



# Parâmetros genéticos da produção *in vitro* de embriões das raças Nelore e Senepol

## Genetic parameters of *in vitro* production of Nelore and Senepol embryos

Antônia Kaylyanne Pinheiro<sup>1</sup> , José Marques Carneiro Junior<sup>2</sup> , Rafael Augusto Satrapa<sup>1</sup> , Mauricio Santos Silva<sup>3</sup> , Jennifer Teodoro Ferreira Gregianini<sup>4</sup> , Héilton Aparecido Garcia Gregianini<sup>4</sup> , Gabriela Assis Marques Carneiro<sup>1</sup> 

1 Universidade Federal do Acre (UFAC), Rio Branco, Acre, Brasil

2 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Porto Velho, Rondônia, Brasil

3 Geneplus Consultoria Agropecuária Ltda, Rio Branco, Acre, Brasil

4 In Vitro Acre, Rio Branco, Acre, Brasil

\*Autor correspondente: kaylyanne@hotmail.com

**Resumo:** Este estudo teve por objetivo estimar parâmetros genéticos para características de Produção *in vitro* de Embriões - PIVE das raças Nelore e Senepol. Foram utilizados dados de 1.247 rodadas de fertilização *in vitro* (1.029 Nelore, 218 Senepol), no total de 148.311 oócitos (116.972 Nelore, 31.339 Senepol), 47.301 embriões (38.722 Nelore, 8.579 Senepol) e 6.323 prenhez (5.534 Nelore e 789 Senepol). Foram analisadas as variáveis: porcentagem de oócitos viáveis (Pooc), porcentagem de embriões clivados (Pcliv); porcentagem de embriões produzidos (Pemb); porcentagem de prenhez (Ppren) por rodada/touro; média de oócitos viáveis por doadora (MOD), média de embriões produzidos por doadora (MED) e média de prenhez por doadora (MPD) de dados fornecidos por empresa parceira entre os anos de 2019 a 2022. Foi utilizado o programa SAS para análise dos efeitos fixos e Correlação Linear de Pearson. Os componentes de variância para cálculo das herdabilidades foram calculados por meio do programa MTDFREML. Foram obtidos valores de MOD, MED e MPD para as raças Nelore de 29,94; 10,01; 2,53 e Senepol de 30,12; 8,17; 2,34. De modo geral, a raça Nelore proporcionou melhor produção de embriões em relação à raça Senepol. As estimativas de herdabilidades foram de baixa a média magnitude, sendo para Pcliv (0,16 e 0,04), Pemb (0,14 e 0,08), Ppren (0,02 e 0,15), MED (0,07 e 0,02) e MPD (0,05 e 0,00) para as raças Nelore e Senepol. Porém, indicando a presença de variabilidade genética e possibilidade de seleção. Conclui-se que há variabilidade genética para as características PIVE, para ambas as raças, indicando que podem ser utilizadas como critérios de seleção por serem herdáveis e que a raça Nelore apresenta melhor desempenho para as características de PIVE em relação à raça Senepol.

**Palavras-chave:** Características Reprodutivas; Efeitos fixos; Herdabilidade.

**Abstract:** This study aimed to estimate genetic parameters for traits of *In Vitro* Embryo Production - PIVE of the Nelore and Senepol breeds. Data from 1,247 rounds of *in vitro* fertilization (1,029 Nelore, 218 Senepol) were used, totaling 148,311 oocytes (116,972 Nelore, 31,339 Senepol), 47,301 embryos (38,722 Nelore, 8,579 Senepol) and 6,323 pregnancies (5,534 Nelore and 789 Senepol). The variables

Recebido: 13 de novembro, 2023. Aceito: 19 de março, 2024. Publicado: 18 de junho, 2024.

were analyzed: percentage of viable oocytes (Poooc), percentage of cleaved embryos (Pcliv); percentage of embryos produced (Pemb); pregnancy percentage (Ppren) per round/bull; average number of viable oocytes per donor (MOD), average number of embryos produced per donor (MED) and average number of pregnancies per donor (MPD) from data provided by a partner company between the years 2019 and 2022. The SAS program was used to analyze the fixed effects and Pearson Linear Correlation. The variance components for calculating heritabilities were calculated using the MTDFREML program. MOD, MED and MPD values were obtained for the Nelore breeds of 29.94; 10.01; 2.53 and Senepol 30.12; 8.17; 2.34. In general, the Nelore breed provided better embryo production compared to the Senepol breed. The heritability estimates were of low to medium magnitude, being for Pcliv (0.16 and 0.04), Pemb (0.14 and 0.08), Ppren (0.02 and 0.15), MED (0, 07 and 0.02) and MPD (0.05 and 0.00) for the Nelore and Senepol breeds. However, indicating the presence of genetic variability and the possibility of selection. It is concluded that there is genetic variability for the PIVE traits, for both breeds, indicating that they can be used as selection criteria as they are heritable and that the Nelore breed presents better performance for the PIVE c traits in relation to the Senepol breed.

**Key-words:** Reproductive Traits; Fixed effects; Heritability.

## 1. Introdução

A produção de embriões bovinos no mundo é crescente ao longo dos anos e o Brasil possui posição de destaque, principalmente pela utilização da técnica PIVE. Em 2019, o Brasil tornou-se o segundo maior produtor de embriões no mundo <sup>(1)</sup>.

Na década de 80 a multiplicação genética de bovinos era exclusiva nos machos pela monta natural ou, em menor, escala pela técnica reprodutiva de inseminação artificial. Porém, com o surgimento das técnicas reprodutivas de produção de embriões *in vivo* e *in vitro*, a genética da fêmea bovina passou a ser utilizado em larga escala <sup>(2)</sup>.

A PIVE permitiu maior disseminação da genética das fêmeas no melhoramento genético, contribuindo para maior número de descendentes de uma única doadora <sup>(3)</sup>. Contudo, ainda existem alguns fatores limitantes na aplicação desta biotécnica, dentre eles os relacionados à doadora <sup>(8,9)</sup>, como qualidade e quantidade de oócitos por doadora, mas também fatores extrínsecos como: condições de cultivo <sup>(6,7)</sup>, experiência do técnico <sup>(3,10)</sup>, efeito de touro <sup>(4,5)</sup>, efeito de tipo de sêmen <sup>(4,10)</sup>, efeito de ano <sup>(4)</sup> e época do ano <sup>(4,10)</sup> e condição nutricional <sup>(5)</sup>. Esses fatores conduzem a baixos índices reprodutivos na produção de oócitos, embriões e prenhez.

Além das informações de desempenho produtivo, os parâmetros genéticos relacionados à produção na PIVE são importantes para subsidiar estratégias de melhoramento genético em programas de seleção de doadoras e reprodutores.

Em relação aos componentes genéticos, há relatos na literatura que animais zebuínos conduzem melhores resultados para características PIVE em relação às taurinas. Assim, estudos de metodologias que considerem a seleção de características de PIVE são necessárias, para possível inclusão em futuras avaliações genéticas.

Nesse sentido, surge a necessidade estudos que contemplem a estimação de parâmetros genéticos com objetivo de se avaliar a variabilidade genética destas características para as raças Nelore e Senepol, possibilitando a seleção de reprodutores para maior eficiência nessa biotécnica.

Na literatura são escassos os trabalhos referentes aos componentes de variância e demais parâmetros genéticos referentes à produção de oócitos, embriões e prenhez na PIVE para as raças Nelore e Senepol no Bioma Amazônico. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi estimar parâmetros genéticos da produção *in vitro* de embriões nas raças Nelore e Senepol no Estado do Acre.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Estrutura dos dados

Este estudo foi submetido e aprovado pela Comissão de Ética para Uso de Animais da Universidade Federal do Acre/UFAC (CEUA/UFAC no 23107.018598/2021-33). Os dados de PIVE das raças Nelore e Senepol referentes aos anos de 2019 a 2022 deste estudo foram fornecidos pela Empresa *In vitro*, Acre.

Os animais utilizados nos acasalamentos PIVE, doadoras e touros, são animais puros por origem (PO) com cadastro na Associação Brasileira de Criadores de Zebu (ABCZ) e na Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos Senepol (ABCB Senepol). Foram utilizados dados de 1.247 rodadas de fertilização *in vitro* (1.029 Nelore, 218 Senepol), contendo total de 148.311 oócitos (116.972 Nelore, 31.339 Senepol), 47.301 embriões (38.722 Nelore, 8.579 Senepol) e 6.323 prenhez (5.534 Nelore e 789 Senepol). Ainda que o tamanho da amostra seja diferente entre as raças, vislumbra-se que o volume de informações seja suficiente para inferência estatística pretendida no presente trabalho.

### 2.2 Procedimento da técnica PIVE

A coleta dos oócitos foi realizada pela técnica de aspiração folicular *Ovum Pick-Up* (OPU), e enviados ao laboratório para etapa de maturação *in vitro*, sendo mantidos em uma incubadora com temperatura de 38,5 °C, com atmosfera de 5% de CO<sub>2</sub>, por um período entre 20 a 22 horas. Na fertilização *in vitro* utilizou-se sêmen sexado e convencional obtido das centrais de comercialização de sêmen. O protocolo utilizado baseou-se na técnica de centrifugação através do gradiente descontínuo de Percoll, com concentração espermática de 5x10<sup>6</sup> espermatozoides/mL.

A incubação (oócitos e espermatozoides) foi realizada em estufa, com atmosfera de 5% de CO<sub>2</sub> e temperatura 38,5 °C, por um período de 18 a 21 horas. Para cultivo *in vitro*, foram retiradas as células do cumulus dos zigotos e os mesmos foram mantidos em incubadora com temperatura de 38,5 °C, com atmosfera de 5% de CO<sub>2</sub>. No dia três (D3), após fertilização *in vitro*, foi realizada a avaliação da clivagem e dia 17 a inovulação.

O protocolo de preparação das receptoras para inovulação iniciou-se no dia zero (D0) com a inserção do dispositivo intravaginal com 1g de progesterona (P4) (Repro neo®, Biogénesis) e aplicação de 2mL de Benzoato de estradiol (BE) (Bioestrogen®, Biogenesis Bago). No dia oito (D8) foi retirado o implante, aplicando 2mL de prostaglandina (PGF2) (Croniben® D-cloprostenol, Biogenesis Bago), 300UI (1,5mL) de gonadotrofina coriônica equina (eCG)

(Ecegon®, Biogenesis Bago) e 2mL de cipionato de estradiol (CE) (Croni-cip®, Biogénesis Bagó). No dia dezessete (D17) foi realizada a inovulação dos embriões. O diagnóstico de gestação foi realizado em 30 e 60 dias após a inovulação, por meio da ultrassonografia transretal (Mindray/DP10 Vet).

### 2.3 Variáveis Avaliadas

Para análise estatística foi considerado as seguintes variáveis: Porcentagem de oócitos viáveis (Pooc), Porcentagem de embriões clivados (Pcliv), Porcentagem de embriões produzidos (Pemb), Porcentagem de prenhez (Ppren) por Rodada/touro e Média de oócitos viáveis por doadora (MOD), Média de embriões produzidos por doadora (MED); Média de prenhez por doadora (MPD).

A variável Pooc foi calculada pela equação:

$$Pooc = \frac{Nooc}{Noa} \cdot 100$$

Onde:

Pooc = Porcentagem de oócitos viáveis;

Nooc = Número de oócitos viáveis;

Noa = Número de oócitos aspirados.

A variável Pcliv foi calculada pela equação:

$$Pcleav = \frac{Ncleav}{Nooc} \cdot 100$$

Onde:

Pcliv = Porcentagem de embriões clivados;

Ncliv = Número de embriões clivados;

Nooc = Número de oócitos viáveis.

A variável Pemb foi calculada pela equação:

$$Pemb = \frac{Nemb}{Nooc} \cdot 100$$

Onde:

Pemb = Porcentagem de embriões produzidos;

Nemb = Número de embriões produzidos;

Nooc = Número de oócitos viáveis.

A variável Ppren foi calculada pela equação:

$$Ppreg = \frac{Npreg}{Nooc} \cdot 100$$

Ppren = Porcentagem de prenhez;

Npren = Número de prenhez;

Nooc = Número de oócitos viáveis.

A variável MOD foi calculada pela equação:

$$\text{MOD} = \frac{\text{Nooc}}{\text{Nd}}$$

Onde:

MOD = Média de oócitos por doadora;

Nooc = Número de oócitos viáveis;

Nd = Número de doadoras.

A variável MED foi calculada pela equação:

$$\text{MED} = \frac{\text{Nemb}}{\text{Nd}}$$

Onde:

MED = Média de embriões por doadora;

Nemb = Número embriões produzidos;

Nd = Número de doadoras.

A variável MPD foi calculada pela equação:

$$\text{MPD} = \frac{\text{Npren}}{\text{Nd}}$$

Onde:

MPD = Média de prenhez por doadora;

Npren = Número de prenhez;

Nd = Número de doadoras.

## 2.4 Análise Estatística

Inicialmente, realizou-se análise de consistência dos dados com descarte de informações incompletas ou inconsistentes, como valores de prenhez discrepantes. Após isto, cálculo da estatística descritiva para obtenção de médias e desvios padrão e observação de máximos e mínimos. A seguir, para a composição do conjunto de dados, utilizou-se o método de Quadrados Mínimos Generalizados por meio do procedimento PROC GLM do programa *Statistical Analysis System* <sup>(11)</sup> assumindo-se um nível de significância estatística de 5%, para verificar a significância dos efeitos não genéticos (efeitos fixos) que afetam a PIVE. Para as características que apresentaram diferença estatística na análise de variância, aplicou-se o Teste de Tukey. A normalidade dos dados foi analisada pelo teste de Shapiro-Wilk ao nível de 5% de significância.

Foram avaliados os seguintes efeitos fixos: época (seca – correspondente aos meses de junho a setembro e chuvosa – correspondente aos meses de outubro a maio), ano (2019, 2020, 2021 e 2022) e tipo de sêmen (convencional e sexado).

As correlações foram obtidas através das análises de Correlação Linear de Pearson através do procedimento PROC CORR do SAS. Para a análise genética foi utilizada a Metodologia de Modelos Mistos de Henderson (1953), sendo adotado o Modelo Animal. As

estimativas dos componentes de variância e herdabilidade foram obtidas pelo método da Máxima Verossimilhança Restrita (REML), utilizando o programa MTDFREML – *Multiple Trait Derivative Free Restricted Maximum Likelihood*<sup>(12)</sup>, adotando-se o modelo animal uni-caractere, de acordo com:

$$Y_{ij} = \mu + EF_i + \alpha_{ij} + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$  = Média dos parâmetros da produção *in vitro* para cada animal  $j$  pertencente ao efeito fixo  $i$ ;

$\mu$  = Média geral;

$EF_i$  = Efeito fixo  $i$  considerado na avaliação genética para as características da produção *in vitro*;

$\alpha_{ij}$  = Efeito genético aditivo direto do animal  $j$  pertencente ao efeito fixo  $i$ ;

$e_{ij}$  = Efeito residual;

Os grupos de contemporâneos foram formados de acordo com a combinação dos efeitos fixos significativos, a partir da análise de variância pelo PROC GLM do SAS. O grupo de contemporâneo para avaliação das variáveis: Pcliv, Pemb, Ppren, MED e MPD foram formados pela combinação do efeito fixo de ano, época e sêmen. Na forma matricial, o modelo empregado para análise dos dados é representado por:

$$y = X\beta + Z\alpha + e$$

Em que:

$y$  = Vetor das observações de cada característica avaliada;

$\beta$  = Vetor de efeitos fixos;

$\alpha$  = Vetor dos efeitos aleatórios de valores genéticos aditivos dos animais;

$e$  = Vetor de efeitos aleatórios ambientais/erros;

$X$  e  $Z$  = As matrizes correspondentes às observações, para efeitos fixos, efeitos aleatórios genéticos aditivos dos animais, respectivamente, para os quais assume:

$$\begin{bmatrix} y \\ a \\ e \end{bmatrix} \sim N \left\{ \begin{bmatrix} X\beta \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} ZGZ' + R & ZG & R \\ & G & \emptyset \\ & R & \emptyset & R \end{bmatrix} \right\}$$

Em que:

$G$  = Matriz de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios do vetor ;

$R$  = Matriz de variâncias e covariâncias residuais.

As matrizes  $G$  e  $R$  são descritas como:

$$G = A \otimes G_0$$

Em que:

$A$  = Matriz que indica o grau de parentesco entre os indivíduos;

$G_0$  = Matriz de variâncias e covariâncias genética aditiva entre as características que compõem as observações;

$\otimes$  = Operador produto direto entre as matrizes, e:

$$R = I \otimes R_0$$

Em que:

$I$  = Matriz identidade de ordem igual à dimensão linha de ;

$R_0$  = Matriz de variâncias e covariâncias residuais entre as características que compõem as observações;

$\otimes$  = Operador produto direto entre as matrizes.

### 3. Resultados e Discussão

As médias fenotípicas e os respectivos desvios padrão para as raças Nelore e Senepol estão descritas na tabela 1. As principais médias de porcentagens obtidas para as raças Nelore e Senepol foram: 84,66 e 81,14 para oócitos viáveis, 33,89 e 27,50 para embriões produzidos e 8,98 e 6,92 para prenhez, respectivamente, por rodada de bateria de PIVE.

Tabela 1 Médias fenotípicas e desvios padrão das raças Nelore e Senepol.

Variável	Nelore	Senepol	Valor de P
Pooc	84,66 ± 9,82	81,14 ± 10,75	<0,0001*
Pcliv	65,72 ± 21,83	61,74 ± 20,92	<0,0102*
Pemb	33,89 ± 16,83	27,50 ± 13,92	<0,0001*
Ppren	8,98 ± 7,97	6,92 ± 5,66	<0.0247*
MOD	29,94 ± 15,24	30,12 ± 19,55	0,8644ns
MED	10,01 ± 7,41	8,17 ± 6,46	<0,0005*
MPD	2,53 ± 2,26	2,34 ± 2,11	0,4776ns

\* = significativa ( $P < 0,05$ ), e ns = não significativo com ( $P > 0,05$ ). Pooc = Porcentagem de oócitos viáveis; Pcliv = Porcentagem de embriões clivados; Pemb = Porcentagem de embriões produzidos; Ppren = Porcentagem de prenhez; MOD = Média de oócitos viáveis por doadora; MED = Média de embriões produzidos por doadora; MPD = Média de prenhez por doadora.

Não foi observada diferença estatística  $p > 0,05$  para MOD e MPD ao comparar as duas raças. Contudo, para as variáveis Pooc, Pcliv, Pemb, Ppren e MED houve diferença significativa  $p \leq 0,05$ . De modo geral, a raça Nelore proporcionou melhores valores médios fenotípicos para características de PIVE do que a raça Senepol.

Efeito entre grupos genéticos na PIVE também foram encontrados por Nogueira et al.<sup>(10)</sup> que ao avaliar e compilar dados de uma empresa comercial no Brasil observou-se

superioridade na produção de embriões/OPU para a raça zebuína (Nelore = 7,83), seguido das raças sintéticas (Girolando = 6,73 e Brangus = 4,78) e por último as raças taurinas (Holstein = 2,84 e Senepol = 2,53).

Outra pesquisa de Moschini et al.<sup>(13)</sup>, com registros da empresa ABS Pecplan ao avaliar doadoras taurinas (Holstein e Senepol) e zebuínas (Nelore e Gir) encontraram variação entre grupos genéticos para média de embriões clivados (taurinas = 16 e zebuínas: 20,4) e média embriões (taurinas: 4,4 e zebuínas: 8,3).

Algumas pesquisas têm sido conduzidas com a finalidade de esclarecer os mecanismos que envolvem as variações entre as raças taurinas e zebuínas. Essas diferenças estão principalmente relacionadas com a fisiologia e genética da raça, e modulada por diversos fatores, como: manejo, nutrição, estresse térmico, condições e clima<sup>(14,15,16)</sup>.

Os valores médios de produção de oócitos, embriões e prenhez por doadora para ambas as raças estão condizentes com pesquisas em diversas regiões brasileiras, demonstrando que a técnica PIVE está sendo bem desenvolvida no Acre.

Na raça Nelore a técnica de PIVE é uma técnica amplamente difundida e consistente para produção comercial<sup>(17)</sup>. Na literatura, são encontrados valores médios de oócitos por doadora que variam de 23,35 a 30,74, média de embriões por doadoras com variação de 7,83 a 10,09 e média de prenhez por doadora de 2,71 e 3,03<sup>(8,10,13,18,19)</sup>. Nesse estudo, as médias observadas corroboram com os valores encontrados para esses grupos, a média de oócitos por doadora dessa pesquisa foi 29,94, a média de embriões por doadora foi 10,01 e a média de prenhez por doadora foi de 2,53.

Já na raça Senepol foram observados valores médios de produção de oócitos e embriões bastante satisfatórios. Na literatura, dados de PIVE sobre a raça Senepol ainda é escasso, contudo, os valores médios de produção de oócitos em pesquisas recentes da raça foram 23,17 e 31,5 e valor médio para produção de embriões por doadoras foi 2,53 e 8,0<sup>(10,13,20)</sup>. Nesse estudo as médias estão dentro desses valores encontrados, onde a média de oócitos por doadora desta pesquisa foi 30,12, a média de embriões por doadora foi 8,17 e a média de prenhez por doadora foi de 2,34.

Na tabela 2 estão descritos os valores médios e os respectivos desvios padrão para os efeitos fixos de época, ano e tipo de sêmen. Observa-se que os efeitos fixos em sua maioria foram significativos  $p \leq 0,05$  para as características PIVE, demonstrando que, as diferentes épocas do ano, a variabilidade entre anos, assim como o tipo de sêmen utilizado são fatores ambientais que explicam parte da variabilidade das características avaliadas na PIVE.

Tabela 2 Médias e desvios padrão de acordo com os efeitos fixos época, ano e tipo de sêmen.

Efeito	Variável	Pcliv	Pemb	Ppren	MED	MPD
Época	Chuvosa	70,60±26,05	33,72±16,62	8,71±7,91	9,10±6,50	2,30±2,01
	Seca	65,91±24,97	32,44±16,70	8,79±7,61	10,70±8,11	2,75±2,46
	PR > F	<0,0016*	0,1821ns	0,8857ns	<0,0001*	<0,0066*

<b>Ano</b>	2019	70,43±19,20a	35,32±16,31a	10,44±8,67a	10,39±8,02a	2,77±2,34a
	2020	70,58±21,76a	33,66±16,63a	9,77±6,79a	9,07±6,33b	2,52±1,81ab
	2021	62,04±22,73b	29,68±16,52b	6,98±7,44b	8,98±6,66b	2,12±2,14b
	2022	59,97±20,23b	34,26±16,02a	8,83±7,26a	10,64±8,03a	2,89±2,55a
	PR > F	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0038*	<0,0021*
<b>Tipo de Sêmen</b>	Sexado	57,47±19,97	25,10±12,09	6,67±6,01	8,16±6,23	1,93±1,66
	Convencional	65,95±21,75	33,69±16,75	8,98±7,91	9,88±7,38	2,57±2,29
	Valor de P	<0,0001*	<0,0001*	<0,0166*	<0,0101*	<0,0214*

\* = significativa ( $P < 0,05$ ), e ns = não significativo com ( $P > 0,05$ ); abc = Médias seguidas por letras diferentes, na mesma linha, diferem ( $p < 0,05$ ). Pcliv = Porcentagem de embriões clivados; Pemb = Porcentagem de embriões produzidos; Ppren = Porcentagem de prenhez; MED = Média de embriões produzidos por doadora; MPD = Média de prenhez por doadora.

Para efeito de época não houve significância  $p > 0,05$  para Pemb e Ppren, contudo houve efeito significativo  $p \leq 0,05$  para as variáveis Pcliv, MED e MPD. Na PIVE as variáveis mais susceptíveis aos efeitos de época são as variáveis de oócitos que é dependente da doadora e as variáveis de prenhez que é dependente da categoria receptora. Ambas sofrem maiores influências de oscilações referentes ao clima. Considerando essas variáveis, as melhores médias encontradas para oócitos ocorreram na época chuvosa. Uma possível explicação para este resultado é que neste período, os animais têm maior oferta de alimento e melhor qualidade de forragens, conseqüentemente, maior número de oócitos viáveis, o que não ocorre na época de seca. Já para variável prenhez não foi observado efeito significativo  $p > 0,05$ .

Efeito de época também foi observado por Nogueira et al.<sup>(10)</sup>, que ao avaliarem fatores que afetam a PIVE, utilizando dados de um programa comercial, verificaram influência de estação. Doadoras aspiradas nas estações de primavera/verão resultaram em maior número de oócitos viáveis em relação ao outono/inverno, porém a sazonalidade não influenciou as taxas de clivagens e taxas de blastocisto.

Cordeiro et al.<sup>(21)</sup> ao analisar, taxas de concepção de embriões bovinos da raça Nelore no Acre, encontraram resultados que indicam que elevados valores de índice temperatura e umidade induziram baixas taxas de concepção. Também Becher et al.<sup>(22)</sup> com objetivo de avaliar a PIVE de vacas das raças Brahman, Gir e Nelore obtiveram maior taxa de gestação na época chuvosa (46,92%) em relação à época seca (40,08%).

Para efeito de ano houve efeito significativo  $p \leq 0,05$  para todas as variáveis avaliadas na PIVE. Isto pode ser resultado do efeito de técnico, do período estacional específico, da logística laboratorial do momento, do efeito de clima ou até mesmo consequência da pandemia ocorrida em 2020. Neste sentido, o efeito de ano, foi utilizado como efeito fixo para ser ajustado no modelo de avaliação genética, uma vez que corrige simultaneamente para todos os eventos aleatórios específicos ocorridos no transcórper do ano.

O Efeito de ano também foi analisado por Peixoto et al.<sup>(23)</sup>, que ao utilizarem dados de uma empresa MOET com informações de embriões zebuínos (Guzerá, Gir ou Nelore) e transferidos em receptoras mestiças com proporções desconhecidas de Holandês e

zebuínas entre os anos de 1992 a 1999 verificaram efeito significativo para ano. Essas diferenças foram atribuídas principalmente às condições de ambiente (ar, temperatura e umidade), as diferenças de procedimentos realizados (tipo e dosagem dos fármacos), ou ao tipo de raça (taurina e zebuína). Também Pinheiro et al.<sup>(19)</sup>, verificaram diferenças na produção de embriões entre os anos de 2015 a 2018 na raça Nelore. Houve efeito significativo no número total de oócitos, número total de embriões clivados, no número total de embriões produzidos e número total de prenhez.

Em relação ao efeito de tipo de sêmen utilizado também foi verificado impacto na eficiência da PIVE, resultando em efeito significativo  $p \leq 0,05$ . O sêmen convencional apresentou melhores valores médios em relação ao sexado para todas as variáveis avaliadas.

Resultados semelhantes foram entrados por Mello et al.<sup>(4)</sup>, ao avaliar efeito de sêmen sexado e convencional na raça Sindi com dados fornecido por uma empresa comercial de PIVE, onde foi obtiveram melhores taxas de clivagem e de blastocistos em sêmen convencional do que para sêmen sexado. As porcentagens de clivagens e blastocistos para sêmen convencional foram 76,42% e 27,50%, respectivamente, e para sêmen sexado 58,89% e 23,13%, respectivamente.

Nascimento et al.<sup>(24)</sup> ao compararem taxa de blastocistos produzidos com sêmen sexado e convencional na fertilização *in vitro*, obtiveram diferença. O sêmen convencional (31,06%) apresentou melhor produção de blastocisto do que o sexado (21%). Também Barrozo et al.<sup>(25)</sup> utilizando os dados de estação de monta de uma empresa de embriões nos anos 2021 e 2022, constataram efeito significativo para embriões. Obtiveram melhor conversão embrionária para o sêmen convencional (53,55%) em relação ao sêmen sexado (30,64%) em touros da raça Nelore.

De modo geral, partes destas variações entre sêmen sexado e convencional, é devido ao processo de sexagem. O sêmen sexado diferentemente do sêmen convencional passa pelo processo de sexagem por citometria de fluxo. Esse processo envolve mais de 20 subprocessos que causa exposição a produtos químicos, resultando em danos ao espermatozoide e desvantagem em relação ao sêmen convencional <sup>(26)</sup>. Parte destas variações também é devida alguns touros serem mais susceptíveis ao processo de sexagem em um programa de PIVE <sup>(27)</sup>.

Na tabela 3 estão descritas as médias fenotípicas, valores genotípicos e os respectivos desvios padrão dos grupos genéticos da raça Nelore e Senepol.

**Tabela 3 Médias fenotípicas, valores genotípicos e desvios padrão dos grupos genéticos Nelore e Senepol**

Variável	Valor Fenotípico	Valor Genotípico	
		Nelore	Senepol
Pooc	84,32 ± 10,85	0,61 ± 10,43	- 2,87 ± 9,64
Pcliv	68,63 ± 25,69	0,93 ± 25,15	- 4,35 ± 23,00
Pemb	33,18 ± 16,66	1,19 ± 16,40	- 5,59 ± 13,87

Ppren	8,75 ± 7,77	0,20 ± 7,79	- 1,63 ± 5,53
MOD	30,00 ± 16,08	- 0,08 ± 14,87	0,30 ± 19,20
MED	9,77 ± 7,26	0,30 ± 7,21	- 1,44 ± 6,48
MPD	2,51 ± 2,24	0,02 ± 2,22	-0,13 ± 2,10

*Pooc = Porcentagem de oócitos viáveis; Pcliv = Porcentagem de embriões clivados; Pemb = Porcentagem de embriões produzidos; Ppren = Porcentagem de prenhez; MOD = Média de oócitos viáveis por doadora; MED = Média de embriões produzidos por doadora; MPD = Média de prenhez por doadora.*

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que, para a maioria das variáveis analisadas, a raça Nelore teve uma produção melhor que a raça Senepol para características de PIVE. Contudo, verificam-se altos valores de desvio padrão, em alguns casos, superiores às médias dos valores genéticos, indicando que há variabilidade genética nessas características dentro da raça, o que poderia ser explorado em eventual processo seletivo.

Na literatura valores genotípicos para características relacionadas à biotécnicas reprodutivas, em relação ao efeito de raça, são muito escassas. No entanto, há trabalhos que comparam os valores fenotípicos entre raças zebuínas e taurinas e são constatadas diferenças significativas<sup>(10,13)</sup>.

Segundo Baruselli et al.<sup>(14)</sup>, as raças zebuínas conduzem a melhores resultados na produção de oócitos, embriões e prenhez, estas diferenças são atribuídas principalmente à fisiologia reprodutiva como, ciclo estral, desenvolvimento folicular e anestro pós-parto.

Na raça taurina, resultados fenotípicos obtidos de PIVE variam de 10,9 a 24,7 para média oócitos e 1,1 a 3,89 para média de embriões<sup>(20,28,29,30,31)</sup>. Já nas raças zebuínas, resultados fenotípicos de PIVE variam de 7,1 a 30,74 para média de oócitos, 3,89 a 10,09 para média de embriões e 3,03 a 3,61 para média de prenhez<sup>(18,19,22,28,29,30,32,33)</sup>.

Em relação aos componentes genéticos, há evidências que os animais zebuínos também possuem maior variabilidade genética na produção de oócitos e embriões do que as raças taurinas<sup>(34)</sup>. Na literatura, há trabalhos que reportam herdabilidade para características relacionadas à biotécnicas reprodutivas em raças zebuínas e taurinas, indicando que as raças zebuínas respondem melhor ao processo de seleção para essas características do que as raças taurinas.

Nas raças taurinas, representada pela raça Holandesa, a herdabilidade varia de 0,09 a 0,25 para produção de oócitos e 0,03 a 0,14 para número de embriões<sup>(15,35,36,37,38,39)</sup>. Enquanto nas raças zebuínas, representada pelas raças Guzerá, Gir e Nelore a herdabilidade varia de 0,08 a 0,38 para produção de oócitos, 0,10 a 0,65 para produção de embriões e valor de 0,24 para número total de prenhez<sup>(19,40,41,42,43,44)</sup>.

Na tabela 4 encontram-se as estimativas dos componentes de variância e herdabilidade dos touros de acordo com as características de PIVE, obtidos por meio do método da máxima verossimilhança restrita (REML).

Tabela 4 Estimativas de componentes de variância genética aditiva ( $\sigma_a^2$ ), Variância ambiental ( $\sigma_e^2$ ), Variância fenotípica ( $\sigma_p^2$ ) e os Coeficientes de herdabilidade ( $h^2$ ) para as raças Nelore e Senepol.

Variável	Nelore				Senepol			
	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2$	$\sigma_a^2$	$\sigma_e^2$	$\sigma_p^2$	$h^2$
Pcliv	104,07	546,59	650,66	0,16	15,02	413,18	428,20	0,04
Pemb	39,61	235,57	275,19	0,14	11,91	142,87	154,79	0,08
Ppren	1,12	60,37	6149	0,02	4,83	26,53	31,37	0,15
MED	3,89	48,73	52,62	0,07	0,80	41,47	42,27	0,02
MPD	0,21	4,42	4,63	0,05	0,00	4,58	4,58	0,00

Pcliv = Porcentagem de embriões clivados; Pemb = Porcentagem de embriões produzidos; Ppren = Porcentagem de prenhez; MED = Média de embriões produzidos por doadora; MPD = Média de prenhez por doadora.

As estimativas de herdabilidades encontradas neste estudo para Pcliv (0,16 e 0,04), Pemb (0,14 e 0,08), Ppren (0,02 e 0,15), MED (0,07 e 0,02) e MPD (0,05 e 0,00) nas raças Nelore e Senepol, respectivamente, foram de baixa a média magnitude, indicando a presença de variabilidade genética e possibilidade de seleção para essas características.

Os valores de herdabilidade relevantes obtidos neste estudo, foram para as características de Pcliv e Pemb no Nelore e Ppren no Senepol, com magnitude moderada, demonstrando que existe variabilidade genética e possibilidade de seleção para essas características na população. Desse modo, a seleção genética de animais que possui bom desempenho para melhorar essas características é possível. Sendo assim, é provável que as filhas herdem essas características e conseqüentemente, tendem a produzir mais embriões e mais prenhez.

As herdabilidades estimadas neste estudo seguem padrão similar às relatadas na literatura. Perez et al.<sup>(42)</sup>, ao estimar componentes de variância para produção de oócitos e embriões em doadoras Guzerá, estimou herdabilidade para número de embriões clivados e número de embriões transferíveis de 0,16 e 0,14, respectivamente. Ainda, na raça Guzerá com dados de PIVE em regiões do Brasil, Perez et al.<sup>(43)</sup>, estimou herdabilidade de 0,13 a 0,19 para número de embriões clivados e 0,10 a 0,20 para número de embriões transferíveis.

Merton et al.<sup>(15)</sup>, com objetivo investigar os fatores genéticos que influenciam o resultado na PIVE em doadoras Holandesa, encontrou herdabilidades moderadas para embriões produzidos. As herdabilidades estimadas foram 0,19 para número de embriões clivados no dia quatro, 0,21 para número total de embriões do dia sete e 0,16 para número de embriões transferíveis.

Estimativas de herdabilidade mais altas para características de embrião foram obtidas por Peixoto et al.<sup>(40)</sup> em doadoras Nelore em programa MOET. Os valores estimados variaram de 0,20 a 0,65 para embriões viáveis. Também Pinheiro et al.<sup>(19)</sup> ao estimar parâmetros genéticos da PIVE na raça Nelore, estimou herdabilidade moderada para número total de embriões e número total de gestações de 0,33 e 0,24, respectivamente.

Para as demais características de Ppren, MED e MPD na raça Nelore e Pcliv, Pemb, MED e MPD na raça Senepol, a herdabilidade variou de zero a 0,08 indicando que variação genética aditiva, ainda que exista, é baixa uma vez que a maior parte da variação fenotípica é

consequência da variação ambiental. Apesar, de serem características de difícil seleção, elas apresentam correlações positivas e favoráveis com outras características PIVE de maior herdabilidade (tabela 5). Desta forma, pode-se optar pela seleção indireta destas características, ou mesmo pela utilização de métodos multivariados.

Resultados semelhantes para as características de Pcliv, Pemb e Ppren com magnitude baixa também foram reportados em outros trabalhos. Tonhati et al.<sup>(35)</sup>, com objetivo de estimar os efeitos relativos de fatores genéticos e fenotípicos sobre a eficácia e eficiência da superovulação de vacas holandesas criadas no Brasil estimaram herdabilidade de 0,03 para embriões transferíveis.

Pinheiro et al.<sup>(19)</sup>, em doadoras Nelore estimaram herdabilidade de 0,04 para taxa de clivagem e 0,05 para porcentagem de conversão de oócitos para gestação. Também Konig et al.<sup>(37)</sup>, ao estimarem componentes de variância para características relacionadas à transferência de embriões em doadora Holandesas observaram herdabilidades de 0,10 para número de embriões transferíveis e 0,10 para porcentagem de embriões transferíveis.

Uma possível explicação para as baixas herdabilidades observadas para as variáveis MED e MPD é que estas representam o sucesso da PIVE, após várias etapas as quais são influenciadas por diversos fatores ambientais, mascarando a possível variação genética existente. Assim, melhorias do ambiente podem ser mais significativas, no curto prazo, para elevar a produção de embriões e prenhez por doadora.

De modo geral, as estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo, indicam que mesmo que as características de PIVE sofram forte influência ambiental, há componentes genéticos importantes a serem considerados nos programas de seleção.

Na tabela 5, acima da diagonal estão descritas as correlações fenotípicas e abaixo da diagonal estão descritas as correlações genéticas para as características PIVE para a raça Nelore e Senepol.

**Tabela 5** Correlações fenotípicas (acima da diagonal) e genéticas (abaixo da diagonal) entre as raças Nelore e Senepol.

	Variável	Pcliv	Pemb	Ppren	MED	MPD
NELORE	Pcliv	1,00	0,61*	0,35*	0,31*	0,27*
	Pemb	0,71*	1,00	0,46*	0,62*	0,39*
	Ppren	0,44*	0,45*	1,00	0,15*	0,74*
	MED	0,40*	0,63*	0,25*	1,00	0,55*
	MPD	0,18*	0,32*	0,61*	0,52*	1,00
SENEPOL	Pcliv	1,00	0,66*	0,49*	0,34*	0,45*
	Pemb	0,73*	1,00	0,69*	0,53*	0,60*
	Ppren	0,41*	0,45*	1,00	0,31*	0,75*
	MED	0,36*	0,42*	0,19*	1,00	0,75*
	MPD	0,28*	0,25*	0,73*	0,52*	1,00

\* = significativa ( $P < 0,05$ ), e ns = não significativo com ( $P > 0,05$ ). Pcliv = Porcentagem de embriões clivados; Pemb = Porcentagem de embriões produzidos; Ppren = Porcentagem de prenhez; MED = Média de embriões produzidos por doadora; MPD = Média de prenhez por doadora.

As correlações fenotípicas e genotípicas neste estudo foram positivas e significativas para todas as características avaliadas nas raças Nelore e Senepol. Em geral, as correlações genéticas seguem o mesmo padrão das correlações fenotípicas e apresentam magnitude baixa, moderada e alta que variam de 0,15 a 0,75.

A correlação fenotípica obtida entre Pcliv e Pemb foi de magnitude alta, com valores de 0,71 e 0,73 para raça Nelore e Senepol, respectivamente. No entanto, as correlações fenotípicas são menos precisas pelo fato de ainda existir variação ambiental na expressão fenotípica, enquanto as variações genéticas apresentam o que de fato é herdável. A correlação genética obtida para Pcliv e Pemb foi 0,61 e 0,66 para as raças Nelore e Senepol, respectivamente, com magnitude alta, indicando que a seleção indireta para Pcliv tende a aumentar a produção de embriões.

Existem poucos trabalhos que relatam as correlações fenotípicas e genéticas para as características relacionadas à biotécnicas reprodutivas. No entanto, Vega et al.<sup>(45)</sup> obtiveram correlação fenotípica de 0,65 para número de embriões clivados e número de embriões transferíveis e de 0,50 para as proporções de embriões clivados e embriões transferíveis.

Merton et al.<sup>(15)</sup> trabalhando com doadoras Holandesas, obtiveram correlações fenotípica e genética de 0,67 para número de embriões clivados e 0,85 para número total de embriões, respectivamente. Ainda neste estudo, obteve correlação fenotípica e genética de 0,63 para porcentagem de embriões clivados e 0,45 para porcentagem de embriões transferidos, respectivamente. Também Perez et al.<sup>(41)</sup> ao avaliarem aspectos genéticos de doadoras da Raça Guzerá em três regiões brasileiras obtiveram correlação entre oócitos viáveis e embriões viáveis de 0,68, sugerindo que a seleção para número de oócitos pode aumentar o total de embriões produzidos.

Na técnica PIVE deseja-se aumentar a quantidade de prenhez, para isso é necessário identificar os fatores que interferem na produção para incremento de melhorias. Assim, a correlação é umas das estratégias importantes para prever a relação entre prenhez e características de rápida mensuração na PIVE, visando seleção indireta.

Correlação fenotípica e genética com magnitude moderada a alta relacionadas à prenhez foi observada, entre Pcliv e Ppren com valores de 0,35 e 0,44 no Nelore e 0,49 e 0,41 no Senepol e entre Pemb e Ppren com valores de 0,46 e 0,45 no Nelore; 0,69 e 0,45 no Senepol, respectivamente, sugerindo que a seleção indireta para Pcliv e Pemb, conduz maior porcentagem de prenhez.

Também Pinheiro et al.<sup>(19)</sup>, utilizando dados da raça Nelore estimaram correlações fenotípicas entre número de embriões e total de prenhez de 0,70 e para correlação genética entre número de embriões e total de prenhez de 0,71. As correlações fenotípicas e genéticas relacionadas à MED e MPD apresentaram magnitude baixa, moderada e alta, essa variação se dá pela complexidade das várias etapas da PIVE afetarem a expressão da característica.

## 4. Conclusão

Há variabilidade genética para as características PIVE nas Raças Nelore e Senepol indicando que podem ser utilizadas como critérios de seleção por serem herdáveis. Os efeitos fixos de época, ano e tipo de sêmen influenciam a expressão das características de PIVE devendo ser consideradas nas avaliações genéticas. A raça Nelore apresenta melhor desempenho para as características de PIVE do que a raça Senepol.

### Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

### Contribuições do autor

Conceituação: A. K. Pinheiro, J. M. Carneiro Junior e R. A. Satrapa. Análise formal: A. K. Pinheiro, J. M. Carneiro Junior e R. A. Satrapa. Aquisição de financiamento: A. K. Pinheiro, J. M. Carneiro Junior e R. A. Satrapa. Investigação: A. K. Pinheiro e J. M. Carneiro Junior. Metodologia: A. K. Pinheiro e J. M. Carneiro Junior. Gerenciamento do projeto: A. K. Pinheiro. Recursos: J. M. Carneiro Junior, R. A. Satrapa, H. A. G. Gregianini e J. T. F. Gregianini. Software: J. M. Carneiro Junior. Visualização: A. K. Pinheiro, J. M. Carneiro Junior, M. S. Silva e G. A. M. Carneiro. Redação (esboço original): A. K. Pinheiro e J. M. Carneiro Junior. Redação (revisão e edição): A. K. Pinheiro, J. M. Carneiro Junior, M. S. Silva e G. A. M. Carneiro.

### Referências

1. Viana JHM. Impacto da pandemia no mercado de embriões no Brasil. *Jornal O embrião*. 2021; (67): 12-18. Disponível em: [https://www.sbte.org.br/arquivos/jornal/Ed\\_67\\_Oembriao\\_Site-4.pdf](https://www.sbte.org.br/arquivos/jornal/Ed_67_Oembriao_Site-4.pdf)
2. Costa Filho LCC, Queiroz VLD, Rosa LS, Zúccari CESN, Costa e Silva EV. Fatores que interferem na eficiência reprodutiva de receptoras de embrião bovino. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR*. 2013; 16(2): 201-208. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/download/754/pdf/>
3. Varago FC, Mendonça LF, Lagares MA. Produção *in vitro* de embriões bovinos: estado da arte e perspectiva de uma técnica em constante evolução. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 2008; 32(2): 100-109. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB152%20Varago%20pag100-109.pdf>
4. Mello RRC, Mello MRB, Sousa SLG, Ferreira JE. Parâmetros da produção *in vitro* de embriões da raça Sindi. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2016; 51(10): 1773-1779. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X201600100009>
5. Jelonschek JP, Neto AP, Oliveira W, Mota MF, Becher BG. Factors affecting the pregnancy rate of embryo recipient IVP: literature review. *Scientific Electronic Archives*. 2018; 11(6): 173-179. Disponível em: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/754>
6. Rizos D, Bermejo-Alvarez P, Gutierrez-Adan A, Lonergan P. Effect of duration of oocyte maturation on the kinetics of cleavage, embryo yield and sex ratio in cattle. *Reproduction, Fertility and Development*. 2008; 20(6): 734-740. DOI: <https://doi.org/10.1071/RD08083>
7. Lonergan P, Fair T. *In vitro*-produced bovine embryos—dealing with the warts. *Theriogenology*. 2008; 69(1): 17-22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2007.09.007>
8. Pontes JHF, Melo Sterza FA, Basso AC, Ferreira CR, Sanches BV, Rubin KCP, Seneda MM. Ovum pick up, *in vitro* embryo production, and pregnancy rates from a large-scale commercial program using Nelore cattle (*Bos indicus*) donors. *Theriogenology*. 2011; 75(9): 1640-1646. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2010.12.026>
9. Trigal B, Gómez E, Caamaño JN, Muñoz M, Moreno J, Carrocera S, Martín D, Díez C. *In vitro* and *in vivo* quality of bovine embryos *in vitro* produced with sex-sorted sperm. *Theriogenology*. 2012; 78(7): 1465-1475. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2012.06.018>
10. Nogueira BGR, Souza LFA, Puelker RA, Giometti IC, Firetti SMG, Dias TSSB. Factors affecting the *in vitro* production of bovine embryos in a commercial program. *Research, Society and Development*. 2021; 10(2): e16110212264-e16110212264. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12264>

11. Statistical Analysis System – SAS. User's guide. Cary: SAS Institute, 2002, 525p.
12. Boldman KG, Kriese LA, Van Vleck LD, Van Tassell CP, Kachma SD. A set of program to obtain estimates of variances and covariances: a manual for use of MTDFRENL. Lincoln: USDA/Agricultural Research Service, 1995. 115p .
13. Moschini GAL, Gaitkoski D, Almeida ABM, Hidalgo MMT, Martins MIM, Blaschi W, Barreiros TRR. Comparison between *in vitro* embryo production in *Bos indicus* and *Bos taurus* cows. Research Society and Development. 2021; 10(7): e38810716712-e38810716712. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16712>
14. Baruselli PS, Gimenes LU, Sales JNS. Fisiologia reprodutiva de fêmeas taurinas e zebuínas. Revista Brasileira de Reprodução Animal. 2007; 31(2): 205-211. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/205.pdf>
15. Merton JS, ASK B, Onkund DC, Millaart E, Colenbrander B, Nielen M. Genetic parameters for oocyte number and embryo production within a bovine ovum pick-up- *in vitro* production embryo-production program. Theriogenology. 2009; 72(7): 885-893. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2009.06.003>
16. Baruselli PS, Vieira LM, Batista EOS, Ferreira RM, SALES, J.N.S.; Gimenes LU, Torres Junior JRS, Martins CM, Sá Filho MF, Bo GA. Updates on embryo production strategies. Animal Reproduction. 2015; 12(3): 375-382. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v12/v12n3/pag375-382%20%28AR750%29.pdf>
17. Gonçalves RLR, Viana JHM. Situação atual da produção de embriões bovinos no Brasil e no mundo. Revista Brasileira de Reprodução Animal. 2019; 43(2): 156-159. Disponível em: [http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n2/p156-159%20\(RB785\).pdf](http://cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v43/n2/p156-159%20(RB785).pdf)
18. Loiola MVG, Chalhoub M, Rodrigues AS, Ferraz PA, Bitte Bittencourt RF, Filho ALR. Validação de um programa de produção *in vitro* de embriões bovinos com transporte de oócitos e de embriões por longas distâncias. Ciência Animal Brasileira. 2014; 15(1): 93-101. DOI: <https://doi.org/10.5216/cab.v15i1.23327>
19. Pinheiro AK, Carneiro Junior JM, Pinto Neto A, Gregianini HAG, Gregianini JTF, Satrapa RA, Trenkel CKG, Braga AP, Silva MS. Parâmetros produtivos e genéticos da produção *in vitro* de embriões Nelore no Estado do Acre. Research, Society and Development. 2022; 11(7): e45311730210-e45311730210. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30210>
20. Pires APA, Dantas A, Tarôco G, Chiari JR, Silva RR, Gonçalves GJ, Valemte TNP, Camargos AS. Performance of Senepol females as oocyte donors Desempenho de fêmeas Senepol como doadoras de oócitos. Brazilian Journal of Development. 2021; 7(9): 88751-88762, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-167>
21. Cordeiro ALL, Satrapa RA, Gregianini HAG, Maia JTF, Landim-Alvarenga FC. Influence of temperature-humidity index on conception rate of Nelore embryos produced *in vitro* in northern Brazil. Tropical animal health and production. 2020; 52:1527-1532. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02141-4>
22. Becher B, Neto AP, Gregianini HG, Jelonschek JP, Mota MF, Gregianini JTF, Cattelam J, Martinez AC, Souza RM, Carneiro Junior JM. Performance of zebu donor cows *in vitro* production of embryos. Brazilian Journal of Development. 2020; 6(2): 7788-7800. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-182>
23. Peixoto MGCD, Bergmann JAG, Suyama E, Carvalho MRS, Penna VM. Logistic regression analysis of pregnancy rate following transfer of *Bos indicus* embryos into *Bos indicus* × *Bos taurus* heifers. Theriogenology. 2007; 67(2): 287-292. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.06.012>
24. Nascimento PS, Chaves MS, Santos Filho AS, Guido SI, Guerra MMP, Bartolomeu CC. Produção *in vitro* de embriões utilizando-se sêmen sexado de touros 5/8 Girolando. Ciência Animal Brasileira. 2015; 16(3): 358-368. DOI: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i332156>
25. Barrozo ELS, Nascimento VA, Dias M. Produção de embriões *in vitro* com sêmen sexado de touros nelore. Revista Agrária Acadêmica. 2022; 5(3): 49-58. DOI: <https://doi.org/10.32406/v5n3/2022/49-58/agrariacad>
26. Brito LFC. **Avances en la producción de semen sexado.** In: XII SIMPOSIO INTERNACIONAL DE REPRODUCCION ANIMAL, Córdoba. Anais... Córdoba: Instituto de Reproduccion Animal, 2017; 1: 235-250. Disponível em: <https://iracbiogen.com/wp-content/uploads/2021/06/RESUMEN-12-Simposio-Internacional-de-Reproduccion-Animal-20170.pdf>

27. Arruda RP, Celeghini ECC, Alonso MA, Carvalho HF, Lemes KM, Silva DF, Rodriguez SAF, Affonso FJ. Aspects related to the technique and the utilization of sexed semen *in vivo* and *in vitro*. *Animal Reproduction*. 2012; 9(3): 345-353. Disponível em: <https://www.animal-reproduction.org/article/5b5a6059f7783717068b46f1>
28. Fernandes CAC, Miyauchi TM, Figueiredo ACS, Palhão MP, Varago FC, Nogueira ESC, Neves JP, Miyauchi TA. Hormonal protocols for *in vitro* production of Zebu and taurine embryos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2014; 49(10): 813-817. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001000008>
29. Gimenes LU, Ferraz ML, Fantinato-Neto P, Chiaratti MR, Mesquita LG, Sá Filho MF, Meirelles FV, Trinca LA, Rennó FP, Watanabe YF, Baruselli PS. The interval between the emergence of pharmacologically synchronized ovarian follicular waves and ovum pickup does not significantly affect *in vitro* embryo production in *Bos indicus*, *Bos taurus*, and *Bubalus bubalis*. *Theriogenology*. 2015; 83(3): 385-393. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2014.09.030>
30. Watanabe YF, Souza AH, Mingoti RD, Ferreira RM, Batista EOS, Dayan A, Watanabe O, Meirelles FV, Nogueira MFG, Ferraz JBS, Baruselli PS. Number of oocytes retrieved per donor during OPU and its relationship with *in vitro* embryo production and field fertility following embryo transfer. *Animal Reproduction (AR)*. 2017; 14(3): 635-644. DOI: <http://dx.doi.org/10.21451/1984-3143-AR1008>
31. Lima WM, Frata MM, Rovani MT, Mondadori RG, Vieira AD, Ferreira R, Gasperin BG. Desafios e perspectivas na produção comercial de embriões *in vivo* e *in vitro* de raças taurinas e sintéticas. *Revista Brasileira de Reprodução Animal*. 2023; 47(2): 234-237, 2023. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/portal/downloads/publicacoes/rbra/v47/n2/RB%201072%20Lima%20p.234-237.pdf>
32. Baruselli OS, Sá Filho MF, Martins CM, Nasser LF, Nogueira MFG, Barros CM, Bó GA. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. *Theriogenology*. 2006; 65(1): 77-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.10.006>
33. Viana JHM, Siqueira LGB, Palhao MP, Camargo LSA. Features and perspectives of the Brazilian *in vitro* embryo industry. *Animal Reproduction*. 2012; 9(1): 12-18. Disponível em: <http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/animalreproduction/issues/download/v9n1/pag12-18.pdf>
34. Feltes GL, Negri R, Raidan FSS, Feres LFR, Ribeiro VMP, Cobuci JA. Genetic evaluation of oocyte and embryo production in dairy Gir cattle using repeatability and random regression models. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2022; 51: e20220017. DOI: <https://doi.org/10.37496/rbz5120220017>
35. Tonhati H, Lobo RB, Oliveira HN. Repeatability and heritability of response to superovulation in Holstein cows. *Theriogenology*. 1999; 51(6): 1151-1156. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(99\)80018-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(99)80018-1)
36. Asada Y, Terawaki Y. Heritability and repeatability of superovulatory responses in Holstein population in Hokkaido, Japan. *Asian-australasian journal of animal sciences*. 2002; 15(7): 944-948. Disponível em: <https://koreascience.kr/article/JAKO200210103483933.page>
37. König S, Bosselmann F, Von Borstel UU, Simianer H. Genetic analysis of traits affecting the success of embryo transfer in dairy cattle. *Journal of dairy science*. 2007; 90(8): 3945-3954. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0089>
38. Jatton C, Koeck A, Sargolzaei M, Malchiodi F, Price CA, Schenkel FS, Miglior F. Genetic analysis of superovulatory response of Holstein cows in Canada. *Journal of Dairy Science*. 2016; 99(5): 3612-3623. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10349>
39. Paker Gaddis KL, Dikmen S, Null DJ, Cole JB, Hansen PJ. Evaluation of genetic components in traits related to superovulation, *in vitro* fertilization, and embryo transfer in Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*. 2017; 100(4): 2877-2891. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11907>
40. Peixoto MGCD, Pereira CS, Bergmann JAG, Penna VM, Fonseca CG. Genetic parameters of multiple ovulation traits in Nellore females. *Theriogenology*. 2004; 62(8): 1459-1464. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.02.019>
41. Perez BC, Peixoto MGCD, Bruneli FT, Ramos PVB, Balieiro JCC. Parâmetros genéticos para características relacionadas à produção de oócitos e embriões em doadoras da raça Guzerá. In: Embrapa Gado de Leite-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 52, 2015, Belo Horizonte. Zootecnia: otimizando recursos e potencialidades: Anais... Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Zootecnia. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1041405/parametros->

geneticos-para-caracteristicas-relacionadas-a-producao-de-oocitos-e-embrioes-em-doadoras-da-raca-guzera

42. Perez BC, Peixoto MGCD, Brunelli FT, Ramos PVB, Balieiro JCC. Genetic analysis of oocyte and embryo production traits in Guzerá breed donors and their associations with age at first calving. *Genetics and Molecular Research*. 2016; 15(2): 1-9. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr.15027583>
43. Perez BC, Silva FF, Ventura RV, Bruneli FAT, Balieiro JCC, Peixoto MGDC. Count Bayesian models for genetic analysis of *in vitro* embryo production traits in Guzerá cattle. *Animal*. 2017; 11(9): 1440-1448. DOI: <https://doi.org/10.1017/S175173111700012X>
44. Rocha RFB, Otto PI, Silva GB, Martins MF, Machado MA, Veroneze R, Leandro FD, Pereira SN, Guimarães SEF, Panetto JCC. Repeatability and random regression models to estimate genetic parameters for oocyte and embryo production in the Gir breed. *Animal Production Science*. 2022; 62(17): 1661-1670. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN21588>
45. Vega WHO, Quirino CR, Serapião RV, Oliveira CS, Pacheco A. Phenotypic correlations between ovum pick-up *in vitro* production traits and pregnancy rates in Zebu cows. *Genetics and Molecular Research*. 2015; 14(3): 7335-7343. DOI: <https://doi.org/10.4238/2015.july.3.9>