a aplicação de prostaglandina (PGF_{2α}), o que provoca a luteólise e reduz os níveis de P4. Nesta etapa, também é possível a aplicação de gonadotrofina coriônica equina (eCG). Contudo, essa aplicação não é obrigatória, sendo realizada apenas em lotes de fêmeas com baixo escore corporal. O cipionato de estradiol (ECP) também é aplicado e é responsável por induzir o pico de LH, no D10. O pico de LH, por sua vez, induz à ovulação e a inseminação é realizada no D10, cerca de 60 horas após a aplicação do ECP. (BARUSELLI, et al. 2004).

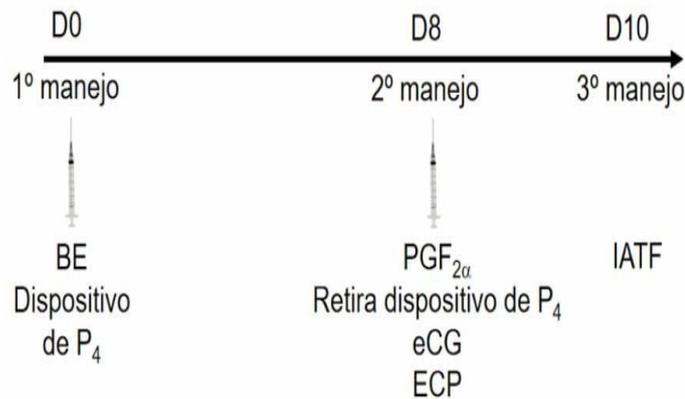


Figura 5: Protocolo hormonal para sincronização da ovulação com 3 manejos. **Fonte:** BORGES, et al. 2022.

O protocolo de 3 manejos pode ser adaptado com a aplicação de duas doses de PGF_{2α} : uma no D0 (junto com a colocação do implante de P₄) e outra no D8 ou D9, quando da retirada do implante de P₄. A aplicação de duas doses de PGF_{2α} , leva à redução das concentrações de P₄ durante o protocolo, melhorando a fertilidade. Esse protocolo é indicado para vacas solteiras, de ciclo estral desconhecido (BARUSELLI, et al. 2004).

O protocolo de 4 manejos, comum em novilhas e primíparas, como o próprio nome sugere, tem um dia a mais de manejo que os protocolos mencionados anteriormente (Fig. 6). Nele, ocorre a aplicação de BE no D0 e a colocação do dispositivo intravaginal de P₄. Esses procedimentos estimulam o fim da onda folicular e o desenvolvimento de uma nova onda, mantendo-se as concentrações de P₄ elevadas. No D7 é feita a aplicação de PGF_{2α} , e no D9 o implante de P₄ é retirado e é feita a aplicação de ECP e eCG. Já no D11, 48 horas após a aplicação de ECP, a inseminação é realizada (FURTADO et al., 2011). O protocolo de 4 manejos recebe esse nome, pois é adicionado um “manejo extra” no D0. A metodologia adotada neste protocolo, leva a um melhor crescimento do folículo dominante, e é sabido que quanto maior o tamanho do folículo ovulatório, maiores serão as chances de formação de um corpo lúteo responsivo (BARUSELLI, et al. 2004).

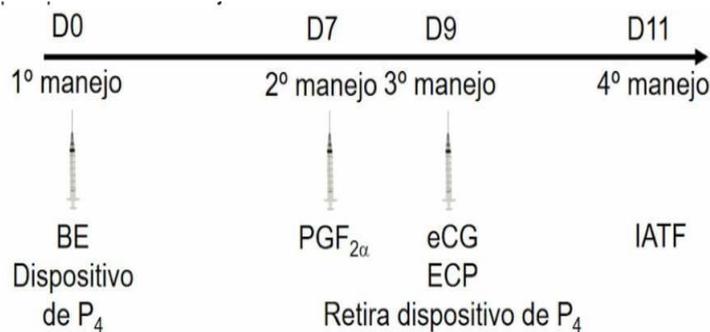


Figura 6: Protocolo hormonal para sincronização da ovulação de novilhas e primíparas com 4 manejos. **Fonte:** BORGES, et al. 2022.

O protocolo de 4 manejos é realizado também em uma versão onde o benzoato de estradiol (BE) é aplicado, como indutor da ovulação, em média de 30 a 36 horas antes da inseminação. O BE é aplicado no D0 juntamente com a colocação do implante de P₄. No D8, o implante é removido e são aplicadas PGF_{2α} e eCG. Uma nova aplicação de BE é feita no D9, e a inseminação ocorre no D10 (FURTADO, et al. 2011).

Existem também protocolos que associam P₄, BE e o hormônio liberador de gonadotrofinas (GnRH) como indutor da ovulação. O GnRH atua diretamente sobre a hipófise, provocando uma liberação massiva e conseqüentemente um pico de LH. A inseminação é feita 16 horas após a aplicação do GnRH (FURTADO, et al. 2011).

O hormônio luteinizante (LH) também pode ser usado como indutor de ovulação que atua diretamente sobre o folículo pré-ovulatório. A ovulação ocorre entre 14 a 16 horas após a aplicação do LH (FURTADO, et al. 2011).

Na prática da IATF admite-se ainda a adoção do protocolo Ovsynch®, que envolve a aplicação de duas doses de GnRH uma delas no D0. O resultado desta aplicação é um pico de LH que leva à atresia ou ovulação, e conseqüentes nova onda folicular e formação do corpo lúteo. Uma dose de PGF_{2α} é aplicada no D7, seguida de uma segunda aplicação de GnRH no D9. A IA pode ser realizada de 16 a 24 horas ao final dessa aplicação (FURTADO, et al. 2011).

Eficiência dos protocolos de IATF

A eficiência dos diferentes protocolos de IATF depende de fatores já mencionados, como os cuidados durante o manejo e as condições iniciais dos animais antes dos procedimentos.

Um estudo realizado no Mato Grosso do Sul, avaliou quase 1200 vacas da raça Zebu, quanto a utilização de implantes de progesterona (CIDR[®]) por até três vezes. As fêmeas participantes do estudo eram pluríparas e primíparas lactantes, com 30 a 60 dias pós parto. Além do implante de P4 foram aplicados BE (D0), dinoprost trometamina, eCG, e cipionato de estradiol na retirada dos dispositivos (D8); e a IATF foi realizada após 48 horas (D10). Nesse caso, o uso do implante influenciou a taxa de prenhez que foi menor nos grupos que o utilizaram pela primeira vez, comprovando que estes podem ser reutilizados. Admite-se também que menores concentrações desse hormônio não reduziram as taxas de concepção. Os autores ressaltam ainda que a administração estratégica de eCG foi responsável pelo crescimento/diferenciação final do folículo pré-ovulatório e pela formação de um corpo lúteo funcional (MEDALHA et al. 2015).

Quase 350 fêmeas multíparas, da raça Nelore, participaram de um estudo realizado no sudoeste da Bahia, a fim de verificar a influência do diâmetro do maior folículo, no momento da IATF, sobre a taxa de concepção. As fêmeas foram sincronizadas no D0 com dispositivos de P4, associados à aplicação de BE. A retirada dos implantes foi feita no D8, momento em que foram aplicados cloprostenol sódico, cipionato de estradiol e eCG. No dia 10 (D10), antes de cada IATF, mensurou-se o diâmetro do maior folículo em todos os animais por ultrassonografia transretal. Os autores registraram taxa de concepção de mais de 57% e a média do diâmetro do maior folículo foi de 12,43 mm, sendo esse valor diferente em fêmeas gestantes e não gestantes, o que sugere um efeito positivo do diâmetro folicular na fertilidade das fêmeas submetidas à sincronização (RIBEIRO FILHO et. al. 2013).

A eficiência de um protocolo de IATF foi medida em 350 vacas Nelore primíparas, lactantes e acíclicas que no D0 receberam BE e um dispositivo de P4, que foi retirado no D8. Também no D8 foram aplicados eCG e cloprostenol. Já no D9, foi feita nova aplicação de BE. A IATF foi realizada no período de 51-54h após a retirada dos implantes de P4. Com a adoção do protocolo de IATF descrito, os autores verificaram que houve melhora das taxas de ovulação e gestação, redução do anestro pós-parto, do período de serviço e do intervalo de parto, em comparação com animais com as mesmas características gerais, submetidos apenas à monta natural (CUNHA et al. 2013).

Outra abordagem comparou o efeito de diferentes protocolos de IATF, em relação ao acasalamento natural em 249 vacas Aberdeen Angus. As observações deste estudo mostraram que entre os 4 diferentes protocolos utilizados, o tratamento à base de dispositivo intravaginal

de progesterona, estrógeno, prostaglandina e estrógeno apresentou os resultados mais consistentes (GOTTSCHALL et al. 2012).

Em um experimento realizado com vacas Nelore e mestiças Nelore x Red Angus, foram avaliados os efeitos da remoção temporária de bezerros ou da aplicação de eCG na taxa de prenhez. Os resultados deste trabalho indicaram que a retirada temporária do bezerro, feita concomitantemente com protocolos hormonais, incluindo dispositivo intravaginal de P4, aumenta a taxa de prenhez. Por outro lado, a aplicação de eCG não impacta positivamente na taxa de prenhez nas condições do experimento.

Mais recentemente, um estudo monitorou e quantificou os efeitos do estresse e da dificuldade de inseminação sobre a taxa de concepção de vacas e novilhas Nelore submetidas à IATF. Não foi detectado efeito de nota de temperamento sobre a taxa de concepção, porém esse parâmetro apresentou tendência a aumento em animais onde não foi registrada dificuldade de inseminação (quando comparado com animais que mostraram moderada ou alta dificuldade de inseminação). Os autores observaram também que as novilhas com maiores níveis de cortisol apresentaram maior nota de temperamento, ao passo que as taxas de concepção não diferiram entre as novilhas mais agitadas e as menos reativas. Interessantemente, o estudo concluiu que as avaliações de temperamento e o nível de estresse não tiveram impacto significativo na redução da fertilidade na IATF, ao contrário da dificuldade ou tempo necessário para completar a IA (OLIVEIRA et al. 2019).

A fim de se adaptar um protocolo de sincronização de ovulação e estro para IATF em vacas taurinas, adaptadas ao clima tropical, foram realizados três experimentos (SANTOS et al. 2018). Os diferentes protocolos avaliados envolveram oito dias de exposição à P4 e indução da ovulação com BE no D8 ou D9; e oito ou nove dias de exposição à progesterona e indução da ovulação com BE no nono dia. Os protocolos resultaram em boas taxas de sincronia e ovulação, entretanto as taxas de gestação foram baixas, em comparação com os resultados mais frequentes da literatura.

É evidente na literatura que protocolos distintos adaptados a condições singulares e com metas específicas, apresentem diferentes níveis de eficiência em diversas condições, para múltiplas raças de bovinos. Em todo caso, a IATF apresenta-se como uma técnica de manejo reprodutivo eficiente no que diz respeito a rebanhos bovinos.

Conclusão

A IATF é uma eficiente e promissora ferramenta de biotecnologia a serviço do manejo reprodutivo de bovinos, como comprovam diversos dados disponíveis na literatura científica.

O conhecimento acerca da anatomia e morfologia dos órgãos reprodutores dos bovinos é parte essencial da prática de IATF, assim como o domínio da fisiologia do ciclo estral e dos hormônios envolvidos na ovulação e na gestação.

Diversos protocolos de IATF envolvem a administração hormonal a fim de manipular e sincronizar os ciclos reprodutivos de fêmeas que podem ser inseminadas todas a um único tempo.

Muitos desses protocolos são adaptados a diferentes particularidades ou seguem um padrão já estabelecido. De todo modo, a eficiência da IATF traduzida no aumento da taxa de prenhez, entre outros parâmetros positivos, é incontestável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Jéssica de Souza et al. M. Aspectos uterinos, foliculares e seminais que afetam a IATF em vacas de corte no período pós-parto. *In: Congresso Norte e Nordeste de Reprodução Animal*, 9., 2018, Belém, PA. **Anais [...]** Belém, PA, CONERA, 2018. Disponível em: [http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v42/n3-4/p077-89%20\(RB733\).pdf](http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v42/n3-4/p077-89%20(RB733).pdf) Acesso em: 02 de jun.2024.

BARUSELLI, Pietro Sampaio et al. IATF em números: evolução e projeção futura. *In: Reunião Anual da Associação Brasileira de Andrologia Anima*, 6., Campinas, SP, 2022. **Anais [...]** Campinas, SP, 2022. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v46/n2/RB1016%20Baruselli%20p.76-83.pdf> Acesso em: 14 de maio de 2024.

BARUSELLI, Pietro Sampaio et al. Efeito do tratamento com eCG na taxa de concepção de vacas Nelore com diferentes escores de condição corporal inseminadas em tempo fixo. **Acta Scientiae Veterinariae** 32 (suplemento), p. 228, 2004. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/actavet/32-suple/ANAIS%20SBTE-2004%20-%20Palestra-Resumos.pdf> Acesso em: 22 de fev.2024.

BARUSELLI, P. S.; MARQUES, M. O. Superovulação de doadoras de embriões bovinos sem observação de cio. 2002. Disponível em: <https://beefpoint.com.br/superovulacao-de-doadoras-de-embrioes-bovinos-sem-observacao-de-cio-5056/>. Acesso em: 10 de maio de 2024.

BARUSELLI, PIETRO, S. e MARQUES, M. O. Programas de sincronização da ovulação em gado de corte. 2002. *In: Simpósio de Reprodução Bovina – Sincronização de Estros em Bovinos*, 1., 2002. **Anais [...]** Porto Alegre, RS, 2002, p. 41-60, 2002

BERARDINELLI, J.G.; ADAIR, R. Effects of prostaglandina F2~ dosage and stage of estrus cycle response and corpus luteum function in beef heifers. **Theriogenology**, v.32, n.2, p.301-314, 1989.

BORGES, M. S.; NASCIMENTO, V. S.; DIAS, M.; DIAS, F. J. S. A inseminação artificial em bovinos de corte no Brasil. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, v. 19, n. 42, p. 23-46, 2022.

CASTILHO, E. F. IATF como ferramenta no melhoramento genético de bovinos de leite. In: CASTILHO, E. F. (org.). **Inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em bovinos leiteiros**. 1. ed. Maringá: IEPEC. 2015. p. 148-191

CUNHA, R.R. et al. Inseminação artificial em tempo fixo em primíparas Nelore lactantes acíclicas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.4, p.1041-1048, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000400015> Acesso em: 02 de maio de 2024
Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10478> Acesso em: 13 de abril de 2024

FAILS, Anna Dee; MAGEE, Christianne. Frandson Anatomia e Fisiologia dos Animais de Produção. 8ed. São Paulo. Gen, 2019.

FURTADO, Diego Augusto et al. Inseminação artificial em tempo fixo em bovinos de corte. **REVISTA CIENTÍFICA ELETRÔNICA DE MEDICINA 22 VETERINÁRIA**, ed. 16, 2011. Disponível em:
http://www.fauf.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/MLgHPH4uQfkK Cg_2013-6-26-10-58-3.pdf. Acesso em: 12 de abril 2024.

GOTTSCHALL, C. et al. Retardo da realização da IATF sobre o desempenho reprodutivo na estação de acasalamento de vacas de corte lactantes. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.2, p.295-304, 2012. Disponível em: Acesso em:
<https://repositorio.pucrs.br/dspace/handle/10923/10748?locale=es#preview> 29 de abril de 2024

IBGE. **Rebanho de Bovinos (Bois e Vacas)**. Rio de Janeiro:2017. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/bovinos/br>>. Acesso em 11 jul. 2024.

IBGE. **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro:2022. Disponível em:
<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html> Acesso em: 11 jul. 2024.

IBGE. **Indicadores IBGE**: Estatística da Produção Pecuária abr.-jun. 2023. Disponível em:
https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/abate-leite-couro-ovos_202302caderno.pdf Acesso em: 11 jul. 2024.

JUNQUEIRA, L.C.U.; CARNEIRO, J. Histologia básica, 14ª edição. Rio de Janeiro, RJ GuanAbara Koogan, 2023.

MEDALHA, Adriana Gonçalves et al. Utilização do dispositivo intravaginal de progesterona, em até três usos, para inseminação artificial em tempo fixo de fêmeas Bos indicus. **Rev. Bras.**

Saúde Prod. Anim., Salvador, v.16, n.2, p.458-469 abr./Jun 2015. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/S1519-99402015000200020> Acesso em: 27 de maio de 2024

NASCIMENTO, Ernane Fagundes; SANTOS, Renato de Lima. **Patologia da Reprodução dos Animais Domésticos**. 4.ed. São Paulo: GEN, 2021

NICIURA, Simone Cristina Méo. Anatomia e fisiologia da reprodução de fêmeas bovinas. Campinas: **Instituto Agrônomo**, 2008. (Série Tecnologia APTA. Boletim Técnico IAC, 51). 2008. Disponível em:
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/48249/1/Binder1.pdf> Acesso em: 12 de maio de 2024.

OLIVEIRA, L.Z. et al. Influência da dificuldade de inseminação, temperamento e cortisol plasmático sobre a taxa de concepção de vacas e novilhas da raça Nelore inseminadas em tempo fixo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v71, n.5, p.1459-1468, 2019. Disponível em: 10.1590/1678-4162-10478 Acesso em: 18 de maio de 2024.

PRESTES, Nereu Carlos; ALVARENGA, Fernanda da Cruz Landim. **Obstetrícia Veterinária**. 2.ed. São Paulo: GEN, 2017.

RIBEIRO FILHO, Antonio de Lisboa et al. Diâmetro do folículo no momento da inseminação artificial em tempo fixo e taxa de concepção em vacas Nelore. **Cienc. anim. bras.**, Goiânia, v.14, n.4, p. 501-507, out./dez. 2013. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/cab/a/WDGfn8hfQPYZPnTnM3B6HJF/?format=pdf#:~:text=%C3%8Dndices%20satisfat%C3%B3rios%20de%20concep%C3%A7%C3%A3o%20foram,foi%20observado%20no%20presente%20estudo>. Acesso em: 13 de março de 2024.

SANTOS, Gustavo Martins Gomes dos et al. Importância dos índices reprodutivos e fundamentos do programa de IATF em sistemas de cria. In. Congresso Brasileiro de Reprodução Animal, 24., 2021, Belo Horizonte. **Anais [...]** Belo Horizonte, CBRA, 2021. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v45/n4/p.210-218.pdf> Acesso em: 15 de março de 2024

SANTOS, R. et al. Protocolo com nove dias de progesterona para inseminação artificial em tempo fixo em vacas taurinas adaptadas ao clima tropical. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.70, n.6, p.1899-1906, 2018. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/BNHFHDJD9z5tyrwRyLKDKDB/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 23 de abril de 2024

SANTOS, Renato de Lima; ALESSI, Antonio Carlos. **Patologia Veterinária**. São Paulo: Roca, 2023.

SCHAMS, D.; BERISHA, B. Regulation of corpus luteum function in cattle – an overview. **Reprod. Dom. Anim.**, v.39, p.241-251, 2004.

VALLE, Ezequiel Rodriguesdo. O ciclo estral de bovinos e métodos de controle. Campo Grande:MS,EMBRAPA-CNPGC. 1991. Disponível em:
<https://old.cnpgc.embrapa.br/publicacoes/doc/doc48/doc48.pdf> Acesso em: 18 de maio de 2024.