

FABIO GIRARDI FRIGONI

**Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar
a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte**

São Paulo

2020

FABIO GIRARDI FRIGONI

Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Departamento:

Reprodução Animal

Área de concentração:

Reprodução Animal

Orientador:

Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli

São Paulo

2020

Obs: A versão original encontra-se disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 4000
FMVZ

Frigoni, Fabio Girardi

Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte / Fabio Girardi Frigoni. – 2020.
55 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Reprodução Animal, São Paulo, 2020.

Programa de Pós-Graduação: Reprodução Animal.

Área de concentração: Reprodução Animal.

Orientador: Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli.

1. IATF. 2. Análise de risco. 3. Biotecnologia. 4. Gado de corte. 5. Eficiência reprodutiva. I. Título.



CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte", protocolada sob o CEUA nº 1781300818 (ID 007590), sob a responsabilidade de **Pietro Sampaio Baruselli e equipe; Fabio Girardi Frigoni** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 18/03/2020.

We certify that the proposal "Evaluation of the variables involved in the FTAI results to increase the reproductive efficiency in beef herds", utilizing 1000 Bovines (1000 females), protocol number CEUA 1781300818 (ID 007590), under the responsibility of **Pietro Sampaio Baruselli and team; Fabio Girardi Frigoni** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 03/18/2020.

Finalidade da Proposta: [Pesquisa](#)

Vigência da Proposta: de 09/2018 a 09/2020

Área: [Reprodução Animal](#)

Origem: [Animais de proprietários](#)

Espécie: [Bovinos](#)

sexo: [Fêmeas](#)

idade: [14 a 120 meses](#)

N: [1000](#)

Linhagem: [nelore](#)

Peso: [250 a 700 kg](#)

Local do experimento: As inseminações e diagnósticos de gestação já foram realizados, será um estudo retrospectivo

São Paulo, 18 de março de 2020

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Camilla Mota Mendes

Vice-Coordenador

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: FRIGONI, Fabio Girardi

Título: Avaliação das variáveis envolvidas nos resultados da IATF para aumentar a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Reprodução Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

À minha filha, Maria Fernanda Rocha Frigoni e à minha esposa e companheira Nathália Alves de Souza Rocha Frigoni, sem elas teria me faltado inspiração para buscar e finalizar esse desafio.

Ao professor Dr. Pietro Sampaio Baruselli, por ter acreditado e aceitado esse desafio, pessoa maravilhosa, exemplo de humildade e liderança.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, essa força maior, que nos intui, nos guia e nos protege a cada segundo.

Aos meus pais, Luiz Paulo Frigoni e Maria Rita Girardi Frigoni, pelo apoio incondicional, educação e amor que sempre tiveram conosco.

À minha esposa, com certeza me torno um pouquinho melhor a cada dia ao seu lado, muito obrigado amor, te amo.

Mafê, meu anjo, meu tesouro, presente que Deus nos mandou, papai vai ficar muito orgulhoso quando você crescer e conseguir ler essa mensagem.

Ao meu irmão Rodrigo, meu fiel conselheiro, desde que me entendo como gente e com certeza meu melhor amigo, sempre me direcionando para os melhores caminhos.

À minha irmã Fernanda pelo eterno amor e doçura que disponibilizada a todos.

Aos meus cunhados, Rafael, Andressa e Fernanda minha eterna gratidão por ter vocês como irmãos.

Ao meu sogro Márcio e minha sogra Beatriz, muito obrigado pela segunda família que tenho.

Professor Pietro, realmente uma enorme gratidão por ser seu orientado e com certeza levarei isso por toda minha vida.

A todos companheiros do VRA-FMVZ meu muito obrigado pela recepção e amizade. Harumi, muito obrigado pela presteza. Mari Ortolan, com certeza você foi fundamental nessa conquista, muito obrigado. Alex Souza, muito obrigado pelas ideias e atenção.

Professor Marcílio e Roberto Carvalheiro muito obrigado pelas orientações durante a qualificação e Laiza Iung, meu braço direito desde o início, eterna gratidão a você.

Luisa Liboni, pessoa que tive o prazer de conhecer através do mestrado, minha eterna gratidão pela ajuda, conselhos e excelente trabalho realizado. Lu, você é fera.

A todos professores que tive o prazer de cursar as disciplinas e a todos professores do VRA meu muito obrigado, com certeza tive a oportunidade de conhecer pessoas fantásticas.

Um agradecimento especial à CRV Lagoa que possibilitou e financiou meus estudos, minha eterna gratidão a essa oportunidade.

A todos veterinários, inseminadores, proprietários e pessoas envolvidas nas realizações das inseminações em tempo fixo por esse Brasil afora, todos vocês são os responsáveis pelo sucesso da nossa pecuária, minha admiração e muito obrigado a cada um.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

RESUMO

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 Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

A inseminação artificial em tempo fixo (IATF) é a biotecnologia com maior potencial para impactar os índices reprodutivos, produtivos e econômicos das fazendas. Entretanto, existem inúmeras variáveis que podem afetar os resultados dessa tecnologia. O objetivo do presente estudo foi avaliar os fatores que impactam os resultados da IATF, dentre eles: a fazenda, o lote de inseminação, o técnico, o ano, o escore de condição corporal (ECC; escala de 1 a 5), a categoria de parto (novilha, primípara e múltipara), a raça do touro (Angus ou Nelore), o touro e suas interações com a taxa de prenhez à IATF. Para isso, foram utilizadas informações presentes no banco de dados do IFERT™ da empresa CRV Lagoa com 304.512 procedimentos de IATF realizados por 86 técnicos durante os anos de 2013 a 2019 em matrizes da raça Nelore de 363 fazendas. Para análise dos fatores que impactam a eficiência da IATF foram utilizados somente os registros das inseminações com informações completas de fazenda, lote, categoria de parto, ECC, inseminador, ano, touro e raça do touro. Os dados foram submetidos aos seguintes critérios de controle de qualidade: i) apresentar no mínimo de 30 IATF e 2 touros por grupo contemporâneo (GC); ii) apresentar no mínimo de 20 IATF por touro; e iii) apresentar no mínimo de 10 IATF por touro e por grupo contemporâneo (GC). Os grupos contemporâneos (GC) foram formados pela concatenação das informações de fazenda, lote, categoria de parto, inseminador e ano. Do total de dados de fêmeas que receberam a IATF (n=304.512), 144.909 se enquadraram nos critérios estabelecidos e foram selecionadas para as análises. Após a seleção, modelos de regressão logística foram empregados para as análises por meio da função “GLM” (*Generalized Linear Models*) do software R versão 3.5.1 (R Core Team, 2018). Os efeitos estudados foram escolhidos através de uma análise prévia do banco de dados e foram comparados para construção final do modelo utilizando o método “*backward stepwise regression*”. As variáveis explicativas foram sequencialmente removidas do modelo estatístico seguindo o critério de *Wald* se $P > 0,10$. Verificou-se que a taxa de prenhez à IATF foi influenciada pela fazenda ($P=0,013$) e pelos lotes presentes nas fazendas ($P<0,001$), pelo touro ($P=0,02$) e pela raça do touro ($P=0,002$), pelo técnico que efetuou o procedimento ($P=0,031$), pelo ano da realização do procedimento ($P=0,011$), pelo escore de condição corporal (ECC; $P=0,042$) e pela categoria do parto (novilhas, primíparas e múltiparas; $P<0,001$). Ainda, foi

verificada interação categoria de parto*ECC na taxa de prenhez à IATF (P=0,017). As primíparas apresentaram menor taxa de prenhez à IATF que novilhas e múltiparas quando apresentam baixo escore de condição corporal ($\leq 2,5$). Entretanto, possuem maior taxa de prenhez à IATF quando apresentam maior escore de condição corporal. Conclui-se que a fazenda, o lote, o touro, a raça do touro, o técnico que realiza a IA, o ano, o escore de condição corporal e a categoria do parto influenciam os resultados da IATF e devem ser levados em consideração para otimizar a eficiência dessa biotecnologia.

Palavras-chave: IATF. Análise de risco. Biotecnologia. Gado de corte. Eficiência reprodutiva.

ABSTRACT

FRIGONI, F. G. **Evaluation of the variables involved in the results of the FTAI to increase reproductive efficiency in beef cattle.** 2020. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Fixed-time artificial insemination (FTAI) is the biotechnology with the greatest potential to impact the reproductive, productive and economic indices of farms. However, there are numerous variables that can affect the results of this technology. The objective of the present study was to evaluate the factors that impact the results of the FTAI, among them: the farm, the insemination lot, the technician, the year, the body condition score (BCS; scale from 1 to 5), the category of calving (heifers, primiparous and multiparous), the bull breed (Angus or Nelore), the bull and their interactions with the FTAI pregnancy rate. For this, information from the IFERT™ database of the company CRV Lagoa was used, with 304,512 FTAI procedures performed by 86 technicians during the years 2013 to 2019 in Nelore breed matrices from 363 farms. For the analysis of the factors that impact the efficiency of the FTAI, only the insemination records were used, with complete information on the farm, lot, calving category, BCS, inseminator, year, bull and bull breed. The data were submitted to the following quality control criteria: i) present at least 30 FTAI and 2 bulls per contemporary group (CG); ii) present at least 20 FTAI per bull; and iii) present at least 10 FTAI per bull and per contemporary group (CG). Contemporary groups (CG) were formed by concatenating the information on farm, lot, birth category, inseminator and year. Of the total data from females who received the FTAI (n = 304,512), 144,909 met the established criteria and were selected for analysis. After the selection, logistic regression models were used for the analyzes using the function “GLM” (Generalized Linear Models) of the software R version 3.5.1 (R Core Team, 2018). The studied effects were chosen through a previous analysis of the database and were compared for the final construction of the model using the “backward stepwise regression” method. The explanatory variables were sequentially removed from the statistical model following the Wald criterion if $P > 0.10$. It was found that the pregnancy rate at FTAI was influenced by the farm ($P = 0.013$) and by the lots present on the farms ($P < 0.001$), by the bull ($P = 0.02$) and by the breed of the bull ($P = 0.002$), by the technician who performed the procedure ($P = 0.031$), by the year of the procedure ($P = 0.011$), by the body condition score (BCS; $P = 0.042$) and by the calving category (heifers, primiparous and multiparous; $P < 0.001$). In addition, a calving category interaction * ECC was observed in the pregnancy rate at the FTAI ($P = 0.017$). Primiparous had a lower pregnancy rate at FTAI than heifers and multiparous when they presented low

body condition scores (≤ 2.5). However, they have a higher pregnancy rate at FTAI when they have a higher body condition score. It is concluded that the farm, the lot, the bull, the breed of the bull, the technician who performs the AI, the year, the body condition score and the calving category influence the results of the FTAI and must be taken into account for optimize the efficiency of this biotechnology.

Keywords: FTAI. Risk analysis. Biotechnology. Beef cattle. Reproductive efficiency.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 -	Número de IATF de acordo com o ano e a raça do touro utilizado para a inseminação de fêmeas Nelore (total de 304.512 IATF)	22
Gráfico 2 -	Distribuição do número de fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme a categoria (novilhas, primíparas e multíparas) e o ano (2013 a 2019)	24
Gráfico 3 -	Distribuição da quantidade de novilhas (n=50.744), primíparas (n=34.458) e multíparas (n=219.310) da raça Nelore inseminadas de acordo com o técnico (n=86; total de 304.512 IATF)	26
Gráfico 4 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF conforme o touro (179 touros com mínimo 300 IATF por touro, totalizando 144.909 IATF)	32
Gráfico 5 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o touro (n=179 touros; distribuição de Weibull)	33
Gráfico 6 -	Taxa de concepção à IATF de inseminações realizadas com sêmen de touros da raça Angus (n=59.551) e da raça Nelore (n=85.358).....	34
Gráfico 7 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=59.551) de diferentes touros da raça Angus (n=84 touros).....	36
Gráfico 8 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=59.551) de diferentes touros da raça Angus (n=84 touros; distribuição de Weibull).....	37
Gráfico 9 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=85.358) de diferentes touros da raça Nelore (n=95)	38
Gráfico 10 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=85.358) de diferentes touros da raça Nelore (n= 95; distribuição de Weibull).....	39
Gráfico 11 -	Taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme a categoria (novilha, primípara e multípara).....	40
Gráfico 12 -	Taxa de concepção à IATF (n=144.909) a categoria (novilha, primípara e multípara) e o escore de condição corporal (BCS) da fêmea Nelore	41
Gráfico 13 -	Taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o escore de condição corporal (BCS) das fêmeas Nelore e o sêmen de touros de diferentes raças (Nelore e Angus).....	42
Gráfico 14 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o escore de condição corporal (escala de 1 a 5).....	43
Gráfico 15 -	Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme a fazenda (n=169)	44

Gráfico 16 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme a fazenda (n= 169 propriedades; distribuição Beta)	45
Gráfico 17 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o técnico (n=65 técnicos)	46
Gráfico 18 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o técnico (n= 86; distribuição normal).....	47
Gráfico 19 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o ano (2013 a 2019)	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Número de IATF e frequência de acordo com a raça do touro utilizado para inseminação de fêmeas Nelore (2013 – 2019).....	21
Tabela 2 -	Distribuição do escore de condição corporal (ECC) das fêmeas Nelore submetidas à IATF de 2013 a 2019	22
Tabela 3 -	Distribuição do escore de condição corporal (ECC) de novilhas e vacas Nelore submetidas à IATF conforme o sêmen do touro utilizado (total de 304.512 IATF realizadas de 2013 a 2019).....	23
Tabela 4 -	Distribuição da quantidade e da frequência de fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme categoria (2013 a 2019)	23
Tabela 5 -	Distribuição da frequência das fêmeas nelore submetidas à IATF conforme escore de condição corporal e categoria de parto (total 304.512 IATF)	25
Tabela 6 -	Taxa de concepção (P/IA) de fêmeas Nelore conforme a raça do touro utilizado na IATF (Angus e Nelore)	26
Tabela 7 -	Número de inseminações e frequência de acordo com a raça do touro utilizado na IATF de fêmeas Nelore (2013 a 2019)	28
Tabela 8 -	Quantidade e frequência de IATF realizadas em de fêmeas Nelore conforme a categoria (2013 a 2019)	28
Tabela 9 -	Distribuição das fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme escore de condição corporal (ECC; 2013 – 2019)	29
Tabela 10 -	Distribuição do escore de condição corporal (ECC) de novilhas e vacas Nelore submetidas à IATF conforme o sêmen do touro utilizado (total de 144.909 IATF realizadas de 2013 a 2019).....	29
Tabela 11 -	Distribuição da frequência das fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme escore de condição corporal e categoria de parto (total 144.909 IATF realizadas de 2013 a 2019).....	30
Tabela 12 -	Efeitos das variáveis analisadas e valor de significância para taxa de prenhez à IATF (P/IA = Fazenda + Técnico + Lote + Ano + ECC + Categ + ECC*Categ + Raça do Touro + Touro).....	30

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÃO.....	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	51

1. INTRODUÇÃO

A inseminação artificial em tempo fixo (IATF) é a biotécnica mais utilizada para aumentar o desempenho reprodutivo das fazendas que exploram a atividade de cria. Tal relevância é comprovada pelo crescente aumento do mercado de fármacos para utilização nos protocolos de sincronização, bem como pelo aumento do número de doses de sêmen comercializadas no país nos últimos anos. De acordo com Baruselli et al. (2012), mais da metade das doses de sêmen comercializadas em 2011 no Brasil foram utilizadas em fêmeas sincronizadas. Em 2017, essa proporção chegou a 85% (BARUSELLI et al., 2017), corroborando a aceitabilidade da técnica pelo mercado.

Por outro lado, muitos fatores estão relacionados ao sucesso ou insucesso nos resultados de prenhez dos programas de IATF, os quais determinam tanto a viabilidade da técnica quanto a sua utilização nas fazendas que empregam essa tecnologia. Segundo Nasser et al. (2011), apesar da satisfatória sincronização da onda de crescimento folicular e do momento preciso da ovulação, existem inúmeros fatores que podem afetar a eficiência dos programas de IATF. O conhecimento do impacto desses fatores sobre os programas comerciais de IATF tem fundamental importância para aumentar a eficiência produtiva e reprodutiva do rebanho nacional, uma vez que em 2019 foram realizados 16,4 milhões de procedimentos de IATF no Brasil (BARUSELLI, 2020). Além disso, conforme Nasser et al. (2011), ao analisar dados de mais de 32 mil IATF realizadas em fêmeas de corte, verificou que a taxa de prenhez pode ser influenciada pelo escore de condição corporal (ECC) das fêmeas no início do protocolo de sincronização, pela propriedade rural, pelo sêmen de determinados touros e pelo desempenho do técnico que realizou os procedimentos de inseminação.

Cutaia e Bó (2004) também destacaram que vários são os fatores que estão associados com os resultados da IATF em rebanhos de corte, entre eles o escore de condição corporal (ECC), as categorias (núlparas, primíparas e múltíparas), a taxa de ciclicidade e o grupo genético do rebanho (*Bos taurus* vs *Bos indicus*).

Da mesma forma, Sá Filho et al. (2009) relataram que a taxa de prenhez em programas de IATF pode ser influenciada por diversas variáveis, tais como a raça (*Bos taurus*, *Bos indicus* e animais mestiços), a categoria de parto da fêmea, o ECC mensurado no dia da inseminação em tempo fixo, o inseminador e o sêmen (touro doador utilizado).

De forma geral, essas informações são indicativas de que antes da implementação dos programas reprodutivos que utilizam a IATF em propriedades de corte, uma criteriosa avaliação dos fatores que interferem na eficiência da tecnologia deve ser realizada visando maior

eficiência do processo, o que reflete diretamente na produtividade e no retorno econômico da atividade de cria.

Dessa forma o objetivo desta dissertação é avaliar por metodologia associativa de grupos contemporâneos os fatores que impactam os resultados da IATF em 169 rebanhos de corte pela análise das informações de vários programas reprodutivos distribuídos por 17 estados brasileiros.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A evolução das técnicas reprodutivas que possibilitam a redução dos custos e mão de obra e ao mesmo tempo aumentam a taxa de prenhez tem figurado como parte essencial dos estudos científicos. Como forma de garantir melhores índices produtivos e baixo custo operacional, subsiste a padronização dos trabalhos com a reprodução animal. Dentre as diversas etapas envolvidas nos programas reprodutivos, a inseminação artificial merece destaque por ser a ferramenta mais utilizada pelos pecuaristas de todo o mundo para o melhoramento genético dos rebanhos. A padronização dos procedimentos de inseminação artificial pode oferecer menor ocorrência de falhas com a aplicação dos protocolos de sincronização para IATF (BÓ e BARUSELLI, 2014). Nesse contexto, todos os procedimentos inerentes à técnica de IATF representam relevante importância e necessitam de estudos detalhados.

A biotecnologia da inseminação artificial compreende etapas desde a coleta de sêmen até a deposição do sêmen no trato reprodutivo da fêmea (GONÇALVES et al., 2008). Baruselli et al. (2014) apontam que a IATF programa o momento da inseminação independentemente da manifestação do estro e possibilita o aumento da eficiência reprodutiva, pois requer um período menor de serviço em detrimento da IA convencional. Apesar das inúmeras vantagens da utilização da IATF para o crescimento e desenvolvimento da produtividade dos rebanhos de corte e leite (BARUSELLI et al, 2017), a taxa de prenhez estimada por procedimento ainda gira em torno de 40 a 50% (NOGUEIRA et al., 2019).

Estudos foram realizados para tentar compreender os fatores que interferem na eficiência da IATF. Entretanto, trata-se de procedimentos que envolvem múltiplos fatores e muitas vezes de difícil compreensão (NASSER et al., 2011; CUTAIA; BÓ, 2004).

Um fator amplamente estudado nos processos de IATF é a fertilidade, que de acordo com Memilli et al. (2020), é complexa e multifatorial, com baixa herdabilidade, demandando análises complexas e específicas.

No que tange o fator fertilidade do touro, é possível perceber efeitos de raça e de fatores genéticos como elementos influentes. A qualidade do sêmen produzido por cada animal é parte inerente do potencial de fertilidade individual (SAACKE et al., 2000). Esses autores classificam as questões relacionadas à fertilidade do touro como compensatória ou não compensatória. Existem problemas de fertilidade do touro que podem ser supridos com o aumento da quantidade de espermatozoides na dose inseminante, que são classificados como compensatórios. Ao contrário, caso o aumento da quantidade de espermatozoides não tenha efeito, a fertilidade é

classificada como não compensatória. Avaliar a compensação ou não do sêmen constitui uma importante demanda do setor, contudo, alguns autores compreendem que a fertilidade não necessariamente está atrelada à quantidade de espermatozoides (AITKEN, 2006).

Algumas características do sêmen foram analisadas por pesquisadores e relacionadas com a fertilidade. Zoca et al. (2019) descrevem três componentes encontrados no sêmen que podem estar associados com a eficiência da P/IA: 1) a viabilidade do sêmen; 2) o padrão de movimento dos espermatozoides e, 3) a motilidade. Outros autores conferem valor ao plasma seminal como parte relevante do processo. O efeito do plasma seminal na fertilidade surge na bibliografia como ponto relevante à discussão, pois regula as respostas imunes mediadas por meio de citocinas específicas (NOGUEIRA et al., 2019; MORRELL, 2020). Nongbua et al. (2020) afirmam em seu estudo que componentes do plasma seminal se apresentam em formas distintas em touros com menor ou maior fertilidade. Os autores verificaram que fatores bioativos podem interferir no ambiente endometrial, causando obstáculos à inseminação. Entretanto, Morrell (2020) destaca que o plasma seminal pode também ser prejudicado por alterações da temperatura.

A variabilidade ambiental é frequentemente encontrada na literatura como ponto considerável na fertilidade do touro. A variação de temperatura e umidade afeta de diversas maneiras a fertilidade. Nos meses com maiores temperaturas comumente são observados menor desempenho produtivo e reprodutivo, o que estabelece vínculo com uma série de fatores. Ressalta-se que o estresse térmico sazonal e o manuseio do sêmen durante o processo de inseminação, podem aumentar o dano genético e a qualidade do material. Luz et al. (2018) verificaram em condições experimentais, que o período de outono e inverno são mais favoráveis à reprodução em vacas de leite, obtendo melhores resultados em procedimentos de inseminação. A variação da qualidade do sêmen nos meses mais quentes do ano, devido ao fator estresse térmico sazonal, pode ser afetado pela diminuição no consumo de alimentos, alteração no peso e, conseqüentemente, alteração da qualidade do espermatozoide com comprometimento da fertilidade (MORRELL, 2020).

Estudos evidenciaram que alterações na temperatura e umidade relativa do ar podem afetar a qualidade do sêmen e a adaptabilidade do touro, sendo quesito essencial para a eficiência da IATF. A reprodução em climas inóspitos à espécie é dificultosa e exige maior empenho de outros fatores, como a saúde do touro e instalações adequadas para a termorregulação (NONGBUA et al., 2020; LONERGAN et al., 2020; MORRELL, 2020). Além da adaptabilidade, práticas de controle da temperatura corporal e testicular como forma de evitar a

interposição do estresse por temperatura na qualidade do sêmen estão sendo propostas (MORRELL, 2020), mas na literatura científica ainda não existe consenso sobre o tópico.

A idade do touro também está relacionada a fertilidade. Touros com maior idade são mais afetados pela temperatura, umidade e radiação solar quando comparados com touros mais jovens (LONERGAN et al., 2020; MORRELL, 2020). Além disso, estudo realizado com touros Nelore (MORRELL, 2020) constatou que touros mais velhos, mesmo com menores proporções de anormalidades morfológicas, apresentaram espermatozoides com menor integridade de membrana e motilidade com relação aos touros mais jovens.

No que tange as fêmeas envolvidas no processo, a categoria de parto e escore de condição corporal (ECC) constituem importantes fatores a serem considerados (SÁ FILHO et al., 2013). Quando analisada a categoria de parto (novilha, primípara e múltipara), verifica-se que os processos referentes à IATF são semelhantes, contudo, os resultados podem variar conforme a categoria (GRILLO et al., 2015).

Sá Filho et al. (2009) e Ayres et al. (2014) argumentam que um aumento do escore de condição corporal está associado a melhoras na taxa de prenhez à IATF e menores incidências de falhas no desenvolvimento da gestação. O escore de condição corporal não deve ser avaliado somente próximo à inseminação, mas sim durante todo o programa reprodutivo (SARTORI; GUARDIEIRO, 2010; SERRANO-PÉREZ et al., 2019; AYRES et al., 2014).

O fator fazenda é apresentado de maneira uniforme na maioria dos estudos. A discussão sobre a necessidade de investimento em instalações adequadas, de gestão eficiente, de capacitação dos funcionários, oferta apropriada de alimento é de muita importância para o sucesso ou insucesso da IATF (MELO et al., 2012; NICACIO, 2015; CARVALHO et al., 2019).

A mão de obra envolvida no procedimento de IATF influi fortemente nos resultados (CARVALHO et al., 2019). Os autores afirmam que todas as etapas do processo devem ser supervisionadas com visão analítica por técnicos ou veterinários especializados. Russi et al. (2009) argumentam sobre a necessidade de garantir a capacitação e a segurança dos funcionários para melhor desempenho e, conseqüentemente, as taxas de sucesso da IATF.

Os estudos científicos que discorrem sobre o impacto dos fatores que interferem na eficiência da IATF reforçam a necessidade de se avaliar mais detalhadamente quais são os efeitos envolvidos no sucesso da taxa de prenhez à IATF.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo realizado, retrospectivo a um banco de dados já existente, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética de Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA N° 1781300818).

O presente estudo avaliou dados reprodutivos de fêmeas Nelore que receberam IATF durante os anos de 2013 a 2019 utilizando informações do banco de dados do IFERT™ da empresa CRV Lagoa. Foram analisados 304.512 procedimentos de IATF com diagnóstico de gestação entre 30 e 40 dias após a inseminação em três categorias (novilhas, primíparas e múltiparas) de fêmeas da raça Nelore. Os dados foram provenientes de 363 fazendas e as inseminações foram realizadas por 86 técnicos (veterinários e inseminadores) com sêmen de touros das raças Nelore e Angus.

A distribuição dos dados levantados está apresentada na forma de tabelas e gráficos. Na tabela 1 está apresentada o número e a frequência de inseminações realizadas com sêmen de touros da raça Angus e Nelore. Verifica-se que o banco de dados possui uma parcela maior de IATF com sêmen de touros da raça Nelore (60,2%), com relação as inseminações realizadas com sêmen de touros da raça Aberdeen Angus (39,8%).

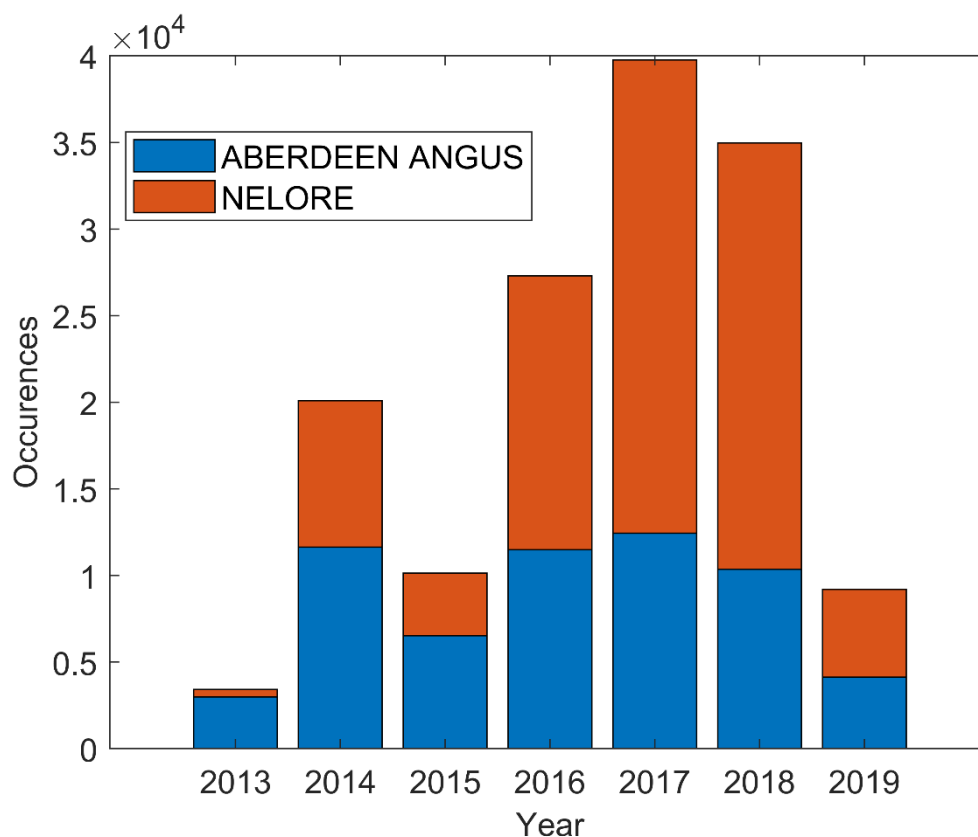
Tabela 1 - Número de IATF e frequência de acordo com a raça do touro utilizado para inseminação de fêmeas Nelore (2013 – 2019)

Raça do Touro	Número de IATF	Frequência (%)
ANGUS	121.229	39,8
NELORE	183.283	60,2
TOTAL	304.512	100,0

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A distribuição conforme o ano (2013 a 2019) e o sêmen do touro utilizado (da raça Angus e Nelore) está demonstrada no gráfico 1. A representação gráfica, demonstra o fator touro encontrado no banco de dados, demonstrando que a IATF, dentro do espaço-tempo abordado pelos técnicos que elaboraram o conteúdo, utilizou em maior quantidade o material do touro Nelore.

Gráfico 1 - Número de IATF de acordo com o ano e a raça do touro utilizado para a inseminação de fêmeas Nelore (total de 304.512 IATF)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A distribuição da frequência do escore de condição corporal (escala de 1 a 5; 1 = muito magra e 5 = muito gorda) das fêmeas Nelore presente no banco de dados utilizado encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Distribuição do escore de condição corporal (ECC) das fêmeas Nelore submetidas à IATF de 2013 a 2019

ECC	N	Frequência (%)
1.00	348	0,11
1.50	1.156	0,38
2.00	17.531	5,76
2.50	67.340	22,1
3.00	102.804	33,8
3.50	26.461	8,69
4.00	5.425	1,80
4.50	696	0,23
5.00	102	0,03
NA*	82.649	27,1
Total	304.512	100,0

*NA (não se aplica – informação incompleta no banco de dados). Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Na tabela 3, encontra-se a distribuição do escore de condição corporal (ECC) das fêmeas inseminadas com sêmen de touros Angus (n=121.229) e de touros Nelore (n=183.283). A média do escore corporal das fêmeas submetidas à IATF foi de $2,92 \pm 0,40$ para aquelas inseminadas com sêmen de touros Angus e de $2,79 \pm 0,45$ para aquelas inseminadas com sêmen de touros Nelore.

Tabela 3 - Distribuição do escore de condição corporal (ECC) de novilhas e vacas Nelore submetidas à IATF conforme o sêmen do touro utilizado (total de 304.512 IATF realizadas de 2013 a 2019)

ECC	Angus (n)	Frequência (%)	Nelore (n)	Frequência (%)
1.00	11	0,01	248	0,14
1.50	290	0,24	355	0,19
2.00	3.954	3,26	8.461	4,62
2.50	14.504	11,9	28.136	15,3
3.00	28.073	23,2	39.353	21,5
3.50	10.848	8,95	6.917	3,80
4.00	1.636	1,35	1.624	0,89
4.50	206	0,17	234	0,14
5.00	29	0,02	30	0,02
NA*	61.678	50,9	97.925	53,4
TOTAL	121.229	100,0	183.283	100,0

*NA (não se aplica – informação incompleta no banco de dados). Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

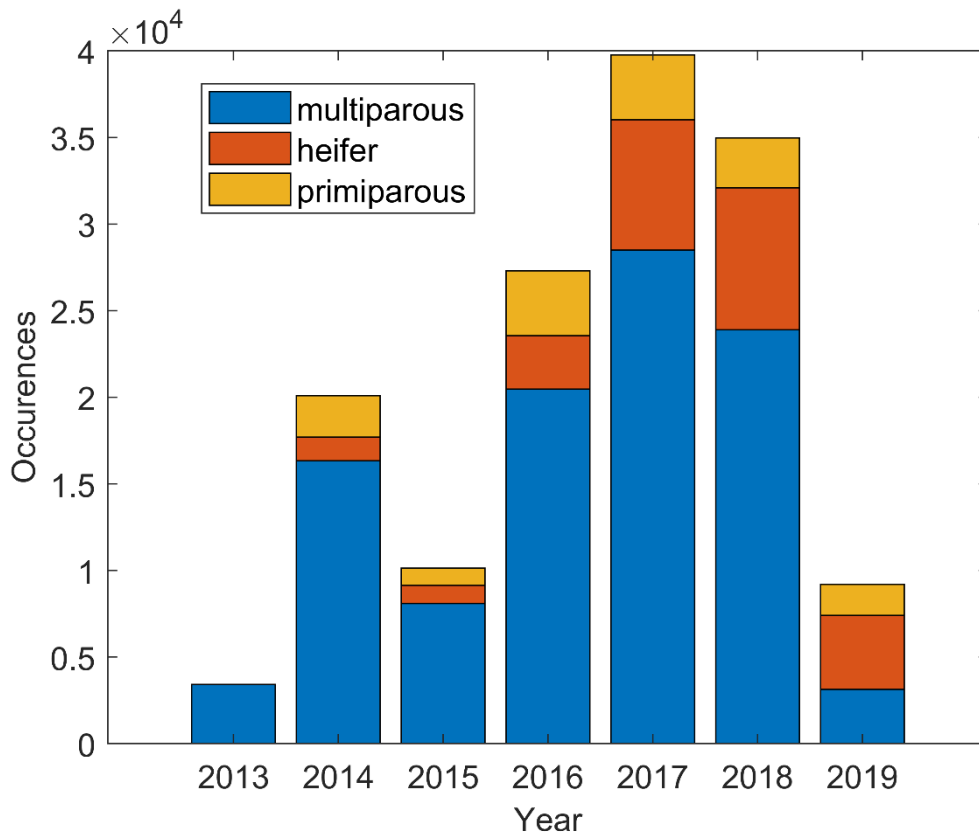
A frequência da categoria das fêmeas Nelore inseminadas em tempo fixo está apresentada na Tabela 4. A distribuição conforme o ano (2013 a 2019) e a categoria (novilhas, primípara e múltipara) está demonstrada no gráfico 2.

Tabela 4 - Distribuição da quantidade e da frequência de fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme categoria (2013 a 2019)

Categoria	N	Frequência (%)
MULTIPARA	219.310	72,0
NOVILHA	50.744	16,7
PRIMIPARA	34.458	11,3
TOTAL	304.512	100,0

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Gráfico 2 - Distribuição do número de fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme a categoria (novilhas, primíparas e múltíparas) e o ano (2013 a 2019)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

No gráfico 2, a distribuição ao longo dos anos, consoante à categoria de parto, demonstra a continuidade do uso de fêmeas múltíparas em detrimento das outras categorias, dentro do tempo analisado. Essa diferença de uso entre categorias é totalmente explicável devido à taxa de reposição dos rebanhos brasileiros, que gira em torno de 10 a 30% ao ano.

Na tabela 5 está apresentado o número e a frequência de animais inseminados conforme a categoria (novilha, primípara e múltípara) e o escore de condição corporal (escala de 1 a 5).

Tabela 5 - Distribuição da frequência das fêmeas nelore submetidas à IATF conforme escore de condição corporal e categoria de parto (total 304.512 IATF)

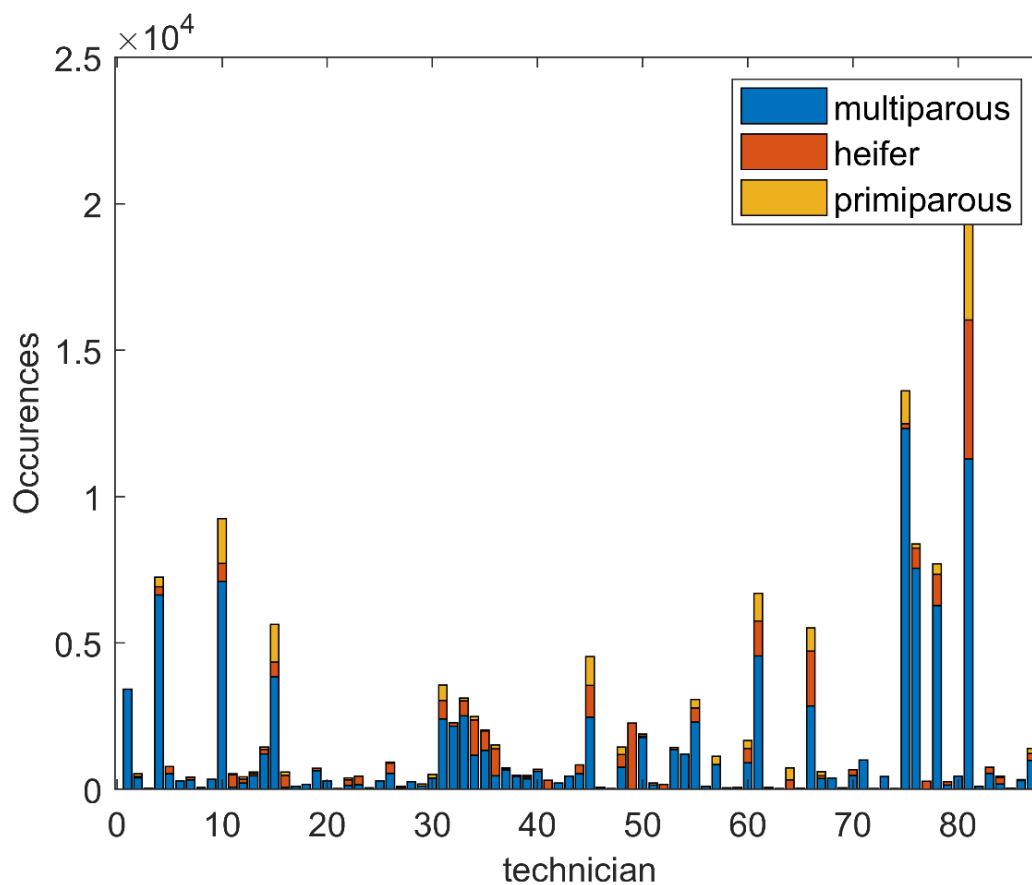
ECC	Novilha (n)	Frequência (%)	Primípara (n)	Frequência (%)	Múltipara (n)	Frequência (%)
1.00	278	0,53	102	0,30	66	0,03
1.50	9	0,02	827	2,40	923	0,44
2.00	3.063	6,02	5.564	16,3	12.064	5,50
2.50	5.978	11,8	9.878	28,6	50.838	23,2
3.00	22.107	43,6	6.558	19,1	71.360	32,5
3.50	5.469	10,8	928	2,61	19.670	8,97
4.00	1.732	3,4	63	0,18	3.591	1,68
4.50	139	0,26	4	0,01	550	0,25
5.00	33	0,07	0	0,00	69	0,03
NA*	11.936	23,5	10.534	30,5	60.179	27,4
TOTAL	50.744	100,0	34.458	100,0	219.310	100,0

*NA (não se aplica – informação incompleta no banco de dados). Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Verificou-se que o escore de condição corporal de todas as fêmeas do banco de dados foi de $2.85 \pm 0,43$ (a incidência do ECC está concentrada entre as faixas 2,50 e 3, correspondendo a 55,87% do total analisado). As novilhas apresentaram ECC de $2.96 \pm 0,45$, as primíparas de $2.71 \pm 0,41$ e as múltiparas de $2.84 \pm 0,42$.

As inseminações foram realizadas por 86 técnicos e a distribuição das inseminações por técnico e por categoria estão apresentadas no gráfico 3.

Gráfico 3 - Distribuição da quantidade de novilhas (n=50.744), primíparas (n=34.458) e múltiparas (n=219.310) da raça Nelore inseminadas de acordo com o técnico (n=86; total de 304.512 IATF)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A taxa de concepção à IATF das fêmeas Nelore presentes no banco de dados (n = 304.512) conforme a raça do touro utilizado (Angus ou Nelore) para a inseminação artificial está apresentado na tabela 6.

Tabela 6 - Taxa de concepção (P/IA) de fêmeas Nelore conforme a raça do touro utilizado na IATF (Angus e Nelore)

	Angus	Nelore
Taxa de concepção (P/IA) (%)	51,1 (61.948/121.229)	50,8 (93.108/183.283)

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Análise Estatística

Para análise dos fatores que impactam a eficiência da IATF utilizou-se somente os registros das inseminações com informações completas de fazenda, lote, categoria de parto, ECC, inseminador, ano, touro e raça do touro.

Todos os dados foram submetidos aos seguintes critérios de controle de qualidade: i) apresentar no mínimo de 30 IATF e 2 touros por grupo contemporâneo (GC); ii) apresentar no mínimo de 20 IATF por touro; e iii) apresentar no mínimo de 10 IATF por touro e por grupo contemporâneo (GC). Os grupos contemporâneos (GC) foram formados pela concatenação das informações de fazenda, lote, categoria de parto, inseminador e ano. Do total de dados de fêmeas que receberam a IATF (n=304.512), 144.909 se enquadraram nos critérios estabelecidos e foram selecionadas para as análises.

Após a seleção, modelos de regressão logística foram empregados para as análises por meio da função “GLM” (*Generalized Linear Models*) do software R versão 3.5.1 (R Core Team, 2018). Os efeitos testados foram: fazenda, lote, técnico, ano, categoria de parto, ECC, interação entre categoria de parto e ECC, raça do touro e touro.

Esses efeitos foram escolhidos através de uma análise prévia do banco de dados e os modelos foram estudados, comparados e para construção final do modelo foi utilizado o método “*backward stepwise regression*” e as variáveis explicativas foram sequencialmente removidas do modelo estatístico seguindo o critério de *Wald* se $P > 0,10$. Essa opção encaixa-se no presente estudo pois a variável resposta, diagnóstico de gestação, tem resposta binária (1 = prenhe; 0 = não prenhe). O modelo final ajustado foi:

$$y = Xb + e,$$

onde y é o vetor de observações da variável resposta (DG), b é o vetor dos efeitos fixos (fazenda, lote, ano, categoria de parto, técnico, ECC, interação entre categoria de parto e ECC, touro e raça do touro) e e é o vetor dos efeitos residuais aleatórios, assumindo que $e \sim N(0, R\sigma_e^2)$. X é a matriz incidente correspondente, R é a matriz de variância residual e σ_e^2 é a variância residual.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a utilização dos critérios de seleção de acordo com os padrões estabelecidos, foram utilizadas para a análise dos efeitos que afetam os resultados da IATF 144.909 procedimentos de grupos contemporâneos.

Permaneceram no banco de dados para as análises 59.551 IATF realizadas com sêmen de 84 touros da raça Angus e 85.358 IATF realizadas com sêmen de 95 touros da raça Nelore (Tabela 7).

Tabela 7 - Número de inseminações e frequência de acordo com a raça do touro utilizado na IATF de fêmeas Nelore (2013 a 2019)

Raça do Touro	Número de IATF	Frequência (%)
ANGUS	59.551	41,1
NELORE	85.358	58,9
TOTAL	144.909	100,0

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Do total de IATF analisadas no presente estudo, 71,7% foram realizadas em multíparas, 17,6% em novilhas e 10,7% em primíparas (Tabela 8).

Tabela 8 - Quantidade e frequência de IATF realizadas em de fêmeas Nelore conforme a categoria (2013 a 2019)

Categoria	Número de IATF	Frequência
MULTIPARA	103.883	71,7%
NOVILHA	25.454	17,6%
PRIMIPARA	15.572	10,7%
TOTAL	144.909	100,0%

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A distribuição do número de animais e a frequência de acordo com escore de condição corporal dos animais selecionados estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9 - Distribuição das fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme escore de condição corporal (ECC; 2013 – 2019)

ECC	N	Frequência (%)
1.00	259	0,18
1.50	645	0,45
2.00	12.415	8,57
2.50	42.640	29,4
3.00	67.426	46,6
3.50	17.765	12,2
4.00	3.260	2,25
4.50	440	0,30
5.00	59	0,05
TOTAL	144.909	100,0

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A média do escore de condição corporal das fêmeas inseminadas com sêmen de touros Nelore foi de $2.85 \pm 0,44$ e de $2.93 \pm 0,39$ para as fêmeas inseminadas com sêmen de touros Angus ($P = 0,033$).

Tabela 10 - Distribuição do escore de condição corporal (ECC) de novilhas e vacas Nelore submetidas à IATF conforme o sêmen do touro utilizado (total de 144.909 IATF realizadas de 2013 a 2019)

ECC	Angus (n)	Frequência (%)	Nelore (n)	Frequência (%)
1.00	11	0,02	248	0,28
1.50	290	0,50	355	0,40
2.00	3.954	6,68	8.461	9,91
2.50	14.504	24,3	28.136	32,9
3.00	28.073	47,2	39.353	46,2
3.50	10.848	18,2	6.917	8,10
4.00	1.636	2,7	1.624	1,90
4.50	206	0,35	234	0,27
5.00	29	0,05	30	0,04
TOTAL	59.551	100,0	85.358	100,0

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Verificou-se que o escore de condição corporal de todas as fêmeas do banco de dados foi de $2.88 \pm 0,43$. As novilhas apresentaram ECC de $2.91 \pm 0,45$, as primíparas de $2.79 \pm 0,41$ e as múltiparas de $2.88 \pm 0,42$. A distribuição do número e da frequência das IATF conforme o escore de condição corporal e a categoria encontra-se na tabela 11.

Tabela 11 - Distribuição da frequência das fêmeas Nelore submetidas à IATF conforme escore de condição corporal e categoria de parto (total 144.909 IATF realizadas de 2013 a 2019)

ECC	Novilha (n)	Frequência (%)	Primípara (n)	Frequência (%)	Múltipara (n)	Frequência (%)
1.00	206	0,82	3	0,02	50	0,05
1.50	5	0,02	125	0,80	515	0,50
2.00	2.169	8,55	1.703	10,9	8.543	8,20
2.50	3.785	14,8	6.665	42,8	32.190	31,0
3.00	14.499	56,9	6.124	39,4	46.803	45,1
3.50	3.672	14,4	887	5,66	13.206	12,7
4.00	1.041	4,08	61	0,39	2.158	2,07
4.50	88	0,36	4	0,03	348	0,34
5.00	19	0,07	0	0,00	40	0,04
TOTAL	25.484	100,0	15.572	100,0	103.853	100,0

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

É relevante ressaltar que a utilização do banco de dados IFERT™ - CRV Lagoa possibilitou realizar uma análise com modelos estatísticos capazes de isolar o efeito específico de determinadas características e exprimir os fatores diversificados que interferem na eficiência da IATF.

Na tabela 12 estão apresentados os efeitos significativos que geram impactos na eficiência da IATF de rebanhos de corte. Verifica-se que diferentes fatores relacionados ao ambiente, recursos humanos, categorização das matrizes e genética dos reprodutores influenciam a fertilidade de programas reprodutivos que empregam a IATF.

Tabela 12 - Efeitos das variáveis analisadas e valor de significância para taxa de prenhez à IATF (P/IA = Fazenda + Técnico + Lote + Ano + ECC + Categ + ECC*Categ + Raça do Touro + Touro)

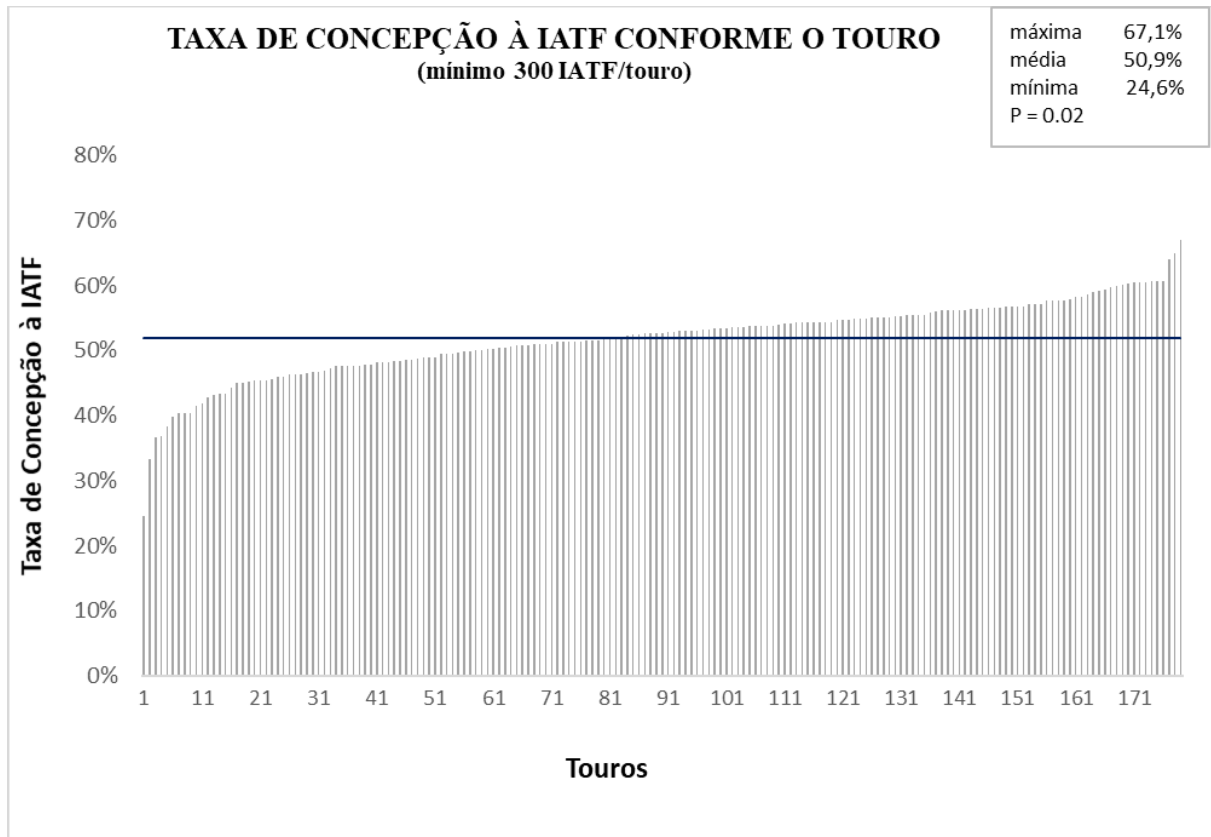
Efeito	Coefficiente de Regressão (SE)	<i>z-value</i>	<i>p-valor</i>
Fazenda	-1.19E-4 (4.79E-5)	-2.49	0.013
Lote	2.97E-5 (7.25E-6)	4.10	< 0.001
Técnico	-1.92E-4(8.91E-5)	-2.15	0.031
Ano	7.50E-3 (2.94E-3)	2.55	0.011
Escore de Condição Corporal (ECC)	5.62E-2 (2.77E-2)	2.03	0.042
Categoria de Parto	-3.29E-1 (5.06E-2)	-6.51	< 0.001
Categoria de Parto * ECC	4.33E-2 (1.81E-2)	2.39	0.017
Raça do Touro	3.53E-2 (1.13E-2)	3.13	0.002
Touro	-1.41E-4 (6.10E-5)	-2.32	0.020

Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

O presente estudo constatou que existe efeito significativo ($P = 0,02$) do sêmen dos touros utilizados na eficiência da IATF (Tabela 12). O efeito do touro (sêmen) na fertilidade é uma das variáveis mais pesquisadas na atualidade, visto que, os resultados observados no campo têm correlação com os parâmetros espermáticos obtidos pós descongelação do sêmen e com as características inerentes ao indivíduo (ZANATTA, 2019; ATTIA et al., 2016). Com o intuito de prever o potencial de fertilidade de touros, existe uma variedade de testes laboratoriais utilizados como método de avaliação das características seminais pós-criopreservação das doses de sêmen utilizadas na IATF (NOGUEIRA et al., 2019; AMANN et al., 1993).

Dentre as características espermáticas mais frequentemente analisadas destacam-se a motilidade progressiva (KJAESTAD et al., 1993; FARREL et al., 1998; VERSTEGEN et al., 2002), a morfologia (BARTH, 1992; SAACKE, 1998) e a integridade de membranas (CORREA et al., 1997; BRITO et al., 2003; JANUSKAUSKAS et al., 2003; TARTAGLIONE; RITTA, 2004). Zoca et al. (2019) indicaram três componentes relevantes que impactam a qualidade do sêmen: a viabilidade espermática; o padrão de movimento dos espermatozoides e a motilidade. Entretanto, embora essas características sejam importantes na análise da qualidade seminal *in vitro*, os resultados desses testes nem sempre estabelecem correspondência com a fertilidade *in vivo* do sêmen (Oliveira, 2012). Não obstante, variações substanciais são comumente observadas entre os experimentos e baixas correlações são usualmente detectadas quando essas características espermáticas avaliadas no laboratório são comparadas isoladamente com a fertilidade a campo (ZHANG et al., 1999; SUDANO et al., 2011). Desta forma, até o atual momento, nenhum teste laboratorial foi capaz de prever, com devida repetibilidade, a real fertilidade de um reprodutor (ARRUDA et al., 2007; SUDANO et al., 2011; MORRELL et al., 2017). Por conseguinte, ainda hoje, o método mais eficaz e acurado de estimar a fertilidade de um touro é por meio de testes de fertilidade a campo (ZHANG et al., 1999), que além de trabalhosos e demorados, são muito onerosos (LARSSON; RODRIGUEZ-MARTINEZ, 2000). Ressalta-se, que todo o sêmen utilizado no presente estudo foi analisado e aprovado conforme as normas técnicas do Colégio Brasileiro de Reprodução Animal (CBRA, 2013).

Gráfico 4 - Distribuição da taxa de concepção à IATF conforme o touro (179 touros com mínimo 300 IATF por touro, totalizando 144.909 IATF)



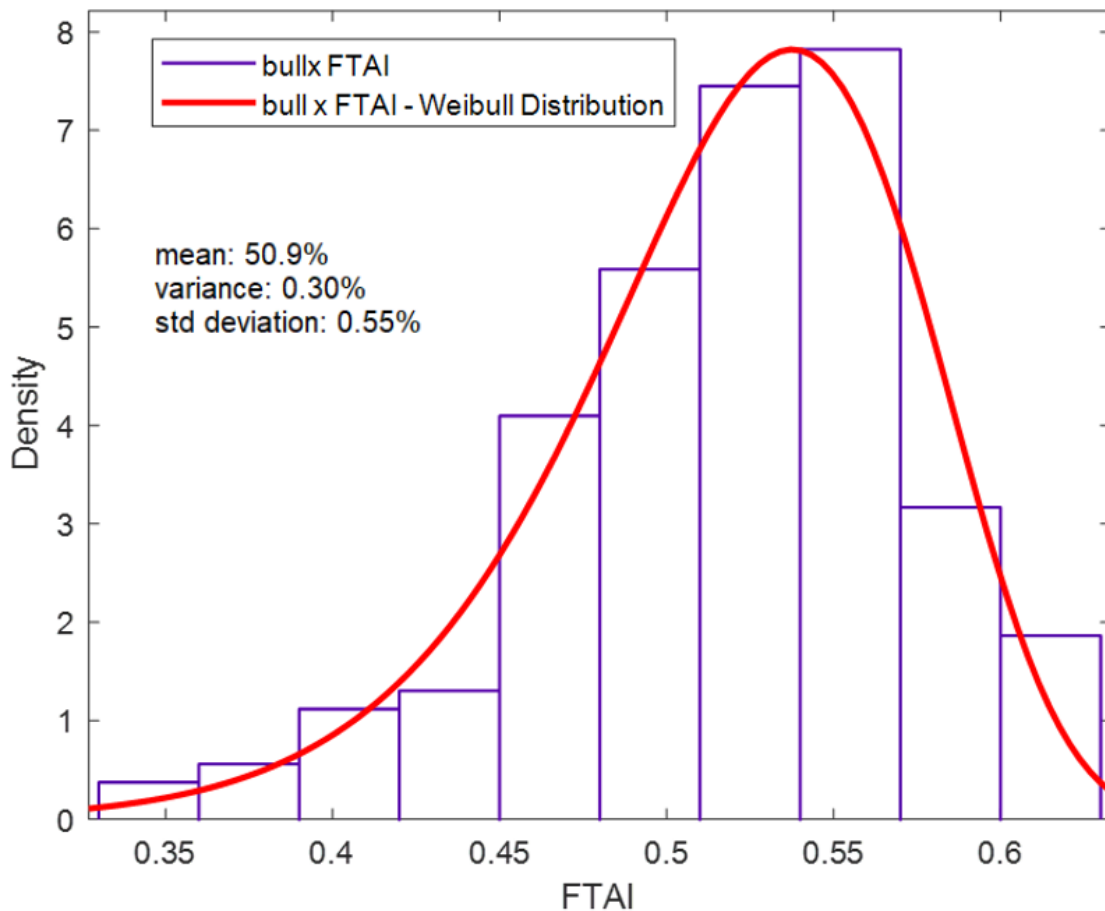
Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

No gráfico 4 é possível observar a taxa de concepção em amostras com mais de 300 diagnósticos realizados por touro, circunscrito às raças Aberdeen Angus e Nelore. Ainda, verifica-se nessa análise efeito significativo ($P=0,02$) na taxa de prenhez à IATF conforme os touros utilizados. A dispersão no gráfico demonstra grande variabilidade na P/IA conforme o touro utilizado na IATF (média de 50,9%, com mínimo de 24,6% e máximo de 67,1%), ratificando a importância da análise dos fatores que recaem sobre o touro a ser utilizado durante o processo de IATF. Estudos apontam que a fertilidade é afetada por questões multifatoriais (ZOCA et al., 2019; LUZ et al. 2018) e demanda processamentos específicos para análise dos indivíduos que apresentam maior fertilidade aumentam as chances de sucesso (MEMILI et al., 2020). Esses autores reforçam que a fertilidade é uma característica complexa de baixa herdabilidade que é influenciada por muitos fatores, incluindo fatores ambientais, nutrição e manejo.

O gráfico 5 corrobora a importância do fator touro na eficiência da IATF, representado por uma curva de distribuição de frequência Weibull. Nessa análise foram utilizadas inseminações realizadas com touros da raça Angus e Nelore. Geralmente, em banco de dados no qual a variável resposta é do tipo binária (sim = 1 e não = 0), como no presente estudo, os dados se

comportam de forma não normal. Diante dessas situações, a distribuição Weibull e a distribuição Beta são as principais opções para modelar os dados estudados e calcular a densidade das probabilidades nos gráficos projetados. No presente estudo, ambas as distribuições se comportaram de forma muito parecida com a distribuição normal, mostrando a consistência e confiabilidade dos dados e ratificando a eficácia do modelo estatístico utilizado.

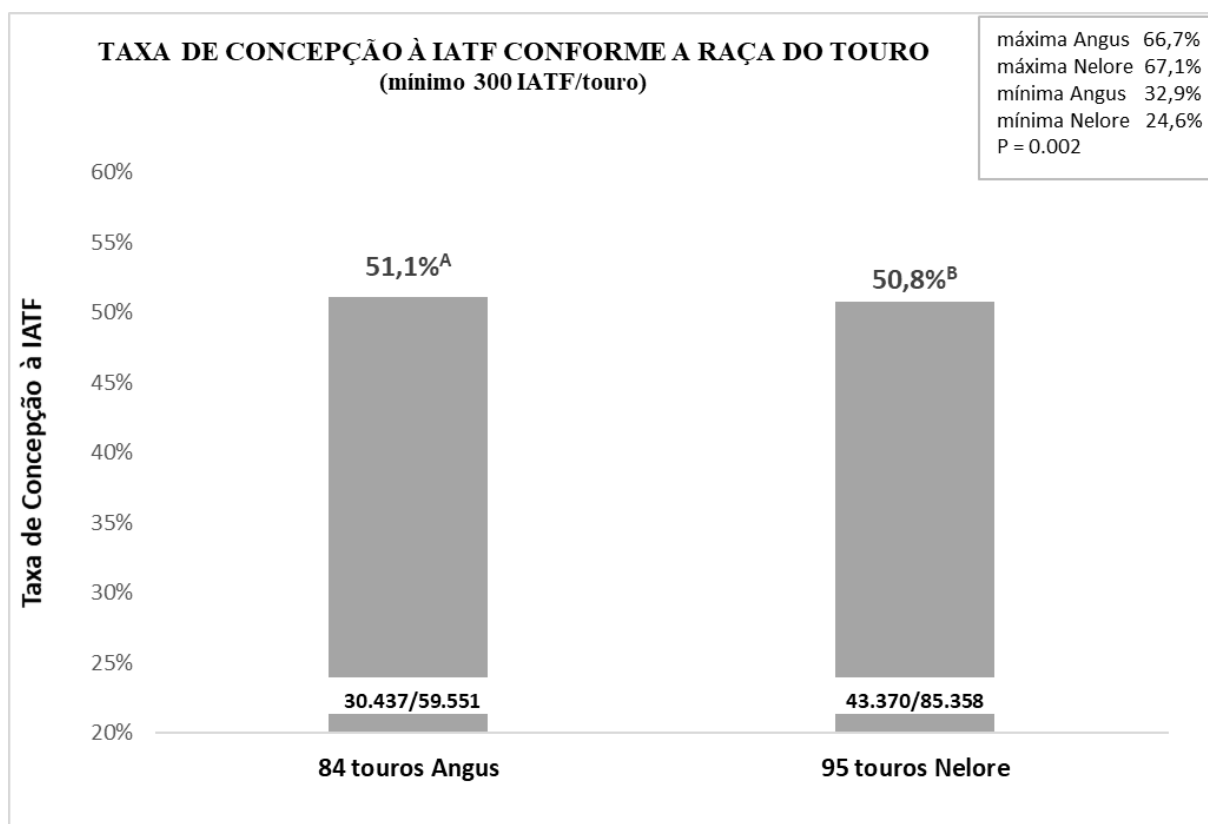
Gráfico 5 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o touro (n=179 touros; distribuição de Weibull)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Com a mesma premissa de análise fixa como parâmetro, foi realizada a comparação entre as duas raças de doadores de sêmen em análise (Aberdeen Angus e Nelore). O efeito estabelecido para taxa de concepção à IATF conforme a raça do touro foi analisado levando em consideração o mínimo de 300 IATF por touro. Procurou-se, dessa forma, evidenciar com acurácia os fatores que influenciam a taxa de prenhez à IATF entre as raças investigadas. Verificou-se que as inseminações realizadas com sêmen de touros Aberdeen Angus apresentaram maior P/IA ($P = 0.002$) que as inseminações realizadas com sêmen de touros Nelore (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Taxa de concepção à IATF de inseminações realizadas com sêmen de touros da raça Angus (n=59.551) e da raça Nelore (n=85.358)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Relacionada à genética do touro, alguns fatores associados a fertilidade devem ser levados em consideração, existindo, portanto, a necessidade de avaliar a qualidade do sêmen a ser utilizado. Estudos apontam para uma melhora nos índices de fertilidade à IATF com o aumento da concentração do número de espermatozoides por palheta, contudo, nem todos os casos podem ser abordados de forma semelhante (MEMILI et al., 2020; NOGUEIRA et al., 2019; NONGBUA et al., 2020). Zoca et al. (2019) discutem que a fertilidade do sêmen pode ser aumentada pela elevação da quantidade de espermatozoides viáveis inseminados. Entretanto, essa variável não foi estudada no presente estudo.

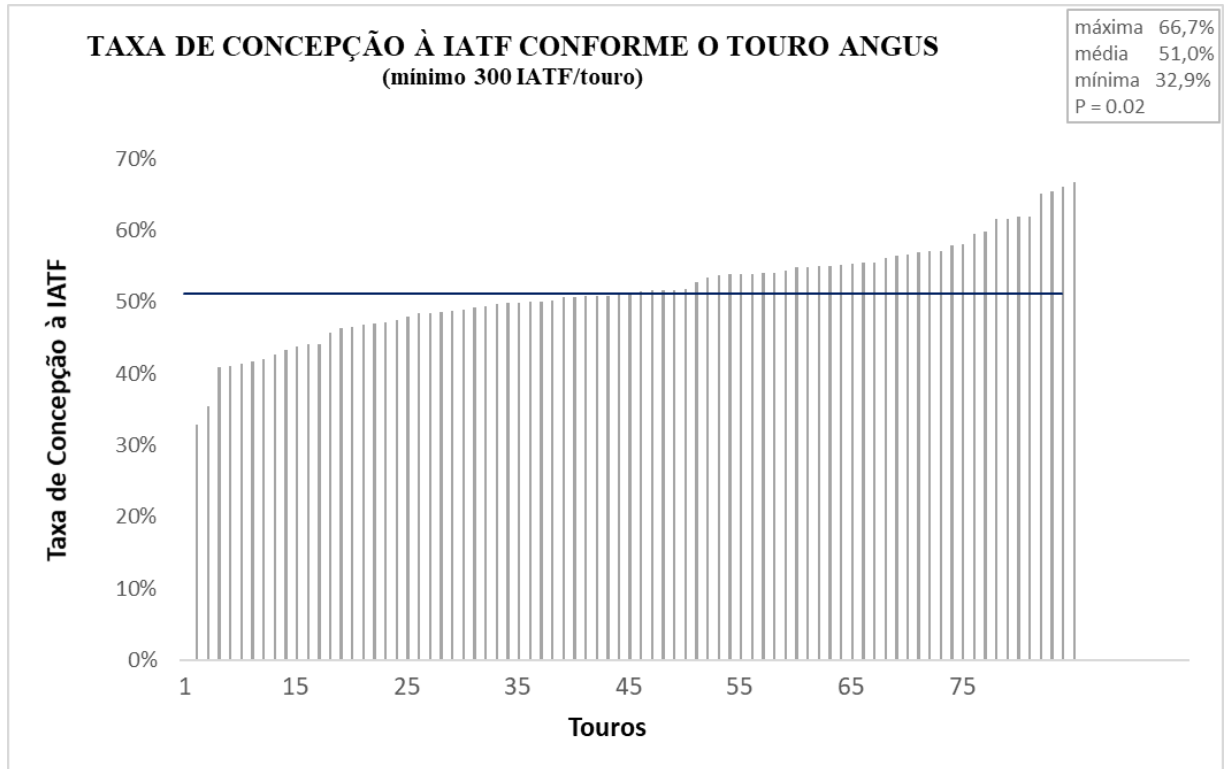
No que tange a variância ambiental, a adaptabilidade da raça constitui relevante parte do processo, concebendo que os mamíferos regulam fisiologicamente a temperatura corporal e a produção de sêmen pode ser afetada pelo ambiente e pelo estresse calórico. Considerando que a raça Nelore habitualmente é bem adaptada em climas tropicais e a raça Angus é mais adaptada em clima amenos (temperados), é esperada melhor qualidade espermática e fertilidade

em touros Nelore quando comparados com Angus. Entretanto, esse resultado não foi encontrado no presente estudo.

Esse resultado pode ser justificado pela maior frequência de utilização de touros jovens na raça Nelore quando comparado com touros da raça Angus. No período experimental, inúmeros programas de melhoramento genético da raça Nelore utilizaram touros jovens com o intuito de acelerar o ganho genético. Os touros jovens apresentam pouca informação de fertilidade no campo, o que pode aumentar a frequência de utilização de touros com menor taxa de prenhez à IATF. Entretanto, o sêmen de touros Angus foi utilizado com maior frequência em programas de cruzamento industrial, nos quais é menos relevante a utilização de touros jovens. Normalmente, para o cruzamento industrial, que objetiva a complementariedade genética entre as raças para o aumento da produção, o mercado procura touros mais velhos com fertilidade conhecida.

Por fim, Nongbua et al. (2020) destacam em seu estudo que a fertilidade do touro está relacionada à interação do espermatozoide com o plasma seminal e com fatores específicos de manejo do procedimento da fêmea que será inseminada artificialmente.

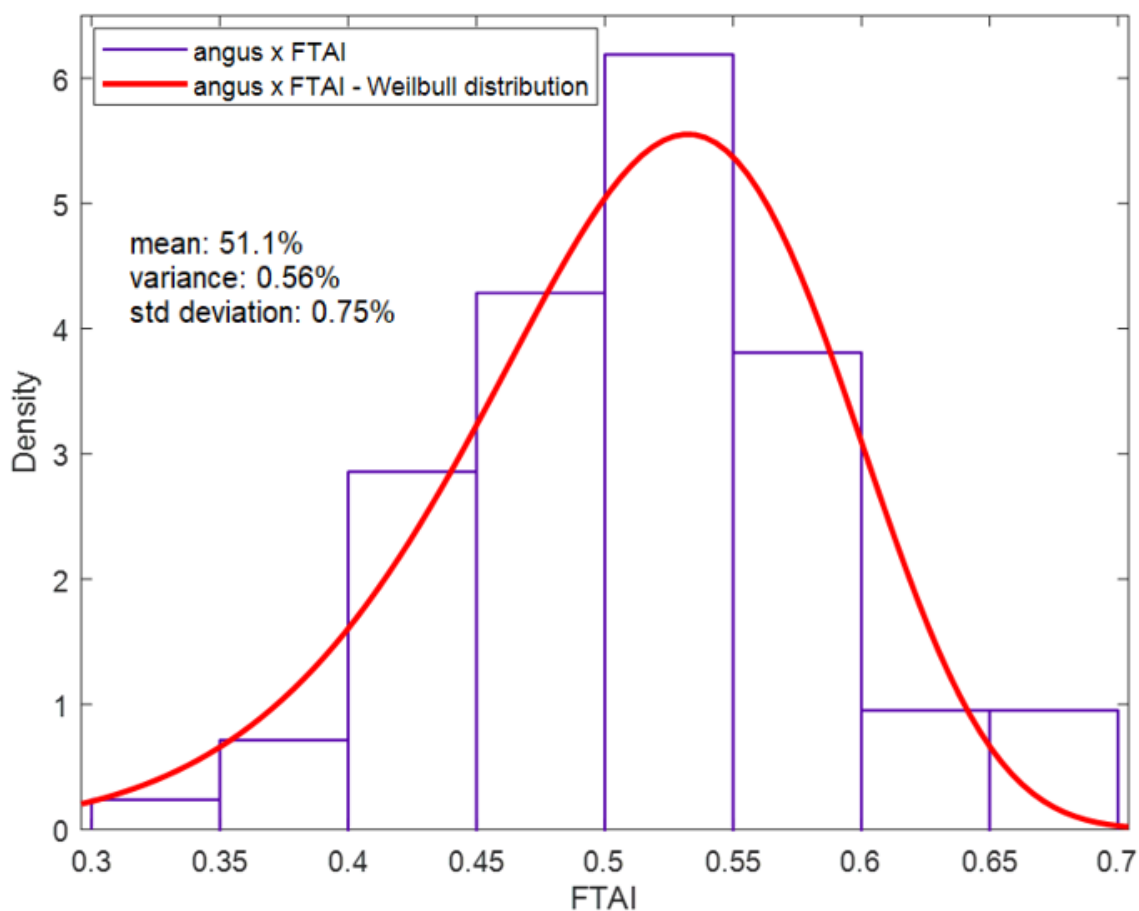
Gráfico 7 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=59.551) de diferentes touros da raça Angus (n=84 touros)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Quando se procurou isolar o efeito da raça do touro (Angus ou Nelore) foi possível constatar que ainda existe efeito touro na P/IA ($P=0,02$) e grande variação na fertilidade dentro das raças conforme o sêmen dos touros utilizados na IATF. No gráfico 8 é possível verificar o modelo de distribuição da taxa de prenhez com no mínimo de 300 IATF por touro da raça Angus. Averiguou-se que existe grande variação na taxa de concepção dos touros da raça Angus (média de 51,1%, com mínimo de 32,9% e máximo de 66,7%), corroborando com a necessidade de averiguação multifatorial da fertilidade dos touros. A curva da distribuição de frequência Weibull visualizada, demonstra a relevância estatística dessa informação.

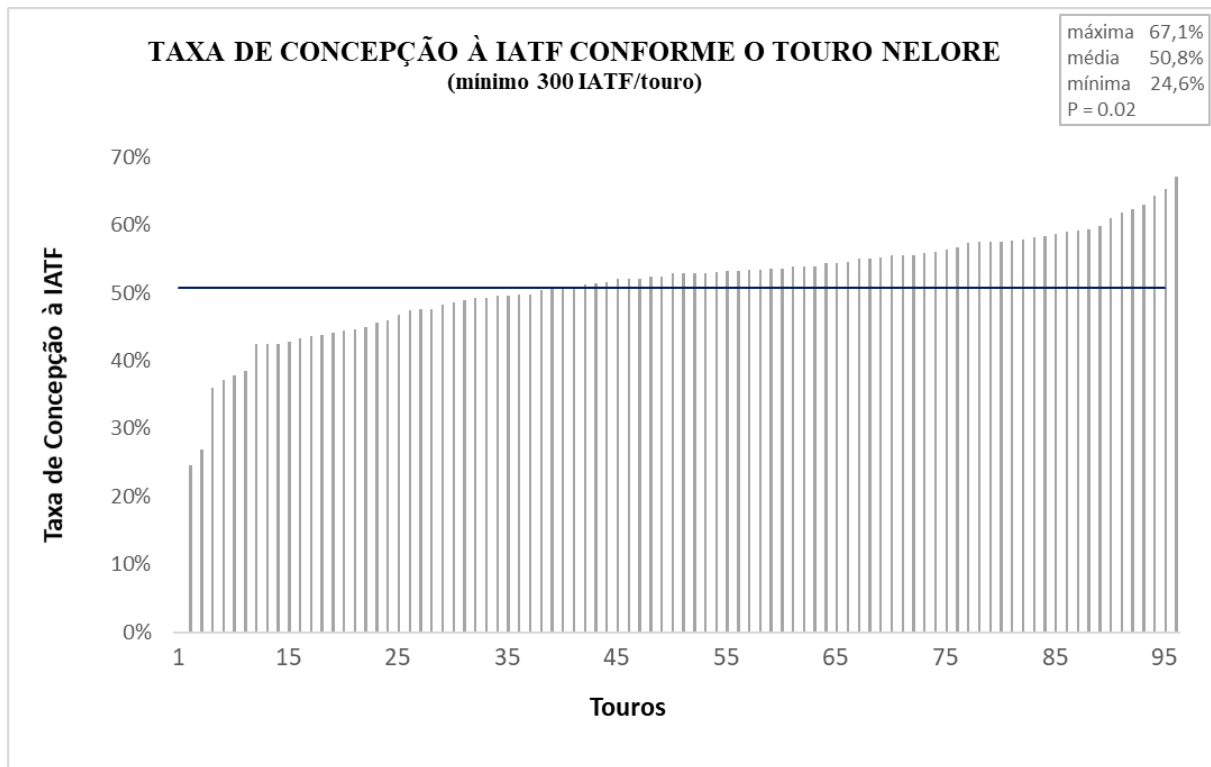
Gráfico 8 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=59.551) de diferentes touros da raça Angus (n=84 touros; distribuição de Weibull)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Com o mesmo preceito, foi repetido o procedimento para averiguar a eficiência dos touros da raça Nelore na taxa de concepção à IATF. Como observado para os touros da raça Angus, nota-se efeito semelhante de touro na P/IA ($P=0,02$) com elevada variação da fertilidade dos touros da raça Nelore analisados (média de 50,8%, com mínimo de 24,6% e máximo de 67,1). Esses dados corroboram com informações existentes na literatura que reforçam o significativo impacto do touro na fertilidade à IATF (NASSER et al., 2011)

Gráfico 9 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=85.358) de diferentes touros da raça Nelore (n=95)

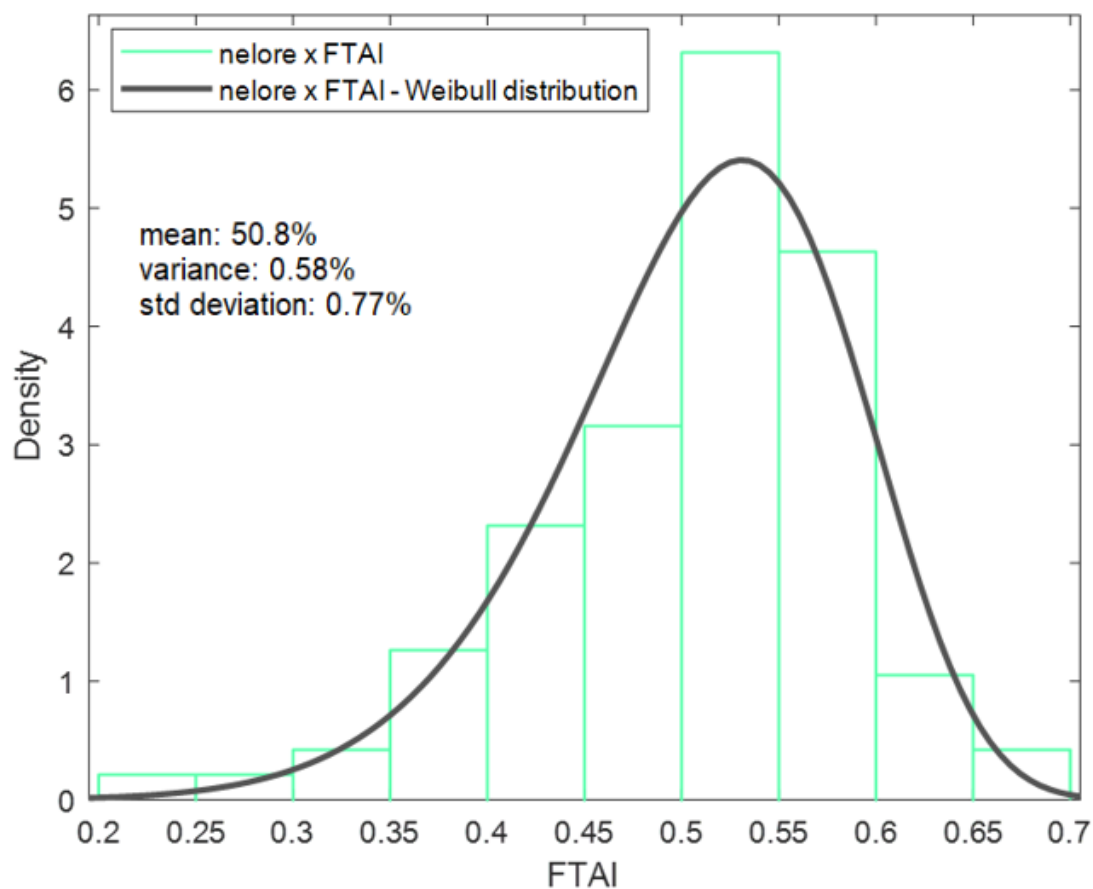


Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A curva de distribuição de frequência Weibull corrobora evidenciando a grande variação da fertilidade dos touros da raça Nelore.

Os resultados do presente estudo reforçam que existe forte efeito do touro utilizado na eficiência da IATF, independentemente da raça do touro. Essa informação reforça a importância de se estabelecer estudos para dar suporte aos procedimentos de identificação de touros que apresentam maior fertilidade em programas de IATF. Tais informações são de grande relevância para o setor produtivo, que poderá optar pela utilização de reprodutores que, além de possuírem informações genéticas de produtividade, possuem informações de fertilidade.

Gráfico 10 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=85.358) de diferentes touros da raça Nelore (n= 95; distribuição de Weibull)

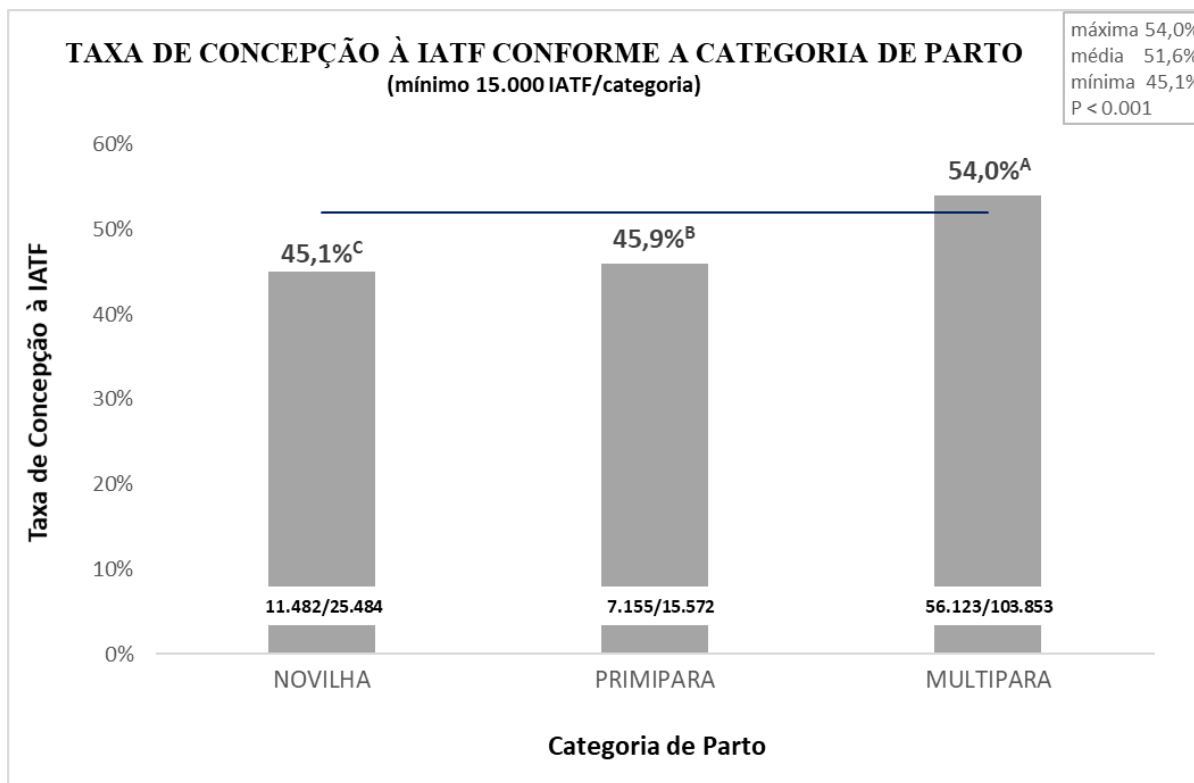


Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A categoria de partos das fêmeas submetidas à IATF (novilhas, primíparas e multíparas) é também uma importante variável a ser considerada na análise da eficiência dos programas reprodutivos (SÁ FILHO et al., 2013). No presente estudo foi verificado que as novilhas apresentaram menor taxa de prenhez à IATF (45,1%) quando comparada com as primíparas e multíparas. Ainda, as primíparas apresentaram menor P/AI (45,9%) que as multíparas (54,4%). Os dados estão apresentados no gráfico 11.

Grillo et al. (2015) relataram menores índices de fertilidade em fêmeas primíparas quando comparadas multíparas. Os autores verificaram, ainda, que as fêmeas, independentemente de categoria, apresentaram maior taxa de ciclicidade conforme o aumento do escore de condição corporal. Primíparas apresentam maior exigência nutricional devido a demanda de crescimento para atingir o peso adulto (SARTORI et al., 2010; SÁ FILHO et al., 2013). As novilhas que recebem IATF que não atingiram a maturidade sexual podem apresentar menor fertilidade (FREITAS, 2015; ATKINS et al, 2013).

Gráfico 11 - Taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme a categoria (novilha, primípara e múltípara)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

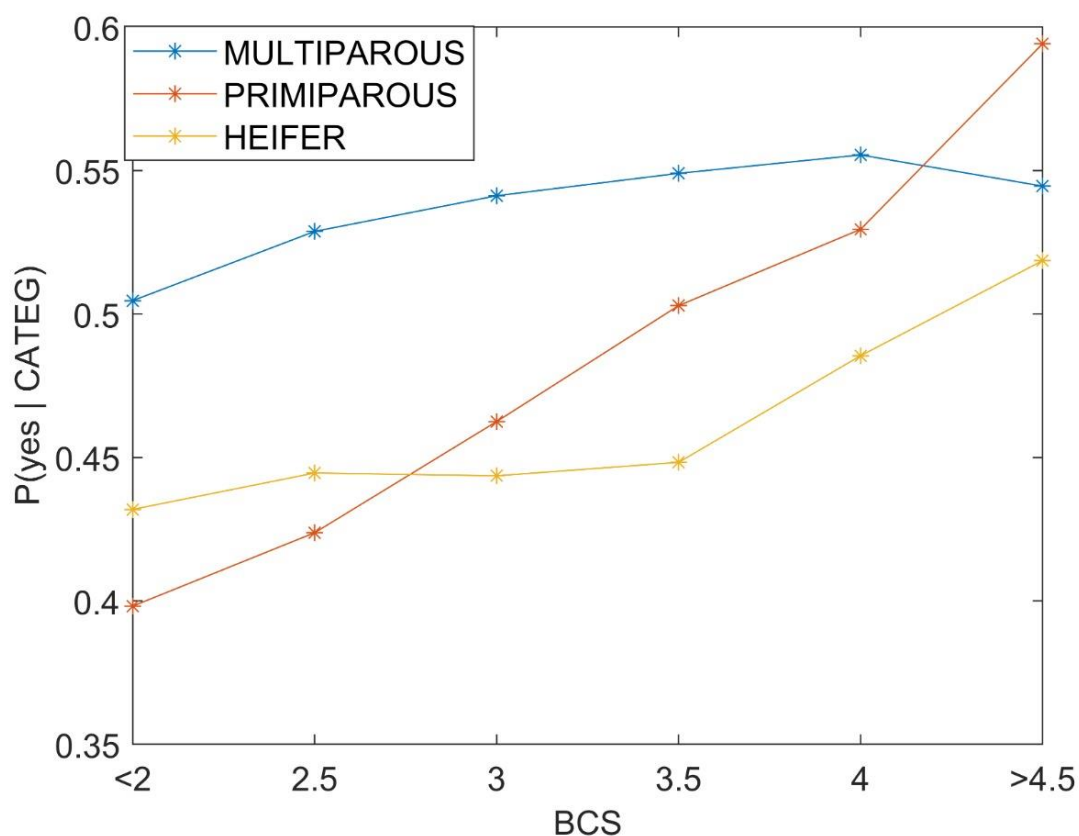
O efeito do escore de condição corporal da fêmea no momento do protocolo de sincronização da onda de crescimento folicular e da ovulação é outra variável que também possui considerável relevância para o sucesso do programa reprodutivo. No presente estudo foi observado significativo efeito do escore de condição corporal IATF (Gráfico 13). Verificou-se que com o aumento do escore de condição corporal das fêmeas ocorreu significativo aumento da taxa de prenhez à IATF.

Sá Filho et al. (2009) encontraram maior taxa de prenhez em fêmeas *Bos indicus* com escore de condição corporal de 3,5 (escala de 1 a 5) quando comparadas com as fêmeas com escore de 2,5. Da mesma forma, Ayres et al. (2014) relataram maior probabilidade de prenhez e menor probabilidade de perda embrionária em vacas *Bos indicus* com maior escore de condição corporal no momento do parto, quando avaliadas por ultrassonografia 30 e 60 dias após a IATF.

Ainda, foi verificada interação Categoria de Parto*ECC na taxa de prenhez à IATF (Gráfico 12). As primíparas apresentaram menor taxa de prenhez à IATF que novilhas e múltíparas quando possuem baixo escore de condição corporal ($\leq 2,5$). Entretanto, apresentam maior taxa de prenhez à IATF quando possuem maior escore de condição corporal. Esse importante resultado colabora significativamente para que sejam adotadas condutas de manejo

nutricional para ajustar o escore de condição corporal de primíparas para otimizar a eficiência reprodutiva de uma categoria que frequentemente apresentar baixa fertilidade (DOCCHIO et al., 2019).

Gráfico 12 - Taxa de concepção à IATF (n=144.909) a categoria (novilha, primípara e múltípara) e o escore de condição corporal (BCS) da fêmea Nelore

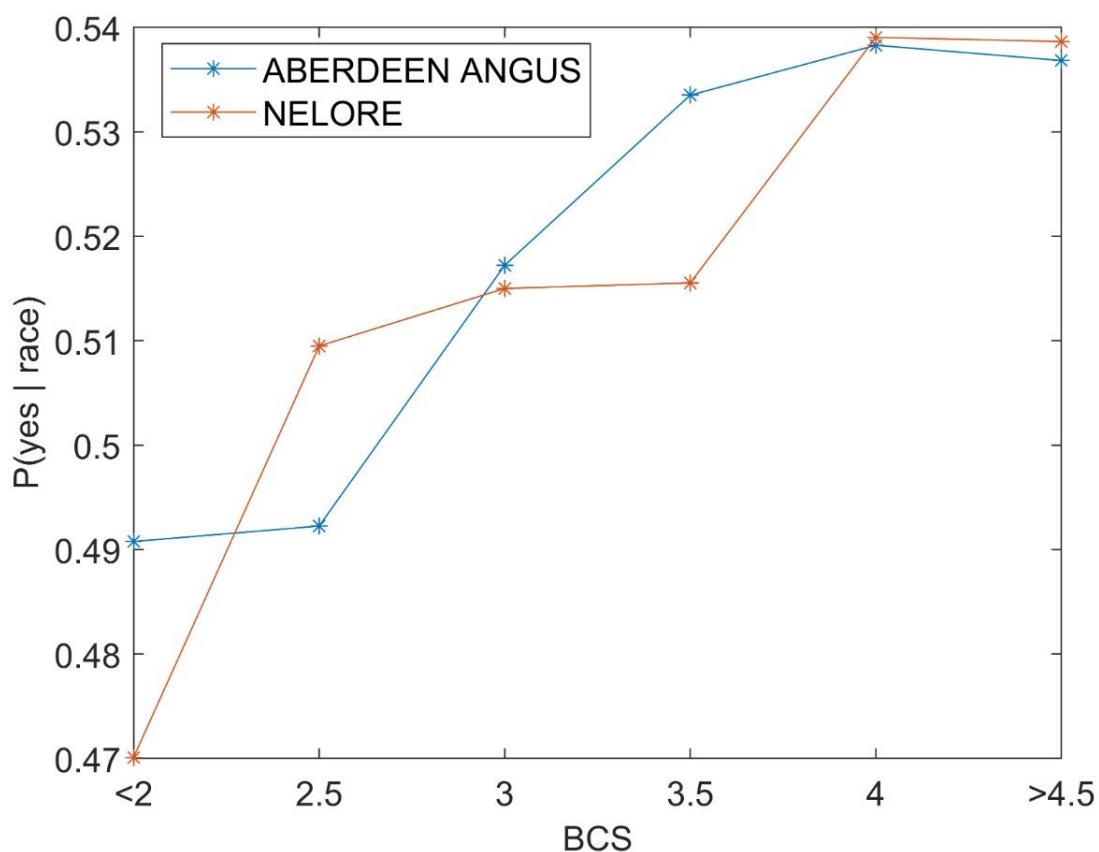


Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A análise de impacto do escore de condição corporal (BCS) na fertilidade constatou forte efeito dessa variável na taxa de prenhez à IATF, independentemente da raça do touro utilizado (Angus ou Nelore; Gráfico 13) e da categoria (novilha, primípara e múltípara). Os dados são indicativos de que com o aumento do escore de condição corporal (BSC) ocorreu significativo aumento da taxa de prenhez à IATF, semelhantemente ao observado em prévios estudos (SÁ FILHO et al., 2013). Nas análises realizadas não foi verificada interação ECC*raça do touro ($P > 0,05$) na taxa de prenhez à IATF. Esses dados são indicativos que com o aumento da condição corporal existe aumento da fertilidade à IATF, independentemente do sêmen utilizado (sêmen de touros Angus ou de touros Nelore). Evidencia-se com esse resultado, que

tanto com a utilização de sêmen de touros Angus quanto de touros Nelore o aumento do BCS está associado a efeito positivo na taxa de prenhez à IATF.

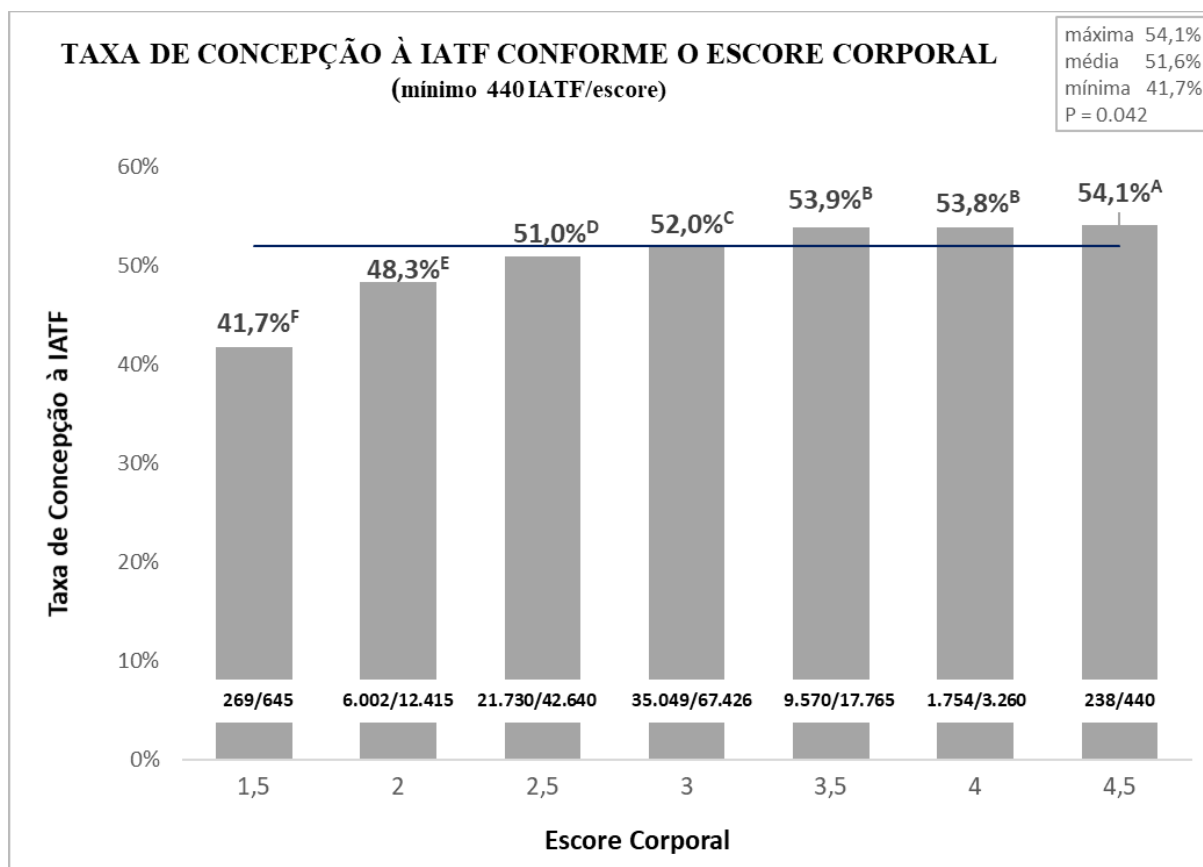
Gráfico 13 - Taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o escore de condição corporal (BCS) das fêmeas Nelore e o sêmen de touros de diferentes raças (Nelore e Angus)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Na análise multivariada que levou em consideração todos os efeitos estudados no modelo estatístico, verificou-se forte efeito do escore de condição corporal na taxa de prenhez à IATF (Gráfico 14). Conforme aumenta o escore de condição corporal aumenta a taxa de prenhez à IATF.

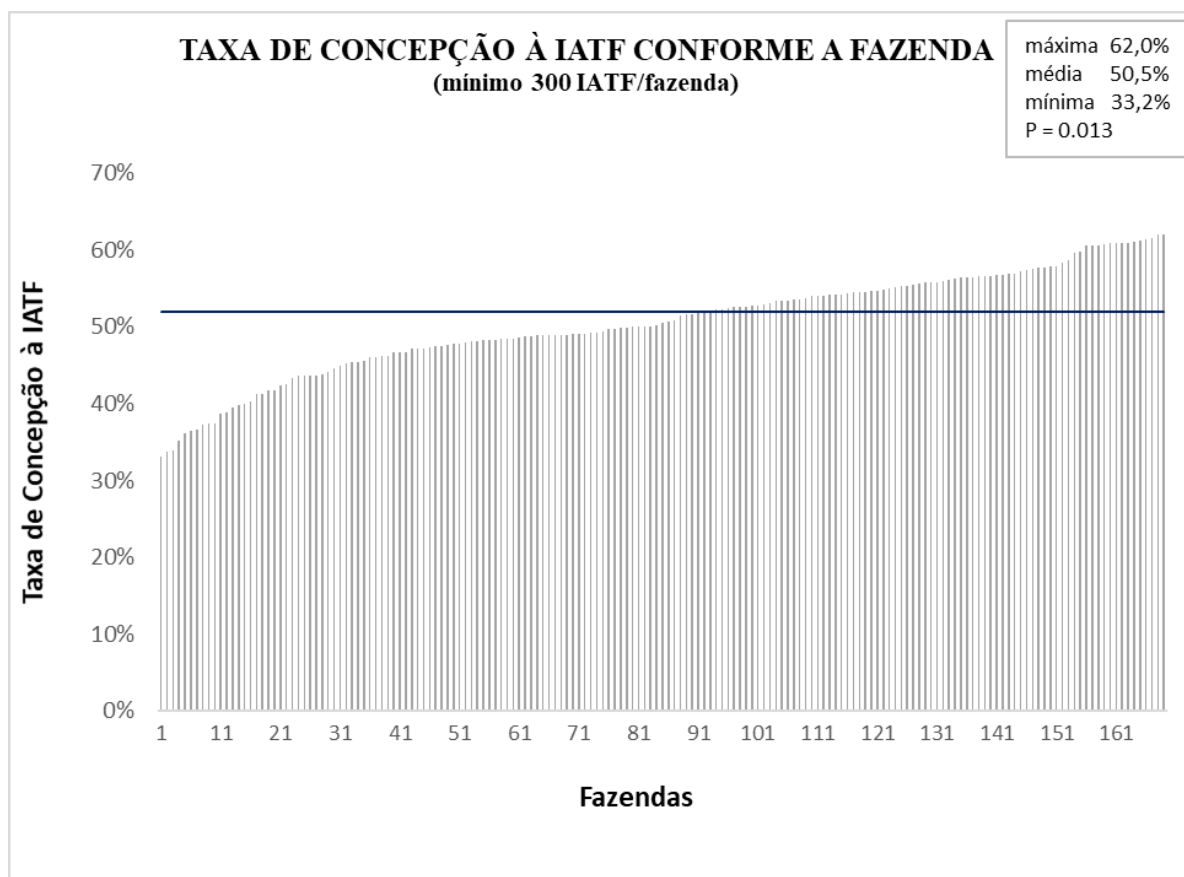
Gráfico 14 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o escore de condição corporal (escala de 1 a 5)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Inúmeros estudos reforçam a importância da nutrição na função reprodutiva de fêmeas bovinas. A nutrição determina o peso vivo e o escore de condição corporal (BCS) e ambos foram relacionados há mais de 50 anos como imprescindíveis para sustentar a fertilidade de novilhas e de vacas no período pós-parto (DOCCHIO et al., 2019). Em vacas de corte, o BCS no momento do parto é o fator mais importante que determina o período de reconcepção pós-parto. A nutrição estabelece a homeostase metabólica sistêmica. Hormônios metabólicos como leptina, IGF1 e grelina atuam como fatores de sinalização que regulam a atividade dos neurônios GnRH no hipotálamo, responsável pela liberação de FSH e LH que estimulam o crescimento folicular e a ovulação. A liberação de GnRH e a função do sistema endócrino reprodutivo são determinadas pelo equilíbrio dos sinais positivos (IGF1, leptina) e negativos (Grelina) nos neurônios de GnRH. Fatores nutricionais também influenciam diretamente a qualidade dos oócitos e embriões (SARTORI et al., 2016; DOCCHIO et al., 2019). Desta forma, os resultados do presente estudo reforçam que animais bem alimentados apresentam melhor escore de condição corporal e maior taxa de concepção à IATF.

Gráfico 15 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme a fazenda (n=169)

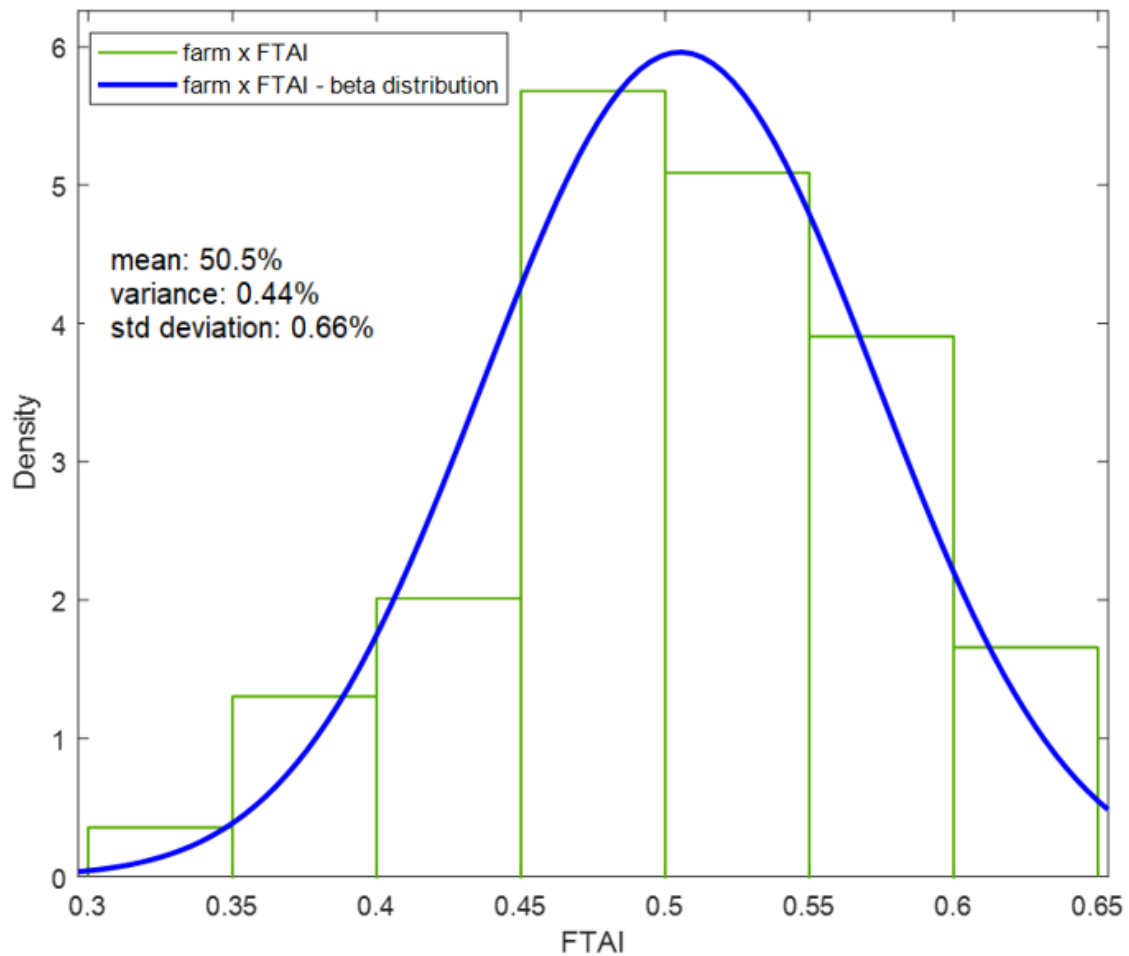


Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Verificou-se grande variação (mínimo de 33,2% e máximo de 62%) e efeito significativo ($P = 0,013$) da fazenda na taxa de prenhez à IATF (gráfico 16). O efeito fazenda está frequentemente associado à gestão e à mão de obra (NASSER et al., 2011). A qualificação e o conhecimento sobre procedimentos inerentes não somente à IATF, mas também ao manejo do rebanho como um todo, são de suma importância para o sucesso ou insucesso dos resultados na pecuária de cria.

A distribuição beta para o efeito fazenda corrobora a relevância para a análise acerca da distribuição da taxa de concepção à IATF conforme a fazenda. Ressalta-se também que foi verificado efeito ($P < 0.001$) dos lotes presentes nas fazendas na taxa de prenhez à IATF.

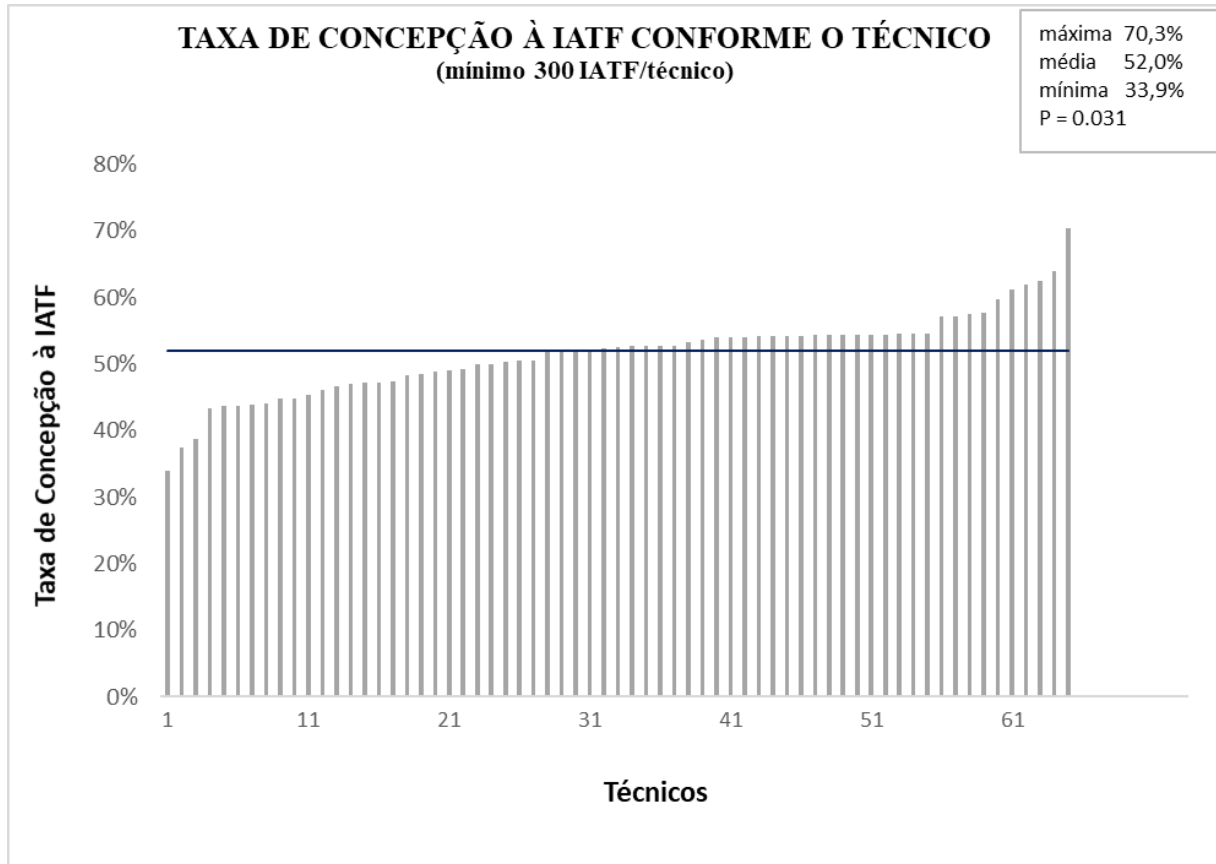
Gráfico 16 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme a fazenda (n= 169 propriedades; distribuição Beta)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Em conformidade com o efeito fazenda, nota-se no gráfico 17 forte efeito do técnico que procedeu a IATF, reforçando a necessidade de capacitação contínua da mão de obra que executa os procedimentos inerentes à IATF, qualificando a habilidade e o conhecimento do técnico que realiza a inseminação.

Gráfico 17 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o técnico (n=65 técnicos)

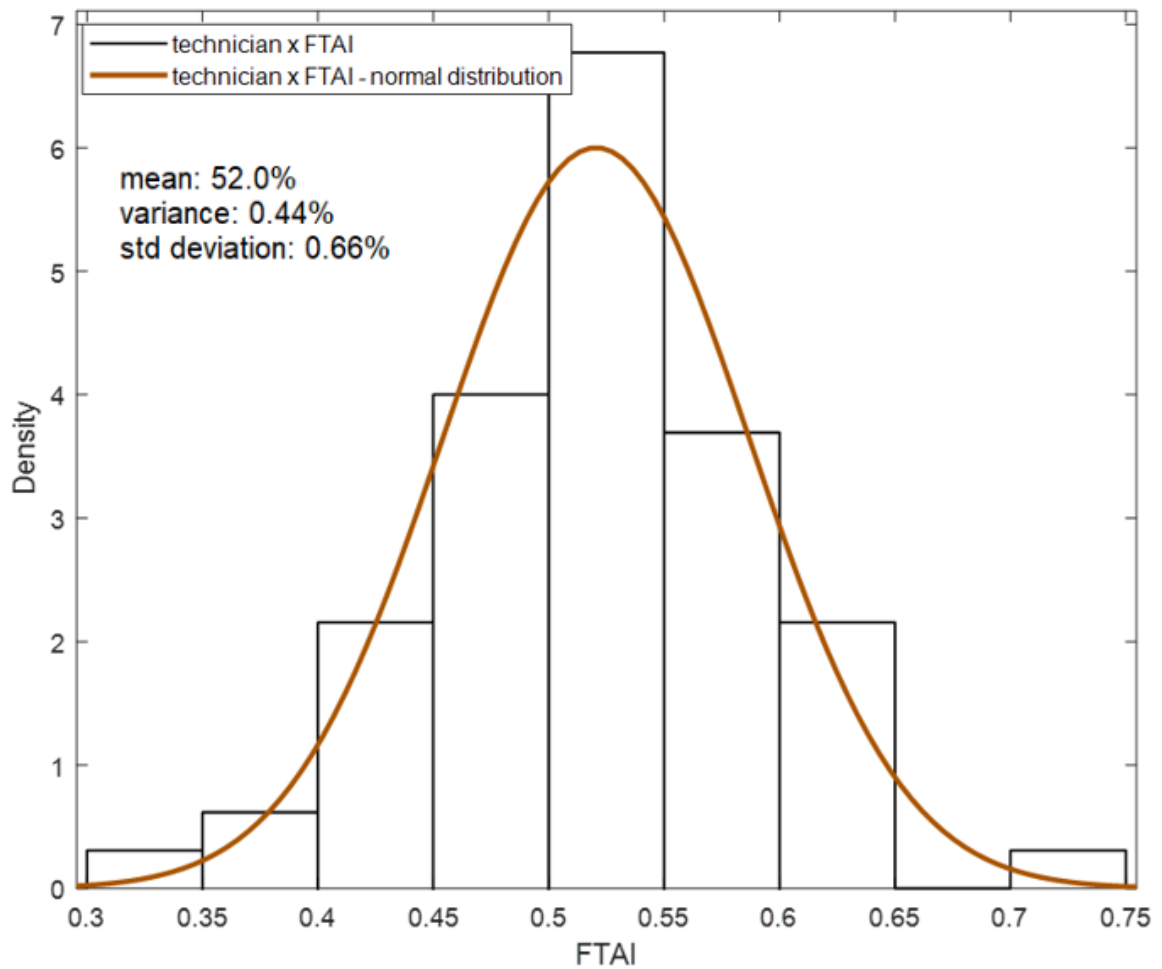


Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Nas análises realizadas é perceptível a relevância do fator técnico na eficiência do processo de IATF, confirmando resultados de estudos anteriores (NASSER et al., 2011). O envolvimento do técnico em processos que abrangem desde a correta aplicação dos fármacos nos protocolos preestabelecidos, até a deposição do sêmen no útero da fêmea bovina, estabelece forte relação com os resultados da prenhez.

Na atualidade, devido ao forte crescimento do emprego da IATF no Brasil (BARUSSELLI, 2020), existe grande demanda por técnicos capacitados, comprometidos e inseridos em equipes multidisciplinares e focadas.

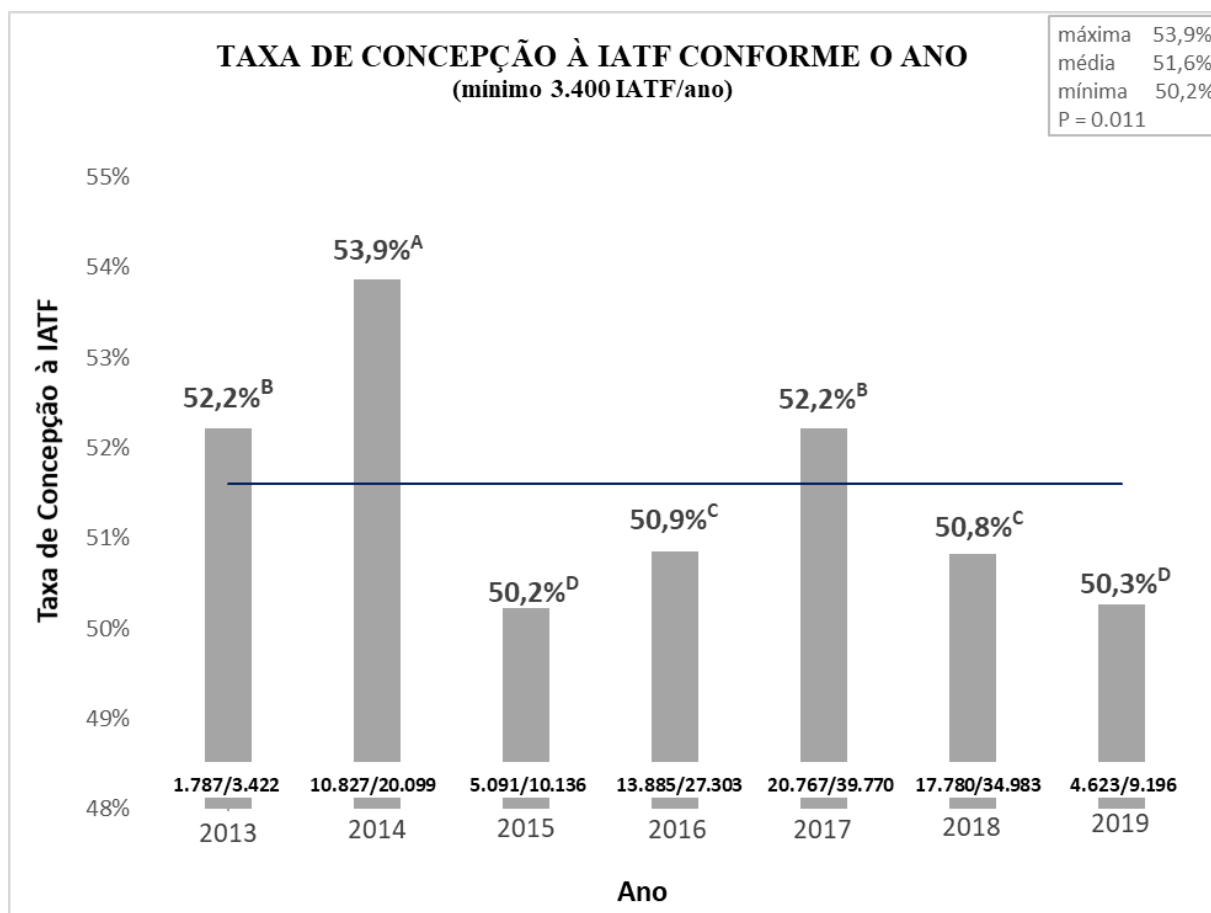
Gráfico 18 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o técnico (n= 86; distribuição normal)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

Por fim, a taxa de concepção à IATF conforme o ano apresentou diferenças significativas (Gráfico 19).

Gráfico 19 - Distribuição da taxa de concepção à IATF (n=144.909) conforme o ano (2013 a 2019)



Fonte: FRIGONI, F.G. (2020).

A irregularidade verificada nas taxas de prenhez à IATF conforme o ano pode estar associada a uma série de fatores, que muitas vezes são difíceis de serem determinados em sua totalidade. No entanto, existem informações na literatura que apontam fatores climáticos associados a variações na pluviosidade influenciando as condições ambientais, com impactos diretos nos resultados nos programas reprodutivos que empregam a IATF (CARVALHO et al., 2019). No entanto, mesmo ocorrendo variações conforme o ano, a taxa de prenhez à IATF observada no presente estudo ficou acima de 50%. Variações climáticas anuais podem ocasionar aumento ou diminuição da quantidade e da qualidade de pasto, o que consequentemente, pode alterar a oferta de alimentos e influenciar a nutrição das matrizes e, consequentemente, a taxa de prenhez à IATF. A variação da eficiência reprodutiva entre os anos, conforme a literatura, pode afetar os indicadores de eficiência. Lonergan et al. (2020) e Morrell (2020) apontam fatores ambientais e mudanças climáticas como possíveis explicações para variações encontradas nos estudos, visto que em diferentes regiões, em um mesmo período do ano, é possível verificar condições divergentes com relação ao ano anterior.

5. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo permitem concluir que a taxa de prenhez à IATF é influenciada pela fazenda e pelos lotes presentes nas fazendas, pelo touro e pela raça do touro, pelo técnico que efetua o procedimento, pelo ano da realização do procedimento, pelo escore de condição corporal (ECC) e pela categoria do parto (novilhas, primíparas e múltíparas).

Ainda, foi verificada interação Categoria de Parto*ECC na taxa de prenhez à IATF. As primíparas apresentaram menor taxa de prenhez à IATF que novilhas e múltíparas quando apresentam baixo escore de condição corporal ($\leq 2,5$). Entretanto, possuem maior taxa de prenhez à IATF quando apresentam maior escore de condição corporal.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados do presente estudo reforçam a importância de inúmeros fatores a serem controlados na fazenda para a obtenção de resultados satisfatórios em programas reprodutivos que empregam a IATF como ferramenta de manejo.

Vale ressaltar em um primeiro momento a atenção com o modelo estatístico utilizado que procurou estabelecer o isolamento dos diferentes fatores envolvidos para a avaliação dos efeitos que influenciam a eficiência da IATF na fazenda.

Evidenciou-se a importância do controle do touro, da raça do touro, do escore de condição corporal, da categoria da fêmea; da fazenda e o lote, do ano, e dos técnicos que executam a sincronização e a inseminação artificial para otimizar a eficiência da IATF.

Esses dados reforçam a relevância na capacitação dos técnicos envolvidos com os procedimentos para correta tomada de decisão e para a execução da IATF. O conhecimento de todos esses fatores que interferem na eficiência do processo para correção direcionada das condutas de manejo na fazenda podem estabelecer o sucesso do programa reprodutivo nas fazendas de cria que utilizam a IATF.

Essas informações são relevantes para a cadeia de produção, uma vez que se estima que foram realizadas 16,4 milhões de IATF no Brasil em 2019 por aproximadamente 4,5 mil técnicos prestadores de serviço.

REFERÊNCIAS

- AITKEN, R. J. Sperm function test and fertility. **International Journal of Andrology**, v. 29, p. 69-75, 2006.
- AMANN, R. P.; HAMMERSTEDT, H. P. In vitro evaluation of sperm quality: an opinion. **J. Androl.**, v.14, p.397- 405, 1993.
- ARRUDA, R. P. et al. Biotécnicas aplicadas à avaliação do potencial de fertilidade do sêmen equino. **Rev. Bras. Reprod. Anim.**, v.31, n.1, p.8-16, 2007.
- ATKINS, J. A.; POHLER, K. G.; SMITH, M. F. Physiology and Endocrinology of puberty in heifers. **Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice**. v.29 ed.3 p. 479-492. USA, 2013.
- ATTIA, S.; KATILA, T.; ANDERSON, M. The Effect of Sperm Morphology and Sire Fertility on Calving Rate of Finnish Ayrshire AI Bulls. **Reprod Dom Anim**, v.51, p.54–58, 2016.
- AYRES, H. et al. Inferences of body energy reserves on conception rate of suckled Zebu beef cows subjected to timed artificial insemination followed by natural mating. **Theriogenology**, v.82, Issue 4, p.529-536, 2014.
- BARUSELLI, P. S. et al. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. **Anim Reprod**, v.9, n.3, p.139-152, Jul./Sept. 2012.
- BARUSELLI, P. S. et al. Como otimizar a eficiência reprodutiva de programas de inseminação artificial e transferência de embriões em bovinos: reprodução de precisão. In 6 SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, 2014, Londrina. **Anais...** Londrina, p.76-100, 2014.
- BARUSELLI, P. S. et al. Timed artificial insemination: current challenges and recent advances in reproductive efficiency in beef and dairy herds in Brazil. **Anim Reprod**, v.14, p. 558–571, 2017.
- BARUSELLI, P.S. Avaliação do mercado de IATF no Brasil (2019). Boletim Eletrônico do Departamento de Reprodução Animal/FMVZ/USP, 3^a ed., 2020. Acesso <<http://vra.fmvz.usp.br/boletim-eletronico-vra/>>

BARTH, A. D. The relationship between sperm abnormalities and fertility. In: Proceedings of the 14th Technical Conference on Artificial Insemination and Reproduction, pp. 47–63, 1992.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Synchronization of Ovulation and Fixed-Time Artificial Insemination in Beef Cattle. **Animal**. v. 8 s. 1, p. 144-150. Córdoba – Argentina, 2014.

BRITO, L. F. C. et al. Comparison of methods to evaluate the plasmalemma of bovine sperm and their relationship with in vitro fertilization rate. **Theriogenology**, v.60, p.1539-1551, 2003.

CARVALHO, J. S. et al. Eficiência da inseminação artificial em tempo fixo em fêmeas zebuínas na mesorregião Sudeste do Pará, Brasil. **Rev. Cienc. Agrar.**, v. 62, 2019

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPRODUÇÃO ANIMAL. **Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal**. 3. Ed. Belo Horizonte: CBRA, 2013.

CORREA, J. R.; PACE, M. M.; ZAVOS, P. M. Relationships among frozen thawed sperm characteristics assessed via the routine sêmen analysis, sperm functional tests and the fertility of bulls in an artificial insemination program. **Theriogenology**, v.48, p.721-731, 1997.

CUTAIA, L.; BÓ, G. A. Avaliação de diferentes fatores que afetam a porcentagem de prenhez em vacas inseminadas em tempo fixo. In: 1º SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUCCIÓN BOVINA, **Anais...** Barquisimeto, 2004.

DINIZ, J. V. A. et al. Sodium caseinate improves longevity and fertility of frozen bull semen. **Theriogenology**, v.154, p.59-65, 2020.

DOCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, v. 125, p. 277-284, 2019.

FARRELL, P. B. et al. Quantification of bull sperm characteristics measured by computer-assisted sperm analysis (CASA) and the relationship to fertility. **Theriogenology**, v.49, p.871-879, 1998.

FREITAS, B.G. **Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade**. 2015. 85f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

GONÇALVES, P. B. D. et al. Controle do Estro e da Ovulação em Ruminantes. **Biotécnicas Aplicadas à Reprodução Animal**. ed. 2, p. 33-56. São Paulo, 2008.

GRILLO, G. F. et al. Comparação da taxa de prenhez entre novilhas, primíparas e múltíparas da raça Nelore submetidas à inseminação artificial em tempo fixo. **Rev. Bras. Med. Vet.**, 37(3):193-197, jul/set 2015.

JANUSKAUSKAS, A.; JOHANNISSON, A.; RODRIGUEZ-MARTINEZ, H. Subtle membrane changes in cryopreserved bull sêmen in relation with sperm viability, chromatin structure and field fertility. **Theriogenology**, v.60, p.743-758, 2003.

KJAESTAD, H.; ROPSTAD, E.; BERG, K. A. Evaluation of spermatological parameters used to predict the fertility of frozen bull sêmen. **Acta Vet. Scand.**, v.34, n.3, p.299–303, 1993.

LARSSON, B.; RODRIGUEZ-MARTINEZ, H. Can we use in vitro fertilization tests to predict sêmen fertility? **Anim. Reprod. Sci.**, v.60-61, p.327–336, 2000.

LONERGAN, P. et al. High temperature-humidity index compromises sperm quality and fertility of Holstein bulls in temperate climates. **Journal of Dairy Science** Vol. 103 No. 10, 2020.

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**, 46: 1552, 2018.

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.

MEMILLI, E; MOURA; A. A.; KAYA, A. Metabolomes of sperm and seminal plasma associated with bull fertility. **Animal Reproduction Science**, 2020.

MORRELL, J. M. et al. Sperm quality variables as indicators of bull fertility may be breed dependent. **Anim Reprod Sci**; 185:42 e 52, 2017.

MORRELL, J. M. Heat stress and bull fertility. **Theriogenology**, v.153, p.62-67, 2020.

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

NICACIO, A. A. Inseminação Artificial em Tempo Fixo (IATF) Serve ou Não para a Minha Propriedade? Embrapa Gado de Corte, 2015. <Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/4227153/artigo-a-inseminacao-artificial-em-tempo-fixo-iatf-serve-ou-nao-para-a-minha-propriedade>> Acesso em: 18 de nov. 2020.

NOGUEIRA, E. et al. Qualidade do sêmen e resultados em programas de IATF em bovinos. In: IV REUNIÃO BRASILEIRA DA ABRAA, 2019, Goiania. **Anais da IV Reunião da Associação Brasileira de Andrologia Animal**. Campo Grande: UFMS. v. 1. p. 28-37. 2019.

NONGBUA, T. et al. Bull seminal plasma stimulates in vitro production of TGF- β , IL-6 and IL-8 from bovine endometrial epithelial cells, depending on dose and bull fertility. **Journal of Reproductive Immunology**, v.142, 103179, 2020.

OLIVEIRA, L. Z. **Utilização de diferentes touros na iatf: características seminais e suas relações com as taxas de fertilidade a campo**. 2012. 193f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2018. <https://www.R-project.org/>.

RUSSI, L. S. et al. 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.

SAACKE, R. G. et al. Can spermatozoa with abnormal heads gain access to the ovum in artificially inseminated super- and single-ovulating cattle? **Theriogenology**, v.51, p.117–128, 1998.

SAACKE, R.G. et al. Relationship of seminal traits and insemination time to fertilization rate and embryo quality. **Animal Reproduction Science**, v. 60-61, p. 663-667, 2000.

SÁ FILHO, M.F. et al. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the reproductive performance of suckled beef cows. **Theriogenology** v. 79, p. 625-632, 2013

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**, v.72, p.210-218, 2009.

SARTORI, R.; GUARDIEIRO, M. M. . Fatores nutricionais associados à reprodução da fêmea bovina. **Revista Brasileira de Zootecnia** / Brazilian Journal of Animal Science, v. 39, p. 422-432, 2010.

SARTORI, R. et al. Metabolic and endocrine differences between *Bos taurus* and *Bos indicus* females that impact the interaction of nutrition with reproduction. **Theriogenology**, v. 86, p. 32-40, 2016.

SERRANO-PÉREZ, B. et al. Maternal nutrient restriction in early pregnancy increases the risk of late embryo loss despite no effects on peri-implantation interferon-stimulated genes in suckler beef cattle. **Res Vet Sci.**, v.128, p.69-75, 2019.

SUDANO, M. J. et al. Use of bayesian inference to correlate in vitro embryo production and in vivo fertility in Zebu bulls. **Vet. Med. Intern.**, ArticleID: 436381, p.1-6, 2011.

TARTAGLIONE, C. M.; RITTA, M. N. Prognostic value of spermatological parameters as predictors of in vitro fertility of frozen-thawed bull sêmen. **Theriogenology**, v.62, n.7, p.1245–1252, 2004.

VERSTEGEN, J.; IGUER-OUADA, M.; OCLIN, K. Computer assisted sêmen analyzers in andrology research and veterinary practice. **Theriogenology**, v.57, p.149-179, 2002.

ZANATTA, G. M. **Produção embrionária utilizando touros de alta e baixa fertilidade.** [Embryo production using high and low fertility bulls]. 2019. 100f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

ZHANG, B. R. et al. Prediction of bull fertility by combined in vitro assessments of frozen-thawed sêmen from young dairy bulls entering an AI-programme. **Internat. J. Androl.**, v.22, p.253–260, 1999.

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**, 2019.