



Fotografia: Fernando Dias

Inseminação Artificial a Tempo Fixo em bovinos de corte: com o que devemos nos preocupar para obter sucesso?

Adriana Kroef Tarouco
Ivone Fatima Tazzo
Carolina Bremm
Jaime Urdapilleta Tarouco
Verônica Machado Rolim
Gláucia do Amaral Moro



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO

**GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DIAGNÓSTICO E PESQUISA
AGROPECUÁRIA**

CIRCULAR: **Divulgação técnica**

Inseminação Artificial a Tempo Fixo em bovinos de corte: com
o que devemos nos preocupar para obter sucesso?

Adriana Kroef Tarouco
Ivonete Fatima Tazzo
Carolina Bremm
Jaime Urdapilleta Tarouco
Verônica Machado Rolim
Glauca do Amaral Moro

Porto Alegre, RS

2024

Governador do Estado do Rio Grande do Sul: Eduardo Figueiredo Cavalheiro Leite.

Secretário da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação: Clair Tomé Kuhn

Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

Rua Gonçalves Dias, 570 – Bairro Menino Deus

Porto Alegre | RS – CEP: 90130-060

Telefone: (51) 3288.8000

<https://www.agricultura.rs.gov.br/ddpa>

Diretor: Caio Fábio Stoffel Efrom

Comissão Editorial:

Loana Silveira Cardoso; Lia Rosane Rodrigues; Bruno Brito Lisboa; Larissa Bueno Ambrosini; Flávio Nunes; Raquel Paz da Silva.

Arte: Rodrigo Nolte Martins

Catálogo e normalização:

I59 Inseminação artificial a tempo fixo em bovinos de corte : com o que devemos nos preocupar para obter sucesso? / Adriana Kroef Tarouco ... [et al.]. – Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2024.

58 p. : il. – (Circular : divulgação técnica, ISSN 2675-1348 ; 22)

Continuação de: Circular técnica, 1995-2016.

1. Variáveis zootécnicas. 2. Gado de corte. 3. Touro. 4. Inseminador. 5. Protocolo hormonal I. Tarouco, Adriana Kroef. II. Série.

REFERÊNCIA

TAROUCO, Adriana Kroef, *et al.* **Inseminação artificial a tempo fixo em bovinos de corte:** com o que devemos nos preocupar para obter sucesso?. Porto Alegre: SEAPI/DDPA, 2024. 58 p. (Circular: divulgação técnica, 22).

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 MATERIAL E MÉTODOS	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4 CONCLUSÕES.....	46
5 AGRADECIMENTO	47
REFERÊNCIAS	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valores médios diários de Umidade Relativa do ar (UR), Temperatura Média (T_m), Temperatura Mínima ($T_{mín}$) e Temperatura máxima ($T_{máx}$) absoluta do ar, nos meses de dezembro de 2015, janeiro de 2016 e janeiro de 2017, em Hulha Negra, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial.22

Figura 2. Valores médios diários de Umidade Relativa do ar (UR), Temperatura Média (T_m), Temperatura Mínima ($T_{mín}$) e Temperatura máxima ($T_{máx}$) absoluta do ar, nos meses de novembro e dezembro de 2019 e outubro, novembro e dezembro de 2020 em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial.23

Figura 3. Valores médios diários do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Temperatura do ar média (T_m) em dezembro de 2015, janeiro de 2016 e janeiro de 2017 em Hulha Negra, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial. Valores médios do ITU acima da linha vermelha tracejada (>71) indicam situação de desconforto térmico.26

Figura 4. Valores médios diários do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Temperatura do ar média (T_m), nos meses de novembro e dezembro de 2019 e outubro, novembro e dezembro de 2020, em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial. Valores médios do ITU acima da linha vermelha tracejada (>71) indicam situação de desconforto térmico.27

Figura 5. Número de horas diárias em estresse térmico no dia da realização da Inseminação Artificial (IA) e somatório de quatro dias posteriores, em programas de IATF em 2015 (A), 2016 (B) e 2017 (C) no DDPA/Hulha Negra, Rio Grande do Sul.30

Figura 6. Número de horas diárias em estresse térmico no dia da realização da Inseminação Artificial (IA) e somatório de quatro dias posteriores, em programas de IATF nos anos de 2019 (A) e 2020 (B) na EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.32

Figura 7. Ordem de fatores de importância na determinação do resultado do diagnóstico gestacional em fêmeas bovinas submetidas a programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.36

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Datas das Inseminações Artificiais, número, categorias das fêmeas e protocolos hormonais utilizados nos Programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.16
- Tabela 2.** Protocolos hormonais de Inseminação Artificial em Tempo Fixo nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul17
- Tabela 3.** Influência de variáveis zootécnicas sobre o diagnóstico gestacional de fêmeas bovinas submetidas a Programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.....20
- Tabela 4.** Influência de variáveis meteorológicas sobre o diagnóstico gestacional de fêmeas bovinas submetidas a Programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.28
- Tabela 5.** Número de observações (n), valores médios e desvio padrão de probabilidade de gestação em função do efeito de Touro em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.37

Tabela 6. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão de probabilidade de gestação em função do efeito de Inseminador em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.....40

Tabela 7. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão de probabilidade de gestação em função do efeito de formação do Inseminador em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.41

Tabela 8. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão das taxas de gestação em função do efeito do protocolo hormonal aplicado em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.....42

CIRCULAR:

Divulgação técnica

Inseminação Artificial a Tempo Fixo em bovinos de corte: com o que devemos nos preocupar para obter sucesso?

Adriana Kroef Tarouco¹, Ivonete Fatima Tazzo², Carolina Bremm³, Jaime Urdapilleta Tarouco⁴, Verônica Machado Rolim⁵, Glaucia do Amaral Moro⁶

¹ Pesquisadora, Doutora em Ciências Veterinárias, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, Porto Alegre, RS. adriana-tarouco@agricultura.rs.gov.br

² Pesquisadora, Doutora em Agrometeorologia, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, Porto Alegre, RS. ivonete-tazzo@agricultura.rs.gov.br

³ Pesquisadora, Doutora em Zootecnia, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, Porto Alegre, RS. carolina-bremm@agricultura.rs.gov.br

⁴ Professor Associado, Doutor em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. jaime.tarouco@ufrgs.br

⁵ Médica Veterinária, Doutora em Ciências Veterinárias, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. veronicarolim17@yahoo.com.br

⁶ Pesquisadora, Doutora em Zootecnia, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária, Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação, Porto Alegre, RS. glaucia-amaral@agricultura.rs.gov.br

RESUMO

Em 2022, 23,5% das matrizes de corte brasileiras foi inseminado artificialmente, sendo 97,7% a tempo fixo (IATF). Contudo, taxas médias de prenhez/IATF não ultrapassaram 50%. O objetivo deste estudo foi verificar a influência de variáveis zootécnicas, meteorológicas e técnicas, relacionadas com a inseminação artificial, nas taxas de concepção dos bovinos de corte. Foram considerados: Escore de Condição Corporal, Peso Vivo, Dias pós-parto; Temperatura média diária, Temperatura mínima diária, Temperatura máxima diária (°C), Precipitação Pluvial (mm), Umidade Relativa do Ar (%), Velocidade do Vento ($m s^{-1}$), Déficit de pressão de vapor (hPa), Temperatura do ponto de orvalho (°C), Radiação solar global ($MJ m^{-2}$), Índice de Temperatura e Umidade (ITU), Protocolo hormonal, Touro, Inseminador, Formação do inseminador. Para variáveis meteorológicas, utilizaram-se dados médios no dia e quatro dias após a IA (crítico para embrião). Para ITU, considerou-se número diário de horas no dia e somatório nos quatro dias posteriores (ITUpós), conforme: ITU1 (71-78/crítico), ITU2 (79-83/perigo) e ITU3 (>84/emergência). Pela análise univariada ($P < 0,05$, função *glm*, R, v.4.1.1) influenciaram em ordem de importância (*Random Forest*, R): Touro ($P = 0,0091$), T_{min}pós ($P = 0,045$), Inseminador ($P < 0,0001$), ITU2pós ($P = 0,0005$), Protocolo ($P = 0,0040$) e Formação do inseminador ($P < 0,0001$). Além de Radiação solar ($P = 0,0443$) no dia e nos quatro dias posteriores ($P = 0,0002$). Probabilidades máximas e mínimas de concepção foram (teste Bonferroni): Touro $69 \pm 0,48\%$ a, $10 \pm 0,31\%$ b; Inseminador $74 \pm 0,45\%$ a, $18 \pm 0,38\%$ c; Protocolo $74 \pm 0,45\%$ a, $29 \pm 0\%$ b; Veterinário, Técnico Agrícola, Campeiro: $54 \pm 0,43\%$ a, $44 \pm 0,50\%$ a, $26 \pm 0,5\%$ b. Melhores resultados consideram-se: touros com fertilidade conhecida, condições meteorológicas durante o programa, resultados

prévios de protocolo e inseminador e capacitação dos mesmos.

Palavras-chave: Variáveis zootécnicas, Variáveis meteorológicas, Gado de corte, Touro, Inseminador, Protocolo hormonal

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil é o primeiro exportador e o segundo maior produtor de carne bovina do mundo. Em 2023, houve um crescimento de 3,3% do rebanho (202 milhões de cabeças) em comparação a 2022, com redução de 5% de áreas destinadas às pastagens, indicando aumento de produtividade (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2023).

O Rio Grande do Sul possui um pouco mais de 13 milhões de cabeças de bovinos, representando 6,5% do total do rebanho brasileiro. Nos últimos 10 anos, houve um crescimento de 9,17% do rebanho gaúcho, sendo este na sua maioria composto por animais com aptidão para corte (86,44%), envolvendo aproximadamente 262 mil propriedades rurais do Estado (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2023).

Nos últimos 30 anos, o aumento de produtividade da atividade pecuária no país foi de 183% (Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes, 2023), consequência da utilização de tecnologias sustentáveis como: manejo adequado e recuperação de pastagens, utilização de sistemas integrados, aplicação de ferramentas do melhoramento genético, adoção de práticas de bem-estar, nutrição e saúde animal. Apesar da evolução de produtividade, ainda há um grande caminho a percorrer na busca de elevada produção sustentável sem a expansão das áreas utilizadas pela bovinocultura.

O sucesso da aplicação destas tecnologias, associadas ou não, é altamente dependente da resposta dos animais ao sistema de produção adotado. A seleção genética do rebanho direcionada para características, que melhorem o desempenho

reprodutivo e produtivo dos bovinos, e de interesse econômico, torna a utilização das biotecnologias da reprodução, como a Inseminação Artificial a Tempo Fixo (IATF) uma ferramenta facilitadora para aumentar a frequência de genes desejáveis nas populações, tornando os animais mais eficientes e produtivos.

A inseminação artificial (IA) é a biotecnologia reprodutiva mais utilizada no mundo e sua aplicação traz grandes benefícios aos rebanhos quando comparada ao uso da monta natural (Lima *et al.*, 2010; Lamb; Mercadante, 2016; Baruselli *et al.*, 2018, 2022). O crescimento da utilização desta tecnologia fez com que aumentasse o número de matrizes inseminadas artificialmente, passando de 5,9% em 2002 para 23,4% em 2021 (Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2022; Baruselli *et al.*, 2022), propiciando grandes avanços em termos de melhoramento genético dos rebanhos. Diferentemente do que ocorre em outros países, no Brasil se verificou que nos últimos 20 anos a IA foi aplicada em maior percentual nos rebanhos de corte (25,9%), quando comparado aos de leite (12%), dados de 2021 (Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2022). No Rio Grande do Sul, no ano de 2022, 33,3% das fêmeas de corte foram inseminadas artificialmente, ou seja, mais de um milhão de cabeças, enquanto no rebanho leiteiro, o percentual foi de 22,1% (Associação Brasileira de Inseminação Artificial, 2022). Este elevado número de inseminações artificiais realizadas foi acompanhado de significativo crescimento do emprego da IATF pelos produtores, com taxa de crescimento anual composta (CAGR: *Compound Annual Growth Rate*) do número de protocolos de sincronização comercializados para IATF de 34,1% (Baruselli *et al.*, 2021a).

Os programas de IATF oferecem uma abordagem organizada e prática para o uso da IA, pois estão associados a protocolos de sincronização da ovulação, sem a necessidade de observação de estro. Antecipam a concepção na estação de monta e a idade à primeira parição das novilhas, aumentando significativamente a eficiência reprodutiva, produtiva e o retorno econômico do setor (Baruselli *et al.*, 2021b). Recente estudo evidenciou que os sistemas de cria que utilizam a IATF reduzem 37,7% da emissão de CO₂ equivalentes (produz mais terneiros de qualidade genética com menos matrizes que a monta natural), colaborando com a sustentabilidade da pecuária (Abreu *et al.*, 2021).

Porém, os resultados em termos de taxas médias de concepção das matrizes inseminadas artificialmente utilizando protocolos de IATF, mantem-se estáveis em 50% (Baruselli *et al.*, 2004a; Meneghetti *et al.*, 2009; Peres *et al.*, 2009; Bó; Baruselli, 2014; Ferraz Júnior *et al.*, 2016; Carvalho *et al.*, 2019; Tarouco *et al.*, 2020).

O sucesso da aplicação desta biotecnologia depende de inúmeros fatores, como a condição corporal das fêmeas, tipo racial, protocolo utilizado, categoria e saúde dos animais, manejo geral, e daqueles relacionados com a IA propriamente dita (Tarouco *et al.*, 2020), além de condições climáticas.

Programas reprodutivos bem-sucedidos, utilizando biotecnologias da reprodução animal ou monta natural, dependem do processo da fertilização, ou seja, produção de oócitos saudáveis e maduros pelas matrizes e de sêmen de qualidade pelos reprodutores. Situações de estresse calórico afetam a reprodução, alterando o equilíbrio hormonal, com a redução de síntese e liberação do Hormônio Luteinizante (LH) e da Progesterona (P₄), indispensáveis para o desenvolvimento

folicular, a qualidade dos oócitos, a manutenção da gestação e o desenvolvimento embrionário, resultando em menores taxas de prenhez nos rebanhos (Khan *et al.*, 2023).

Assim, visto o possível efeito de diferentes fatores zootécnicos, técnicos e ambientais sobre as taxas de gestação, realizou-se uma análise retrospectiva para investigar essa relação, utilizando dados disponíveis de Programas de IATF aplicados em rebanhos de bovinos de corte de 2015 a 2020. O objetivo desta Circular Técnica é reportar e discutir os resultados dessa análise, com ênfase nas variáveis meteorológicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar os efeitos e as relações entre fatores que podem afetar os resultados de programas de IATF (taxa de concepção) foram utilizados dados dos anos de 2015 a 2017 do Centro de Pesquisa Iwar Beckman, localizado em Hulha Negra, pertencente ao Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária (DDPA) da Secretaria da Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação (SEAPI) e, nos anos de 2019 e 2020, da Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA/UFRGS), localizada em Eldorado do Sul, ambos no Rio Grande do Sul. A altitude média de Hulha Negra é de 196 m, com coordenadas geográficas 31°24'15" de latitude Sul e 53°52'10" de longitude Oeste. Apresenta precipitação média anual de 1550 mm e temperatura média mensal de 19,4°C. Em Eldorado do Sul, a altitude média local é de 46 m, com coordenadas geográficas 30°05'27" de latitude Sul e 51°40'18" de longitude Oeste. Apresenta precipitação média anual de 1440 mm e as temperaturas médias mensais variam entre 14 e 25°C (Moreno,

1961). O clima das regiões é do tipo Cfa, subtropical úmido com verões quentes (Wrege *et al.*, 2011).

Os programas de IATF envolveram 455 fêmeas Brangus e cruzas, sendo 180 do DDPA e 275 da EEA, criadas extensivamente, conforme as categorias descritas na Tabela 1.

No manejo reprodutivo do DDPA, as fêmeas foram vacinadas para Brucelose e Leptospirose. Na EEA, além destas duas doenças, incluíram-se Rinotraqueíte Infecciosa Bovina (IBR) e Diarreia Viral Bovina (BVD).

Os diagnósticos de gestação foram efetuados por ultrassonografia entre os dias 45 e 60 após a IATF, utilizando-se o equipamento ALOKA SSD 500 e transdutor transretal de 5 MHz.

As datas das Inseminações Artificiais, número, categorias das fêmeas e protocolos hormonais utilizados no DDPA/SEAPI e na EEA/UFRGS constam na Tabela 1.

A taxa de concepção (variável resposta) foi calculada pela relação entre as fêmeas gestantes e as inseminadas artificialmente (%), Tabela 8).

Os protocolos hormonais aplicados se basearam na inserção de dispositivos intravaginais com Progesterona (DIVP4), Progesterona injetável (IP4) após IA, aplicação de Benzoato de estradiol (BE), Cipionato de estradiol (ECP), Cloprostenol sódico (análogo de PGf2 α), Gonadotrofina Coriônica Equina (eCG) e Hormônio Liberador de Gonadotrofina (análogo de GnRH), conforme a Tabela 2. Os protocolos 2.0 e 2.1 foram realizados no mesmo grupo de fêmeas em que, aleatoriamente, metade delas recebeu a aplicação de progesterona injetável 14 dias após a IA (2.1) e nas restantes se utilizou solução fisiológica como placebo (2.0).

Tabela 1. Datas das Inseminações Artificiais, número, categorias das fêmeas e protocolos hormonais utilizados nos Programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.

DDPA-SEAPI				
Mês	Data IA	N° fêmeas	Categoria	Protocolo
Ano 2015				
Dezembro	10	19	Novilha solteira	5
Dezembro	11	2	Novilha solteira	5
Ano 2016				
Janeiro	21	23	Vaca com cria	1
Ano 2017				
Janeiro	20	76	Vaca com cria	2.0/2.1
Janeiro	26	23	Vaca com cria	3
Janeiro	27	11	Vaca com cria	2.0
Janeiro	27	26	Novilha 1ª cria (20) Vaca com cria (6)	3
Total		180		
EEA-UFRGS				
Mês	Data IA	N° fêmeas	Categoria	Protocolo
Ano 2019				
Novembro	22	21	Vaca com cria	6
Dezembro	2	31	Vaca com cria	7
Dezembro	6	37	Vaca com cria	6
Dezembro	13	23	Vaca com cria	6
Dezembro	20	33	Vaca com cria	6
Ano 2020				
Outubro	20	24	Vaca com cria	6
Novembro	6	26	Vaca com cria	6
Novembro	27	27	Vaca com cria	6
Dezembro	4	21	Vaca com cria	6
Dezembro	11	32	Vaca com cria	6
Total		275		

Tabela 2. Protocolos hormonais de Inseminação Artificial em Tempo Fixo nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.

Protocolo 5 (DDPA/2015)				
D0	D8	D9	D10	D14-19
2 mL BE + DIVP ₄	retirada DIVP ₄ +2mL	1 mL BE	IA	DIVP ₄
Protocolo 1 (DDPA/2016)				
D0	D8	D9	D10	
2 mL BE + DIVP ₄	retirada DIVP ₄ +2mL	1 mL BE	IA	
Protocolo 2.0 (DDPA/2017)				
D0	D8	D9	D10	
2 mL BE + DIVP ₄	retirada DIVP ₄ +2mL PGf2 α +eCG	1 mL BE	IA+GnRH (2, ϵ mL)	
Protocolo 2.1(DDPA/2017)				
D0	D8	D9	D10	D14
2 mL BE + DIVP ₄	retirada DIVP ₄ +2mL PGf2 α +eCG	1 mL BE	IA+GnRH (2, ϵ mL)	IP ₄
Protocolo 3 (DDPA/2017)				
D0	D8	D9	D10	
2 mL BE+DIVP ₄	retirada DIVP ₄ +2mL PGf2 α +eCG	1 mL BE	IA+GnRH (2, ϵ mL)	
Protocolo 6 (EEA/2019/2020)				
D0	D7	D9		D 11
2 mL BE+DIVP. monodose	2,5 mL PGf2 α	retirada DIVP. monodose+eCG (300UI)+0,3 mL ECP		IA
Protocolo 7 (EEA/2019)				
D0	D7	D9		D11
2 mL BE+DIVP. monodose+2mL PGf2 α (vacas con CL)	2,5 mL PGf2 α	retirada DIVP. monodose+eCG (300UI)+0,3 mL ECP		IA

BE-Benzoato de Estradiol; CL- Corpo Lúteo; DIVP₄-Dispositivo intravaginal com progestágeno; PGf2 α - Análogo de PGF2 α ; eCG-Gonadotrofina coriônica equina; ECP- Cipionato de Estradiol; GnRH-Análogo do Hormônio liberador de gonadotrofina; IP₄- Progesterona injetável; IA – inseminação artificial.

As variáveis zootécnicas consideradas foram: escore de condição corporal - **ECC**, 1 a 5 (Lowman; Scott; Somerville, 1976); peso vivo (**PV**, kg) e dias pós-parto (**DPP**, dias) obtidos ao início da aplicação do protocolo hormonal.

As variáveis relacionadas com os procedimentos da inseminação artificial foram: **Touro** utilizado (n=18), **Protocolo** (n=7), **Inseminador** (n=5) e **Formação do Inseminador** (n=3; Médico Veterinário, Técnico Agrícola e Campeiro, todos com curso de IA realizado).

Dados horários diários registrados em duas estações meteorológicas automáticas, uma instalada no Centro de Pesquisa/Hulha Negra, e outra na Estação Experimental Agrônômica da UFRGS/Eldorado do Sul foram usados para avaliar os efeitos das condições meteorológicas no sucesso dos programas de IATF.

As variáveis consideradas foram: temperatura média diária do ar (**Tm**, °C), temperatura máxima (**Tmáx**, °C) e temperatura mínima (**Tmín**, °C) absoluta diária do ar, temperatura do ponto de orvalho (**Tpo**, °C); umidade relativa média diária do ar (**URm**, %), precipitação pluvial (**Prec**, mm); velocidade do vento (**VV**, m s⁻¹) e radiação solar global (**Rad**, MJ m⁻²), estas duas últimas somente no DDPA. Também foram calculados o Déficit de Pressão de Vapor (**DVP**, hPa) e os valores médios da **Tmpós**, **Tmáxpós** e **Tmínpós** (°C) nos quatro dias após a IA.

Na análise estatística, para todas as variáveis meteorológicas, foram utilizados os dados diários do dia da inseminação artificial e as médias diárias dos quatro dias posteriores, período considerado crítico para sobrevivência embrionária (Sponchiado *et al.*, 2019). As situações de estresse térmico ocorridas durante os períodos considerados

neste estudo foram identificadas através do cálculo do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) (Thom, 1959), que considera os efeitos associados da temperatura média do ar e da umidade relativa do ar, pela fórmula abaixo:

$$ITU = T_m + (0,36T_{po} + 41,5)$$

Em que: T_m = temperatura média diária do ar;

T_{po} = Temperatura do Ponto de Orvalho

$$T_{po} = ((UR/100)^{1/8}) * (112 + (0,9 * T_m)) + (0,1 * T_m) - 112$$

Para estabelecer as faixas de conforto/desconforto térmico, utilizou-se a classificação proposta por Hahn (1985), na qual, para os animais domésticos em geral, um valor de ITU igual ou inferior a 70 indica condição normal, não estressante; entre 71 e 78 (ITU1) é considerado crítico; entre 79 e 83 (ITU2), indica perigo; e acima de 84 (ITU3) constitui emergência.

Foi contabilizado o número de horas diárias em que as fêmeas estiveram em situações de estresse térmico, considerando os valores do ITU, a partir da condição crítica (ITU1), de perigo (ITU2) e emergencial (ITU3), no dia da IA e nos quatro dias posteriores (ITU1pós; ITU2pós e ITU3pós).

Análises Estatísticas

A verificação dos fatores de influência direta sobre o diagnóstico gestacional de fêmeas bovinas submetidas aos programas de IATF no DDPA e na EEA foi realizada pela análise de variável binomial, considerando 5% de nível de significância ($P < 0,05$), utilizando-se a função *glm* do programa estatístico R (v.4.1.1).

As variáveis estudadas, que indicaram efeito significativo pelo teste Qui-quadrado ($P < 0,05$), foram selecionadas para definição da ordem de importância sobre os resultados do diagnóstico gestacional, por meio do algoritmo

Random Forest, utilizando-se o pacote *randomForest* do mesmo programa estatístico e submetidas ao teste Bonferroni para comparação de médias, considerando o mesmo nível de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As três variáveis zootécnicas consideradas neste estudo (PV, ECC e DPP) não influenciaram nas taxas de concepção resultantes dos programas de IATF realizados no DDPA e na EEA (Tabela 3).

Tabela 3. Influência de variáveis zootécnicas sobre o diagnóstico gestacional de fêmeas bovinas submetidas a Programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.

Variável	Influência	Valor de	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
PV	Não	0,6460	343	522	425,2	36,6
ECC	Não	0,1214	2,0	5,0	3,0	0,66
DPP	Não	0,1420	27	140	55,4	25,2

PV- Peso vivo (kg); ECC- Escore de condição corporal (1-5); DPP- Dias pós-parto (dias)

Como critério para a formação dos lotes para iniciar os protocolos hormonais aplicados foi considerado o peso vivo e a condição corporal das fêmeas. As vacas apresentavam pesos médios acima de 400 Kg e escore de condição corporal médio de 3,0, com pouca variabilidade entre as matrizes, considerados adequados, e, portanto, não interferiram nas taxas de concepção. O controle e o acompanhamento do ECC constituem parâmetros importantes na elaboração estratégica

alimentar, refletindo diretamente na melhoria dos indicadores de eficiência reprodutiva nos programas de IATF (Grillo *et al.*, 2015).

As informações de Dias pós-parto (DPP) não estavam disponíveis para todas as fêmeas com cria, conseqüentemente, o pequeno tamanho da amostra pode ter influenciado no resultado da análise (Tabela 3). Em geral, melhores resultados de concepção são esperados para as vacas que completam o período fisiológico do puerpério, quando há uma recuperação completa das condições uterinas para manter uma nova gestação. Apesar de que alguns autores indicam que a recuperação uterina não ocorre antes da sexta semana pós-parto, a necessidade de atingir metas de produção induz as propriedades de bovinos de corte a realizar um manejo reprodutivo mais intensivo. Assim, vacas têm sido submetidas à protocolos de IATF entre 30 e 60 DPP, com obtenção de bons índices de prenhez por IA (P/IA), variando de 46% a 65% (Andrade *et al.*, 2018).

O ambiente é formado por diferentes agentes estressores que interagem entre si e inclui todas as combinações, nas quais os organismos vivos estão inseridos. O clima é considerado fator de grande relevância na atividade da pecuária de corte, podendo influenciar no desempenho dos animais quando em situações de estresse, incluindo-se temperatura, umidade, velocidade do ar e a radiação solar (Baccari Junior, 1998).

As variáveis meteorológicas (temperaturas do ar médias, mínimas e máximas absolutas, umidade relativa do ar) registradas em Hulha Negra e em Eldorado do Sul durante os meses de realização dos programas de IATF podem ser visualizadas nas Figuras 1 e 2.

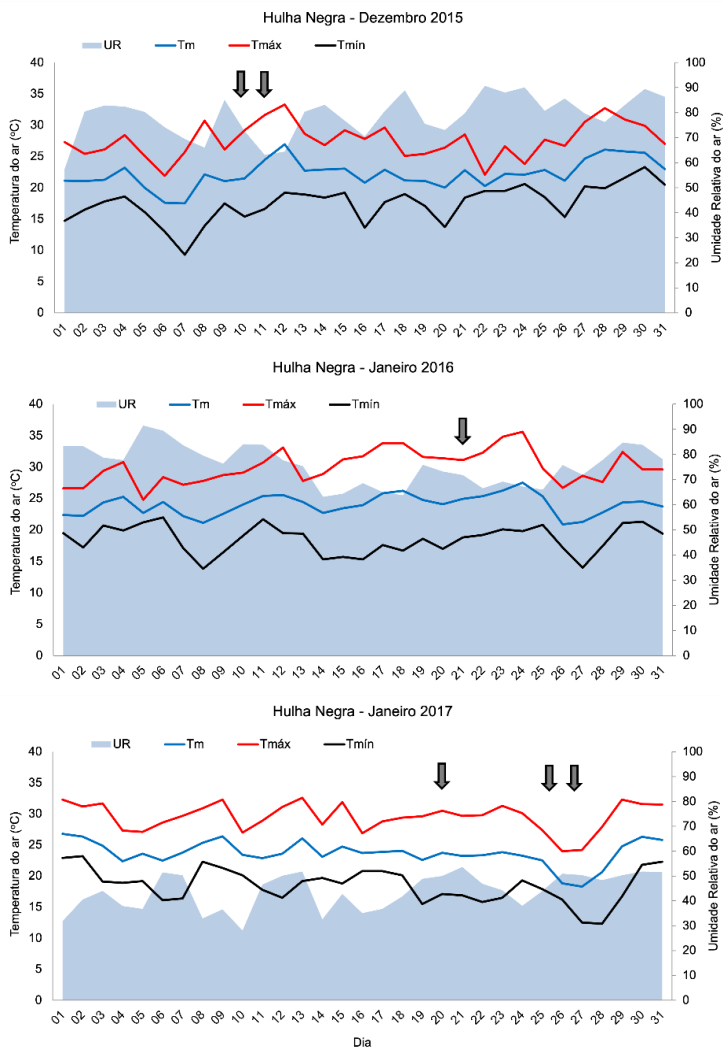


Figura 1. Valores médios diários de Umidade Relativa do ar (UR), Temperatura Média (Tm), Temperatura Mínima (Tmín) e Temperatura máxima (Tmáx) absoluta do ar, nos meses de dezembro de 2015, janeiro de 2016 e janeiro de 2017, em Hulha

Negra, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial.

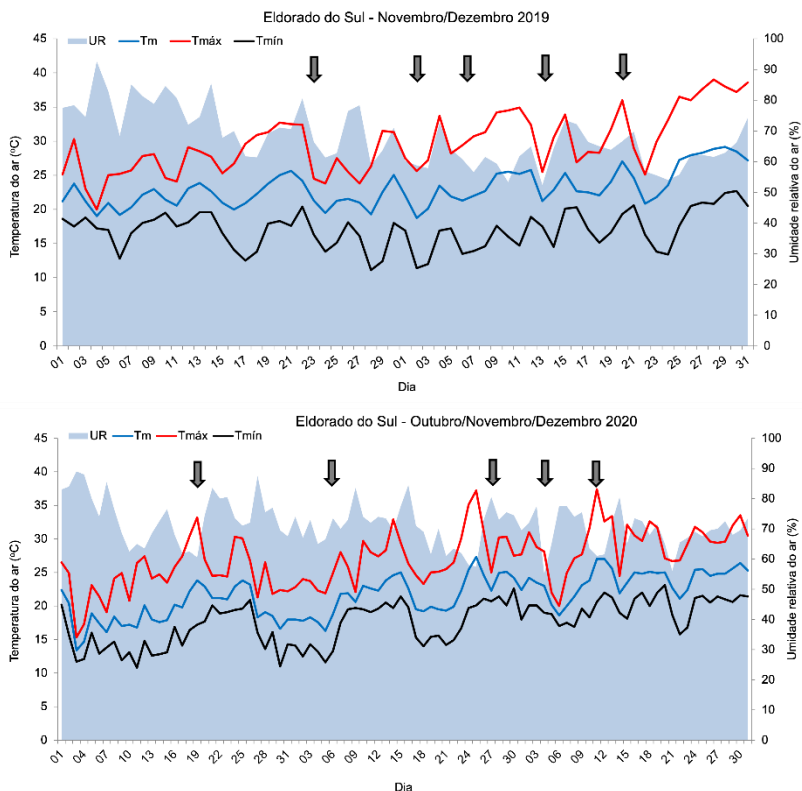


Figura 2. Valores médios diários de Umidade Relativa do ar (UR), Temperatura Média (Tm), Temperatura Mínima (Tmín) e Temperatura máxima (Tmáx) absoluta do ar, nos meses de novembro e dezembro de 2019 e outubro, novembro e dezembro de 2020 em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial.

Em Hulha Negra, no mês de dezembro de 2015, os valores médios mensais de temperatura diária do ar foram de 22°C, temperatura mínima absoluta do ar de 17°C e temperatura máxima de 28°C; variando de 18 a 27°C, de 9 a 23°C e de 22 a 33°C, respectivamente. Em 2016, os valores médios mensais no mês de janeiro foram 24°C (T_m), mínima de 18°C e máxima de 30°C; com intervalos de 21 a 28°C, de 14 a 22°C e de 25 a 36°C, respectivamente. Em janeiro de 2017, foram 24°C, 19°C e 30°C; oscilando entre 18 e 26°C, 12 e 23°C, 24 e 33°C. Considerando-se a temperatura média mensal, pode-se inferir que, durante a aplicação dos programas de IATF em Hulha Negra nos três anos, ficou dentro da zona de conforto térmico (ZCT) para os bovinos, ou seja, entre 10°C e 27°C. Com relação à umidade relativa média do ar, apresentaram valores médios de 79%, 76% e 44% em 2015, 2016 e 2017, variando de 57 a 91%, de 63 a 92% e de 28 a 54% nos respectivos anos (Figura 1). Os valores médios dos dois primeiros anos ficaram acima do ideal para os bovinos (60-70%) e em 2017 abaixo.

Em Eldorado do Sul, nos meses de novembro e dezembro de 2019, os valores médios mensais de temperatura diária, temperaturas mínima e máxima absolutas do ar foram 23°C, 17°C e 30°C; com variações de 19 a 29°C, de 11 a 23°C e de 20 a 39°C. Em 2020, meses de outubro, novembro e dezembro, os valores médios mensais das três variáveis foram iguais a 22°C, 18°C e 27°C; com oscilações de 13 a 27°C, de 11 a 23°C e de 15 a 37°C. Quanto à umidade relativa média do ar, os valores médios foram de 68% em 2019 e 71% em 2020, oscilando entre 52 e 93% e 55 e 89% nos respectivos anos (Figura 2). Da mesma forma que em Hulha Negra, os valores médios das temperaturas registradas não indicaram

desconforto térmico nos dois anos. Quanto à umidade relativa do ar, ficou dentro do ideal.

De modo geral, não houve variação nos valores médios de temperatura diárias do ar entre os locais nos anos avaliados. Entretanto, em termos diários, verifica-se que ocorreram grandes amplitudes térmicas. Em Hulha Negra foram registradas variações de 3 a 17°C, de 4 a 17°C e de 6 a 16°C, nos três anos. Em Eldorado do Sul, as amplitudes variaram de 3 a 20°C em 2019 e de 2 a 17°C em 2020. Já para umidade relativa do ar, Eldorado do Sul não apresentou grande variação nos dois anos; Hulha Negra, em 2017, apresentou umidade relativa média do ar extremamente baixa (44%), sendo o mês de janeiro caracterizado por baixos volumes de precipitação pluviométrica.

O Índice de Temperatura e Umidade (ITU) em Hulha Negra variou de 63 a 75 em 2015, de 68 a 74 em 2016 e de 62 a 73 em 2017 (Figura 3). Em Eldorado do Sul, em 2019, o ITU variou de 64 a 78, e em 2020 de 59 a 75 (Figura 4). Os valores médios do ITU ficaram dentro da faixa de conforto térmico em Hulha Negra, com exceção do mês de janeiro de 2016, em que ocorreu situação crítica, caracterizando desconforto térmico. Em Eldorado do Sul, no ano de 2019, mês de dezembro, em alguns dias se registraram condições de estresse térmico, configurando situação de alerta (Figura 4).



Figura 3. Valores médios diários do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Temperatura do ar média (T_m) em dezembro de 2015, janeiro de 2016 e janeiro de 2017 em Hulha Negra, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial. Valores médios do ITU acima da linha vermelha tracejada (>71) indicam situação de desconforto térmico.

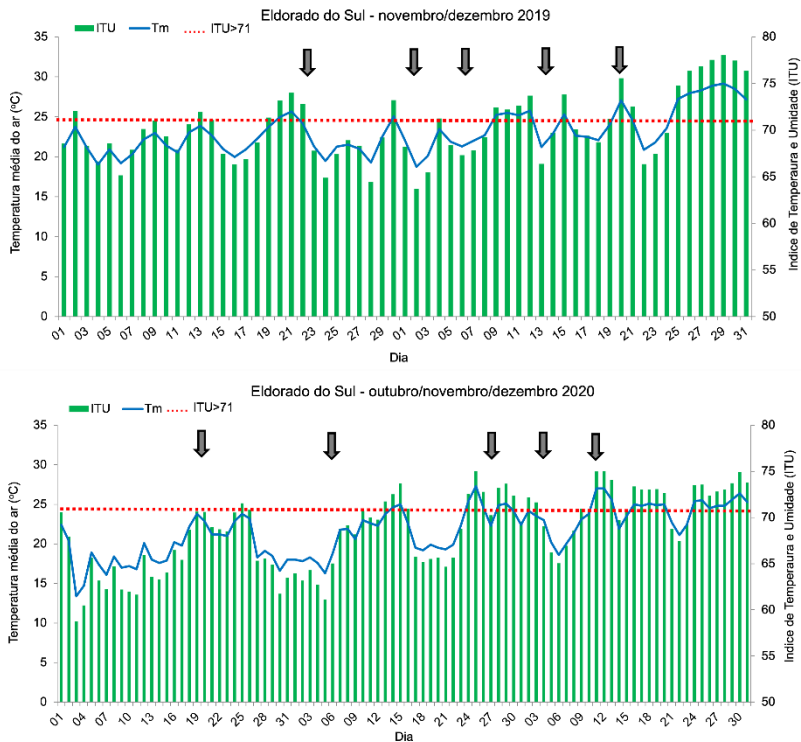


Figura 4. Valores médios diários do Índice de Temperatura e Umidade (ITU) e Temperatura do ar média (T_m), nos meses de novembro e dezembro de 2019 e outubro, novembro e dezembro de 2020, em Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul. As setas indicam o dia da realização da Inseminação Artificial. Valores médios do ITU acima da linha vermelha tracejada (>71) indicam situação de desconforto térmico.

Os resultados da influência das variáveis meteorológicas no diagnóstico gestacional de fêmeas submetidas aos programas de IATF realizados no DDPa e na EEA constam na Tabela 4.

Tabela 4. Influência de variáveis meteorológicas sobre o diagnóstico gestacional de fêmeas bovinas submetidas a Programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPa/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.

Variável	Dia IA		Pós IA (média 4 dias)	
	Influência	Valor de <i>P</i>	Influência	Valor de <i>P</i>
Tm	Não	0,5362	Não	0,6236
Prec	Não	0,9772	Não	0,2026
UR	Não	0,4713	Não	0,1659
ITU	Não	0,7935	Não	0,5224
VV	Não	0,3830	Não	0,4301
Tminpós	Não	0,3561	Sim	0,0454
Tmáxpós	Não	0,8283	Não	0,5022
DVP	Não	0,9241	Não	0,4445
Tpo	Não	0,4231	Não	0,2265
Rad	Sim	0,0443	Sim	0,0002
ITU1pós	Não	0,8671	Não	0,2771
ITU2pós	Não	0,5008	Sim	0,0005
ITU3pós	Não	0,1785	Não	0,1132

Tm-temperatura média diária do ar (°C); Prec- precipitação pluviométrica (mm);UR-umidade relativa do ar (%); ITU-índice de temperatura e umidade; velocidade do vento (VV), **Tminpós**-temperatura mínima absoluta do ar após IA; Tmáxpós-temperatura máxima absoluta do ar após IA; DVP-déficit de pressão de vapor (hPa); Tpo-temperatura do ponto de orvalho; **Rad**-radiação global total (MJ m⁻²); ITU1pós-número de horas diárias em condição crítica após IA, **ITU2pós**-número de horas diárias em condição perigosa após IA; ITU3pós- número de horas diárias em condição emergencial após IA.

Em Hulha Negra, os valores das variáveis meteorológicas registrados no dia da realização da IA não influenciaram nas taxas de concepção, com exceção da radiação solar global ($p=0,0443$), cuja média em três anos de registro foi de $29,46 \text{ MJ m}^{-2}$.

Nos quatro dias posteriores à IA, a radiação solar global continuou influenciando as taxas de concepção alcançadas em Hulha Negra ($\text{Rad}= 26,32 \text{ Mj m}^{-2}$; $p=0,0002$). Também, nesse período, houve efeito da temperatura média mínima do ar (**Tminpós**; $p=0,0454$) e do ITU. Em Hulha Negra, os valores máximos das temperaturas mínimas do ar nos três anos variaram entre 22°C e 23°C (Figura 1). Em Eldorado, ficou em 23°C (Figura 2) em 2019 e 2020. O somatório de horas no período em que as fêmeas estiveram sob valores de ITU entre 79 e 83 (**ITU2pós**; $p=0,0005$), evidenciou efeito do estresse calórico em situação de perigo sobre as taxas de concepção. Estes dados estão apresentados na Tabela 4 e nas Figuras 5 (A) (B) (C) e 6 (A) (B).

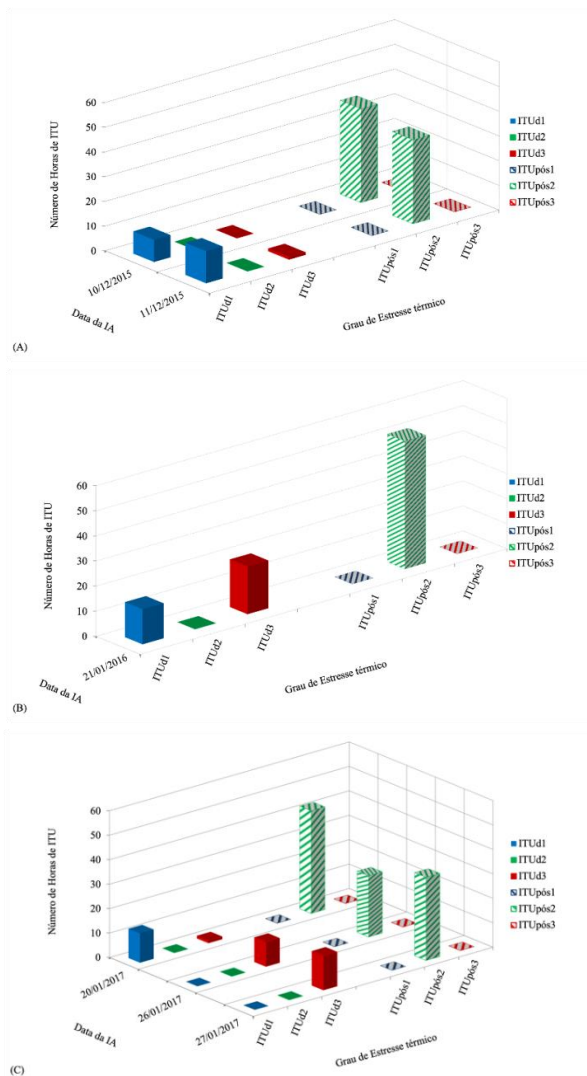


Figura 5. Número de horas diárias em estresse térmico no dia da realização da Inseminação Artificial (IA) e somatório de quatro dias posteriores, em programas de IATF em 2015 (A), 2016 (B) e 2017 (C) no DDPA/Hulha Negra, Rio Grande do Sul.

Conforme consta na Figura 5, embora os valores médios do ITU não indicassem estresse térmico, o somatório de horas em desconforto térmico evidenciou situações estressantes em Hulha Negra durante os programas de IATF nos três anos avaliados e influenciaram as taxas de concepção. Destaca-se o número diário de horas em situação de estresse calórico colocando os animais em perigo (**ITU2pós; p=0.005**) nos quatro dias posteriores a IA, com valores mais elevados no mês de janeiro de 2016, incluindo poucas horas de situação emergencial no dia da sua realização. Situações emergenciais durante os quatro dias posteriores à IA não foram registradas em nenhum dos anos avaliados.

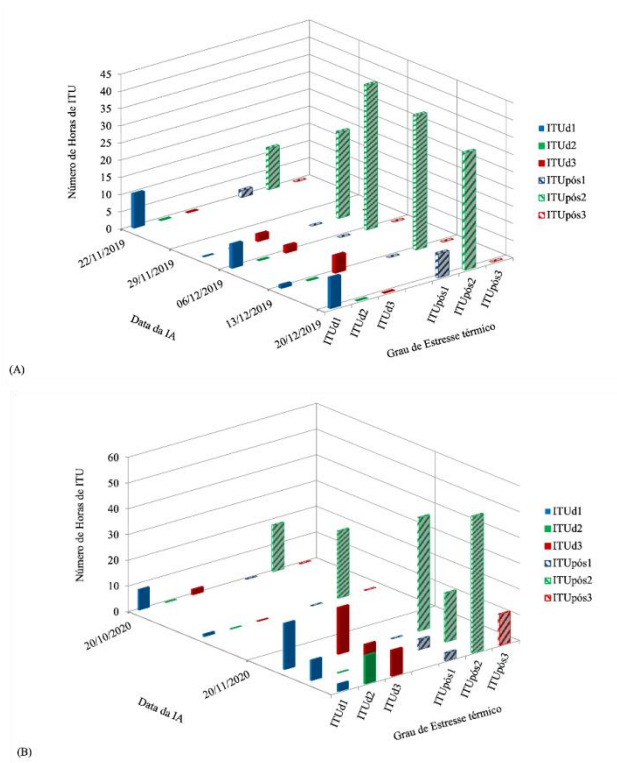


Figura 6. Número de horas diárias em estresse térmico no dia da realização da Inseminação Artificial (IA) e somatório de quatro dias posteriores, em programas de IATF nos anos de 2019 (A) e 2020 (B) na EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.

Assim como em Hulha Negra, em Eldorado do Sul foram registradas situações de estresse térmico durante a implantação dos programas de IATF no período avaliado. O mês de dezembro se caracterizou por apresentar o maior número de horas em situação de estresse térmico perigoso (ITU2pós) nos anos de 2019 e 2020. Situações perigosas e

emergenciais foram mais frequentes tanto no dia, como nos quatro dias posteriores a IA, destacando-se o ano de 2020.

A produção de calor corporal dos bovinos é gerada durante os processos metabólicos e digestivos, além das atividades habituais dos animais. A radiação solar é a principal fonte de transferência de calor externo para o corpo do animal, e para que este mantenha a homeotermia (temperatura corporal fisiológica em animais adultos de 37,8 a 39,2°C), utiliza mecanismos comportamentais e fisiológicos para controlar a incidência de radiação, a condução e a troca evaporativa de calor com o meio ambiente (Shephard; Maloney, 2023).

O gradiente da temperatura entre a pele e o ambiente externo e a velocidade do vento (convecção) determinam a transferência de calor por esses meios. O bovino controla estes mecanismos direcionando o fluxo sanguíneo para a periferia (pele), busca a sombra ou abrigo e reduz ou aumenta a sua atividade (permanece em pé ou deitado) em curto prazo (ações comportamentais). Em longo prazo, ocorrem modificações de pelame e alterações nas taxas metabólicas, ou seja, entra em processo de aclimatação (Shephard; Maloney, 2023).

O principal mecanismo de perda de excesso de calor (dissipação) utilizado pelo bovino é a transpiração, com alguma contribuição respiratória, e ocorre quando as temperaturas ambientais excedem a temperatura da pele (36°C). O bovino tende a se adaptar melhor ao frio do que em condições externas mais quentes, com raças *Bos Indicus* mais adaptadas às condições mais quentes do que a *Bos taurus* (Shephard; Maloney, 2023).

O efeito deletério da radiação solar no desempenho reprodutivo de bovinos tem sido relatado por Mietkiewska *et al.*

(2022) e Silva *et al.* (2023). Neste estudo, em que os animais permaneceram a campo, foi verificado efeito dessa variável. Assim, supõe-se que o método de criação dos animais, se expostos ou não diretamente à radiação solar, deve ser considerado na avaliação do estresse térmico.

Uma boa alternativa para reduzir os efeitos da radiação solar é a adoção de sistemas de produção integrados, particularmente IPF ou ILPF. A atenuação da radiação solar pelo dossel florestal atua diretamente no balanço de energia, permitindo menor reflexão da radiação e maior capacidade de retenção da água precipitada em comparação a áreas de campo aberto, possibilitando manter altas taxas de evapotranspiração (incremento de umidade relativa do ar) e menores temperaturas do ar (Giro *et al.*, 2019). Estudos indicam incremento na taxa de concepção de até 20%, além de redução no número de serviços por concepção de até 50% em sistemas ILPF no Brasil (Tazzo *et al.*, 2024).

Os valores médios das temperaturas mínimas absolutas do ar nos quatro dias após a realização da IA (**T_{minpós}**) influenciaram as taxas de concepção ($p=0,0454$; Tabela 4).

O estresse calórico acontece quando as altas temperaturas do ar aliadas à alta produção de calor metabólico resultam em um estoque de calor corporal excedente, e o animal não consegue eliminá-lo para o ambiente (Azevêdo; Alves, 2009). Esse fator depende, principalmente, da oscilação da temperatura do ar durante o dia e a noite. Se a temperatura à noite não for menor que 21°C por um período de três a seis horas, o animal não tem capacidade suficiente de perder todo o calor que foi adquirido durante o dia anterior (Silanikove, 2000), portanto, temperaturas mínimas do ar elevadas, associadas às altas umidades relativas do ar, impedem a possibilidade da

perda do calor corporal excedente para o meio ambiente e o animal entre em estresse térmico.

Em termos de faixa de classificação da condição de estresse térmico, verificou-se que o maior número de horas registrado foi a de **ITU2pós** e, portanto, influenciou as taxas de concepção.

Nos bovinos, o estresse térmico é um dos fatores que mais contribui para a queda na fertilidade, comprometendo cerca de 60% dos rebanhos ao redor do mundo (Wolfenson; Roth; Meidan, 2000), atingindo tanto vacas de corte, como as leiteiras (Moura; Carvalho; Paula-Lopes, 2021). Análises de dados meteorológicos dos últimos 20 anos indicaram que o declínio da taxa de concepção é diretamente proporcional ao aumento da temperatura ambiente e da umidade relativa do ar (Djelailia *et al.*, 2020).

Análise dos fatores que influenciaram as taxas de concepção indicou o efeito do **Touro** como o de maior importância, seguido da variável meteorológica **TminPós**, do **Inseminador**, do **ITU2Pós**, além do **Protocolo Hormonal** e da **Formação do Inseminador** (Figura 7, Tabela 5).

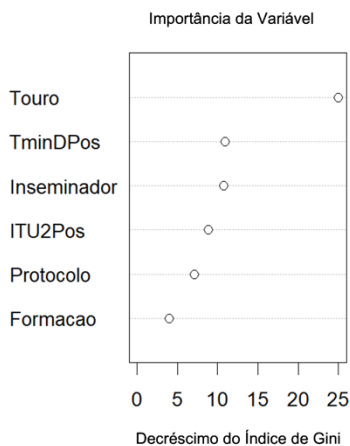


Figura 7. Ordem de fatores de importância na determinação do resultado do diagnóstico gestacional em fêmeas bovinas submetidas a programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.

Tabela 5. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão de probabilidade de gestação em função do efeito de Touro em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra e da EEA/Eldorado do Sul, Rio Grande do Sul.

Touro	n	Média (%)	Desvio padrão
1	104	51 ab	5,0
2	35	46 ab	5,1
3	6	50 ab	5,5
4	8	38 ab	5,2
5	7	29 ab	4,9
7	9	44 ab	5,3
8	15	47 ab	5,2
9	13	54 ab	5,2
10	16	69 a	4,8
11	14	50 ab	5,2
12	26	46 ab	5,1
13	26	46 ab	5,1
14	22	55 ab	5,1
15	35	54 ab	5,1
16	33	45 ab	5,1
18	25	20 b	4,1
20	29	10 b	3,1

Médias acompanhadas por letras distintas diferem pelo teste Bonferroni ($P < 0,05$).

Para esta análise foram desconsiderados os dados relativos aos touros identificados como 6, 17 e 19, pelo pequeno número de inseminações realizadas nos programas de IATF. Também não foram incluídas as partidas de sêmen,

pois na grande maioria das IAs se utilizou somente uma partida por touro.

As probabilidades gestacionais médias variaram de 10 a 69%, com o touro 10 apresentando o maior valor e os touros 20 e 18, os menores (Tabela 5). Entre os 17 touros avaliados, sete apresentaram probabilidade de gestação positiva $\geq 50\%$, seis na faixa de 45 a 47% e quatro entre 10 e 38%.

Diferenças de resposta entre touros também foram relatadas por Carvalho *et al.* (2019), sendo que entre os 18 touros utilizados, 14 foram responsáveis por taxas de concepção acima de 50%, três entre 62,1% e 69% e um apresentando somente 38,3%.

Programas de IATF com resultados de gestações positivas abaixo dos 50% são considerados ineficientes, pois não justificam os custos de manejo e a implementação do protocolo hormonal (Siqueira *et al.*, 2008), portanto, considerando a variação das probabilidades gestacionais entre os touros avaliados neste estudo, evidencia-se o grande impacto e a importância de utilizar touros com fertilidade e desempenho conhecidos nestes programas.

Frigoni (2020) verificou que a taxa de prenhez à IATF foi influenciada pela fazenda ($P=0,013$), lotes de animais ($P<0,001$), touro e raça ($P=0,02$), técnico ($P=0,031$), ano da realização do procedimento ($P=0,011$), escore de condição corporal (ECC; $P=0,042$) e categoria do parto (novilha, primíparas e múltíparas; $P<0,001$). Relata que o sêmen dos touros utilizados para inseminação artificial interfere na eficiência da IATF, com taxa de concepção variando de 24,6% até 67,1%, corroborando com os resultados deste estudo.

Segundo o autor, a causa desta variação ainda não está bem esclarecida pela ciência, visto que os resultados obtidos a

campo têm pouca correlação com os parâmetros espermáticos após a descongelação do sêmen (Attia; Katila; Andersson, 2016; Zanatta, 2019). Pesquisadores discutem que a fertilidade do touro é uma característica complexa de baixa herdabilidade e influenciada por fatores ambientais, nutricionais e de manejo (Luz *et al.* 2018; Zoca *et al.*, 2020).

Celeghini *et al.* (2017) comentam que as oscilações no potencial de fertilidade entre touros podem estar relacionadas com o fato de que as características seminais físicas aceitáveis para o uso na inseminação artificial podem apresentar alterações em estruturas ou funções espermáticas não contempladas nas avaliações habituais, resultado da ocorrência de lesões espermáticas após o processo de criopreservação. Esses resultados foram confirmados em outro estudo (Nasser *et al.*, 2011), no qual evidenciou-se a importância da escolha do sêmen de touros de elevada fertilidade para serem utilizados para aumentar o sucesso dos programas reprodutivos que empregam a IATF.

Apesar dos protocolos de sincronização para IATF estarem bem estabelecidos, o ato da inseminação artificial também pode ser um fator limitante na obtenção de resultados satisfatórios nas taxas de concepção. Realizar a inseminação por um técnico capacitado é essencial para que os resultados sejam positivos (Carvalho *et al.*, 2019).

Verificou-se influência do inseminador nas probabilidades gestacionais nos programas de IATF aplicados no DDPA e na EEA (Tabela 6). As probabilidades de concepção por inseminador avaliado variaram de 18% a 74%. Resultado semelhante foi encontrado por Sá Filho *et al.* (2009), com variações nas taxas de prenhez entre 15,1% e 81,8% e

por Melo *et al.* (2012), que observaram taxas entre 41,8% e 67,7%.

Tabela 6. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão de probabilidade de gestação em função do efeito de Inseminador em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.

Inseminador	n	Média	Desvio padrão
1	23	0.74 a	0.45
2	146	0.44 ab	0.50
3	176	0.55 a	0.50
4	57	0.18 c	0.38
5	33	0.21 bc	0.42

Médias acompanhadas por letras distintas diferem pelo teste Bonferroni ($P < 0,05$).

A habilidade do inseminador é um importante elemento no sucesso do programa de inseminação artificial, e a prática regular do tempo de inseminação e o local correto de deposição do sêmen (corpo uterino) são essenciais para manter a alta taxa de concepção (Jemal; Lemma, 2015). Imperfeições na manipulação do sêmen e/ou na execução da técnica são geralmente apontados como fatores que podem comprometer o sucesso na inseminação artificial (Russi *et al.*, 2009; Nasser *et al.*, 2011), e, portanto, os programas de IATF.

Os resultados em relação à influência da formação dos inseminadores nas probabilidades de concepção nos programas de IATF aplicados no DDPA e na EEA estão apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão de probabilidade de gestação em função do efeito de formação do Inseminador em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.

Formação	n	Média (%)	Desvio padrão
Veterinário	199	54 a	5,0
Técnico agrícola	146	44 a	5,0
Campeiro	90	26 b	4,4

Médias acompanhadas por letras distintas diferem pelo teste Bonferroni ($P < 0,05$).

Este estudo indicou que a formação dos inseminadores, com provável maior conhecimento sobre fisiologia reprodutiva e aplicação das biotécnicas da reprodução pelos veterinários e técnicos agrícolas, influenciaram as probabilidades de concepção, que variaram de 26 a 54%. A principal causa de falhas na concepção por parte dos inseminadores é a falta de acesso a cursos de treinamento e qualificação (Russi *et al.*, 2009), ou mesmo realização de cursos visando atualizações da prática da IA. Outros fatores, como a necessidade de satisfação biológica (qualidade de moradia e descanso) e financeira do inseminador, também interferem na qualidade do serviço (Russi *et al.*, 2010).

Segundo Sartori Filho *et al.*, 2023, os princípios fisiológicos chaves que determinam o sucesso dos protocolos hormonais em programas de IATF se baseiam em três pilares do desenvolvimento folicular ovariano: sincronização da emergência da onda folicular no início do protocolo, controle do ambiente hormonal durante o crescimento folicular e o período pré-ovulatório e indução de uma ovulação sincronizada.

Os protocolos utilizados nos programas de IATF no DDPA e na EEA influenciaram as probabilidades gestacionais (Tabela 8).

Tabela 8. Número de observações (n), valores médios e desvio padrão das taxas de gestação em função do efeito do protocolo hormonal aplicado em programas de Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) nos rebanhos de bovinos de corte do DDPA/Hulha Negra (2015, 2016 e 2017) e da EEA/Eldorado do Sul (2019 e 2020), Rio Grande do Sul.

Protocolo	n	Média (%)	Desvio padrão
1	23	74 a	4,5
2.0	46	43 ab	5,0
2.1	30	40 ab	5,0
3	49	53 ab	5,0
5	21	29 c	4,6
6	235	40 b	4,9
7	31	65 ab	4,9

Médias acompanhadas por letras distintas diferem pelo teste Bonferroni ($P < 0,05$)

Existem diferentes protocolos de sincronização da ovulação para IATF utilizados nos programas reprodutivos em rebanhos de corte (Baruselli *et al.*, 2004a; Sá Filho *et al.*, 2010; Baruselli *et al.*, 2012). Na América do Sul, o uso de dispositivos liberadores de progesterona (P_4) associado ao tratamento com benzoato de estradiol (BE) no primeiro dia do protocolo, tem sido o tratamento mais utilizado para sincronizar a emergência de uma nova onda de crescimento folicular (Bó *et al.*, 2003; Baruselli *et al.*, 2004a; Meneghetti *et al.*, 2009; Sá Filho *et al.*, 2009; Sá Filho *et al.*, 2011; Mapletoft *et al.*, 2018), com

resultados de prenhez por inseminação artificial (P/IA) variando entre 40 e 60% (Bó; Mapletoft, 2018).

Além disso, aplica-se PGF2 α no momento da remoção do dispositivo no dia 7, 8 ou 9, a fim de que ocorra luteólise, e, subsequentemente, aplica-se, 24 h após, uma dose menor de estradiol ou, 48h a 54h depois, GnRH/LH, para sincronizar a ovulação. As taxas de gestação relatadas com esses protocolos variam de 40 a 50% e os fatores que mais influenciam nos resultados foram o ECC e a ciclicidade dos animais (Bó *et al.*, 2002).

Entretanto, segundo relato de Baruselli *et al.* (2021), o protocolo a base de progesterona e estradiol apresentou maior Prenhez/IATF (49%) que o protocolo a base de GnRH e prostaglandina (15%; protocolo Ovsynch). A taxa de serviço (vacas inseminadas após a detecção do estro) das vacas vazias após a IATF durante os primeiros 45 dias da estação de monta foi superior para os animais que receberam protocolos a base de P4+E2 (47%) quando comparada ao grupo controle (23%), demonstrando efetiva capacidade de indução de ciclicidade do protocolo a base de progesterona e estrógeno (Baruselli *et al.*, 2021).

A inclusão da administração de gonadotrofina coriônica equina (eCG), no momento da retirada do dispositivo de progesterona, foi um importante tratamento que colaborou para o estabelecimento da IATF em rebanhos de corte no Brasil (Baruselli *et al.*, 2021). A eCG aumenta significativamente o crescimento do folículo dominante e as taxas de ovulação e de prenhez à IATF, tanto em vacas quanto em novilhas, principalmente nas fêmeas que se encontram em anestro e que apresentam baixo escore de condição corporal, indicando

um efeito positivo da eCG nestas situações (Cutiaia *et al.*, 2003; Bó *et al.*, 2003; Baruselli *et al.*, 2004b).

Um importante efeito da eCG é a estimulação do crescimento do folículo dominante e o aumento da taxa de ovulação ao final do protocolo de sincronização, tanto em vacas (Sá Filho *et al.*, 2009) como em novilhas (Baruselli *et al.*, 2004a; Sá Filho *et al.*, 2010). Ainda, foi verificado que vacas primíparas demonstraram ser mais dependentes ao tratamento com eCG e apresentaram maior resposta em fertilidade quando comparadas com as vacas múltíparas (Sales *et al.*, 2016; Bottino *et al.*, 2021).

A utilização do cipionato de estradiol (CE) no momento da retirada do dispositivo intravaginal de P4 para a indução da ovulação também foi um grande avanço tecnológico que possibilitou reduzir a quantidade de manejos para realização dos procedimentos de IATF (quatro para três manejos), tornando a tecnologia ainda mais adaptada à realidade das fazendas brasileiras. Estudos que avaliaram a dinâmica do crescimento folicular e da ovulação (Reis *et al.*, 2004; Martins *et al.*, 2005) e a taxa de prenhez à IATF (Marques *et al.*, 2004) de fêmeas tratadas com cipionato de estradiol como indutor de ovulação, demonstraram semelhante eficácia quando comparadas com fêmeas tratadas com benzoato de estradiol. Entretanto, outros relatos descrevem que a redução do número de manejos utilizando o tratamento CE na retirada do dispositivo intravaginal de progesterona não influenciou o momento do pico de LH, o momento da ovulação e a taxa de prenhez à IATF quando comparado ao tratamento com BE 24 horas após a retirada do dispositivo de progesterona (Sales *et al.*, 2012). Estes resultados foram confirmados por Crepaldi *et al.* (2019) que não observaram diferença na taxa de prenhez à

IATF quando compararam a utilização de CE (3 manejos) com BE (4 manejos) como indutores de ovulação.

Neste estudo, considerando os programas de IATF do DDPA e da EEA, observou-se influência do protocolo de IATF adotado nas taxas de concepção, sendo a menor probabilidade atribuída ao protocolo 5, que foi aplicado em novilhas solteiras com três (3) anos de idade no DDPA no ano de 2015. Esta categoria de animais apresentou baixas taxas de concepção ao serem acasaladas por monta natural aos dois (2) anos de idade, embora apresentassem uma boa condição corporal. O baixo desempenho reprodutivo na segunda estação de acasalamento permite inferir que estas fêmeas apresentavam problemas de fertilidade (Tarouco *et al.*, 2020). As maiores probabilidades de concepção foram consideradas para os protocolos 1 (DDPA) e 7 (EEA), que mostraram resultados acima dos 65%, superiores à média brasileira. Em termos do custo/benefício da introdução de um maior número de hormônios, comparando-se os protocolos 7 e 1, considera-se a recomendação da utilização do último, com probabilidade de concepção superior (74%) e menor custo. Embora, estatisticamente não houvesse diferença entre os mesmos, o provável nascimento de 9% de terneiros a mais na estação de parição é representativo economicamente. Os demais protocolos ficaram na faixa ou inferiores a 50%, e não diferiram entre si.

A aplicação de progestágeno através de dispositivo intravaginal (Protocolo 1) ou injetável (protocolo 2.1) no 14º dia após a IA, não pareceu melhorar as taxas de concepção, uma vez que em ambos os protocolos as probabilidades de concepção não ultrapassaram os 40%. O mesmo acontecendo com as aplicações de eCG e GnRH (protocolos 2.0, 2.1, 3) nas

vacas com cria. Tudo indica que comparativamente com o protocolo 7, com probabilidade de concepção de 65%, o diferencial foi a aplicação do análogo de PGF2 α nas vacas com cria cíclicas (presença de Corpo Lúteo no ovário) no primeiro dia do protocolo (Tabela 8). O objetivo da aplicação da prostaglandina (PGF2 α) é antecipar a luteólise, e, portanto, reduzir as concentrações séricas de P4 ao final do protocolo em vacas cíclicas, aumentando o crescimento do folículo dominante. Além de que, um estudo demonstrou que há possibilidade de administrar PGF2 α no dia zero (D0), provocando luteólise em fêmeas com corpo lúteo (CL) no início da sincronização, diminuindo a P4 sanguínea durante o protocolo e facilitando o manejo da IATF (Baruselli, 2019), corroborando com este estudo.

4 CONCLUSÕES

Considerar o peso vivo e a condição corporal dos animais para a formação de lotes de fêmeas a serem submetidas à IATF, utilizando-se animais com ECC acima de 3,0, a fim de obter melhores taxas de concepção.

No planejamento da realização de protocolos de IATF, investigar as condições meteorológicas, principalmente nos quatros dias após a realização da Inseminação Artificial, evitando os meses mais quentes da estação de acasalamento.

Disponibilizar acesso dos animais à sombra para evitar os efeitos deletérios da radiação solar global sobre o desempenho reprodutivo das matrizes e reprodutores;

Utilizar touros com fertilidade e desempenho conhecidos em programas de IATF, pois a qualidade do sêmen do touro utilizado é um dos fatores com maior influência nas taxas de concepção. O uso de sêmen de má qualidade poderá prejudicar os resultados de um programa, podendo a perder todos os esforços empreendidos na preparação do rebanho e no investimento em tecnologia;

Providenciar a capacitação profissional do inseminador, uma vez que a eficiência na técnica de inseminação artificial é fundamental num programa de IATF;

Avaliar os resultados das taxas de concepção dos programas de IATF realizados anteriormente, levando em consideração o custo/benefício dos protocolos hormonais adotados.

5 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem aos servidores do DDPA/Hulha Negra/SEAPI e da EEA/UFRGS, que colaboraram na execução deste estudo.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNES. A pecuária do Brasil. *In: Beef report 2023*: perfil da pecuária no Brasil. São Paulo: ABIEC, 2003. p. 36-61. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023/>. Acesso em: 7 fev. 2024.

ABREU L. A. *et al.* Effect of reduction age at first calving and increase weaning rate on equivalent CO₂ emissions on cow-calf operation system. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT*, 7., 2021. **Anais [...]**. Concórdia, SC: Sbera; Embrapa Suínos e Aves, 2022.

ANDRADE, J. S. *et al.* Aspectos uterinos, foliculares e seminais que afetam a IATF em vacas de corte no período pós-parto. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 42, n. 3/4, 2018. Trabalho apresentado no 9º Congresso Norte e Nordeste de Reprodução Animal, 2018, Belém, PA.

ASBIA. Associação Brasileira de Inseminação Artificial. **Index ASBIA 2022 Mídia**. Disponível em: https://asbia.org.br/wp-content/uploads/Index/Index_ASBIA_2022.pdf. Acesso em: 7 fev. 2024.

ATTIA, S.; KATILA, T.; ANDERSSON, M. The effect of sperm morphology and sire fertility on calving rate of Finnish Ayrshire AI bulls. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v. 51, n. 1, p. 54-58, 2016.

AZEVÊDO, D. M. M. R.; ALVES, A. A. **Bioclimatologia aplicada à produção de bovinos leiteiros nos trópicos**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2009. *E-book*. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/78361/1/documento-188.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2023.

BACCARI JUNIOR, F. Adaptação de sistemas de manejo na produção de leite em climas quentes. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, Piracicaba, 1998. **Anais** [...]. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 24-67.

BARUSELLI, P. S. *et al.* Genetic market in cattle (Bull, AI, FTAI, MOET and IVP): financial payback based on reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 15, n. 3, p. 247-255, 2018.

BARUSELLI, P. S. *et al.* History evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 9, p. 139-152, 2012.

BARUSELLI, P. S. *et al.* IATF em números: evolução e projeção futura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 46, n. 2, p.76-83, abr./jun. 2022. Trabalho apresentado na 6ª Reunião Anual da Associação Brasileira de Andrologia Animal, 2022, em Campinas, SP.

BARUSELLI, P. S. *et al.* Impact of oocyte donor age and breed on in vitro embryo production in cattle, and relationship of dairy and beef embryo recipients on pregnancy and the subsequent performance of offspring: a review. **Reproduction, Fertility and Development**, East Melbourne, Vic., Australia, v. 34, n. 2, p. 36-51, 2021b.

BARUSELLI, P. S. *et al.* Mitos e realidades sobre a inseminação artificial em tempo fixo (IATF) em bovinos de corte. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 45, n. 4, p.625-646, out./dez. 2021a.

BARUSELLI, P. S. *et al.* Efeito do tratamento com eCG na taxa de concepção de vacas Nelore com diferentes escores de condição corporal inseminadas em tempo fixo (Análise retrospectiva). *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE TRANSFERÊNCIA DE EMBRIÕES*, 18., 2004, Barra Bonita. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v.32. p.228, 2004a.

BARUSELLI, P. S. *et al.* The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrus beef cattle in tropical climates. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 82, p. 479-486, 2004b.

BARUSELLI, P. S. IATF gera ganhos que superam R\$ 3,5 bilhões nas cadeias de produção de carne e de leite. **Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP**, São Paulo, ed. 2, 21 mar. 2019. Disponível em: <http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra>. Acesso em: 11 jan. 2024.

BÓ, G. A. *et al.* Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 78, p. 307–326, 2003.

BÓ, G. A. *et al.* The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. **Therogenology**, [New York], v. 57, p. 53-72, 2002.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. **Animal**, Cambridge, v.8, p. 144-150, 2014. Suppl. 1.

BÓ, G. A.; MAPLETOFT, R. J. Evaluation and classification of bovine embryos. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 10, n. 3, p. 344-348, 2018.

BOTTINO, M. P. *et al.* Effects of eCG and FSH in timed artificial insemination treatment regimens on estrous expression and pregnancy rates in primiparous and multiparous *Bos indicus* cows. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 228, p. 106-751, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2021.106751>.

CARVALHO, J. S. *et al.* Eficiência da inseminação artificial em tempo fixo em fêmeas zebuínas na mesorregião Sudeste do Pará, Brasil. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science**, Belém, PA, v. 62, 2019.

CELEGHINI, E. C. C. *et al.* Impacto da qualidade do sêmen sobre a fertilidade a campo em bovinos. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 41, n. 1, p. 40-45, 2017.

CREPALDI, G. A. *et al.* Effect of induction of ovulation with estradiol benzoate at P4 device removal on ovulation rate and fertility in *Bos indicus* cows submitted to a TAI protocol. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 209, p. 106-141, 2019.

CUTAIA, L *et al.* Programas de inseminación artificial a tiempo fijo en rodeo de cría: factores que lo afectan y resultados productivos. *In*: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE REPRODUCCIÓN ANIMAL, 5., 2003, Córdoba. **Anais [...]**. Córdoba: IRAC, 2003. p. 119-132. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001601760>. Acesso em: 20 jan. 2024.

DJELAILIA, H. *et al.* Effects of heat stress on reproductive efficiency in Holstein dairy cattle in the North African arid region. **Reproduction in Domestic Animals**, Berlin, v. 55, n. 9, p. 1250–57, 2020.

FERRAZ JUNIOR, M. V. C. *et al.* Luteolysis in *Bos indicus* cows on Days 5 and 7 of estrous cycle with varying doses of PGF2 α . **Theriogenology**, [New York], v. 86, n. 5, p. 1268-1274, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.04.067>.

FRIGONI, F. G. **Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte**. 2020. 55 f. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

GIRO A. *et al.* Behavior and body surface temperature of beef cattle in integrated crop-livestock systems with or without tree shading. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 684, p. 587-596, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.05.377.

GRILLO, G. F. *et al.* Comparação da taxa de prenhez entre novilhas, primíparas e múltiparas da raça Nelore submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, Seropédica, RJ, v. 37, n. 3, p. 193-197, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agropecuário**. [Brasília, DF]: IBGE, 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html>. Acesso em: 7 fev. 2024.

JEMAL, H.; LEMMA, A. Review on major factors affecting the successful conception rates on biotechnological application (AI) in cattle. **Global Journal of Medical Research**, Framingham, Massachusetts, v. 15, n. 3, p. 19-27, 2015.

KHAN, I. *et al.* Heat stress as a barrier to successful

reproduction and potential alleviation strategies in cattle. **Animals**, Basel, v. 13, n. 14, 2359, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13142359>. Acesso em: 30 out. 2023.

LAMB, G. C; MERCADANTE, V. R. G. Synchronization and artificial insemination strategies in beef cattle. **Veterinary Clinics North American Food Animal Practice**, Philadelphia, v. 32, n. 2, p. 335-347, 2016.

LIMA, F. S. *et al.* Economic comparison of natural service and timed artificial insemination breeding programs in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, [Lancaster, Pa.], v. 93, p. 4404-4413, 2010.

LOWMAN, B. G.; SCOTT, N.; SOMERVILLE, S. **Condition scoring beef cattle**. Edinburgh: ESCA, 1976. (Edinburgh School of Agriculture Bulletin, n. 6).

LUZ, G. B. *et al.* Effects of the bull on conception rate of dairy cows in different seasons and according to AI type. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 46, p. 6, 2018. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-9216.82554>.

MAPLETOFT, R. J. *et al.* Evolution of knowledge on ovarian physiology and its contribution to the widespread application of reproductive biotechnologies in South American cattle. **Animal Reproduction**, Belo Horizonte, v. 15, p. 1003-1014, 2018. Suppl. 1.

MARQUES, M. O. *et al.* Efeito do cipionato e do benzoate de estradiol na taxa de prenhez de vacas Nelore inseminadas em tempo fixo. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 32, p. 222, 2004.

MARTINS, C. M. *et al.* Dinâmica folicular de vacas nelore

tratadas com cipionato ou benzoato de estradiol em protocolos de inseminação artificial em tempo fixo. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 33, p. 285, 2005. Supl. 1.

MELO, P. C. H. *et al.* Fixed timed artificial insemination (FTAI) through progestagen (CIDR) of 1st, 2nd, 3rd and 4th uses in bovine: II. Conception rate related to times of CIDR use, to the semen used, to artificial insemination technician and to farm management. **Livestock Research for Rural Development**, Cali, v. 24, n. 4, p. 1-8, 2012.

MENEGHETTI M. *et al.* Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: basis for development of protocols. **Theriogenology**, [New York], v. 72, n. 2, p. 179-189, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.02.010>.

MIETKIEWSKA, K.; KORDOWITZKI, P.; PAREEK, C. S. Effects of heat stress on bovine oocytes and early embryonic development: an update. **Cells**, Basel, 11, 4073, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/cells11244073>.

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.

MOURA, M. T. *et al.* Resposta oocitária ao estresse térmico: efeitos moleculares e na cinética do desenvolvimento embrionário. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, Belo Horizonte, v. 45, n. 4, p. 655-668, 2021. DOI: 10.21451/1809-3000.RBRA2021.085.

NASSER, L. F. *et al.* Fixed time artificial insemination and embryo transfer programs in Brazil. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 39, p. s15-s22, 2011. Supl. 1.

PERES, R. F. G. *et al.* Strategies to improve fertility in *Bos indicus* postpubertal heifers and nonlactating cows submitted to fixed-time artificial insemination. **Theriogenology**, [New York], v. 72, p. 681-689, 2009.

REIS, E. L. *et al.* Efeitos do cipionato e do benzoato de estradiol na dinâmica folicular e luteínica de vacas Nelore. **Acta Scientiae Veterinariae**, Porto Alegre, v. 32, p. 236, 2004.

RUSSI, L. S. *et al.* Impact of the quality of life of inseminators on the results of artificial insemination programs in beef cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 7, p. 1457-1463, 2010.

RUSSI, L. S.; COSTA E SILVA, E. V.; ZÚCCARI, C. E. S. N. Importância da capacitação de recursos humanos em programas de inseminação artificial. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, Belo Horizonte, v. 33, n. 1, p. 20-25, 2009.

SÁ FILHO, M. F. *et al.* Importance of estrus on pregnancy per insemination in suckled *Bos indicus* cows submitted to estradiol/progesterone-based timed insemination protocols. **Theriogenology**, [New York], v. 76, n. 3, p. 455-463, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2011.02.022>.

SÁ FILHO, M. F. *et al.* Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. **Animal Reproduction Science**, [Amsterdam], v. 120, n. 1/4, p. 23-30, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>.

SÁ FILHO, O. G. *et al.* Fixed-time artificial insemination with

estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: strategies and factors affecting fertility. **Theriogenology**, [New York], v. 72, n. 2, p. 210-218, 2009.

SALES, J. N. S. *et al.* Effects of eCG are more pronounced in primiparous than multiparous *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. **Theriogenology**, [New York], v. 86, n. 9, p. 2290-2295, 2016.

SALES, J. N. S. *et al.* Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. **Theriogenology**, [New York], v. 78, n. 3, p. 510-516, 2012.

SARTORI FILHO, R. *et al.* Review: manipulation of follicle development to improve fertility of cattle in timed-artificial insemination programs. **Animal**, Paris, v. 17, p. 1-11, 2023. Suppl. 1. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100769>. Acesso em: 27 fev. 2024.

SHEPARD, R. W.; MALONEY, S. K. A review of thermal stress in cattle. **Australian Veterinary Journal**, [Brunswick, Vic.], v. 101, n. 11, p. 417-429, 2023. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/avj.13275>. Acesso em: 15 fev. 2024.

SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, Amsterdam. v. 67, n. 1/2, p. 1-18, 2000.

SILVA, W. C. *et al.* Animal welfare and effects of per-female stress on male and cattle reproduction: a review. **Front. Vet. Sci.**, Lausanne, 2023. DOI: 10.3389/fvets.2023.1083469.

SIQUEIRA, L. C. *et al.* Sistemas de inseminação artificial em

dois dias com observação de estro ou em tempo fixo para vacas de corte amamentando. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 411-415, 2008.

SPONCHIADO, M. *et al.* The pre-hatching bovine embryo transforms the uterine luminal metabolite composition in vivo. **Scientific Reports**, London, v. 9, n. 1, p. 1-14, 2019.

TAROUCO, A. K. *et al.* Efeitos de fatores bioclimáticos no desempenho de fêmeas Brangus e Angus submetidas à Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF). **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 68-81, 23 mar. 2020.

TAZZO, I. F. *et al.* Índice de Temperatura e Umidade (ITU) ao longo do verão de 2021/2022 e estimativas dos impactos na bovinocultura de leite no Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 25, 2024. DOI: 10.1590/1809-6891v25e-77035E. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/vet/article/view/77035>. Acesso em: abril de 2024.

THOM, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, Washington, D.C., v. 12, n. 5, p. 57-61. **Journal of Animal Science**. Washington: Eatherwise; 1959.

WOLFENSON, D.; ROTH, Z.; MEIDAN, R. Impaired reproduction in heat-stressed cattle: basic and applied aspects. **Animal Reproduction Science**, Amsterdam, v. 60, p. 535-547, 2000. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(00\)00102-0](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(00)00102-0).

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado; Colombo: EMBRAPA Florestas, 2011. 333 p.

ZANATTA, G. M. **Produção embrionária utilizando touros de alta e baixa fertilidade**. 2019. Dissertação (Mestrado em Reprodução Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

ZOCA, S. M. *et al.* Angus sire field fertility and in vitro sperm characteristics following use of different sperm insemination doses in Brazilian beef cattle. **Theriogenology**, [New York], v. 147, p. 146-153, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2019.11.021>.



GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA,
PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL E IRRIGAÇÃO

Secretaria de Agricultura, Pecuária, Produção Sustentável e Irrigação
Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária

Avenida Getúlio Vargas, 1384 - Menino Deus
CEP 90150-004 - Porto Alegre - RS
Fone: (51) 3288-8000

www.agricultura.rs.gov.br/ddpa