BRUNO GONZALEZ DE FREITAS

**Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de
sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore
de 14 meses de idade**

São Paulo

2015

BRUNO GONZALEZ DE FREITAS

Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade

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

2015

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

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

T.3204
FMVZ

Freitas, Bruno Gonzalez de

Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para
inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade / Bruno Gonzalez
de Freitas. -- 2015.

85 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia. Departamento de Reprodução Animal, São Paulo, 2015.

Programa de Pós-Graduação: Reprodução Animal.

Área de concentração: Reprodução Animal.

Orientador: Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli.

1. Pré-púbere. 2. Novilha. 3. IATF. 4. Nelore. 5. *Bos indicus*. I. Título.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

Comissão de Ética no Uso de Animais

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Fatores correlacionados com a eficiência reprodutiva de novilhas Nelore peripúberes", protocolado sob o nº 3103/2013, utilizando 500 (quinhentos) bovinos, sob a responsabilidade do(a) Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli, foi aprovado em reunião de 16/10/2013 e está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

We certify that the Research "Reproductive efficiency correlated factors of prepubertal Nelore heifers", protocol number 3103/2013, utilizing 500 (five hundred) cattle, under the responsibility Prof. Dr. Pietro Sampaio Baruselli, was approved in the meeting of day 16/10/2013 and agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of the School of Veterinary Medicine and Animal Science of University of São Paulo.

São Paulo, 17 de outubro de 2013.

Alice Maria Melville Paiva Della Libera
Vice-Presidente no exercício

Av. Prof. Dr. Orlando Marques de Paiva, nº87
Cidade Universitária "Armando de Salles Oliveira"
São Paulo/SP - Brasil
05508-270

Fone: + 55 11 3091-7671/7676
Fax: +55 11 3032-2224
E-mail: ceuavet@usp.br
<http://www.fmvz.usp.br>

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: FREITAS, Bruno Gonzalez de

Título: Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade

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

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

*Aos meus pais, **Jorge Baptista de Freitas e Célia Gonzalez de Freitas** e ao meu querido irmão, **Rodrigo Gonzalez de Freitas**, por me apoiar, entender e sempre retirar as pedras do caminho, com amor e carinho incondicionais.
Orgulho de fazer parte dessa família que se ama.*

*À minha namorada, **Bruna Martins Guerreiro**, minha parceira, alma gêmea e grande amor, sempre dividindo as alegrias e tristezas.*

*Ao prof. Dr. **Pietro Sampaio Baruselli**, por enxergar o profissional que existe aqui dentro, e por ser meu exemplo de humildade, trabalho e dedicação.*

*Ao prof. Dr. **José Antônio Visintin**, por me ensinar o que significa vestir a camisa e lutar pelos ideais. Por sempre cuidar e ter feito eu me apaixonar pela minha segunda casa, a FMVZ-USP.*

Dedico

Agradeco

*Se existe algo pelo que agradecer, seria a chance que me deram de poder sempre encontrar pelo caminho todas essas pessoas maravilhosas... obrigado **Deus**.*

*À minha **mãe**, por ser essa pessoa sensacional. Por sempre pegar na minha mão e me dar forças para passar pelas dificuldades... por fazer eu sentir que nada, nada nesse mundo pode me impedir de conquistar meus sonhos... **mãe**, eu te amo.*

*Ao meu **pai**, por ser o meu super-herói, por me ensinar tudo sobre a vida, por me entender e sempre me dar o apoio que eu preciso, por me ajudar nas escolhas mais difíceis e me ensinar a ser o homem que hoje eu sou.... **pai**, eu te amo.*

*Ao meu **irmão**, por ter sido meu companheiro desde que veio ao mundo, por fazer eu ter orgulho de ter um irmão mais novo que tem a visão de negócio que nunca terei na vida. Por ser esse cara tão especial.... **Digo**, eu te amo.*

*A toda a minha família (**Tata, Tio Cacá, Laurinha, Titi, Madrinha, Vó Maria, vô Noé, Tio Rui, Tia Sílvia, Baguete, Gabi, Tio Marcelo, Tia Macarena, Marimar, Juli, Tia Su, Tio Tuim, Sandra**) por ser meu chão, meu alicerce. Por sempre acreditar em mim, por passar por todo problema de família, mas no fundo nunca deixar de ser uma...*

*Aos que nos deixaram pelo caminho, mas que onde quer que estejam estão aí, olhando por nós... especialmente ao **vô Pepe**, que deixou saudades, e que fazia a melhor empanada de calabresa do Universo....*

*À minha **Buni**. Parceira. Amor de alma. Sem você essa dissertação estaria longe de ser concluída... saiba que você veio como um furacão, e é fundamental na minha vida. Por todos os momentos que passamos juntos, pelos carinhos e amor, e simplesmente por você ser essa pessoa doce que cativa a todos por onde quer que passe... meu orgulho. Você me faz sentir o cara mais feliz do mundo, pois tenho você ao meu lado, meu apoio de todas as horas... **Buni**, eu te amo.*

*Ao grande Mestre, **prof. Pietro**, que é um exemplo de honestidade, humildade e dedicação. Que realmente é um mestre, enxergando o potencial de cada um, estimulando sempre a sermos pessoas melhores... todos que pelo seu grupo passam saem diferentes e fazem a diferença. Prof., sempre terei orgulho de ter participado dessa grande família, os Pietrinhos/Pietrossauros.*

*Aos companheiros de Brooks Agropecuária, e ao M.V. **Rodrigo Quirino**, por ter me ensinado como é o dia-a-dia do campo e os princípios da carreira veterinária...*

*Aos proprietários das fazendas parceiras, **Mateus Arantes, Paulo Aranha e sr. Carlos Antunes**, por me cederem seus animais, e à toda a equipe das fazendas (**Evaldo, Dudu, Bento, Negão, Alessandro, Helton, Carvoeiro, Rafael “cadelão” e demais**) por fazerem eu me sentir em casa.... sem vocês nada disso teria acontecido (um agradecimento especial ao **Lucas “gaúcho”** de SC – por ter ido derreter no MS e por toda a ajuda!)*

*Ao grande amigo **Badú** véio, por ser parceiro desde a graduação, pela xuecreza sem limites, pelas cervejas e conversas e por carregar nos ombros metade do experimento... sem você, meu amigo, não teria saído!*

Ao **Manoel** Manolo, por sempre tirar uma carta da manga, e tornar o bom em perfeito... pela parceria, por ser um dos caras mais fôdas que tive o orgulho de ter discutido, convivido e aprendido muito. Você certamente faz o grupo ser o que é – referência.

Ao **Brunão** “cavalo véio”, por todo o apoio, pelo “experimento treino” (sinuca, tequila de pobre e churrasco)... pelos Zezés brutos e xonados, conversas filosóficas e por ser sempre esse irmaozão que vou levar pro resto da vida...

À amiga **Mili**, pelas conversas, amizade e companheirismo; à amiga **Kokota**, por ser essa pessoa fantástica, por ter sempre um tempo para prostrar e por ser o exemplo que é...

Aos todos os outros amigos do time Pietrinhos: **Jú, Kiks, Rômulo véio, Evandro, GG Macedo e Bernardo** por ter tido a honra e o prazer de dividir esses dois anos com vocês. Esse mestrado só foi o que foi por conta da presença de cada um, pelas risadas e alegrias, pelos days fuck, pelo Zezé amor e por toda a amizade. Meus amigos, sentirei saudades....

Ao pessualzinho da 72, que não me consideram mais amigo (rs), mas que eu tanto amo. **Frauda, Tchê, Gabi, Viga, Siri, Kenga, Nhemo, Momba, Duroc, Burko, Kntô, Breuba, Dercy**, vocês foram os melhores 5 anos da minha vida... obrigado por todos os momentos incríveis que passamos juntos, por serem meus amigos de verdade e por sempre estarem ao meu lado, mesmo eu estando longe a maior parte do tempo...

Ao pessoal da nave TTK. **Taffô, Demma, Xan, Kito, KK, Pépe, Aninha...** meus irmãos, obrigado por tudo, pelas risadas conversas com tendência ao infinito, por sempre estarem lá quando eu precisei... meus amigos de verdade, parceiros de todas as horas! Ao **Dandan, BBraz, Rapha, Mari, Carol irmã**, por completarem essa família, e tornarem os momentos ainda mais especiais...

Aos bêbados excrotos, aos amigos da VET (**Babaka, Negô, Xena, Xiba, Nou** e etc.), aos companheiros de departamento (**Magali, Mal, Fura, Camila Motta, Tomás, Brunão, Daniel, Diegão, Daneba, Curió, Rê, Fê, Miguel, Thaís, Roberta, Prof Mayra, Tatá, Marcílio, Marco Vaca, Claudinha “Fer”, Cris, Prof. Rick, Prof. Valquíria, Febém, Andressa, Guília, Patty, CeA**) e tantos outros.... ao prof **Visintin**, meu ídolo, exemplo de atitude e de como “vestir a camisa”...

À querida **Harumi**, por toda a ajuda e por nunca me deixar na mão.

Às **novilhas de corte**, por me permitirem tirar as informações de vocês e poder ajudar a pecuária brasileira com o seu desenvolvimento...

À grande mãe **USP** e à minha segunda casa, a **FMVZ**.

Ao **CNPq** pela minha bolsa durante os dois anos de mestrado.

E finalmente à **vida...** que sempre me brindou com alegria, momentos bons e vontade de fazer o melhor...
QUE BELA AVENTURA!!!

RESUMO

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.** [Influence of body development on the response to synchronization of ovulation programs for timed artificial insemination in Nelore heifers aged 14 months]. 2015. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

Avaliou-se a influência do desenvolvimento corporal na ciclicidade, na resposta ovariana e na taxa de prenhez à inseminação artificial em tempo fixo (IATF) de novilhas da raça Nelore ao sobreano (Experimento 1). Ainda, avaliou-se a eficiência de um protocolo de indução de ciclicidade (Experimento 2) previamente ao protocolo de IATF. No Experimento 1, 650 novilhas de $13,9 \pm 0,03$ meses de idade foram submetidas ao mesmo protocolo de sincronização da ovulação para IATF. Dez dias antes do início do protocolo de sincronização (Dia -10), as novilhas foram avaliadas quanto à idade (meses), peso (kg), escore de condição corporal (ECC, escala de 1 a 5), altura de cernelha (hCERN, cm) e relação altura/profundidade de costela (pCOST, %) escore do trato reprodutivo (ETR, escala de 1 a 5), ciclicidade (presença de CL) e espessura de gordura subcutânea na garupa (EGPU, mm). No Dia 0, as fêmeas foram submetidas a sincronização da ovulação, recebendo IATF 10 dias após (Dia 10). Foram determinados por ultrassonografia a taxa de ciclicidade (presença de CL no Dia -10 e/ou Dia 0) os diâmetros do maior folículo presente no Dia 8 (FDD8), no Dia 10 (FDIA), presença de CL no Dia 17 (ovulação) e taxa de prenhez 30 dias após a IATF. Com relação à análise univariável, não houve diferença na taxa de ciclicidade com relação à hCERN e pCOST ($P>0,05$), mas isoladamente a idade, o peso, o ECC e a EGPU foram associados com incremento na taxa de ciclicidade ($P<0,05$). Entretanto, na análise multivariável o parâmetro retido no modelo foi a EGPU ($>3,4\text{mm}$; 19,4 vs. $\leq 3,4\text{mm}$; 8,8%; $P=0,002$). O FDD8 não foi influenciado pela idade, ECC e pCOST ($P>0,05$) quando analisados de maneira isolada. Entretanto, o peso, hCERN, EGPU e ETR foram associados com maior FDD8 ($P<0,05$). Contudo, ao se avaliar todos os parâmetros de maneira conjunta, houve efeito de hCERN ($>121,5=7,2$ vs. $\leq 121,5=6,9\text{mm}$; $P=0,03$), EGPU ($>2,6=7,4$ vs. $\leq 2,6=6\text{mm}$; $P=0,02$) e ETR ($1=6,9^{\text{ab}}$; $2=7,4^{\text{ab}}$; $3=7,1^{\text{ab}}$; $4=7,7^{\text{a}}$; $5=6,3\text{mm}^{\text{b}}$; $P=0,002$) sobre o FDD8. O CrescFD e a taxa de ovulação não foram influenciados por nenhum dos parâmetros avaliados, em ambas as análises ($P>0,05$). Ainda, na análise univariável a hCERN e o ETR ($P>0,05$) não resultaram em efeito na taxa de prenhez, mas a idade, o peso, o ECC, a pCOST e a EGPU foram associados com

incremento no sucesso gestacional ($P < 0,01$). Entretanto, ao se utilizar a análise multivariável os parâmetros retidos no modelo foram a idade ($>13,8=43,0$ vs. $\leq 13,8=27,2$; $P=0,04$), a pCOST ($>44,0=41,9$ vs. $\leq 44,0=27,0$; $P = 0,02$) e a EGPU ($>2,5=44,4$ vs. $\leq 2,5=23,4\%$; $P=0,0003$). No Experimento 2, 626 novilhas de $14,2 \pm 0,03$ meses de idade foram aleatoriamente distribuídas em dois grupos experimentais: Indução ($n=307$; dispositivo de P4 usado durante 10 dias mais 0.6mg de CE no momento da retirada) e Controle ($n=319$). Doze dias após a retirada do dispositivo de P4 (Dia 0) todas as fêmeas foram submetidas a protocolo de sincronização para IATF conforme descrito no Experimento 1. As novilhas que receberam o protocolo de indução tiveram maior ($P < 0,0001$) taxa de ciclicidade (75,2%) no Dia 0 em relação ao controle (7,8%). Entretanto, semelhante taxa de prenhez à IATF foi verificada entre os tratamentos (Controle 42,9 vs. Indução = 43,0%; $P=0,40$). Conclui-se que os parâmetros de desenvolvimento corporal apresentam relação positiva com a ciclicidade e a resposta ao protocolo para IATF em novilhas raça Nelore ao sobreano. Além disso, o estímulo hormonal prévio aumentou a proporção de novilhas com CL no início do protocolo de IATF, entretanto, não influenciou a taxa de prenhez à inseminação artificial.

Palavras-chave: Pré-púbere. Novilha. IATF. Nelore. *Bos indicus*.

ABSTRACT

FREITAS, B. G. **Influence of body development on the response to synchronization of ovulation programs for timed artificial insemination in Nelore heifers aged 14 months.** [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. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

The influence of body development on cyclicity, ovarian response and pregnancy rate after timed artificial insemination (TAI) was evaluated in yearling Nelore beef heifers (Experiment 1). Furthermore, the efficiency of a protocol for cyclicity induction, previously to the TAI was tested (Experiment 2). At Experiment 1, 650 heifers aged $13,9 \pm 0.03$ months were submitted to the same ovulation synchronization protocol for TAI. Ten days before the beginning of the TAI protocol (Day -10), all females were evaluated for age (months), weight (kg), body condition score (BCS, 1 to 5 scale), withers height (hCERN, cm) and withers height/depth of rib relationship (pCOST, %), reproductive tract score (RTS, 1 to 5 scale) cyclicity (presence of a CL) and subcutaneous fat thickness (EGPU, mm). At Day 0, all heifers were submitted to the ovulation synchronization, receiving TAI after 10 days (Day 10). The cyclicity (presence of a CL at Day -10 and/or Day 0), diameter of the biggest follicle at Day 8 (FDD8) and Day 10 (FDIA) as the ovulation rate at Day 17 and pregnancy rate at Day 30 were determined by ultrasonography. In relationship to the univariable analysis, there was no difference of cyclicity rate according to hCERN and pCOST ($P > 0.05$), but age, weight, BCS, and EGPU were associated to greater cyclicity ($P < 0.05$). However, considering the multivariable analysis, heifers with greater EGPU ($> 3.4\text{mm}$; 19.4%) presented greater ($P = 0.002$) cyclicity rate in comparison to heifers with lesser EGPU ($\leq 3.4\text{mm}$; 8.8%). The FDD8 was not influenced by age, BCS and pCOST ($P > 0.05$) and was influenced by hCERN, EGPU and RTS when the variables were singly analyzed. Nevertheless, there was an effect of hCERN ($> 121.5 = 7.2$ vs. $\leq 121.5 = 6.9$; $P = 0.03$), EGPU ($> 2.6 = 7.4$ vs. $\leq 2.6 = 6.0$; $P = 0.02$) and RTS (1 = 6.9^{ab} ; 2 = 7.4^{ab} ; 3 = 7.1^{ab} ; 4 = 7.7^{a} ; 5 = 6.3^{b} ; $P = 0.002$) over the FDD8, when all variables were analyzed together. The ovulation rate was not influenced by any of the evaluated parameters ($P > 0.20$). Still, considering the univariable statistical model, there was no effect of hCERN and RTS ($P = 0.05$) on pregnancy rate, but age, weight, BCS, pCOST and EGPU were associated with increased pregnancy rate to TAI ($P < 0.05$). Still, heifers with more age ($> 13.8 = 43.0$ vs. $\leq 13.8 = 27.2$; $P = 0.04$), greater pCOST ($> 44.0 = 41.9$ vs. $\leq 44.0 = 27.0\%$; $P = 0.02$) and greater

EGPU ($>2.5=44.4$ vs. $\leq 2.5\text{mm}=23.4\%$; $P=0.0003$) presented greater pregnancy rate when all variables were analyzed together. At Experiment 2, 626 heifers aged 14.2 ± 0.03 months were randomly allocated in two experimental groups: Induction ($n=307$; used P4 device during 10 days plus 0.6mg EC at device removal) and Control ($n=319$). Twelve days after P4 device removal (Day 0) all females were submitted to the same ovulation synchronization protocol described in Experiment 1. Heifers from Induction group (75.2%) had greater ($P<0.0001$) cyclicity rate at Day 0 in comparison to Control (7.8%), but similar pregnancy rate to 1st TAI (Control 42.9 vs. Induction 43.0%; $P=0.40$). It is concluded that the body developmental parameters presents positive relationship with cyclicity and response to the TAI protocol in Nelore yearling heifers. Moreover, a previous hormonal stimulus increases the proportion of heifers with a *corpus luteum* at the beginning of the TAI protocol, but does not affect pregnancy rate to the artificial insemination.

Keywords: Prepubertal. Heifer. TAI. Nelore. Bos indicus.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Modelo dos estágios de maturação sexual de novilhas (A). A área sombreada demonstra o feedback negativo do estradiol sobre a secreção de GnRH. O aumento peripúbere de LH é o resultado no declínio do feedback negativo de estradiol sobre o LH. (B) Mudanças endócrinas durante o período peripúbere que resultam na maturidade sexual de novilhas	22
Figura 2 -	Modelo hipotético gráfico da influência do desenvolvimento corporal (ECC = Escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura da gordura subcutânea na garupa; ETR = escore do trato reprodutivo) de novilhas da raça Nelore ao sobreano sobre a resposta ao protocolo de sincronização da ovulação e sucesso gestacional em programas de IATF	33
Figura 3 -	Modelo hipotético gráfico do impacto do estímulo prévio com progesterona (P4) e estrógeno (E2) ao início do protocolo de IATF sobre a taxa de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização e o sucesso gestacional de novilhas Nelore ao sobreano	34
Figura 4 -	Delineamento do Experimento 1. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; ETR = escore do trato reprodutivo.....	38
Figura 5 -	Delineamento do Experimento 2. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; ETR = escore do trato reprodutivo.....	43
Figura 6 -	Probabilidade de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização em função da espessura de gordura subcutânea (EGPU) de novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade [$\text{Logit(EGPU)} = -2,5806 + 0,2027 \cdot \text{EGPU}$; $P = 0,001$]	49

Figura 7 -	Probabilidade de prenhez após o protocolo para IATF em função da espessura de gordura subcutânea na garupa (EGPU) de novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade [Logit(EGPU) = $-1,0662 + 0,1612 \cdot \text{EGPU}$; P = 0,0003]	57
Figura 8 -	Probabilidade de prenhez após o protocolo de IATF em função da espessura de gordura subcutânea na garupa (EGPU), profundidade de costela (pCOST) e idade [A; Logit (prediçãoEGPU) = $- 9.1178 + 0.0623 \cdot \text{EGPU} + 8.2667 \cdot \text{pCOST} + 0.3303 \cdot \text{Idade}$; P<0.001]; probabilidade de prenhez após o protocolo de IATF em função do escore de condição corporal (ECC), profundidade de costela (pCOST) e idade [B; Logit (prediçãoECC) = $- 10.7971 + 0.2243 \cdot \text{idade} + 1.4691 \cdot \text{ECC} + 5.5889 \cdot \text{pCOST}$; P<0.001] de novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade	58
Figura 9 -	Taxa de prenhez à 1ª IATF, 2ª IATF, perda gestacional entre 30 e 60 dias e prenhez acumulada (1ª IATF + 2ª IATF) de novilhas da raça Nelore submetidas ao tratamento com progesterona e estrógeno previamente ao início do protocolo para IATF (Indução) ou sem tratamento prévio (Controle)	60
Figura 10 -	Modelo hipotético de antecipação da idade ao primeiro parto de fêmeas da raça Nelore	63
Figura 11 -	Taxa de prenhez de acorodo com a paternidade novilhas da raça Nelore ao sobreano submetidas ao protocolo de sincronização pra IATF	64
Figura 12 -	Peso à desmama, em kg (2013 = $202,3 \pm 0,91$ vs. 2014 = $196,3 \pm 0,88$; P < 0,0001; A); idade no início do experimento, em meses (2013 = $13,8 \pm 0,03$ vs. 2014 = $14,0 \pm 0,03$; P = 0,0001; B); ganho de peso da desmama ao início do experimento (2013 = $56,7 \pm 1,00$ vs. 2014 = $66,7 \pm 0,90$; P < 0,0001; C); e peso ao início do experimento (2013 = $252,5 \pm 0,99$ vs. 2014	

	= 261,3 ± 0,94; P < 0,0001; D) nos anos de 2013 (Experimento 1) e 2014 (Experimento 2)	65
Figura 13 -	Taxa de prenhez à 1ª IATF, 2ª IATF (ressincronização) e acumulada (1ª IATF + 2ª IATF) de primíparas com 2 anos de idade (26,0 ± 0,07 meses) e primíparas com 3 anos de idade (36,9 ± 0,08 meses)	67
Figura 14 -	Peso à desmama dos bezerros contemporâneos (mesmo mês de nascimento) de primíparas com idade ao primeiro parto de 24 meses comparado com vacas do rebanho da Fazenda B	68
Figura 15 -	Taxa de prenhez à 1ª IATF, taxa de prenhez à 2ª IATF e taxa de prenhez acumulada (1ª IATF + 2ª IATF) de novilhas da raça Nelore ao sobreano, entre os anos de 2013 e 2014	69
Figura 16 -	Diagrama ilustrativo dos fatores genéticos e ambientais que influenciam a maturidade sexual e subsequente produtividade de fêmeas bovinas jovens	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Médias $\pm$ EPM dos parâmetros avaliados de acordo com as 3 distintas fazendas do experimento. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; ETR = escore do trato reprodutivo; FDD8 = diâmetro do maior folículo na retirada do implante progestágeno; FDIA = diâmetro do maior folículo à IATF; CrescFD = crescimento diário do maior folículo entre a retirada do implante e a IATF	46
Tabela 2 -	Pontos de corte dos parâmetros avaliados e calculados pela curva Receiver Operation Characteristics (ROC), com base na taxa de ciclicidade ao início do protocolo para IATF. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa.....	47
Tabela 3 -	Pontos de corte dos parâmetros avaliados e calculados pela curva Receiver Operation Characteristics (ROC), com base na taxa de ovulação após o protocolo para IATF. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; FDD8 = maior folículo presente nos ovários no Dia 8; FDIA = maior folículo presente nos ovários no Dia 10 (IATF)	50
Tabela 4 -	Média de diâmetro do FDD8, FDIA, CrescFD e taxa de ovulação, de acordo com as classificações calculadas pela curva ROC. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; FDD8 = maior folículo presente nos ovários no Dia 8; FDIA = maior folículo presente nos ovários no Dia 10 (IATF)	51
Tabela 5 -	Pontos de corte dos parâmetros avaliados e calculados pela curva Receiver Operation Characteristics (ROC), com base na taxa de prenhez. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST =	

profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa	54
---	----

Tabela 6 - Médias $\pm$ erro padrão da média (EPM) de acordo com os tratamentos.	
ECC = escore de condição corporal; pCOST = profundidade de costela;	
Ciclicidade no Dia -22 = presença de corpo lúteo no Dia -22	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1	MATURIDADE REPRODUTIVA DE NOVILHAS	21
2.2	FATORES DE DESENVOLVIMENTO CORPORAL QUE AFETAM A MATURIDADE SEXUAL EM NOVILHAS	23
2.3	PROTOCOLOS DE SINCRONIZAÇÃO DA OVULAÇÃO PARA IATF	26
2.3.1	<i>Desenvolvimento e utilização dos protocolos para IATF</i>	<i>26</i>
2.3.2	<i>Protocolos à base de Progesterona e estrógeno</i>	<i>27</i>
2.3.3	<i>Fatores que interferem no sucesso da IATF em novilhas</i>	<i>28</i>
2.4	INDUÇÃO FARMACOLÓGICA DA PUBERDADE	30
3	HIPÓTESES	32
3.1	FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE NOVILHAS NELORE DE 14 MESES DE IDADE SUBMETIDAS À IATF	31
3.2	TRATAMENTO COM PROGESTERONA E ESTRÓGENO PREVIAMENTE À IATF EM NOVILHAS NELORE DE 14 MESES DE IDADE	32
4	OBJETIVO	35
4.1	EXPERIMENTO 1	35
4.2	EXPERIMENTO 2	35
5	MATERIAL E MÉTODOS	36
5.1	EXPERIMENTO 1	36
5.1.1	<i>Fazendas e animais</i>	<i>36</i>
5.1.2	<i>Avaliações fenotípicas</i>	<i>36</i>
5.1.2.1	Avaliação do desenvolvimento corporal	36
5.1.2.2	Avaliações ultrassonográficas e palpação transretal	37
5.1.3	<i>Protocolo de IATF</i>	<i>38</i>
5.1.4	<i>Delineamento experimental</i>	<i>37</i>
5.1.5	<i>Análise estatística</i>	<i>39</i>
5.2	EXPERIMENTO 2	40
5.2.1	<i>Fazendas e animais</i>	<i>40</i>
5.2.2	<i>Avaliações fenotípicas</i>	<i>41</i>
5.2.2.1	Avaliação do desenvolvimento corporal	41
5.2.2.2	Avaliações ultrassonográficas e palpação transretal	41
5.2.3	<i>Protocolo de indução de ciclicidade</i>	<i>41</i>

5.2.4	<i>Protocolo de IATF e ressincronização</i>	42
5.2.5	<i>Delineamento experimental</i>	41
5.2.6	<i>Análise estatística</i>	43
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
6.1	FATORES QUE AFETAM A EFICIÊNCIA REPRODUTIVA DE NOVILHAS NELORE DE 14 MESES DE IDADE SUBMETIDAS À IATF	43
6.1.1	<i>Ciclicidade</i>	47
6.1.2	<i>Resposta ao protocolo</i>	50
6.1.3	<i>Taxa de Prenhez</i>	53
6.2	TRATAMENTO COM PROGESTERONA E ESTRÓGENO PREVIAMENTE À IATF EM NOVILHAS NELORE DE 14 MESES DE IDADE	55
7	CONCLUSÕES	61
7.1	EXPERIMENTO 1	61
7.2	EXPERIMENTO 2	62
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS	63
	REFERÊNCIAS	72

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, com aproximadamente 218 milhões de cabeças (FAOSTAT, 2014), o qual é composto principalmente por animais zebuínos. Apesar dessa grande dimensão, a pecuária de corte brasileira ainda apresenta baixa eficiência e ocupa apenas o segundo lugar no *ranking* mundial de produção de carne (FAOSTAT, 2014). Dentre os gargalos que inviabilizam o aumento na produtividade das fazendas brasileiras está a baixa eficiência reprodutiva, que pode ser atribuída à elevada idade à primeira cobertura (ao redor dos 24 meses; NOGUEIRA, 2004), projetando a idade ao primeiro parto para 36 a 48 meses (MALHADO et al., 2013; SOUZA et al., 1995).

Diversas tecnologias reprodutivas vêm sendo desenvolvidas na tentativa de elevar os índices produtivos dos rebanhos. Dentre elas, destaca-se a inseminação artificial (IA) (BARUSELLI et al., 2012), porém sua implementação é dificultada pelas baixas taxas de detecção de cio, de serviço, ciclicidade no período pós-parto em vacas de corte lactantes e puberdade tardia em novilhas (BÓ et al., 2007). No entanto, os programas de sincronização da ovulação para inseminação artificial em tempo fixo (IATF) permitiram transpor tais dificuldades (BARUSELLI et al., 2012). Além disso, a IATF pode ser utilizada em fêmeas zebuínas pré-púberes de 24 meses (SÁ FILHO et al., 2010c), o que reduz a idade ao primeiro serviço e, conseqüentemente, a idade ao primeiro parto (DAY; NOGUEIRA, 2013). Assim, promove-se extensão da vida reprodutiva da fêmea, aumento do número de bezerros (SHORT et al., 1994) e redução do intervalo entre gerações (YOKOO et al., 2012).

Apesar das vantagens da IATF, a eficiência desses programas na categoria de fêmeas jovens pode ser influenciada pela proporção de novilhas que já atingiram a puberdade ao início dos protocolos de sincronização (MARTINS et al., 2015). Alguns fatores relacionados ao grupo genético (NOGUEIRA, 2004) e ao desenvolvimento corporal, como idade (HALL et al., 1997; HOLM; THOMPSON; IRONS, 2009), ganho de peso pré e pós-desmama (FERRELL, 1982; FREETLY; KUEHN; CUNDIFF, 2011; ROMANO et al., 2007) e desenvolvimento do trato reprodutivo (GUTIERREZ et al., 2014; MCKINNISS et al., 2011) podem afetar o desenvolvimento e o funcionamento do eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal das novilhas e promover antecipação ou atraso na maturidade sexual. Dessa forma, conhecer o impacto de cada um desses fatores sobre a puberdade pode ser determinante para o desenvolvimento de futuras estratégias para aumentar o sucesso da IATF em novilhas Nelore de 14 meses de idade.

A resposta à sincronização da ovulação em termos de tamanho do folículo dominante ao final do protocolo, bem como a taxa de ovulação, é determinante para o sucesso em programas de IATF em novilhas. Folículos de novilhas *Bos indicus* de 24 meses devem atingir um diâmetro mínimo de 7,0 mm para alcançar capacidade ovulatória (GIMENES et al., 2008). Entretanto, folículos dominantes de maiores diâmetros resultam em maiores taxas de ovulação, corpos lúteos de maior tamanho e consequentemente maior sucesso (SÁ FILHO et al., 2010b, 2011) e menor perda gestacional (MANN; PAYNE; LAMMING, 2001). Assim, a avaliação dos potenciais efeitos do desenvolvimento corporal de fêmeas pré-púberes ao sobreano sobre a resposta aos protocolos de sincronização são importantes para melhorar os índices reprodutivos.

Além dos fatores inerentes à novilha pré-púbere e sua resposta reprodutiva frente aos protocolos para IATF, os protocolos para indução da ciclicidade vêm sendo estudados como estratégia para antecipar a puberdade e aumentar o sucesso reprodutivo de novilhas pré-púberes (CLARO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2014). Estudos recentes sugerem que maiores taxas de ciclicidade ao início do protocolo acarretam em melhores taxas de concepção à IATF (SÁ FILHO et al., 2015). A utilização de progestágenos reduz o número de receptores de estrógeno no hipotálamo, reduzindo o *feedback* negativo do estradiol sobre a liberação de GnRH (DAY; ANDERSON, 1998) e induzindo de forma eficiente a puberdade na fêmea (ANDERSON et al., 1996). Ainda, resultando em aumento da taxa de ciclicidade (RODRIGUES et al., 2013) e da taxa de prenhez à IATF (SÁ FILHO et al., 2015). Além disso, a adição de estrógeno ao final do tratamento com progesterona pode simular o proestro fisiológico e incrementar o resultado da terapia hormonal para indução da ciclicidade (SÁ FILHO et al., 2015).

Diante do exposto, mostra-se o impacto dos fatores de desenvolvimento no advento da puberdade, bem como a influência destes sobre a resposta das novilhas Nelore de 24 a 36 meses aos protocolos de sincronização da ovulação e taxa de prenhez à IATF. Ainda, fica evidente que o exato efeito desses fatores sobre a eficiência reprodutiva de novilhas da raça Nelore ao sobreano ainda não é totalmente conhecido. O impacto do tratamento prévio com progesterona e estrógeno no intuito de se induzir a primeira ovulação nessa categoria animal também permanece por ser elucidado. Sendo assim, existe a necessidade de se estabelecer critérios de desenvolvimento corporal que determinem maior sucesso gestacional em novilhas zebuínas com aproximadamente 14 meses de idade, reduzindo assim a idade ao primeiro parto e incrementando a eficiência da pecuária de corte brasileira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MATURIDADE REPRODUTIVA DE NOVILHAS

A idade à puberdade e à primeira concepção possuem importante impacto na eficiência reprodutiva e econômica de fêmeas bovinas, influenciando a produtividade e refletindo no número de bezerros produzidos durante toda a vida da futura matriz (BAGLEY, 1993; ENDECOTT et al., 2013; SHORT et al., 1990; STYGAR; KRISTENSEN; MAKULSKA, 2014). Além disso, a ocorrência dos eventos fisiológicos que suportam os mecanismos endócrinos, levando à maturidade sexual, são resultantes de um adequado desenvolvimento das novilhas (DAY; MAQUIVAR, 2014), pois a maturação do eixo reprodutivo ocorre de uma maneira gradual e é associada com as mudanças na composição corporal e no eixo somatotrópico que regula o *status* metabólico do animal.

Durante a puberdade, o trato reprodutivo de novilhas passa por diversas alterações fisiológicas e morfológicas para que ocorra o estabelecimento da gestação. Alguns autores têm demonstrado que o tamanho e peso do útero, da cérvix e da vagina aumentam rapidamente após a puberdade (DESJARDINS; HAFS, 1969; HONARAMOOZ et al., 2004), sendo que novilhas pré-púberes apresentaram útero de diâmetro inferior comparado às novilhas que tinham atingido a puberdade.

No tocante ao eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal, a maturidade sexual é ativada pela queda no *feedback* negativo do estradiol sobre a secreção de GnRH, que leva à um aumento na secreção do hormônio luteinizante (LH), resultando na completa ativação do eixo gonadotrópico e obtenção da capacidade reprodutiva com a primeira ovulação (DAY; MAQUIVAR, 2014; NOGUEIRA, 2004; PARENT et al., 2003). O período que corresponde aos 40-60 dias prévios à primeira ovulação, onde a maioria destas mudanças dinâmicas ocorre é referido como o período peripúbere (DAY; NOGUEIRA, 2013), que se inicia por volta dos 10-12 meses em fêmeas *Bos taurus* bem manejadas.

DAY; ANDERSON, (1998) propuseram que o desenvolvimento do trato reprodutivo entre o nascimento e a maturação sexual em novilhas pode ser dividido em quatro fases: 1) período infantil (nascimento até os 2 meses de idade), seguido por 2) um período de desenvolvimento (2 a 6 meses de idade), no qual ocorre um aumento na secreção de GnRH hipotalâmico, levando à um aumento de secreção de LH. Entretanto, o feedback negativo do

estradiol sobre o LH leva à uma diminuição de sua secreção por volta dos 6 meses de idade, levando ao início da 3) fase estática (6 a 10 meses de idade), onde o eixo hipotálamo-hipofisário aparenta ser plenamente competente (se estimulado) em termos secretórios, mas ainda é incapaz de gerar níveis ótimos de LH ainda por conta do *feedback* negativo de estradiol. No 4) momento peripúbere, o declínio nessa inibição estrogênica leva ao aumento da secreção de LH, ao pico inicial de LH e primeira ovulação (maturidade sexual).

Figura 1 - Modelo dos estágios de maturação sexual de novilhas (A). A área sombreada demonstra o feedback negativo do estradiol sobre a secreção de GnRH. O aumento peripúbere de LH é o resultado no declínio do feedback negativo de estradiol sobre o LH. (B) Mudanças endócrinas durante o período peripúbere que resultam na maturidade sexual de novilhas

Fonte: (DAY; ANDERSON, 1998, tradução de FREITAS, B.G., 2015)

O momento no qual a novilha atinge a sua maturidade sexual e consequentemente primeira ovulação é um dos fatores que determinam o sucesso do estabelecimento gestacional em sua primeira estação reprodutiva (DAY; NOGUEIRA, 2013). Foi demonstrado que a concepção destas fêmeas pode aumentar em até 21% (BYERLEY; STAIGMILLER, 1987) quando cobertas em seu terceiro estro, em comparação com novilhas cobertas em seu primeiro estro. Além disso, novilhas zebuínas ciclando por mais de 45 dias previamente ao protocolo de sincronização apresentaram maior taxa de concepção à IATF, em relação às novilhas que atingiram a maturidade sexual nos últimos 45 dias antes do tratamento (SÁ FILHO et al., 2012).

Ainda, novilhas que concebem cedo durante sua primeira estação de monta, resultando em uma idade ao primeiro parto de 24 meses de idade, possuem maior probabilidade de conceber enquanto vacas primíparas (BURRIS; PRIODE, 1958), bem como apresentam um melhor desempenho durante sua vida produtiva, refletido em partos no início da estação de parição e maior peso à desmama de suas crias (FUNSTON et al., 2012; LESMEISTER;

BURFENING; BLACKWELL, 1973) em comparação à novilhas que concebem tardiamente à sua primeira estação de monta. Portanto, o advento da puberdade e momento no qual este evento ocorre relativamente ao primeiro serviço promove grande impacto na eficiência econômica e reprodutiva de fêmeas bovinas de corte.

2.2 FATORES DE DESENVOLVIMENTO CORPORAL QUE AFETAM A MATURIDADE SEXUAL EM NOVILHAS

A seleção e o manejo de novilhas de reposição envolvem decisões que afetam a produtividade futura de todo o rebanho (PATTERSON; WOOD; RANDLE, 2000). A decisão de quando iniciar a vida reprodutiva das fêmeas depende primariamente da idade, mas o desenvolvimento corporal e reprodutivo, bem como a raça, condições de criação e os fatores econômicos também devem ser levados em conta (DEROUEN; FRANKE, 1988). Em alguns casos, a vantagem econômica de se inserir novilhas ao sobreano na estação reprodutiva pode ser revertida devido a limitações biológicas dos animais, em resposta a falhas de manejo resultantes do ambiente na qual são criadas (SHORT et al., 1994)

A idade à primeira concepção é uma característica que vem sendo alvo de diversos estudos (DOW et al., 1982; ELER et al., 2002; FREETLY; KUEHN; CUNDIFF, 2011; NOGUEIRA, 2004). A probabilidade de prenhez de novilhas Nelore de 14 meses de idade expostas à touros foi avaliada, e chegou-se à conclusão de que possui alta herdabilidade (0,50) podendo auxiliar os criadores a selecionar as fêmeas por precocidade sexual e idade ao primeiro parto (SILVA; DIAS; ALBUQUERQUE, 2005). Em estudo utilizando-se implantes de Norgestomet com o objetivo de se induzir a ovulação em novilhas taurinas, HALL et al. (1997) demonstraram que há um limite de idade para se acelerar a puberdade, pois a maior resposta ao progestágeno se deu apenas em novilhas com 12,5 meses de idade, independentemente da dieta recebida. Apesar da efetividade da indução de puberdade ser variável em fêmeas abaixo dos 12 meses e idade, com manifestação de estro de 12-89% após tratamento com progestágeno ou progestágeno e estrógeno (GONZALEZ-PADILLA et al., 1975; TANAKA et al., 1995), sua habilidade torna-se mais efetiva e constante em novilhas com mais de 12 meses de idade (BEAL; GOOD; PETERSON, 1984; BURFENING, 1979).

Além disso, o critério de seleção das novilhas primariamente à estação reprodutiva deve incluir o ponto mais eficaz no qual as fêmeas atingem pesos específicos, baseados na média do

rebanho (LAMB, 2013) ou proporcionalmente ao peso estimado na fase adulta, com o objetivo de atingir altas taxas de prenhez (FREELY; KUEHN; CUNDIFF, 2011; LAMOND, 1970; WILTBANK; KASSON; INGALLS, 1969). Tradicionalmente, a recomendação é para que as novilhas sejam manejadas no intuito de adquirirem 60 a 65% do peso adulto esperado ao início da estação de monta (LAMOND, 1970; TAYLOR; FITZHUGH, 1971). Entretanto, alguns estudos demonstraram certa flexibilidade na maneira como este peso é ganho e este objetivo é alcançado. Pesquisas recentes têm indicado que o desenvolvimento de novilhas para atingirem 50 a 57% de seu peso adulto estimado no início da estação de monta pode ser economicamente vantajoso (ENDECOTT et al., 2013; MARTIN et al., 2008).

Na tentativa de melhor elucidar a relação entre idade e peso à puberdade das novilhas, estudos foram conduzidos (THALLMAN et al., 1999) e indicaram que, entre as diferentes raças avaliadas, a puberdade ocorreu com aproximadamente 357 dias (12 meses) e 320 kg de peso corporal, apesar da grande variação observada entre os grupos genéticos. O objetivo seria o de promover um ganho de peso adequado, resultando em taxas de concepção ótimas na primeira cobertura aos 13 – 15 meses de idade, e com a maioria das novilhas atingindo a puberdade 30 – 45 dias antes do início da estação reprodutiva (GASSER, 2013). Além disso, FERRELL (1982) avaliou diferentes ganhos de peso pós-desmama sobre a idade e peso à puberdade, evidenciando que ao aumentar o ganho de peso pós-desmama a maturidade sexual é atingida com idade reduzida. Estes estudos levantam indícios de que o ganho de peso pós-desmama também pode ser uma variável importante que influencia a idade e peso à puberdade (PATTERSON et al., 1992).

Apesar de ser menos enfatizado, o ganho de peso pré-desmama também pode ser uma importante fonte de variação com relação ao advento da puberdade de novilhas. WILTBANK et al. (1966) demonstraram que um maior ganho de peso nesta fase resulta em antecipação da idade à puberdade. Esta observação levou à hipótese testada por (GASSER et al., 2006d), de que o eixo reprodutivo pode ser precocemente ativado com o fornecimento de dieta altamente concentrada para bezerras desmamadas com 3-4 meses de idade. O grupo controle não obteve nenhuma novilha púbere antes dos 300 dias de idade e o grupo alimentado com dieta altamente energética resultou em 89% de fêmeas atingindo a maturidade sexual antes dos 300 d de idade. Um dos fatores que podem mediar essa antecipação seria o aumento da expressão de determinados genes no hipotálamo, acelerando a puberdade (CARDOSO et al., 2015).

Outro fator que pode influenciar o advento da puberdade é o porte da fêmea, uma maneira conveniente de se descrever o tamanho esquelético do animal (CUNDIFF; VAN

VLECK; HOHENBOKEN, 2010). A seleção exclusiva para ganho de peso pode valorizar a escolha de animais excessivamente grandes (JÚNIOR; DIAS; ALBUQUERQUE, 2004) sendo que raças com maior porte atingem a puberdade com mais idade e peso, com uma maior quantidade de acúmulo de reservas corporais para que isso ocorra (FOX; SNIFFEN; O'CONNOR, 1988). Como citado anteriormente, a maturidade sexual é determinada em grande parte pelo equilíbrio entre idade e ganho de peso proporcionalmente ao tamanho adulto, e portanto o aumento do porte dos rebanhos pode acarretar em diminuição da precocidade sexual (VARGAS et al., 1999) devido à relação oferta de forragem/requerimentos para crescimento (JÚNIOR; DIAS; ALBUQUERQUE, 2004; KOURY FILHO et al., 2009).

Visando a avaliação subjetiva das características ligadas ao acúmulo de reservas corporais, alguns grupos de pesquisa realizam julgamentos visuais mensurados por escores para características de Conformação (C), Musculatura (M) e Precocidade (P; KOURY FILHO; ALBUQUERQUE, 2002). Os animais com alto escore para P seriam aqueles que apresentam boa abertura torácica e boa profundidade de costelas, tentando-se predizer a capacidade do animal de chegar a um acabamento mínimo de carcaça traduzido em acúmulo de gordura subcutânea, com peso vivo não elevado (KOURY FILHO, 2005).

Diversos estudos têm demonstrado a importância do acúmulo de reservas energéticas corporais na fertilidade dos rebanhos (AYRES et al., 2014), obtenção da maturidade sexual (DAY; MAQUIVAR, 2014; GASSER, 2013; HALL et al., 1995; RANDEL; WELSH, 2013) e eficiência reprodutiva (FUNSTON; SUMMERS; ROBERTS, 2012; ROMANO et al., 2007) das fêmeas jovens. A mensuração da espessura de gordura subcutânea na garupa (EGPU) via ultrassonografia é uma avaliação direta, simples e objetiva de se predizer a quantidade de reservas corporais das fêmeas bovinas (AYRES et al., 2009), podendo ser utilizada como ferramenta para se observar novilhas mais propensas a atingir a puberdade.

O exato efeito da quantidade de reservas corporais e obtenção da maturidade reprodutiva tem sido observado com o aumento da seleção de fêmeas com menor consumo alimentar residual (CAR). Novilhas ao sobreano com menor CAR são mais eficientes do ponto de vista alimentar e possuem menor EGPU que novilhas ao sobreano com maior CAR (SHAFFER et al., 2011). Entretanto, essas mesmas fêmeas com menor CAR apresentaram atraso na puberdade e concepção, relacionado ao decréscimo de deposição de tecido adiposo nesses animais (RANDEL; WELSH, 2013). Desta forma, novilhas com menor eficiência alimentar aparentemente armazenam o excesso de energia ingerida na forma de gordura, iniciando de maneira mais precoce a função reprodutiva (SHAFFER et al., 2011).

Portanto, uma série de parâmetros de desenvolvimento corporal parece estar associada ao início da maturidade reprodutiva das novilhas. O adequado crescimento, aliado ao acúmulo de reservas energéticas corporais deve ser observado, com o objetivo de se obter fêmeas com bom desenvolvimento ao sobreano.

2.3 PROTOCOLOS DE SINCRONIZAÇÃO DA OVULAÇÃO PARA IATF

2.3.1 *Desenvolvimento e utilização dos protocolos para IATF*

A obtenção de alta performance reprodutiva é considerada um dos principais fatores para assegurar a máxima produção animal e um retorno econômico satisfatório. Nesse contexto, a incorporação de programas reprodutivos na rotina das fazendas visa otimizar os resultados reprodutivos e a rentabilidade de rebanhos leiteiros e de carne.

As biotecnologias reprodutivas, como a inseminação artificial (IA), têm sido amplamente estudadas e utilizadas com sucesso no campo. Dentre suas vantagens, a aplicação da IA viabiliza um melhoramento genético acelerado do rebanho, favorecendo a indústria de carne. Apesar dos avanços tecnológicos, vale ressaltar que a implementação de programas de IA à base de detecção de estro pode apresentar resultados insatisfatórios devido à não obtenção da maturidade reprodutiva em novilhas pré-púberes (ausência de expressão de estro) e às falhas de detecção de estro (BÓ et al., 2007). Essas dificuldades são agravadas quando trabalhamos com rebanhos *Bos indicus* [maior quantidade de novilhas pré-púberes ao sobreano e estro de menor duração comparado com *Bos taurus*; (BÓ; BARUSELLI; MARTÍNEZ, 2003; FIGUEIREDO et al., 1997)].

Portanto, para evitar problemas relacionados à IA após detecção de estro, diversos grupos de estudo têm desenvolvido diferentes estratégias para inseminar vacas em tempo fixo, eliminando a necessidade dessa detecção. O primeiro resultado positivo desses estudos surgiu na década de 1990 com o desenvolvimento do protocolo Ovsynch [GnRH - 7 dias – PGF - 48h – GnRH - 16h - IA programada; (PURSLEY; MEE; WILTBANK, 1995)]. A partir desse avanço, diversos protocolos foram desenvolvidos para controlar as funções luteínica e folicular, permitindo a IATF e maior taxa de prenhez (número de vacas prenhes/número de vacas aptas à reprodução). É importante destacar que os hormônios utilizados para sincronização de estro e de ovulação mimetizam o que ocorre naturalmente durante o ciclo estral de uma fêmea bovina.

Dessa forma, programas de IATF têm sido aplicados rotineiramente em rebanhos de corte, promovendo uma abordagem sistematizada do emprego da IA (BARUSELLI et al., 2004b; BÓ et al., 2007; MACMILLAN; SEGWAGWE; PINO, 2003; MENEGHETTI et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2009).

Por conseguinte, uma variedade de protocolos tem sido desenvolvida para designar tratamentos específicos conforme a categoria animal, raça e para otimizar o trabalho. Adicionalmente, devido à expressiva melhora na taxa de prenhez após a aplicação da técnica, pesquisas têm direcionado esforços no estabelecimento de programas de ressincronização com o objetivo de intensificar o uso da IATF, oferecendo uma tecnologia reprodutiva assistida de forma programada em um grande número de animais (SÁ FILHO et al., 2013; MARQUES et al., 2015).

2.3.2 Protocolos à base de Progesterona e estrógeno

O uso de dispositivos intravaginais de liberação de progesterona (P4) em conjunto com uma aplicação de benzoato de estradiol (BE) é atualmente um dos tratamentos mais populares para sincronização de estro e ovulação nos rebanhos bovinos da América do Sul (BARUSELLI et al., 2004b, 2012; BÓ et al., 2002). Novos estudos introduziram o uso de E2 com P4 para controlar a dinâmica da emergência de nova onda folicular em gado *Bos indicus* (BARUSELLI et al., 2006; CARVALHO et al., 2008; SÁ FILHO et al., 2011), sendo a combinação de E2 com P4 seguida de uma IATF um tratamento de sincronização de sucesso (BARUSELLI et al., 2012), permitindo taxa de prenhez por IA (P/IA) satisfatória (BARUSELLI et al., 2004b; BÓ et al., 2002; MARTÍNEZ et al., 2007).

O uso de estradiol (E2) em combinação com a P4 foi introduzido na década de 1960 quando foi descoberto que o E2 induz regressão luteínica (WILTBANK; INGALS; ROWDEN, 1961) e por essa razão esse hormônio foi incorporado em tratamentos para sincronização de estro em fêmeas bovinas. Os efeitos do E2 no crescimento de folículos ovarianos foram elucidados apenas 25 anos após. Diversos estudos [revisados por BÓ et al. (2002)] descobriram que o tratamento de E2 com P4 suprime a fase de crescimento do folículo dominante. O mecanismo responsável para a indução da supressão do crescimento folicular por E2 aparenta envolver a supressão de FSH (BO; PIERSON; MAPLETOFT, 1991) e de LH (BURKE; BOLAND; MACMILLAN, 1999). A administração de 5 ou 2.5 mg de 17 β -E2 (BÓ et al., 2002)

ou 2,5 mg de BE (CACCIA; BÓ, 1998) em fêmeas com implante de P4 em uma fase aleatória do ciclo estral foi seguida por uma emergência sincronizada de nova onda folicular aproximadamente 4 dias depois. Além disso, o efeito do BE na indução da nova onda ocorre independentemente da espécie (*Bos indicus*, *Bos taurus* ou *Bos taurus* x *Bos indicus*) ou de raça (Carne = Angus, Nelore ou Angus x Nelore ou Leite = Holandesa, Gir ou Holandesa x Gir) dos animais tratados (CARVALHO et al., 2008).

Em sincronizações à base de E2 com P4, uma menor dose de E2 normalmente é administrada de 0 a 24 horas após remoção da P4 para induzir um pico sincronizado de LH (aproximadamente de 16 a 24 horas depois do tratamento com BE) e ovulação aproximadamente 24 a 32 horas após o pico de LH (SALES et al., 2012). O BE tem sido usado com sucesso como indutor de ovulação. O cipionato de estradiol (CE) é outro éster de E2 com menor solubilidade em água, o que atrasa sua liberação do local de injeção. Entretanto, apesar das diferenças farmacológicas, ambos os ésteres de estradiol (BE e CE) administrados tanto na remoção do dispositivo de progesterona (CE) quanto 24 horas depois (BE) foram efetivos na indução do pico de LH, o que resultou em ovulações sincronizadas e similar P/IA em vacas de corte *Bos indicus* em lactação submetidas à IATF [BE = 57.5%; 277/482 vs. CE = 61.8%; 291/471; SALES et al. (2012)]. Em adição, o uso de CE como um indutor de ovulação no momento da remoção do dispositivo de P4 no protocolo de IATF reduz o número de manejos necessários com as vacas sem reduzir fertilidade (BE = 4 manejos; CE = 3 manejos).

2.3.3 Fatores que interferem no sucesso da IATF em novilhas

Com relação ao uso da IATF em novilhas zebuínas, algumas particularidades devem ser observadas, pois os tratamentos hormonais desenvolvidos para vacas lactantes apresentam comprometimento na eficiência quando utilizados em novilhas, promovendo baixas taxas de ovulação (entre 30-50%) ao final do protocolo (BARUSELLI et al., 2004a; CARVALHO et al., 2008). Esta diferença pode ser relacionada ao nível de P4 circulante durante o protocolo de sincronização, sendo que na literatura diversos relatos demonstram que elevadas concentrações de P4 diminuem a frequência de liberação de LH e crescimento folicular (ADAMS; MATTERI; GINTHER, 1992). Em estudo utilizando-se dispositivos intravaginais de P4 em novilhas cíclicas *Bos taurus*, *Bos indicus* e *Bos indicus* x *Bos taurus* (CARVALHO et al., 2008), foi verificado que novilhas zebuínas apresentam comprometimento na taxa de crescimento do

folículo dominante, culminando na diminuição do diâmetro máximo e da taxa de ovulação, resultando em baixa resposta ao tratamento de sincronização.

No estudo citado anteriormente (CARVALHO et al., 2008), também foi avaliada a dinâmica folicular e a concentração plasmática de P4 durante o tratamento com dispositivo intravaginal de progesterona (CIDR[®]) associado ou não ao tratamento com prostaglandina F_{2α} (PGF) no dia da inserção do dispositivo. O objetivo do estudo foi antecipar a luteólise e diminuir a concentração sanguínea de progesterona durante o tratamento. A hipótese levantada foi de que uma menor concentração circulante de P4 aumentaria a taxa de crescimento folicular e ovulação, e consequentemente a eficiência do tratamento de sincronização. O tratamento com PGF no momento da inserção do dispositivo intravaginal aumentou a taxa de crescimento folicular (Com PGF = $1,2 \pm 0,1^a$ e Sem PGF = $0,9 \pm 0,1^b$), o diâmetro máximo do folículo dominante (Com PGF = $11,9 \pm 0,4^a$ e Sem PGF = $10,5 \pm 0,4^b$) e a taxa de ovulação (Com PGF = $78,8\% ^a$ e Sem PGF = $54,0\%^b$). Estes resultados demonstram que o tratamento com PGF no dia do início da sincronização pode aumentar a taxa de concepção à inseminação artificial em tempo fixo em novilhas.

Ainda, a utilização de dispositivos intravaginais de P4 previamente utilizados (DIAS et al., 2009; PERES et al., 2009; SÁ FILHO et al., 2010c) podem ser citadas com táticas interessantes, resultando em resultados satisfatórios em programas de IATF. Outra importante estratégia seria o uso de implantes de progestágeno (Norgestomet), que promovem menor supressão na frequência de LH (FIKE et al., 2004; RATHBONE et al., 2001). SÁ FILHO et al., (2011) avaliaram a dinâmica folicular e taxa de prenhez de novilhas Nelore tratadas com implantes auriculares contendo Norgestomet, associado ao BE no início do protocolo de sincronização, obtendo satisfatórias taxas de ovulação e prenhez.

Outro ponto crítico para o sucesso da IATF em fêmeas zebuínas jovens é a taxa de crescimento folicular. Dados da literatura indicam que folículos de novilhas *Bos indicus* adquirem capacidade ovulatória com no mínimo 7,0 mm de diâmetro (GIMENES et al., 2008). Entretanto, a responsividade ao pico de LH aumenta significativamente quando o folículo dominante ultrapassa os 8,5 mm de diâmetro. Em estudo com novilhas da raça Nelore, SÁ FILHO et al. (2008) observaram que o diâmetro do maior folículo à IATF influenciou a taxa de prenhez, sendo que os animais que apresentaram maiores folículos possuíram maior taxa de sucesso gestacional após a inseminação.

A administração de gonadotrofina coriônica equina (eCG) pode incrementar a eficiência dos protocolos para IATF em novilhas zebuínas (DIAS et al., 2009). O uso da eCG aumenta a

taxa de ovulação (BARUSELLI et al., 2004a) e a taxa de prenhez (DIAS et al., 2009) nessa categoria. A maneira biológica pela qual a fertilidade é melhorada com o uso da eCG aparentemente está relacionada com mudanças na taxa de crescimento folicular (MENEGETTI et al., 2009). A aplicação de 300 UI de eCG ao final do protocolo para sincronização da ovulação promove aumento do crescimento folicular da retirada da fonte exógena de P4 à IATF, incremento do diâmetro do maior folículo à inseminação e maior diâmetro do CL 5 dias após a IATF (SÁ FILHO et al., 2010c).

2.4 INDUÇÃO FARMACOLÓGICA DA PUBERDADE

Outra estratégia para aumentar a eficiência reprodutiva de novilhas Nelore pré-púberes seria a indução de ciclicidade, ou seja, o tratamento previamente à estação de monta com dispositivos intravaginais de P4, associados à aplicação de estrógeno (SÁ FILHO et al., 2015). Diversos estudos indicam que este tipo de tratamento aumenta a indução de ovulação (BARUSELLI et al., 2009; CLARO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2014), possivelmente melhorando a eficiência reprodutiva desta categoria animal.

A exposição estratégica de fêmeas pré-púberes à P4 exógena pode ser utilizada para modular o hipotálamo, aumentando a secreção de gonadotrofinas (DAY et al., 1987; GRADEN et al., 1968; YAVAS; WALLON, 2000) e induzindo a puberdade (ANDERSON; MCDOWELL; DAY, 1996; CLARO et al., 2010; GRINGS et al., 1998). Nesse sentido, SÁ FILHO et al (2015) mensuraram a concentração circulante de P4 de novilhas pré-púberes tratadas com dispositivos novos ou reutilizados (i.e., previamente utilizados durante 24 dias). Ambos foram capazes de sustentar o nível de P4 acima de 1,0 ng/mL por no mínimo 7 dias, mas o grupo que recebeu os dispositivos novos obteve maior concentração plasmática de P4. Dados da literatura indicam que o excesso de P4 pode prejudicar o crescimento folicular (DIAS et al., 2009; MANTOVANI et al., 2010), particularmente em novilhas (CARVALHO et al., 2008; CLARO et al., 2010). Portanto, o emprego de dispositivos de P4 previamente utilizados é preferível em protocolos de indução de puberdade em novilhas.

Ainda, o *feedback* negativo exercido pelo E2 sobre a secreção de GnRH é um fator determinante que impede a ocorrência da primeira ovulação. Além disso, o uso de outra fonte de P4 que não a endógena e o aumento dos níveis de E2 endógeno tem sido descrito como potencial tratamento para reduzir esse *feedback*, culminando na ovulação (DAY et al., 1987;

NOGUEIRA, 2004; RASBY et al., 1998). Um efeito positivo da aplicação de uma fonte de E2 após a exposição ao dispositivo de P4 foi descrito recentemente (RODRIGUES et al., 2014; SÁ FILHO et al., 2015), indicando que o aumento da concentração de E2 ao final do protocolo de indução pode estimular a ovulação em novilhas *Bos indicus*, aumentando a eficiência do tratamento.

3 HIPÓTESES

3.1 EXPERIMENTO 1: FATORES QUE INFLUENCIAM A PUBERDADE E O SUCESSO GESTACIONAL DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE AO SOBREANO SUBMETIDAS A PROGRAMAS DE SINCRONIZAÇÃO DA OVULAÇÃO PARA IATF

- O *maior* desenvolvimento corporal é associado à *maior* taxa de ciclicidade, a resposta ao protocolo de sincronização da ovulação (i.e., *maior* desenvolvimento folicular e *maior* taxa de ovulação) e ao maior sucesso gestacional (i.e., *maior* taxa de prenhez à IATF) de novilhas da raça Nelore ao sobreano (Figura 2).

3.2 EXPERIMENTO 2: IMPACTO DO ESTÍMULO PRÉVIO COM PROGESTERONA E ESTRÓGENO NA RESPOSTA DE PROGRAMAS DE IATF EM NOVILHAS DA RAÇA NELORE AO SOBREANO

- O tratamento com P4 e E2 *aumenta* a quantidade de novilhas que apresentam corpo lúteo no início do protocolo de sincronização da ovulação para IATF. O tratamento para indução de ciclicidade *aumenta* o sucesso gestacional das novilhas da raça Nelore inseminadas em tempo fixo ao sobreano (Figura 3).

Figura 2 - Modelo hipotético gráfico da influência do desenvolvimento corporal (ECC = Escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura da gordura subcutânea na garupa; ETR = escore do trato reprodutivo) de novilhas da raça Nelore ao sobreano sobre a ciclicidade, resposta ao protocolo de sincronização da ovulação e sucesso gestacional em programas de IATF

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Figura 3 - Modelo hipotético gráfico do impacto do estímulo prévio com progesterona (P4) e estrógeno (E2) ao início do protocolo de IATF sobre a taxa de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização e o sucesso gestacional de novilhas Nelore ao sobreano

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

4 OBJETIVO

4.1 EXPERIMENTO 1

Avaliar o efeito do desenvolvimento corporal e do trato reprodutivo de novilhas da raça Nelore ao sobreano (média de 13,9 meses de idade) sobre a puberdade, resposta ao protocolo (diâmetro do maior folículo na retirada do implante auricular contendo Norgestomet, diâmetro do maior folículo no momento da IATF e taxa de ovulação) e sucesso gestacional (taxa de prenhez 30 dias após a IATF).

4.2 EXPERIMENTO 2

Avaliar o impacto do tratamento com progesterona e estrógeno previamente ao protocolo de sincronização da ovulação para IATF sobre a presença de corpo lúteo no início do protocolo de sincronização e sucesso gestacional de novilhas da raça Nelore ao sobreano (média de 14,0 meses de idade).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 EXPERIMENTO 1

5.1.1 Fazendas e animais

O estudo avaliou 650 novilhas da raça Nelore submetidas ao protocolo para IATF. Os procedimentos foram realizados em três fazendas comerciais de pecuária de corte, localizadas nos municípios de Camapuã (Fazenda A, 19° 31' 53" S / 54° 02' 38" W; n = 377), Três Lagoas (Fazenda B, 20° 45' 04" S / 51° 40' 42" W; n = 173) e Água Clara (Fazenda C, 20° 26' 53" S / 52° 52' 41" W; n = 100), no estado do Mato Grosso do Sul. Os dados foram coletados durante os meses de outubro de 2013 a janeiro de 2014.

Para a inclusão dos animais no experimento, a idade foi considerada como único critério de seleção. Assim, as novilhas utilizadas possuíam $13,9 \pm 0,03$ meses de idade (11,0 - 16,0 meses). As fêmeas foram mantidas em regime de alimentação à pasto, recebendo suplementação mineral de acordo com o manejo das propriedades e água *ad libitum*.

5.1.2 Avaliações fenotípicas

5.1.2.1 Avaliação do desenvolvimento corporal

As novilhas foram avaliadas 10 dias (Dia -10) antes do início do protocolo de sincronização da ovulação para IATF quanto à idade (utilizando-se os registros zootécnicos das fazendas), ao peso (utilizando-se uma balança para tronco de contenção id BECK 2.0 Beckhauser, Paranavaí – PR, Brasil), ao escore de condição corporal [ECC; utilizando-se escala de 1 (muito magra) a 5 (muito gorda) segundo AYRES et al., 2009], altura de cernelha (hCERN; utilizando-se uma régua centimetrada instalada na lateral do tronco de contenção) e profundidade de costela [pCOST; calculada de acordo com a fórmula: $pCOST = (hCERN - \text{altura do chão à ponta de costela}) \div hCERN \times 100$]. Não houve qualquer tipo de seleção de

novilhas de acordo com os parâmetros avaliados, sendo que todas as fêmeas contemporâneas foram inseridas no protocolo para IATF (Figura 4).

5.1.2.2 Avaliações ultrassonográficas e palpação transretal

A mensuração da espessura da gordura subcutânea na região da garupa (EGPU) foi realizada por meio de ultrassonografia utilizando transdutor linear de 178 mm e frequência 3,5MHz (Aloka SSD500, Aloka, Japão) sem guia acústica acoplada no Dia -10. Localizou-se por palpação o local anatômico para a tomada da imagem (linha reta entre o íleo e o ísquio, visualizando-se a borda superior do músculo *Biceps femoris*) e foi colocado óleo vegetal nessa região, com o objetivo de se proporcionar melhor superfície de contato entre o transdutor e o corpo do animal. Levou-se em consideração a medida entre o limite inferior da pele e a fáscia profunda, não sendo contabilizada a espessura da pele.

As avaliações do trato reprodutivo foram realizadas por ultrassonografia transretal com aparelho munido de transdutor linear e frequência 7,5 MHz (Chison 8200VET, Kylumax). Os exames foram realizados nos Dias -10, 0, 8, 17 e 40. Nos Dias -10 e 0 foi verificada a ciclicidade das fêmeas, sendo determinada pela presença de corpo lúteo (CL) em pelo menos um dos exames ultrassonográficos. O ETR também foi mensurado no Dia -10 por meio de palpação transretal, utilizando adaptação da metodologia previamente descrita por ANDERSEN et al., 1991. Desta forma os critérios dessa classificação foram: Escore 1 – útero ≤ 15 mm e ovários ≥ 8 mm sem folículo; Escore 2 – útero ≤ 15 mm e ovários ≥ 8 mm com folículo; Escore 3: útero ≥ 15 mm e ovários ≥ 8 mm sem folículo; Escore 4: útero ≥ 15 mm e ovários ≥ 8 mm com folículo; Escore 5 – presença de CL. Nos Dias 8 e 10, o diâmetro do maior folículo presente nos ovários foi mensurado (Dia 8 = FDD8 e Dia 10 = FDIA). No Dia 17, foi verificada a ocorrência de ovulação do maior folículo previamente identificado e mensurado. A ocorrência da ovulação foi considerada pela presença de CL no ovário ipsilateral à presença do folículo dominante previamente identificado nos Dias 8 e 10.

No Dia 40, o diagnóstico de gestação foi realizado (30 dias após a IATF). A prenhez foi caracterizada pela presença de vesícula embrionária contendo embrião viável (presença de batimentos cardíacos). A taxa de prenhez foi calculada com base na proporção de novilhas prenhes no diagnóstico de gestação com relação ao número de fêmeas inseminadas.

5.1.3 Protocolo de sincronização da ovulação para IATF

No início do protocolo de sincronização da ovulação (Dia 0), as novilhas receberam um implante auricular contendo 3,0 mg de Norgestomet (CRESTAR®, MSD Animal Health, Brasil) e 2,0 mg IM de benzoato de estradiol (BE; Gonadiol®, MSD Animal Health, Brasil). No Dia 8, os implantes auriculares foram removidos e administraram-se 0,6 mg IM de cipionato de estradiol (CE; E.C.P®, Zoetis, Brasil), 0,265 mg IM de cloprostenol (Ciosin®, MSD Animal Health, Brasil) e 300 UI de gonadotrofina coriônica equina (eCG, Novormon®, MSD Animal Health, Brasil). No Dia 10, as novilhas foram inseminadas em tempo fixo 48 h após a remoção do implante auricular (Figura 4). As doses de sêmen utilizadas de cada touro ($n = 4$ touros) foram homogêneas distribuídas entre os diferentes inseminadores ($n = 4$) dentro de cada um dos lotes ($n = 7$) e dentro de cada fazenda ($n = 3$).

Figura 4 - Delineamento do Experimento 1. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; ETR = escore do trato reprodutivo.

* US OV = Ultrassonografia de ovários (presença de corpo lúteo)

** US OV = Ultrassonografia de ovários (mensuração do maior folículo)

*** US OV = Ultrassonografia de ovários (taxa de ovulação)

Fonte: FREITAS, B.G., 2015.

5.1.4 Análise estatística

Informações individuais das novilhas de cada uma das fazendas foram dispostas em uma única planilha para a análise estatística. Primeiramente, as variáveis contínuas obtidas no Dia – 10, idade (meses), peso corporal (kg), ECC (escala de 1 a 5), hCERN (cm), pCOST (%), EGPU (mm) e ETR (escala de 1 a 5) foram estudadas por análise univariável, usando o procedimento GLIMMIX do SAS 9.3 (Statistical Analysis Software, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), sendo incluídas uma a uma no modelo. Os inseminadores e touros envolvidos nas inseminações dentro de cada lote (1 a 7), dentro de cada fazenda (A, B e C) foram incluídos como efeito aleatório para cada uma das variáveis.

Posteriormente, os dados foram analisados por regressão logística multivariada usando o procedimento GLIMMIX do SAS 9.3 (Statistical Analysis Software, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Para as análises, foi utilizado o modelo “*backward stepwise regression*”, e as variáveis explanatórias foram sequencialmente removidas do modelo estatístico seguindo o critério de Wald se $P > 0,20$. Valores de $P < 0,05$ foram considerados como significantes.

As variáveis contínuas obtidas no Dia –10, idade (meses), peso corporal (kg), ECC (escala de 1 a 5), hCERN (cm), pCOST (%) e EGPU (mm), foram classificadas anteriormente à análise estatística multivariada. O ponto de corte para tais classificações foi determinado utilizando a análise da curva “Receiver Operating Characteristic” (ROC), que determina a precisão pela qual cada uma dessas variáveis prevê as variáveis binomiais avaliadas (taxa de ciclicidade, taxa de ovulação e taxa de prenhez à IATF), baseada na sensibilidade e especificidade. A sensibilidade da curva contra falso positivo (100 – especificidade) encontra a melhor combinação de sensibilidade e especificidade para cada uma das variáveis contínuas e a ocorrência do evento.

Para a análise da taxa de ciclicidade ($n = 650$) foram incluídos no modelo inicial a idade (≤ 14 e > 14 meses), o peso corporal ($\leq 253,5$ e $> 253,5$ Kg), o ECC (≤ 3 e > 3 , escala de 1 a 5), hCERN ($\leq 122,5$ e $> 122,5$ cm), a pCOST ($\leq 44,5$ e $> 44,5$ %) e a EGPU ($\leq 3,4$ e $> 3,4$ mm). O efeito de lote (1 a 7) dentro de cada fazenda (A, B e C) foi incluído como efeito aleatório. No modelo final para análise da taxa de ciclicidade foram mantidos os efeitos de hCERN, e pCOST.

Para as análises da resposta ao protocolo foram avaliados os diâmetros foliculares nos Dias 8, Dia 10 e crescimento folicular entre o Dia 8 e Dia 10 (CrescFD), bem como a taxa de ovulação ($n=546$). As variáveis contínuas (FDD8, FDIA e CrescFD) foram analisadas por ANOVA utilizando o PROC GLIMMIX do SAS 9.3. Tais variáveis foram previamente testadas

de acordo com a homogeneidade e a normalidade utilizando o Guide Data Analysis do SAS. Previamente a análise estatística, a variável FDD8 foi transformada utilizando a 1/raiz quadrada da variável, enquanto a variável FDIA foi transformada utilizando a raiz quadrada da variável. Os resultados foram apresentados como média $\pm$ erro padrão. O modelo foi ajustado para a distribuição normal. O modelo estatístico para a avaliação do FDD8 e FDIA foram incluídos no modelo estatístico idade ($\leq 13,9$ e $> 13,9$ meses), peso corporal ($\leq 257,5$ e $> 257,5$ Kg), ECC (≤ 3 e > 3 , escala de 1 a 5), hCERN ($\leq 121,5$ e $> 121,5$ cm), pCOST ($\leq 45,5$ e $> 45,5$ %), EGPU ($\leq 2,6$ e $> 2,6$ mm) e ETR (1 a 5). Em relação à análise da taxa de ovulação o modelo inicial incluiu as mesmas variáveis descritas acima, no entanto nenhuma delas ficou retida no modelo final.

Para a análise da taxa de prenhez à IATF (n = 650) foram incluídos no modelo inicial idade ($\leq 13,8$ e $> 13,8$ meses), peso corporal ($\leq 248,0$ e $> 248,0$ Kg), ECC (≤ 3 e > 3 , escala de 1 a 5), hCERN ($\leq 119,0$ e $> 119,0$ cm), pCOST ($\leq 44,0$ e $> 44,0$ %) e EGPU ($\leq 2,5$ e $> 2,5$ mm). Os inseminadores e touros envolvidos nas inseminações dentro de cada lote (1 a 7), dentro de cada fazenda (A, B e C) foram incluídos como efeito aleatório. No modelo final para análise da taxa de ciclicidade foram mantidos os efeitos de idade, pCOST e EGPU. Ainda, as associações entre o EGPU e as taxas de ciclicidade e prenhez à IATF foram determinadas, sendo que curvas de regressão logística foram obtidas utilizando os coeficientes gerados pelo artifício “*interactive data analyses*” do programa estatístico SAS e da fórmula $y = \exp(\alpha \times x + b) / [1 + \exp(\alpha \times x + b)]$, onde: y = probabilidade de sucesso de concepção; exp = exponencial, α = inclinação da equação logística; b = intercepto da equação logística; x = EGPU no Dia – 10 em milímetros. Adicionalmente, as variáveis retidas no modelo final foram incluídas em um modelo único de predição de sucesso gestacional das novilhas, conforme descrito acima.

5.2 EXPERIMENTO 2

5.2.1 Fazendas e animais

O estudo avaliou 626 novilhas da raça Nelore submetidas ao protocolo para IATF. Os procedimentos foram realizados em duas fazendas comerciais de pecuária de corte, localizadas no município de Camapuã (Fazenda A, 19° 31' 53" S / 54° 02' 38" W) e Três Lagoas (Fazenda

B, 20° 45' 04" S / 51° 40' 42" W), no estado do Mato Grosso do Sul. Os dados foram coletados durante os meses de outubro de 2014 e janeiro de 2015.

Para a inclusão dos animais no experimento, a idade foi considerada como único critério de seleção. Assim, as novilhas utilizadas possuíam $14,0 \pm 0,04$ meses de idade (11,0 - 16,0 meses). As fêmeas foram mantidas em regime de alimentação a pasto, recebendo suplementação mineral de acordo com o manejo das propriedades e água *ad libitum*.

5.2.2 Avaliações fenotípicas

5.2.2.1 Avaliação do desenvolvimento corporal

As novilhas foram avaliadas 22 dias (Dia -22) antes do início do protocolo de sincronização da ovulação para IATF quanto à idade (utilizando-se os registros zootécnicos das fazendas), ao peso (utilizando-se uma balança para tronco de contenção id BECK 2.0 Beckhauser, Paranavaí – PR, Brasil), ao escore de condição corporal [ECC; utilizando-se escala de 1 (muito magra) a 5 (muito gorda) segundo AYRES et al., 2009] e profundidade de costela (pCOST; calculada de forma semelhante ao descrito no Experimento 1).

5.2.2.2 Avaliações ultrassonográficas e palpação transretal

As novilhas foram avaliadas por meio de ultrassonografia transretal com probe linear de frequência 7,5MHz (Chison 8200VET, Kylumax), nos Dias -22, -12, 0, 40 e 72. Nos Dias -22, -10 e 0 foi verificada a ciclicidade das fêmeas, sendo determinada pela presença de CL em pelo menos um dos exames ultrassonográficos. O ETR também foi mensurado no dia -22 por meio de palpação transretal, conforme descrito no Experimento 1.

5.2.3 Desenho experimental e protocolo de indução de ciclicidade

O presente estudo foi realizado em delineamento blocos casualizados. No Dia -22 as novilhas, dentro de cada lote (1 a 5), distribuídas aleatoriamente, em um de dois grupos experimentais: Indução (n = 307) e Controle (sem tratamento adicional; n = 319). As fêmeas do grupo Indução foram submetidas ao protocolo de indução de ciclicidade previamente descrito por RODRIGUES et al. (2014). Esses animais receberam um dispositivo de P4 (CIDR®, Zoetis, São Paulo, Brasil) usado previamente por três vezes em vacas *Bos indicus* (durante 8 dias, totalizando 24 dias de uso prévio). Após cada uso, os dispositivos de P4 foram individualmente lavados com água e imersos em solução de cloreto de alquil dimetil benzil amônio (CB 30 Ourofino Agronegócio, São Paulo, Brasil) por aproximadamente 10 minutos, sendo então secados com papel absorvente, acondicionados em sacolas plásticas e mantidos em local limpo, seco e ao abrigo do sol até seu próximo uso. No Dia -12, os dispositivos de P4 foram removidos e foram administrados 0,6 mg IM de CE (E.C.P®, Zoetis, São Paulo, Brasil).

5.2.4 Protocolo de IATF, ressincronização e diagnóstico de gestação

Doze dias após a retirada do dispositivo intravaginal do protocolo de indução de ciclicidade (Dia 0), todas as fêmeas foram submetidas ao mesmo protocolo de IATF anteriormente descrito no Experimento 1. No Dia 32 (22 dias após a 1ª IATF), todas as novilhas foram ressincronizadas com o mesmo protocolo, porém utilizando-se apenas 1,0 mg de BE IM no início do tratamento de sincronização da ovulação. No Dia 40, os implantes auriculares foram removidos e apenas os animais não gestantes receberam 0,6 mg IM de CE (E.C.P®, Zoetis, Brasil), 0,265 mg IM de cloprostenol (Ciosin®, MSD Animal Health, Brasil), 300 UI de eCG (Novormon®, MSD Animal Health, Brasil) e foram inseminados no Dia 42 (2ª IATF).

No Dia 40, foi realizado o diagnóstico de gestação (30 dias após a IATF). No Dia 72 foi realizado o segundo diagnóstico de gestação (30 dias após a 2ª IATF) naqueles animais que não estavam gestantes após a 1ª IATF e receberam a 2ª IATF (Figura 5). A prenhez foi caracterizada pela presença de uma vesícula embrionária com um embrião viável (presença de batimentos cardíacos). A taxa de prenhez foi calculada com base na proporção de novilhas prenhes no diagnóstico de gestação com relação ao número de fêmeas que foram inseminadas.

Figura 5 - Delineamento do Experimento 2. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; ETR = escore do trato reprodutivo

* US OV = Ultrassonografia de ovários (presença de corpo lúteo)

Fonte: FREITAS, B.G., 2015.

5.2.6 Análise estatística

Informações individuais das novilhas de cada uma das fazendas foram dispostas em uma única planilha para a análise estatística. Os dados foram analisados por regressão logística multivariada usando o procedimento GLIMMIX do SAS 9.3 (Statistical Analysis Software, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Para as análises, foi utilizado o modelo “*backward stepwise regression*”, e as variáveis explanatórias foram sequencialmente removidas do modelo estatístico seguindo o critério de Wald se $P > 0,20$. Valores de $P < 0,05$ foram considerados como significantes.

Para análise da presença de corpo lúteo no início do protocolo foram incluídos no modelo inicial o tratamento (Indução vs. Controle), idade ($\leq 14,1$ e $> 14,1$ meses), peso corporal ($\leq 256,5$ e $> 256,5$ Kg), ECC ($\leq 3,1$ e $> 3,1$, escala de 1 a 5), pCOST ($\leq 43,1$ e $> 43,1$ %). O efeito de lote (1 a 5) dentro de cada fazenda (A e B) foi incluído como efeito aleatório. No modelo final para análise da taxa de corpo lúteo foram mantidos os efeitos de tratamento, Idade, Peso e ECC. Para as análises de taxa de prenhez à 1ª IATF, taxa de prenhez à 2ª IATF e taxa de prenhez acumulada (1ª + 2ª IATF) foram incluídos no modelo inicial o tratamento (Indução vs.

Controle), idade ($\leq 14,1$ e $> 14,1$ meses), peso corporal ($\leq 256,5$ e $> 256,5$ Kg), ECC ($\leq 3,1$ e $> 3,1$, escala de 1 a 5), pCOST ($\leq 43,1$ e $> 43,1$ %), presença de corpo lúteo no início do protocolo de sincronização (1 ou 0) e ETR (1 a 5). Para a análise da taxa de prenhez à 1ª IATF os inseminadores e touros envolvidos nas inseminações dentro de cada lote (1 a 5), dentro de cada fazenda (A e B) foram incluídos como efeito aleatório. No modelo final para esta análise foram mantidos os efeitos de tratamento, peso corporal, ETR e presença de CL no início do protocolo. Para a análise da taxa de prenhez à 2ª IATF os inseminadores e touros envolvidos nas inseminações dentro de cada lote (1 a 5), dentro de cada fazenda (A e B) foram incluídos como efeito aleatório. No modelo final para esta análise foram mantidos os efeitos de tratamento e ECC.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A PUBERDADE E O SUCESSO GESTACIONAL DE NOVILHAS DA RAÇA NELORE AO SOBREANO SUBMETIDAS A PROGRAMAS DE SINCRONIZAÇÃO DA OVULAÇÃO PARA IATF

Para melhor elucidar o efeito de cada parâmetro avaliado na eficiência reprodutiva de novilhas Nelore com média de $13,9 \pm 0,03$ meses de idade, os resultados e discussão serão apresentados de acordo com as etapas do programa reprodutivo adotado, sendo: ciclicidade (fatores que influenciam a presença de CL no início do protocolo), resposta ao protocolo (fatores que influenciam o FDD8, FDIA, o CrescFD e taxa de ovulação) e taxa de prenhez (fatores que influenciam a taxa de prenhez).

As fazendas foram incluídas como efeito aleatório no modelo estatístico. Devido à grande disparidade dos sistemas de cria no Brasil (VALLE; ANDREOTTI; THIAGO, 1998), com alta variabilidade genética (FERRAZ JR. et al., 2014; KOURY FILHO et al., 2009) e de oferta de alimentos, o efeito fazenda muitas vezes se sobrepõe ao efeito dos parâmetros estudados, devido ao desenvolvimento corporal atingido em cada um dos sistemas de criação. Portanto, para melhor evidenciar o impacto de cada um dos parâmetros de desenvolvimento corporal e reprodutivo sobre a ciclicidade, resposta ao protocolo e taxa de prenhez, optou-se por inserir as fazendas no efeito aleatório da análise. As médias $\pm$ erro padrão da média (EPM) de acordo com as 3 propriedades distintas estão apresentadas na Tabela 1. Analisando o efeito de fazenda em modelo univariável, observa-se que existe impacto significativo em quase todas as variáveis analisadas, com exceção das respostas ao protocolo de sincronização da ovulação (CrescFD e taxa de ovulação), que foi semelhante nas fazendas estudadas.

Tabela 1 - Médias ± EPM dos parâmetros avaliados de acordo com as 3 distintas fazendas do experimento. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; ETR = escore do trato reprodutivo; FDD8 = diâmetro do maior folículo na retirada do implante progestágeno; FDIA = diâmetro do maior folículo à IATF; CrescFD = crescimento diário do maior folículo entre a retirada do implante e a IATF

Fazenda	A				B				C	A, B, C	Valor de P
	1	2	3	4	1 a 4	5	6	5 a 6	7	1 a 7	-
N. de novilhas	97	95	92	93	377	85	88	173	100	650	-
Idade, meses	13,9 ± 0,08	13,8 ± 0,08	13,8 ± 0,09	13,9 ± 0,08	13,9 ^{ab} ± 0,04	14,1 ± 0,08	14,0 ± 0,09	14,0 ^a ± 0,06	13,6 ^b ± 0,08	13,9 ± 0,03	0,001
Peso, kg	253,7 ± 1,94	261,4 ± 1,83	258,8 ± 2,18	261,7 ± 1,96	258,9 ^a ± 1,00	252,8 ± 3,01	252,7 ± 2,94	252,7 ^b ± 2,00	227,9 ^c ± 2,60	252,5 ± 0,99	<0,0001
ECC, 1 a 5	3,0 ± 0,02	3,0 ± 0,01	3,0 ± 0,01	3,1 ± 0,01	3,0 ^b ± 0,00	3,3 ± 0,02	3,3 ± 0,02	3,3 ^a ± 0,01	2,8 ^c ± 0,01	3,0 ± 0,01	<0,0001
ETR, 1 a 5	3,3 ± 0,15	2,0 ± 0,12	2,1 ± 0,15	2,3 ± 0,14	2,4 ^a ± 0,07	2,3 ± 0,15	2,4 ± 0,14	2,4 ^a ± 0,10	1,5 ^b ± 0,06	2,3 ± 0,05	<0,0001
hCERN, mm	120,8 ± 0,41	122,1 ± 0,39	123,2 ± 0,30	122,2 ± 0,42	122,0 ^a ± 0,02	121,8 ± 0,56	119,8 ± 0,34	120,7 ^b ± 0,33	122,4 ^a ± 0,36	121,8 ± 0,15	0,0006
pCOST, %	46,4 ± 0,00	44,2 ± 0,00	43,2 ± 0,00	47,0 ± 0,00	45,2 ^b ± 0,00	45,2 ± 0,00	49,6 ± 0,00	47,4 ^a ± 0,00	40,2 ^c ± 0,00	45,0 ± 0,00	<0,0001
EGPU, mm	3,1 ± 0,18	3,3 ± 0,20	3,3 ± 0,21	3,7 ± 0,17	3,3 ^a ± 0,09	3,5 ± 0,10	3,2 ± 0,10	3,3 ^a ± 0,07	0,6 ^b ± 0,11	2,9 ± 0,07	<0,0001
Ciclicidade, %	28,9	7,4	14,1	9,7	15,1 ^a	14,1	12,5	13,3 ^a	2,0 ^b	12,6	0,010
Resposta ao protocolo											
FDD8, mm	6,4 ± 0,19	6,9 ± 0,24	6,2 ± 0,21	5,9 ± 0,19	6,5 ^b ± 0,11	8,0 ± 0,27	8,1 ± 0,23	8,4 ^a ± 0,25	5,6 ^c ± 0,24	7,0 ± 0,11	<0,0001
FDIA, mm	8,1 ± 0,25	8,7 ± 0,26	7,8 ± 0,24	8,0 ± 0,25	8,1 ^b ± 0,12	9,5 ± 0,30	10,6 ± 0,26	10,3 ^a ± 0,24	7,1 ^c ± 0,21	8,6 ± 0,11	<0,0001
CresceFD, mm/dia	0,8 ± 0,14	0,8 ± 0,12	0,7 ± 0,10	0,7 ± 0,10	0,8 ± 0,06	0,7 ± 0,17	1,1 ± 0,20	0,9 ± 0,13	0,5 ± 0,14	0,8 ± 0,05	0,78
Ovulação, %	70,1	73,6	73,6	73,6	72,8	72,6	78,4	75,5	-	73,6	0,49
Prenhez											
Prenhez, %	36,1	30,5	32,6	40,9	35,0 ^b	42,4	54,5	48,5 ^a	16,0 ^c	35,7	<0,0001

^{a,b,c} Letras diferentes na mesma linha representam diferença estatística (P < 0,05)

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

6.1.1 Ciclicidade

Com relação ao modelo estatístico univariável, objetivando a avaliação do impacto de cada parâmetro mensurado de maneira isolada sobre a ciclicidade ao início do protocolo de IATF, a hCERN ($P = 0,46$) e a pCOST ($P = 0,94$) não foram associadas com incremento na taxa de ciclicidade. Entretanto, as novilhas que possuíam mais idade ($P = 0,02$), peso ($P = 0,03$), ECC ($P = 0,04$) e EGPU ($P = 0,01$) obtiveram maior taxa de ciclicidade ao início do protocolo para IATF. Os parâmetros associados com o incremento da taxa de ciclicidade podem ser relacionados ao desenvolvimento corporal, corroborando com dados encontrados na literatura e descritos anteriormente [idade (HALL et al., 1997; NOGUEIRA, 2004), peso (FREETLY; KUEHN; CUNDIFF, 2011; LAMB, 2013); ECC e EGPU (GASSER, 2013; RANDEL; WELSH, 2013)]. Portanto, sugere-se que o desenvolvimento corporal é um importante fator que pode desencadear a puberdade em novilhas da raça Nelore ao sobreano.

Além disso, conforme descrito na sessão de análise estatística, os dados de desenvolvimento corporal das novilhas foram classificados em categorias, de acordo com os pontos de maior sensibilidade e especificidade para ciclicidade ao início do protocolo para IATF, fornecidos pela curva ROC (Tabela 2).

Tabela 2 - Pontos de corte dos parâmetros avaliados e calculados pela curva Receiver Operation Characteristics (ROC), com base na taxa de ciclicidade ao início do protocolo para IATF. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa

Parâmetro	N	Área sob a curva	95% intervalo de confiança	Valor de P
Idade				
> 14,0 meses	283	58,8	0,523 a 0,652	0,01
≤ 14,0 meses	367			
Peso				
> 253,5kg	324	58,5	0,522 a 0,648	0,01
≤ 253,5kg	325			
ECC				
> 3,1	249	59,2	0,532 a 0,652	0,006
≤ 3,1	400			
hCERN				
> 122,5cm	257	49,5	0,427 a 0,563	0,90
≤ 122,5cm	386			
pCOST				
> 44,5%	358	56,0	0,498 a 0,622	0,07
≤ 44,5%	285			
EGPU				
> 3,4mm	232	61,9	0,557 a 0,681	0,0005
≤ 3,4mm	411			

Ao considerar-se o modelo estatístico multivariável, no qual todos os parâmetros mensurados foram classificados de acordo com o ponto de corte fornecido pela curva ROC e avaliados concomitantemente, objetivou-se evidenciar os parâmetros que exercem mais impacto na ciclicidade ao início do protocolo para IATF. Nesse sentido, não houve efeito dos parâmetros idade ($> 14,0$ meses = $17,0$ vs. $\leq 14,0$ meses = $9,3\%$; $P = 0,22$), peso ($> 253,5$ kg = $15,4$ vs. $\leq 9,8\%$; $P = 0,43$), ECC ($> 3,1 = 16,5$ vs. $\leq 3,1 = 10,2\%$; $P = 0,65$), hCERN ($> 122,5$ cm = $15,2$ vs. $\leq 122,5$ cm = $11,1\%$) e pCOST ($> 44,5\% = 15,4$ vs. $\leq 44,5\% = 9,5\%$; $P = 0,56$) na taxa de ciclicidade ao início do protocolo. Em novilhas taurinas, diversos estudos indicam que é preciso um grau de desenvolvimento, idade específica (HALL et al., 1997; NELSEN; LONG; CARTWRIGHT, 1982) ou relação entre o peso da fêmea jovem e o peso do vaca adulta para que as novilhas atinjam a primeira ovulação (LAMB, 2013; STYGAR; KRISTENSEN; MAKULSKA, 2014; WILTBANK; KASSON; INGALLS, 1969). Já em novilhas zebuínas, dados na literatura são indicativos de que a puberdade é alcançada com aproximadamente 24 meses e 297 kg de peso vivo (MONTEIRO et al., 2013). Desta forma, parecem existir limites mínimos de desenvolvimento corporal e idade para que a novilha tenha a primeira ovulação (HOLM; THOMPSON; IRONS, 2009; NOGUEIRA, 2004). As fêmeas do presente estudo possuíam em média 10,0 meses de idade e 45 kg de peso vivo a menos em relação ao descrito para que a puberdade seja atingida em novilhas da raça Nelore. Portanto, de maneira geral acredita-se que as fêmeas envolvidas no presente estudo apresentam desenvolvimento corporal e idade insuficientes para obter naturalmente sua primeira ovulação.

Observou-se que fêmeas que possuíam EGPU $> 3,4$ mm apresentaram taxa de ciclicidade superior ($19,4\%$) em relação àquelas com EGPU $\leq 3,4$ mm ($8,8\%$; $P = 0,002$). Ainda, novilhas com maior EGPU apresentaram maior probabilidade de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização (Figura 6). Estudos sugerem que a EGPU é uma eficiente preditora das reservas energéticas corporais das fêmeas bovinas (AYRES et al., 2009), e seus efeitos positivos na eficiência reprodutiva de novilhas taurinas e zebuínas são descritos na literatura (FUNSTON; SUMMERS; ROBERTS, 2012; ROMANO et al., 2007). O acúmulo de reservas lipídicas nas fêmeas jovens aparentemente possui grande impacto puberdade (DAY; MAQUIVAR, 2014), sendo que novilhas que receberam suplementação com alto teor energético possuem maior espessura de gordura subcutânea, resultando em maior taxa de ciclicidade ao início da estação de monta (BUSKIRK; FAULKNER; IRELAND, 1995) e menor idade à puberdade (HALL et al., 1995).

Figura 6 - Probabilidade de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização em função da espessura de gordura subcutânea (EGPU) de novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade [Logit(EGPU) = $-2,5806 + 0,2027 \cdot \text{EGPU}$; $P = 0,001$]

Fonte: FREITAS, B.G., 2015.

A ligação entre o acúmulo de reservas corporais e o eixo reprodutivo tem sido investigada em inúmeros estudos (CARDOSO et al., 2014b; SMITH; JACKSON; FOSTER, 2002; VAICIUNAS et al., 2008). Dados na literatura são indicativos de que a leptina, um hormônio proteico secretado principalmente pelos adipócitos e positivamente correlacionado com a massa de gordura corporal (AHRÉN et al., 1997), é um importante regulador da função reprodutiva (CARDOSO et al., 2014a). Esse hormônio parece não atuar diretamente no neurônio secretor de GnRH, sendo que sua influência no controle metabólico da puberdade provavelmente está relacionada a estímulos intermediários (QUENNEL et al., 2009), por vias de sinalização induzindo a secreção de neuropeptídeo Y (GAZAL, 1998) ou pela kisspeptina (CARDOSO et al., 2015).

Mesmo a EGPU sendo a variável mais correlata com a ciclicidade, as novilhas com maior EGPU possuíam apenas 19,4% de presença de CL e 56% do peso adulto esperado. Em contraponto, novilhas taurinas criadas à pasto obtiveram 46% de puberdade com 56% do peso adulto estimado (FUNSTON; LARSON, 2011). Portanto, um dos possíveis fatores limitantes para a obtenção da puberdade pode ser a reduzida utilização de programas de melhoramento genético nos rebanhos zebuínos criados a pasto em condições tropicais.

6.1.2 Resposta ao protocolo

Com relação ao modelo estatístico univariável, objetivando a avaliação de maneira isolada do impacto de cada parâmetro mensurado sobre o diâmetro do maior folículo no Dia 8 (FDD8), verificou-se que a idade ($P = 0,07$), o ECC ($P = 0,06$) e a pCOST ($P = 0,49$) não foram associadas com incremento no FDD8. Entretanto, novilhas que possuíam mais peso ($P = 0,01$), hCERN ($P = 0,01$) e EGPU ($P = 0,01$) obtiveram maior FDD8. Para o ETR, verificou-se diminuição do FDD8 em novilhas com escore 1 e 5 ($P=0,001$). Além disso, o peso ($P = 0,18$), ECC ($0,57$), pCOST ($P = 0,71$), EGPU ($P = 0,38$) e ETR ($P = 0,91$) não resultaram em associação com o maior folículo na IATF (FDIA). No entanto, novilhas com mais idade ($P = 0,02$) e hCERN ($P = 0,05$) possuíam maior FDIA. Com relação ao crescimento diário do maior folículo (CrescFD) e taxa de ovulação, não foi observada associação entre nenhum dos parâmetros [CrescFD (idade, $P = 0,88$; peso, $P = 0,24$; ECC, $P = 0,09$; hCERN, $P = 0,40$; pCOST, $P = 0,37$; EGPU, $P = 0,32$; ETR, $P = 0,21$) e taxa de ovulação (idade, $P = 0,37$; peso, $P = 0,28$; ECC, $P = 0,34$; hCERN, $P = 0,23$; pCOST, $P = 0,84$; EGPU, $P = 0,56$; ETR, $P = 0,93$).

Além disso, conforme descrito na sessão de análise estatística os dados de desenvolvimento corporal das novilhas foram classificados em categorias, de acordo com os pontos de maior sensibilidade e especificidade para a taxa de ovulação após o protocolo para IATF, fornecidos pela curva ROC (Tabela 3).

Tabela 3 - Pontos de corte dos parâmetros avaliados e calculados pela curva Receiver Operation Characteristics (ROC), com base na taxa de ovulação após o protocolo para IATF. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; FDD8 = maior folículo presente nos ovários no Dia 8; FDIA = maior folículo presente nos ovários no Dia 10 (IATF) (continua)

Parâmetro	N	Área sob a curva	95% intervalo de confiança	Valor de P
Idade				
> 13,9 meses	301	53,0	0,472 a 0,588	0,27
≤ 13,9 meses	245			
Peso				
> 257,5kg	282	55,7	0,501 a 0,613	0,04
≤ 257,5kg	265			
ECC				
> 3,1	248	54,0	0,491 a 0,589	0,15
≤ 3,1	299			
hCERN				
> 121,5cm	297	57,1	0,520 a 0,623	0,01
≤ 121,5cm	243			

(continuação)				
Parâmetro	N	Área sob a curva	95% intervalo de confiança	Valor de P
pCOST				
> 45,5%	294	51,8	0,463 a 0,573	0,50
≤ 45,5%	246			
EGPU				
> 2,6mm	347	53,0	0,473 a 0,588	0,28
≤ 2,6mm	194			

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Ao se considerar o modelo estatístico multivariável, no qual todos os parâmetros mensurados foram classificados de acordo com o ponto de corte fornecido pela curva ROC e avaliados concomitantemente, objetivou-se evidenciar os parâmetros que exerceram mais impacto no FDD8, FDIA, CrescFD e taxa de ovulação. Não foram observadas associações entre a idade, o peso, o ECC e a pCOST ($P > 0,05$) e o FDD8 (Tabela 4). Entretanto, novilhas com maior hCERN obtiveram maior diâmetro de FDD8 ($>121,5 \text{ cm} = 7,2$ vs. $\leq 121,5 \text{ cm} = 6,9 \text{ mm}$; $P = 0,03$). Ao realizar exames ultrassonográficos com periodicidade de 18-21 dias em novilhas da raça de Nelore dos 12,0 aos 24,0 meses de idade, MONTEIRO et al. (2013) encontraram diâmetro superior do maior folículo nas fêmeas selecionadas para peso à desmama, que também possuíam maior altura de garupa. No presente estudo, novilhas com maior EGPU possuíam maior diâmetro de FDD8 ($>2,6 \text{ mm} = 7,4$ vs. $\leq 2,6 \text{ mm} = 6,5 \text{ mm}$; $P = 0,02$), evidenciando a necessidade de reservas energéticas para a manutenção do crescimento folicular (RICHARDS; WETTEMANN; SCHOENEMANN, 1989). Novilhas expostas à dieta com elevados teor energético apresentam aumento nos níveis circulantes de E2 e maior pulsatilidade de LH, sugerindo que o *status* de reservas corporais de fêmeas jovens pode influenciar o crescimento folicular (IMAKAWA et al., 1986).

Tabela 4 - Média de diâmetro do FDD8, FDIA, CrescFD e taxa de ovulação, de acordo com as classificações calculadas pela curva ROC. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa; FDD8 = maior folículo presente nos ovários no Dia 8; FDIA = maior folículo presente nos ovários no Dia 10 (IATF)

(continua)								
Parâmetro	FDD8, mm	Valor de P	FDIA, mm	Valor de P	CrescFD, mm/dia	Valor de P	Ovulação, %	Valor de P
Idade								
> 13,9 meses	7,2	0,88	9,1	0,13	0,9	0,15	77,4	0,34
≤ 13,9 meses	6,9		8,5		0,8		70,0	
Peso								
> 257,5kg	7,4	0,13	8,9	0,48	0,8	0,31	76,9	0,71
≤ 257,5kg	6,8		8,7		1,0		70,2	

(continuação)								
Parâmetro	FDD8, mm	Valor de P	FDIA, mm	Valor de P	CrescFD, mm/dia	Valor de P	Ovulação, %	Valor de P
ECC								
> 3,1	7,7	0,80	9,4	0,93	0,9	0,99	76,2	0,88
≤ 3,1	6,6		8,4		0,9		71,6	
hCERN								
> 121,5cm	7,2	0,03	8,7	0,98	0,8	0,11	77,6	0,29
≤ 121,5cm	6,9		8,9		1,0		68,7	
pCOST								
> 45,5%	7,2	0,80	8,9	0,31	0,9	0,79	74,8	0,57
≤ 45,5%	6,9		8,6		0,8		71,5	
EGPU								
> 2,6mm	7,4	0,02	9,1	0,23	0,8	0,63	77,5	0,24
≤ 2,6mm	6,5		8,3		0,9		67,5	
ETR								
1	6,9 ^{ab}	0,002	8,6	0,83	0,8	0,26	73,1	0,97
2	7,4 ^{ab}		8,9		0,8		75,7	
3	7,1 ^{ab}		8,9		0,9		69,8	
4	7,7 ^a		9,1		0,7		74,3	
5	6,3 ^b		8,7		1,2		73,4	

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Ainda, foi verificado que novilhas com ETR igual a 5 (i.e., presença de CL no início do protocolo de sincronização da ovulação) possuíam menor diâmetro de FDD8 ($P = 0,002$) em relação às novilhas com ETR igual a 4, permanecendo as fêmeas com ETR 1, 2 e 3 intermediárias (ETR 1 = 6,9 mm^{ab}; ETR 2 = 7,4 mm^{ab}; ETR 3 = 7,1 mm^{ab}; ETR 4 = 7,7 mm^a; ETR 5 = 6,3 mm^b). Este achado corrobora com outros autores, SÁ FILHO et al. (2010) relataram que novilhas da raça Nelore que apresentavam CL no início do protocolo de sincronização da ovulação para IATF obtiveram menor diâmetro do maior folículo na retirada do implante de Norgestomet (8 dias após sua inserção). Em novilhas da raça Nelore púberes a exposição à P4 endógena produzida pelo CL pode afetar o padrão de liberação de LH (CARVALHO et al., 2008) e comprometer o crescimento do folículo dominante durante o protocolo de sincronização. Diversos pesquisadores demonstraram que elevada concentração de P4 durante o tratamento de sincronização com dispositivos intravaginas reduz a pulsatilidade de LH (IRELAND; ROCHE, 1982) e crescimento folicular (CARVALHO et al., 2008). Desta forma, a concentração circulante de P4 em novilhas *Bos indicus* é um fator chave que regula os pulsos de LH e a resposta folicular aos tratamentos à base de progesterona/progestágenos

(CARVALHO et al., 2008; RANDEL, 1984; RATHBONE et al., 2001). Diante disso, possivelmente a maior concentração de P4 de pela presença de uma fonte endógena (presença de CL) durante o protocolo de IATF pode ter afetado o crescimento folicular das novilhas ao sobreano.

Apesar da influência do ETR5 sobre o FDD8, não foi observado efeito do ETR, bem como das demais variáveis como idade, peso, ECC, hCERN, pCOST e EGPU sobre o diâmetro do FDIA, CrescFD e na taxa de ovulação (Tabela 4). Esse resultado pode ser relacionado à aplicação de eCG no momento da retirada do implante de Norgestomet (Dia 8), auxiliando o crescimento folicular final e a taxa de ovulação. Dados na literatura são consistentes em demonstrar que a incorporação dessa gonadotrofina em protocolos de sincronização da ovulação altera o padrão do desenvolvimento folicular, aumentando o desenvolvimento final do folículo dominante, principalmente em animais em anestro (BARUSELLI et al., 2004a, 2004b). Da mesma forma, novilhas da raça Nelore submetidas à IATF e tratadas com eCG apresentam maior taxa de crescimento folicular, maior diâmetro do folículo dominante e maior diâmetro do CL 5 dias após a IATF (SÁ FILHO et al., 2010c).

Nesse contexto, a administração de eCG resulta em maior folículo no momento da IATF e consequentemente maior probabilidade de ovulação após o protocolo de sincronização da ovulação para IATF (SÁ FILHO et al., 2010c). O suporte para o crescimento folicular obtido após a administração da eCG pode ser explicado por sua longa meia-vida, de aproximadamente 3 dias (MURPHY; MARTINUK, 1991), bem como seu efeito FSH/LH (SALES et al., 2011). Desta forma, o maior folículo dominante das fêmeas tratadas com eCG determina maior taxa de ovulação, bem como maior atividade luteínica no ciclo subsequente (BARUSELLI et al., 2004a; SÁ FILHO et al., 2010a) e, consequentemente, maior sucesso gestacional. Portanto, a administração da eCG na retirada do implante de progestágeno pode ter sido suficiente para estimular o crescimento final do maior folículo, reduzindo os potenciais efeitos dos parâmetros de desenvolvimento corporal sobre a resposta ao protocolo das novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade.

6.1.3 Taxa de Prenhez

Com relação ao modelo estatístico univariável, objetivando a avaliação do impacto de cada parâmetro mensurado de maneira isolada sobre a taxa de prenhez ao início do protocolo para IATF; a hCERN ($P = 0,81$) e o ETR ($P = 0,30$) não foram associados com incremento no

sucesso do estabelecimento gestacional. Entretanto, novilhas que possuíam mais idade ($P = 0,001$), peso ($P = 0,01$), ECC ($P < 0,0001$), pCOST ($P = 0,001$) e EGPU ($P = 0,01$) obtiveram maior taxa de prenhez após o protocolo para IATF. Esses resultados indicam que o sucesso do estabelecimento gestacional após o protocolo de IATF em novilhas da raça Nelore ao sobreano está intimamente relacionado com o desenvolvimento corporal.

Além disso, conforme descrito na sessão de análise estatística os dados de desenvolvimento corporal das novilhas foram classificados em categorias, de acordo com os pontos de maior sensibilidade e especificidade para prenhez calculados pela curva ROC (Tabela 5).

Tabela 5 - Pontos de corte dos parâmetros avaliados e calculados pela curva Receiver Operation Characteristics (ROC), com base na taxa de prenhez. ECC = escore de condição corporal; hCERN = altura de cernelha; pCOST = profundidade de costela; EGPU = espessura de gordura subcutânea na garupa

Parâmetro	N	Área sob a curva	95% intervalo de confiança	Valor de P
Idade				
> 13,8 meses	351	58,5	0,540 a 0,630	0,0003
≤ 13,8 meses	298			
Peso				
> 248,0kg	429	56,8	0,529 a 0,607	0,003
≤ 248,0kg	311			
ECC				
> 3,0	271	62,9	0,590 a 0,666	< 0,0001
≤ 3,0	469			
hCERN				
> 119,0cm	544	50,2	0,462 a 0,541	0,94
≤ 119,0cm	196			
pCOST				
> 44,0%	393	61,0	0,571 a 0,648	< 0,0001
≤ 44,0%	347			
EGPU				
> 2,5mm	411	59,6	0,552 a 0,640	< 0,0001
≤ 2,5mm	314			

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Ao considerar-se o modelo estatístico multivariável, todos os parâmetros mensurados foram classificados de acordo com o ponto de corte fornecido pela curva ROC e avaliados concomitantemente, além das combinações das curvas entre os parâmetros. Esse ajuste determina uma melhor predição de sucesso gestacional, evidenciado pela maior área sob a curva encontrada nas combinações. Portanto, no modelo multivariável os parâmetros que predizem melhor o sucesso gestacional ficam retidos no modelo.

Verificou-se que fêmeas de maior idade apresentaram maior sucesso gestacional ($> 13,8$ meses = 43,0 vs. $\leq 13,8$ meses = 27,2%; $P = 0,04$). Assim como no presente estudo, BYERLEY; STAIGMILLER, 1987 também observaram que novilhas com mais idade à cobertura podem resultar em incremento na taxa de prenhez. Este aumento na taxa de prenhez conforme a idade parece ser decorrente do declínio do *feedback* negativo do E2 sobre o hipotálamo e o aumento na secreção de GnRH/LH (ANDERSON; MCDOWELL; DAY, 1996). Em novilhas taurinas de corte com 11 meses de idade tratadas com implantes contendo norgestomet, a sensibilidade hipotalâmica ao *feedback* negativo do E2 é mais intensa do que novilhas com maior idade, determinando em bloqueio do pico de LH e, conseqüentemente, da ovulação (HALL et al., 1997). Um dos possíveis mecanismos associados à idade e à hipersensibilidade hipotalâmica ao E2 pode ser explicado pela quantidade de receptores de estradiol presentes no hipotálamo. Com o passar da idade o número de receptores diminui, principalmente em fêmeas próximas ao alcance da puberdade (KATO; ATSUMI; INABA, 1974).

Ainda, no modelo multivariável, não foi observado efeito do peso na taxa de prenhez à IATF ($> 248,0$ kg = 39,8 vs. $\leq 248,0$ kg = 29,4%; $P = 0,71$). Dados na literatura são indicativos de que o peso possui baixa correlação com o acúmulo de gordura subcutânea (AYRES et al., 2009) e pode estar ligado ao porte do animal (ROCHA et al., 2003). Desta forma, o peso quando analisado isoladamente é uma variável de desenvolvimento corporal menos precisa para se estimar a quantidade de reservas corporais existentes. Animais com peso semelhante podem possuir diferentes tipos morfológicos, ou seja, fêmeas altas, longilíneas e pouco profundas podem apresentar peso semelhante a fêmeas mais baixas e profundas (KOURY FILHO et al., 2009). Portanto, o peso mensurado isoladamente pode apresentar limitações para estimar a taxa de prenhez de novilhas jovens submetidas ao protocolo para IATF.

Relatos consistentes na literatura sugerem que o ECC pode ser um parâmetro para estimar as reservas corporais de maneira mais eficiente que o peso. AYRES et al. (2014) verificaram que o ECC foi relacionado positivamente à eficiência dos protocolos de sincronização da ovulação para IATF em vacas de corte lactantes. Entretanto, os autores não verificaram efeito do peso nessas variáveis analisadas. Da mesma forma, em novilhas taurinas o ECC apresenta significativo impacto na ocorrência da puberdade (DAY; MAQUIVAR, 2014). Entretanto, no presente estudo não se verificou relação entre o ECC e a taxa de prenhez à IATF ($> 3,0 = 45,4$ vs. $\leq 3,0 = 29,7\%$; $P = 0,38$). Outros estudos corroboram com o presente achado, demonstrando pouco efeito do ECC na taxa de prenhez após IATF de novilhas taurinas (BUTLER et al., 2011; MCKINNISS et al., 2011) e zebuínas (SÁ FILHO et al., 2015). Ainda, no presente estudo, a utilização da eCG no momento da remoção do implante auricular pode

ter reduzido o possível efeito da condição corporal sobre o sucesso gestacional, conforme descrito por SÁ FILHO et al. (2015).

Não foi verificado efeito do ETR na taxa de prenhez (ETR 1 = 29,7; ETR 2 = 39,5; ETR 3 = 45,6; ETR 4 = 38,3; ETR 5 = 40,2%; $P = 0,69$). De maneira oposta, SÁ FILHO et al. (2010c) observaram que novilhas da raça Nelore de 24 a 32 meses que não possuem CL ao início do protocolo para IATF (i.e. ETR = 1, 2, 3 ou 4) apresentam fertilidade reduzida quando comparadas às novilhas que já possuíam CL ao início do protocolo para IATF (i.e. ETR = 5). Além disso, estudos demonstram que as novilhas atingem o máximo da eficiência reprodutiva após o terceiro ciclo estral, em comparação às fêmeas inseminadas logo em seu primeiro ciclo (BYERLEY; STAIGMILLER, 1987). No entanto, provavelmente devido à idade reduzida (13,9 meses), associada à baixa taxa de ciclicidade ao início do protocolo e menor FDD8 em novilhas com ETR = 5, no presente estudo a avaliação do ETR previamente ao início do protocolo (12,6%) e menor FDD8 em novilhas com ETR = 5 (6,3 mm), o ETR não resultou em incremento da taxa de prenhez à IATF no presente estudo.

Não foi observada associação entre a hCERN e a taxa de prenhez ao protocolo de IATF ($> 119,0$ cm = 34,1 vs. $\leq 119,0$ cm = 40,0%; $P = 0,46$). Alguns estudos demonstraram a existência de correlação negativa entre altura de cernelha e espessura de gordura subcutânea (YOKOO et al., 2010). Animais de maior porte e menos profundos podem ser mais tardios e menos eficientes em termos reprodutivos (PEREIRA et al., 2010), principalmente em ambientes com escassez de alimentos. Portanto, o excesso de altura é uma característica indesejável em animais zebuínos (CYRILLO et al., 2001) e possui pouca influência sobre a precocidade reprodutiva das novilhas (SILVA et al., 2003), bem como a taxa de prenhez à IATF de novilhas zebuínas ao sobreano.

Ao contrário do observado para hCERN, novilhas com maior pCOST apresentaram maior taxa de prenhez à IATF quando comparadas a novilhas com menor pCOST ($> 44,0\%$ = 41,9 vs. $\leq 44,0\%$ = 27,0%; $P = 0,02$). Comumente avaliada em programas de seleção animal (KOURY FILHO; ALBUQUERQUE, 2002), a pCOST está relacionada com a precocidade, sendo um dos itens de avaliação dos processos de seleção (KOURY FILHO, 2005). A correlação negativa entre altura do posterior e profundidade de costela indicam que animais mais altos podem ser mais tardios em desenvolvimento de massa muscular e acúmulo de gordura subcutânea, sendo menos precoces (KOURY FILHO et al., 2009; VARGAS et al., 1999). Portanto, novilhas que possuem maior pCOST possivelmente possuem maior desenvolvimento corporal em comparação às novilhas com menor pCOST, resultando em incremento da taxa de prenhez após IATF.

Além da pCOST, outro parâmetro que influenciou a prenhez foi a EGPU ($> 2,5\text{mm} = 44,4$ vs. $\leq 2,5\text{ mm} = 23,4\%$; $P = 0,0003$). Novilhas com maior EGPU apresentaram maior probabilidade de prenhez após o protocolo de sincronização para IATF (Figura 7). A EGPU é um método objetivo e de adequada acurácia para avaliar as reservas energéticas corporais em bovinos (AFERRI et al., 2005; AYRES et al., 2009; RECOULES et al., 2013). Em estudo conduzido com vacas multíparas da raça Nelore, uma elevada EGPU ao parto resultou em aumento da taxa de prenhez, em comparação às vacas com reduzida EGPU (AYRES et al., 2014). Além disso, novilhas tratadas com restrição alimentar e submetidas a um protocolo para IATF, seguido de monta natural, obtiveram menor acúmulo de gordura subcutânea, levando à diminuição da taxa de prenhez ($91,5\%$ vs. $86,3\%$; $P = 0,11$; ROBERTS et al., 2007). Contrariamente à EGPU, que foi associada ao sucesso gestacional, o ECC não ficou retido no modelo final de regressão logística. Apesar do ECC também avaliar indiretamente a quantidade de reservas corporais, ele apresenta menor especificidade do que a mensuração da EGPU. Desta forma, considerando o modelo estatístico de regressão logística aplicado, a avaliação da EGPU prediz com maior acurácia o risco para o estabelecimento gestacional em novilhas da raça Nelore ao sobreano submetidas a programas de IATF.

Figura 7 - Probabilidade de prenhez à IATF em função da espessura de gordura subcutânea na garupa (EGPU) de novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade [$\text{Logit(EGPU)} = -1,0662 + 0,1612 \cdot \text{EGPU}$; $P = 0,0003$]

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Ainda, a análise das curvas de predição combinando os parâmetros estudados foi realizada na tentativa de se determinar um modelo de predição ao sucesso gestacional com a maior acurácia. Como resultado, a combinação idade, pCOST e EPGU (área sob a curva = 64,1 e 95% intervalo de confiança= 59,7 – 68,5) ou idade, pCOST e ECC (área sob a curva = 65,6 e 95% intervalo de confiança= 61,2 – 70,0; valor de P para o contraste = 0,22) resultaram em maior área sob a curva em relação às curvas isoladas ou às outras combinações. Deste modo, tais combinações apresentam maior sensibilidade, ou seja, menor número de falsos positivos, apresentado maior acurácia para predição do sucesso gestacional em novilhas Nelore ao sobreano submetidas a programas de IATF.

Coletivamente, a combinação das curvas ROC e o modelo estatístico multivariável sugerem que maior sucesso gestacional é obtido em novilhas Nelore ao sobreano que apresentam mais idade, maior pCOST, maior EGPU (parâmetros retidos no modelo estatístico multivariável) e maior ECC, como demonstrado pelas curvas de predição de sucesso gestacional (Figura 8). Isto indica que 1) o melhoramento genético que visa o aumento da profundidade de costela aliado ao 2) ajuste da época de nascimento das bezerras pela antecipação da concepção das matrizes, proporcionando novilhas com mais idade na IATF e 3) o maior acúmulo de reservas corporais são determinantes para o sucesso dos programas reprodutivos de novilhas da raça Nelore ao sobreano.

Figura 8 - Probabilidade de prenhez após o protocolo de IATF em função da espessura de gordura subcutânea na garupa (EGPU), profundidade de costela (pCOST) e idade [A; $\text{Logit}(\text{prediçãoEGPU}) = -9.1178 + 0.0623 \cdot \text{EGPU} + 8.2667 \cdot \text{pCOST} + 0.3303 \cdot \text{Idade}$; $P < 0.001$]; probabilidade de prenhez após o protocolo de IATF em função do escore de condição corporal (ECC), profundidade de costela (pCOST) e idade [B; $\text{Logit}(\text{prediçãoECC}) = -10.7971 + 0.2243 \cdot \text{idade} + 1.4691 \cdot \text{ECC} + 5.5889 \cdot \text{pCOST}$; $P < 0.001$] de novilhas da raça Nelore com média de 13,9 meses de idade

6.2 IMPACTO DO ESTÍMULO PRÉVIO COM PROGESTERONA E ESTRÓGENO NA RESPOSTA DE PROGRAMAS DE IATF EM NOVILHAS DA RAÇA NELORE AO SOBREANO

As médias $\pm$ erro padrão da média (EPM) de acordo com os tratamentos estão apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Médias $\pm$ erro padrão da média (EPM) de acordo com os tratamentos. ECC = escore de condição corporal; pCOST = profundidade de costela; Ciclicidade no Dia -22 = presença de corpo lúteo no Dia -22

Item	Tratamento		Geral	Valor de P
	Controle	Indução		
n	319	307	626	-
Idade (meses)	14,0 $\pm$ 0,05	14,0 $\pm$ 0,05	14,0 $\pm$ 0,04	0,99
Peso (kg)	259,6 $\pm$ 1,27	263,0 $\pm$ 1,40	261,3 $\pm$ 0,94	0,08
ECC (1-5)	3,01 $\pm$ 0,01	3,03 $\pm$ 0,01	3,0 $\pm$ 0,01	0,03
pCOST (%)	42,7 $\pm$ 0,13	43,0 $\pm$ 0,14	42,8 $\pm$ 0,10	0,07
Ciclicidade no Dia -22 (%)	1,2	1,3	1,3	0,62

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

A ciclicidade no Dia -22 não diferiu entre os tratamentos. Entretanto, as novilhas do grupo Indução possuíram maior taxa de presença de CL no início do protocolo de sincronização da ovulação em comparação ao grupo Controle (Controle = 7,8 vs. Indução = 75,2%; $P < 0,0001$). Tal achado, confirma os resultados descritos anteriormente (CLARO et al., 2010; RODRIGUES et al., 2013, 2014), demonstrando o potencial efeito do estímulo prévio com P4 e E2 na indução da ciclicidade de novilhas zebuínas. O dispositivo intravaginal reutilizado é capaz de manter a concentração plasmática de P4 acima de 1 ng/mL nos primeiros 7 dias do tratamento em novilhas Nelore de 24 meses (SÁ FILHO et al., 2015). Esse tratamento induz resposta ovulatória com aumento de desempenho reprodutivo por auxiliar a reversão do *feedback* negativo do E2 sobre o hipotálamo, culminando na ovulação (DAY et al., 1987; RASBY et al., 1998; NOGUEIRA, 2004). Ainda, a administração de CE ao final do protocolo de indução de ciclicidade com progesterona potencializa a resposta ovulatória (RASBY et al. 1998; SÁ FILHO et al., 2015).

Entretanto, apesar de aumentar a taxa de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização da ovulação para IATF, o tratamento para indução de ciclicidade não resultou em incremento da taxa de prenhez à 1ª IATF ($P = 0,40$), à 2ª IATF ($P = 0,33$), não reduziu a perda gestacional entre 30 e 60 dias da 1ª IATF ($P = 0,44$) e não resultou em incremento da taxa de prenhez acumulada ($P = 0,80$), como demonstrado na Figura 9. Estudos indicam que há um

aumento de aproximadamente 21,0% na taxa de prenhez quando novilhas são cobertas no terceiro ciclo estral em comparação às novilhas cobertas em sua primeira ovulação (BYERLEY; STAIGMILLER, 1987). Tal fato se deve ao complexo processo de mudanças hormonais que levam à puberdade e consequente maturidade reprodutiva (DAY; MAQUIVAR, 2014). Ainda, SÁ FILHO et al. (2015) observaram que novilhas tratadas com P4 e E2 previamente à IATF obtiveram maior taxa de concepção em comparação às novilhas não tratadas. Entretanto, diferentemente do presente experimento, no qual as novilhas receberam o protocolo para indução de ciclicidade 10 dias antes do início do protocolo para IATF, a indução de ciclicidade foi realizada 40 dias antes da IATF, o que poderia justificar a falta de resultados positivos no presente experimento. Portanto, períodos maiores entre o tratamento para indução de ciclicidade e o início do protocolo de IATF podem ser necessários para aumentar a taxa de prenhez após a IATF em novilhas ao sobreano. Desta forma, novos estudos devem ser conduzidos para avaliar tal efeito em novilhas da raça Nelore ao sobreano submetidas aos protocolos de sincronização da ovulação para IATF.

Ainda, animais pré-púberes não possuem exposição prévia à progesterona, o que pode comprometer a qualidade do oócito, a taxa de fertilização, o desenvolvimento do embrião e a taxa de prenhez (GUERREIRO, 2015). No presente estudo, o tratamento com P4 para indução de ciclicidade não influenciou a taxa de prenhez. Esse resultado sugere que a exposição à progesterona em animais pré-púberes pode não exercer efeito positivo na qualidade oocitária.

Figura 9 - Taxa de prenhez à 1ª IATF, 2ª IATF, perda gestacional da 1ª IATF entre 30 e 60 dias e prenhez acumulada (1ª IATF + 2ª IATF) de novilhas da raça Nelore ao sobreano submetidas (Indução) ou não (Controle) ao tratamento com progesterona e estrógeno para indução de ciclicidade

7 CONCLUSÕES

7.1 EXPERIMENTO 1

A hipótese do presente estudo foi parcialmente confirmada. Os parâmetros de desenvolvimento corporal influenciam de maneira diferente a taxa de ciclicidade, a resposta ao protocolo e a taxa de prenhez à IATF. Portanto, com base nos resultados do presente estudo pode-se concluir que:

- *Taxa de ciclicidade*
 - Com relação à análise univariável, hCERN e pCOST não influenciaram a taxa de ciclicidade; entretanto, idade, peso, ECC e EGPU foram associadas à incremento da ciclicidade ao início do protocolo de sincronização para IATF;
 - Com relação à análise multivariável, evidenciou-se que novilhas com mais EGPU apresentam maior taxa de ciclicidade ao início do protocolo de sincronização da ovulação para IATF.
- *Resposta ao protocolo*
 - Com relação ao modelo univariável: Idade, ECC e pCOST não influenciam o FDD8; peso, hCERN, EGPU e ETR são associados com maior FDD8;
 - Peso, ECC, pCOST, EGPU e ETR não influenciam o FDIA ao considerar-se o modelo univariável; idade e hCERN são associados com maior FDIA;
 - Com relação ao modelo multivariável, novilhas com maior hCERN e maior EGPU apresentam maior FDD8; nenhuma das variáveis avaliadas influenciou o FDIA;
 - Em ambas as análises, nenhuma das variáveis avaliadas influenciou o CrescFD, bem como a taxa de ovulação das novilhas sincronizadas com protocolo a base de estradiol, norgestomet e eCG.
- *Taxa de prenhez*
 - De acordo com a análise univariável, hCERN e ETR não possuem efeito sobre a taxa de prenhez à IATF; entretanto, idade, peso, ECC, pCOST e EGPU são associadas a incremento no sucesso do estabelecimento gestacional após IATF;
 - Com relação à análise multivariável, pCOST, idade e EGPU são os parâmetros que exercem mais influência sobre a taxa de prenhez à IATF.

7.2 EXPERIMENTO 2

A hipótese de que o protocolo de indução de ciclicidade aumenta a quantidade de novilhas da raça Nelore ao sobreano (média de 14,0 meses de idade) que apresentam CL no início da sincronização para IATF foi confirmada. Entretanto, tal estímulo prévio com P4 e E2 não aumentou a taxa de prenhez das novilhas ao sobreano submetidas ao protocolo para IATF, rejeitando parcialmente a hipótese inicial.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES PRÁTICAS

A eficiência reprodutiva de novilhas zebuínas ainda é um dos grandes gargalos da pecuária de corte brasileira. Tradicionalmente, a elevada idade ao primeiro parto faz com que estas fêmeas iniciem sua vida produtiva com mais de 24 meses de idade (DAY; NOGUEIRA, 2013; LÔBO, 1998; NOGUEIRA, 2004), acarretando em diminuição da eficiência produtiva e do retorno econômico da atividade (NÚÑEZ-DOMINGUEZ et al., 1991; TEIXEIRA; ALBUQUERQUE; FRIES, 2002). A sazonalidade de oferta de forragens, o reduzido desenvolvimento das fêmeas em épocas de escassez de alimentos, aliados à base genética zebu tradicionalmente com baixa precocidade sexual, culminam no atraso da puberdade, aumentando a idade ao primeiro parto.

Diversos estudos comprovaram o benefício econômico e produtivo da antecipação do primeiro parto das fêmeas de 36 meses para 24 meses de idade (BAGLEY, 1993; NÚÑEZ-DOMINGUEZ et al., 1991; TEIXEIRA; ALBUQUERQUE; FRIES, 2002; WITHYCOMBE; POTTER; EDWARDS, 1930), podendo ser uma estratégia interessante para as fazendas de cria brasileiras (Figura 10). Entretanto, como descrito nas sessões anteriores do presente estudo e em diversos outros artigos científicos (FERRELL, 1982; FREETLY; KUEHN; CUNDIFF, 2011; HALL et al., 1997; ROMANO et al., 2007), diversas estratégias de manejo nutricional e reprodutivo devem ser implementadas para se obter sucesso reprodutivo e produtivo nessa categoria.

Figura 10 - Modelo hipotético de antecipação da idade ao primeiro parto de fêmeas da raça Nelore

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Neste sentido, o início do programa para obtenção de adequada eficiência reprodutiva em fêmeas jovens se dá pela seleção de touros provados para precocidade sexual (FERRAZ JR. et al., 2014). A base genética é um importante fator que influencia a idade e peso à puberdade de fêmeas jovens (BAGLEY, 1993; ELER et al., 2002), sendo essencial para que as novilhas atinjam a puberdade alguns meses antes à estação reprodutiva. Coletivamente, ao se selecionar somente touros com mais de 50 filhas com idade semelhante e utilizadas nos Experimentos 1 e 2 observa-se que a base genética da fêmea pode ser importante para o sucesso gestacional de novilhas da raça Nelore ao sobreano submetidas ao protocolo para IATF (Figura 11).

Figura 11 - Taxa de prenhez de acordo com a paternidade novilhas da raça Nelore ao sobreano submetidas ao protocolo de sincronização pra IATF

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Outro ponto que deve ser evidenciado é a época de nascimento das novilhas e, consequentemente, a época na qual suas progenitoras conceberam (ENDECOTT et al., 2013). Ao analisarmos em conjunto os dados do Experimento 1 (2013) e Experimento 2 (2014), constatou-se que a idade foi o parâmetro determinante para o sucesso do estabelecimento gestacional [$> 13,9$ meses = 43,2% (302/699) vs. $\leq 13,9$ meses = 34,3% (193/563); $P = 0,02$]. Desta forma a implantação de manejos reprodutivos que promovam a maior proporção de vacas tornando-se gestantes no início da estação de monta resultará em um maior número de novilhas nascidas no início da época de nascimentos e, consequentemente, com mais idade e

desenvolvimento corporal no início da estação reprodutiva para a primeira cobertura (FUNSTON et al., 2012).

É interessante ressaltar o impacto do planejamento nutricional para o sucesso dos programas reprodutivos em fêmeas jovens. Foi observado no experimento realizado em 2014 (Experimento 2) que as novilhas possuíam menor peso à desmama (Figura 12; $P < 0,0001$) que as novilhas do experimento realizado em 2013 (Experimento 1). Entretanto, as fêmeas de 2014 apresentaram maior idade (Figura 12; $P = 0,0001$), bem como ganharam mais peso entre a desmama e o início do protocolo de sincronização para IATF (Figura 12; $P < 0,0001$). Isto evidencia que a fazenda corrigiu o manejo nutricional pós-desmama a partir das informações geradas no Experimento 1 (2013), como constatado pelo maior peso das fêmeas no início do experimento em 2014 (Figura 12; $P < 0,0001$). Os parâmetros de desenvolvimento no Experimento 2 (2014), provavelmente decorrente dos ajustes nutricionais empregados, apresentaram maior média e menor variação. Esse resultado pode justificar, em partes, o aumento da taxa de prenhez à 1ª IATF de 35,0% em 2013 para 46,0% em 2014.

Figura 12 - Peso à desmama (2013 = 202,3 vs. 2014 = 196,3; $P < 0,0001$; A); idade no início do experimento, em meses (2013 = 13,8 vs. 2014 = 14,0; $P = 0,0001$; B); ganho de peso da desmama ao início do experimento (2013 = 56,7 vs. 2014 = 66,7; $P < 0,0001$; C); e peso ao início do experimento (2013 = 252,5 vs. 2014 = 261,3; $P < 0,0001$; D) nos anos de 2013 (Experimento 1) e 2014 (Experimento 2)

Com relação ao manejo nutricional, diversos estudos tem comprovado que o aumento do ganho de peso durante a o período pré-desmama pode acelerar a puberdade das fêmeas (GASSER et al., 2006b, 2006c, 2006d, 2006a). O *creep feeding* é uma estratégia de suplementação da prole durante o período de amamentação, e consiste em oferecer aos bezerros lactentes a oportunidade de aumentar o consumo de alimentos, resultando em aumento o peso à desmama das fêmeas (PACOLA; RAZOOK; FIGUEIREDO, 1993; ROCHA, 2012). Dados da literatura indicam que esse aumento do peso à desmama pode promover a redução da idade à puberdade em novilhas taurinas (ARIJE; WILTBANK, 1971), indicando que o *creep feeding* pode ser uma técnica de manejo pré-desmama a ser utilizada.

Ainda, outro ponto para o sucesso do estabelecimento da primeira cobertura das novilhas com 14,0 meses de idade é o desenvolvimento na fase pós-desmama, ou seja, durante a recria (LAMB, 2013; PATTERSON et al., 1992). Nesse período, é importante que as fêmeas não tenham deficiência de ingestão de proteína, devido à baixa capacidade de compensação da privação sobre desenvolvimento subsequente (BAGLEY, 1993). Ainda, o padrão de ganho de peso pode ser modificado. Existem estudos em novilhas taurinas nos quais foi demonstrado que ganhos de peso constantes resultam em mesma eficiência que um alto ganho somente a 45-60 dias da estação de monta (LYNCH et al., 1997), desde que a porcentagem mínima de peso vivo em relação ao peso vivo adulto seja atingida no início do período reprodutivo. O impacto destas estratégias de manipulação da curva de crescimento (i.e., ganhos constantes ou ganhos variados) na puberdade e na eficiência reprodutiva de novilhas Nelore ao sobreano ainda é pouco conhecido e certamente estudos posteriores são necessários.

Ao se atingir o desenvolvimento necessário, deve-se avaliar a maneira pela qual essas novilhas deverão ser cobertas. Devido à baixa taxa de animais que já atingiram à puberdade aos 14,0 meses de idade e consequente baixa taxa de manifestação de cio, a utilização da IATF é essencial para o sucesso de programas reprodutivos em animais precoces (EDWARDS et al., 2015; PATTERSON et al., 1992). A utilização desta tecnologia permite o aumento do número de produtos oriundo de inseminação artificial na fazenda (BARUSELLI et al., 2012), concentra as concepções no início da estação reprodutiva (SÁ FILHO et al., 2013) e determina aumento da eficiência reprodutiva, mesmo quando utilizada em novilhas Nelore pré-púberes (RODRIGUES et al., 2014; Experimento 1). Além disso, como demonstrado no Experimento 2, o uso das técnicas de ressincronização para 2ª IATF em curto espaço de tempo pode resultar em taxa de prenhez acumulada ao redor dos 63,0%, em 32 dias de estação de monta, aumentando a quantidade de novilhas gestantes no início da estação de monta (MARQUES et al., 2015).

Após o estabelecimento da gestação, o ganho de peso deve ser focado para que as novilhas atinjam aproximadamente 85% do seu peso adulto estimado no momento da parição (LAMB, 2013). Sem o correto manejo nutricional, fêmeas com 2 anos de idade ao primeiro parto podem ter reduzida eficiência reprodutiva na estação de monta subsequente (PATTERSON; WOOD; RANDLE, 2000), devido ao estresse nutricional ser maior em vacas primíparas do que em vacas múltíparas (BAGLEY, 1993). Ao se analisar a reconcepção das novilhas do Experimento 1 (Fazenda B), então primíparas com $26,0 \pm 0,07$ meses de idade, observou-se que não houve penalização da taxa de prenhez em relação às primíparas com $36,9 \pm 0,08$ meses de idade (Figura 13) criadas nas mesmas condições de manejo. Vale ressaltar que, com o objetivo de amenizar o impacto do estresse nutricional das fêmeas gestantes ao sobreano, realizou-se suplementação proteica-energética do diagnóstico de gestação (30 dias) até o parto. Quarenta e cinco dias após o parto, as primíparas com 26 meses atingiram média de 387,5kg de peso vivo [cerca de 86% do peso adulto de vacas Nelore criadas na macrorregião Campo Grande Dourados (447 kg), relatado por ROSA et al. (2001); e 95% do peso adulto relatado por VIEIRA et al. (2005) para vacas Nelore no início da estação de monta criadas em pastos de *B. decumbens* na região de Cerrado brasileiro (405 kg)]. O manejo nutricional estabelecido pode justificar a semelhante eficiência reprodutiva entre as primíparas de 2 ou 3 anos.

Figura 13 - Taxa de prenhez à 1ª IATF, 2ª IATF (ressincronização) e acumulada (1ª IATF + 2ª IATF) de primíparas com 2 ($26,0 \pm 0,07$ meses) e 3 ($36,9 \pm 0,08$ meses) anos de idade

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Outro índice produtivo que deve ser levado em conta é o peso à desmama dos bezerros das novilhas que se tornaram gestantes aos 14,0 meses de idade. Dados na literatura sugerem que fêmeas com idade ao primeiro parto de 24,0 meses desmamam bezerros mais leves em comparação às fêmeas com idade ao primeiro parto de 30,0 meses (LUSBY; ENIS; MCNEW, 1979). Entretanto, a época do ano no qual o parto ocorre pode exercer maior influência sobre o peso à desmama da cria do que a idade ao primeiro parto de sua mãe (CUSHMAN et al., 2013). Na fazenda B, ao se comparar o peso à desmama dos bezerros das primíparas do Experimento 1 (parto aos 24 meses) com o peso à desmama dos bezerros contemporâneos do rebanho não foram observadas diferenças no peso à desmama do rebanho não foram observadas diferenças no peso à desmama dos machos e das fêmeas (Figura 14).

Figura 14 - Peso à desmama dos bezerros contemporâneos (mesmo mês de nascimento) de primíparas com idade ao primeiro parto de 24 meses comparado com vacas do rebanho da Fazenda B

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Os dados apresentados nos Experimentos 1 e 2, bem como a literatura citada demonstram a possibilidade de se reduzir a idade à primeira cobertura de novilhas da raça Nelore criadas em condições subtropicais de manejo. Os resultados compilados de prenhez à 1ª IATF, prenhez à 2ª IATF e prenhez acumulada (1ª + 2ª IATF) estão expostos na Figura 15. A

perda gestacional entre 30 e 60 dias (porcentagem de novilhas que estavam gestantes 30 dias após a IATF e não estavam gestantes 60 dias após a IATF; Perda gestacional) foi de 12,6% (65/527) e a quantidade de gestações gemelares (porcentagem de novilhas que possuíam gestação gemelar 60 dias após a IATF em relação ao total de novilhas gestantes; Gestação gemelar) foi de 11,7% (40/344).

Figura 15 - Taxa de prenhez à 1ª IATF, taxa de prenhez à 2ª IATF e taxa de prenhez acumulada (1ª IATF + 2ª IATF) de novilhas da raça Nelore ao sobreano, entre os anos de 2013 e 2014

Fonte: FREITAS, B.G., 2015

Entretanto, os dados do presente estudo são indicativos de que para se garantir o sucesso e consequente retorno econômico da técnica:

- Concentração das concepções das vacas no início da estação de monta e, consequentemente, garantindo maior proporção de novilhas ao sobreano com maior desenvolvimento corporal e reprodutivo.
- Uso de seleção genética para precocidade sexual;
- Garantia de bom ganho de peso, que assegure com que as novilhas cheguem à estação de monta com bom desenvolvimento, traduzido em acúmulo de reservas corporais;
- Utilização de protocolos de sincronização da ovulação para IATF e ressincronização;
- Manutenção do crescimento da fêmea após estabelecimento da gestação, almejando ao menos 85% do peso adulto à parição.

Por fim, mais estudos são necessários para se ajustar a técnica da IATF em novilhas da raça Nelore ao sobreano. A suplementação das fêmeas com *creep-feeding* durante o período de cria pode ser uma estratégia interessante para se aumentar o desenvolvimento dos animais à desmama, sendo necessários mais estudos sobre o quanto essa suplementação poderia afetar a taxa de prenhez à IATF. Além disso, o ajuste do momento de realização do protocolo de indução de ciclicidade, para 40 dias antes do início do protocolo para IATF ao invés de 10 dias (Experimento 2), poderia resultar em incremento da taxa de prenhez.

Figura 16 - Diagrama ilustrativo dos fatores genéticos e ambientais que influenciam a maturidade sexual e subsequente produtividade de fêmeas bovinas jovens

Fonte: (HOLM; THOMPSON; IRONS, 2009 adaptado por FREITAS, B.G., 2015)

REFERÊNCIAS

- ADAMS, G. P.; MATTERI, R. L.; GINTHER, O. J. Effect of progesterone on ovarian follicles, emergence of follicular waves and circulating follicle-stimulating hormone in heifers. **Journal of reproduction and fertility**, v. 96, n. 2, p. 627–40, nov. 1992.
- AFERRI, G.; LEME, P. R.; SILVA, S. DA L. E.; PUTRINO, S. M.; PEREIRA, A. S. C. Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1651–1658, out. 2005.
- AHRÉN, B.; LARSSON, H.; WILHELMSSON, C.; NÄSMAN, B.; OLSSON, T. Regulation of circulating leptin in humans. **Endocrine**, v. 7, n. 1, p. 1–8, ago. 1997.
- ANDERSEN, K.; LEFEVER, D. G.; BRINKS, J. S.; ODDE, K. G. The use of reproductive tract scoring in beef heifers. **Agri-Practice**, v. 12, p. 19–26, 1991.
- ANDERSON, L. H.; MCDOWELL, C. M.; DAY, M. L. Progestin-induced puberty and secretion of luteinizing hormone in heifers. **Biology of reproduction**, v. 54, n. 5, p. 1025–1031, 1 maio 1996.
- ARIJE, G. F.; WILTBANK, J. . Age and weight at puberty in Hereford heifers. **Journal of animal science**, v. 33, p. 401–406, 1971.
- AYRES, H.; FERREIRA, R. M.; DE SOUZA TORRES-JÚNIOR, J. R.; DEMÉTRIO, C. G. B.; DE LIMA, C. G.; BARUSELLI, P. S. Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. **Livestock science**, v. 123, n. 2-3, p. 175–179, ago. 2009.
- AYRES, H.; FERREIRA, R. M.; TORRES-JÚNIOR, J. R. S.; DEMÉTRIO, C. G. B.; SÁ FILHO, M. F.; GIMENES, L. U.; PENTEADO, L.; D’OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S. 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, n. 4, p. 529–36, 1 set. 2014.
- BAGLEY, C. P. Nutritional management of replacement beef heifers: a review. **Journal of animal science**, v. 71, n. 11, p. 3155–3163, 1993.
- BARUSELLI, P. S.; DE SÁ FILHO, M. F.; MARTINS, C. M.; NASSER, L. F.; NOGUEIRA, M. F. G.; BARROS, C. M.; BÓ, G. A. Superovulation and embryo transfer in *Bos indicus* cattle. **Theriogenology**, v. 65, n. 1, p. 77–88, 7 jan. 2006.
- BARUSELLI, P. S.; REIS, E. L.; CARVALHO, N. A. T.; CARVALHO, J. B. P. eCG increase ovulation rate and plasmatic progesterone concentration in Nelore (*Bos indicus*) heifers treated with progesterone releasing device. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ANIMAL REPRODUCTION, 16., Porto Seguro, 2004. **Anais...** Porto Seguro: ICAR, 2004b
- BARUSELLI, P. S.; REIS, E. L.; MARQUES, M. O.; NASSER, L. F.; BÓ, G. A. The use of hormonal treatments to improve reproductive performance of anestrous beef cattle in tropical climates. **Animal reproduction science**, v. 82-83, p. 479–86, jul. 2004b.

BARUSELLI, P. S.; SALES, J. N. S.; CREPALDI, G. A.; SÁ FILHO, M. F. Cyclicity induction in zebu heifers and their crossbreed. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE REPRODUCCION ANIMAL, 8., Cordoba, 2009. **Anais...** Cordoba: IRAC, 2009.

BARUSELLI, P. S.; SALES, J. N.; SALA, R. V.; VIEIRA, L. M.; SÁ FILHO, M. F. History, evolution and perspectives of timed artificial insemination programs in Brazil. **Animal reproduction**, v. 9, p. 139–152, 2012.

BEAL, W. E.; GOOD, G. A.; PETERSON, L. A. Estrus synchronization and pregnancy rates in cyclic and noncyclic beef cows and heifers treated with syncro-mate B or Norgestomet and Alfaprostol. **Theriogenology**, v. 22, n. 1, p. 59–66, jul. 1984.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MARTÍNEZ, M. F. Pattern and manipulation of follicular development in *Bos indicus* cattle. **Animal reproduction science**, v. 78, n. 3-4, p. 307–326, out. 2003.

BÓ, G. A.; BARUSELLI, P. S.; MORENO, D.; CUTAIA, L.; CACCIA, M.; TRÍBULO, R.; TRÍBULO, H.; MAPLETOFT, R. J. The control of follicular wave development for self-appointed embryo transfer programs in cattle. **Theriogenology**, v. 57, n. 1, p. 53–72, jan. 2002.

BÓ, G. A.; CUTAIA, L.; PERES, L. C.; PINCINATO, D.; MARAÑA, D.; BARUSELLI, P. S. Technologies for fixed-time artificial insemination and their influence on reproductive performance of *Bos indicus* cattle. **Society of Reproduction and Fertility supplement**, v. 64, p. 223–36, jan. 2007.

BO, G. A.; PIERSON, R. A.; MAPLETOFT, R. J. The effect of estradiol valerate on follicular dynamics and superovulatory response in cows with Syncro-Mate-B implants. **Theriogenology**, v. 36, n. 2, p. 169–83, ago. 1991.

BURFENING, P. J. Induction of puberty and subsequent reproductive performance. **Theriogenology**, v. 12, n. 4, p. 215–221, out. 1979.

BURKE, C. .; BOLAND, M. .; MACMILLAN, K. . Ovarian responses to progesterone and oestradiol benzoate administered intravaginally during dioestrus in cattle. **Animal reproduction Science**, v. 55, n. 1, p. 23–33, fev. 1999.

BURRIS, M. J.; PRIODE, B. M. Effect of Calving Date on Subsequent Calving Performance. **Journal of animal science**, v. 17, n. 3, p. 527–533, 1 ago. 1958.

BUSKIRK, D. D.; FAULKNER, D. B.; IRELAND, F. A. Increased postweaning gain of beef heifers enhances fertility and milk production. **Journal of animal science**, v. 73, n. 4, p. 937–946, 1995.

BUTLER, S. A. A.; PHILLIPS, N. J.; BOE-HANSEN, G. B.; BO, G. A.; BURNS, B. M.; DAWSON, K.; MCGOWAN, M. R. Ovarian responses in *Bos indicus* heifers treated to synchronise ovulation with intravaginal progesterone releasing devices, oestradiol benzoate, prostaglandin F(2 α) and equine chorionic gonadotrophin. **Animal reproduction science**, v. 129, n. 3-4, p. 118–26, dez. 2011.

BYERLEY, D.; STAIGMILLER, R. Pregnancy rates of beef heifers bred either on puberal or third estrus. **Journal of animal science**, v. 65, p. 645–650, 1987.

CACCIA, M.; BÓ, G. A. Follicle wave emergence following treatment of CIDR-B implanted beef cows with estradiol benzoate and progesterone. **Theriogenology**, v. 49, n. 1, p. 341, 1 jan. 1998.

CARDOSO, R. C.; ALVES, B. R. C.; PREZOTTO, L. D.; THORSON, J. F.; TEDESCHI, L. O.; KEISLER, D. H.; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, G. L. Reciprocal changes in leptin and NPY during nutritional acceleration of puberty in heifers. **The journal of endocrinology**, v. 223, n. 3, p. 289–98, dez. 2014a.

CARDOSO, R. C.; ALVES, B. R. C.; PREZOTTO, L. D.; THORSON, J. F.; TEDESCHI, L. O.; KEISLER, D. H.; PARK, C. S.; AMSTALDEN, M.; WILLIAMS, G. L. Use of a stair-step compensatory gain nutritional regimen to program the onset of puberty in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 92, n. 7, p. 2942–9, 27 jul. 2014b.

CARDOSO, R. C.; ALVES, B. R. C.; SHARPTON, S. M.; WILLIAMS, G. L.; AMSTALDEN, M. Nutritional programming of accelerated puberty in heifers: involvement of POMC neurones in the arcuate nucleus. **Journal of neuroendocrinology**, v. 27, n. 8, p. 647–57, maio 2015.

CARVALHO, J. B. P.; CARVALHO, N. A. T.; REIS, E. L.; NICHI, M.; SOUZA, A. H.; BARUSELLI, P. S. Effect of early luteolysis in progesterone-based timed AI protocols in *Bos indicus*, *Bos indicus* x *Bos taurus*, and *Bos taurus* heifers. **Theriogenology**, v. 69, n. 2, p. 167–75, 15 jan. 2008.

CLARO, I.; SÁ FILHO, O. G.; PERES, R. F. G.; AONO, F. H. S.; DAY, M. L.; VASCONCELOS, J. L. M. Reproductive performance of prepubertal *Bos indicus* heifers after progesterone-based treatments. **Theriogenology**, v. 74, n. 6, p. 903–11, 1 out. 2010.

CUNDIFF, L. V.; VAN VLECK, L. D.; HOHENBOKEN, W. D. **Guidelines for uniform Beef Improvement Programs (B.I.F.)**. 9. ed. Raleigh, NC: Beef Improvement Federation, 2010.

CUSHMAN, R. A.; KILL, L. K.; FUNSTON, R. N.; MOUSEL, E. M.; PERRY, G. A. Heifer calving date positively influences calf weaning weights through six parturitions. **Journal of animal science**, v. 91, n. 9, p. 4486–91, set. 2013.

CYRILLO, J. N. DOS S. G.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. DE; BONILHA NETO, L. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; TONHATI, H. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 56–65, fev. 2001.

DAY, M. L.; ANDERSON, L. H. Current concepts on the control of puberty in cattle. **Journal of animal science**, v. 76, n. suppl_3, p. 1–15, 1998.

DAY, M. L.; IMAKAWA, K.; WOLFE, P. L.; KITOK, R. J.; KINDER, J. E. Endocrine mechanisms of puberty in heifers. Role of hypothalamo-pituitary estradiol receptors in the

negative feedback of estradiol on luteinizing hormone secretion. **Biology of reproduction**, v. 37, n. 5, p. 1054–65, dez. 1987.

DAY, M. L.; MAQUIVAR, M. Puberty in heifers : nutrition and endocrinology. In: AETA Joint Annual Convention, Middleton, WI, 2014.

DAY, M. L.; NOGUEIRA, G. P. Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal frontiers**, v. 3, n. 4, p. 6–11, 26 set. 2013.

DEROUEN, S. M.; FRANKE, D. E. Effects of sire breed, breed type and age and weight at breeding on calving rate and date in beef heifers first exposed at three ages. **Journal of animal science**, v. 67, n. 5, p. 1128–1137, 3 out. 1988.

DESJARDINS, C.; HAFS, H. D. Maturation of bovine female genitalia from birth through puberty. **Journal of animal science**, v. 28, n. 4, p. 502–7, abr. 1969.

DIAS, C. C.; WECHSLER, F. S.; DAY, M. L.; VASCONCELOS, J. L. M. Progesterone concentrations, exogenous equine chorionic gonadotropin, and timing of prostaglandin F(2alpha) treatment affect fertility in postpubertal Nelore heifers. **Theriogenology**, v. 72, n. 3, p. 378–85, ago. 2009.

DOW, J. S.; MOORE, J. D.; BAILEY, C. M.; FOOTE, W. D. Onset of puberty in heifers of diverse beef breeds and crosses. **Journal of animal science**, v. 55, n. 5, p. 1041–7, nov. 1982.

EDWARDS, S. A. A.; BO, G. A.; CHANDRA, K. A.; ATKINSON, P. C.; MCGOWAN, M. R. Comparison of the pregnancy rates and costs per calf born after fixed-time artificial insemination or artificial insemination after estrus detection in *Bos indicus* heifers. **Theriogenology**, v. 83, n. 1, p. 114–20, 1 jan. 2015.

ELER, J. P.; SILVA, J. A. I. I. V.; FERRAZ, J. B. S.; DIAS, F.; OLIVEIRA, H. N.; EVANS, J. L.; GOLDEN, B. L. Genetic evaluation of the probability of pregnancy at 14 months for Nelore heifers. **Journal of animal science**, v. 80, n. 4, p. 951–954, 2002.

ENDECOTT, R. L.; FUNSTON, R. N.; MULLINIKS, J. T.; ROBERTS, A. J. Implications of beef heifer development systems and lifetime productivity. **Journal of animal science**, v. 91, n. 3, p. 1329–35, 11 mar. 2013. Trabalho apresentado a Alpharma Beef Cattle Nutrition Symposium no Joint Annual Meeting, July 15th to 19th, Indianapolis, Indiana.

FOOD AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. Production/live animals. New York: FAOSTAT, 2014. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E>. Acesso em 15 de Maio de 2015.

FERRAZ JR., M. V. C.; PIRES, A. V.; NEPOMUCENO, D. D.; RIBEIRO, A. D. B.; BIEHL, M. V.; THIEME, J. P. C.; MOREIRA, E. M.; NETO, J. A. F.; GONÇALVES, J. R. S. Impact of the sires on puberty onset in nelore heifers. In: ADSA-ASAS-CSAS Joint Annual Meeting, Kansas City, MO, 2014.

FERRELL, C. L. Effects of postweaning rate of gain on onset of puberty and productive performance of heifers of different breeds. **Journal of animal science**, v. 55, n. 6, p. 1272–83, dez. 1982.

FIGUEIREDO, R. A.; BARROS, C. M.; PINHEIRO, O. L.; SOLER, J. M. Ovarian follicular dynamics in Nelore breed (*Bos indicus*) cattle. **Theriogenology**, v. 47, n. 8, p. 1489–505, jun. 1997.

FIKE, K. E.; KOJIMA, F. N.; LINDSEY, B. R.; BERGFELD, E. G. M.; QUINTAL-FRANCO, J. A.; MELVIN, E. J.; ZANELLA, E. L.; WEHRMAN, M. E.; KINDER, J. E. Regulation of frequency of luteinizing hormone pulses by magnitude of acute change in circulating concentration of progesterone of female cattle. **Animal reproduction science**, v. 84, n. 3-4, p. 279–91, set. 2004.

FOX, D. G.; SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D. Adjusting nutrient requirements of beef cattle for animal and environmental variations. **Journal of animal science**, v. 66, n. 6, p. 1475–1495, 30 nov. 1988.

FREETLY, H. C.; KUEHN, L. A.; CUNDIFF, L. V. Growth curves of crossbred cows sired by Hereford, Angus, Belgian Blue, Brahman, Boran, and Tuli bulls, and the fraction of mature body weight and height at puberty. **Journal of animal science**, v. 89, n. 8, p. 2373–9, 16 ago. 2011.

FUNSTON, R. N.; LARSON, D. M. Heifer development systems: dry-lot feeding compared with grazing dormant winter forage. **Journal of animal science**, v. 89, n. 5, p. 1595–602, 24 maio 2011.

FUNSTON, R. N.; MUSGRAVE, J. A.; MEYER, T. L.; LARSON, D. M. Effect of calving distribution on beef cattle progeny performance. **Journal of animal science**, v. 90, n. 13, p. 5118–21, dez. 2012.

FUNSTON, R. N.; SUMMERS, A. F.; ROBERTS, A. J. Implications of nutritional management for beef cow-calf systems. **Journal of animal science**, v. 90, n. 7, p. 2301–7, jul. 2012. Trabalho apresentado a Alpha Beef Cattle Nutrition Symposium no Joint Annual Meeting, July 10th to 14th, New Orleans, Louisiana.

GASSER, C. L. Considerations on puberty in replacement beef heifers. **Journal of animal science**, v. 91, n. 3, p. 1336–40, 15 mar. 2013. Trabalho apresentado a Alpha Beef Cattle Nutrition Symposium no Joint Annual Meeting, July 15th to 19th, Indianapolis, Indiana.

GASSER, C. L.; BEHLKE, E. J.; GRUM, D. E.; DAY, M. L. Effect of timing of feeding a high-concentrate diet on growth and attainment of puberty in early-weaned heifers. **Journal of animal science**, v. 84, n. 11, p. 3118–22, nov. 2006a.

GASSER, C. L.; BRIDGES, G. A.; MUSSARD, M. L.; GRUM, D. E.; KINDER, J. E.; DAY, M. L. Induction of precocious puberty in heifers III: hastened reduction of estradiol negative feedback on secretion of luteinizing hormone. **Journal of animal science**, v. 84, n. 8, p. 2050–6, 5 ago. 2006b.

GASSER, C. L.; BURKE, C. R.; MUSSARD, M. L.; BEHLKE, E. J.; GRUM, D. E.; KINDER, J. E.; DAY, M. L. Induction of precocious puberty in heifers II: advanced ovarian follicular development. **Journal of animal science**, v. 84, n. 8, p. 2042–9, 5 ago. 2006c.

GASSER, C. L.; GRUM, D. E.; MUSSARD, M. L.; FLUHARTY, F. L.; KINDER, J. E.; DAY, M. L. Induction of precocious puberty in heifers I: enhanced secretion of luteinizing hormone. **Journal of animal science**, v. 84, n. 8, p. 2035–41, 8 ago. 2006d.

GAZAL, O. S. Gonadotropin-releasing hormone secretion into third-ventricle cerebrospinal fluid of cattle: correspondence with the tonic and surge release of luteinizing hormone and its tonic inhibition by suckling and neuropeptide Y. **Biology of reproduction**, v. 59, n. 3, p. 676–683, 1 set. 1998.

GIMENES, L. U.; SÁ FILHO, M. F.; CARVALHO, N. A. T.; TORRES-JÚNIOR, J. R. S.; SOUZA, A. H.; MADUREIRA, E. H.; TRINCA, L. A.; SARTORELLI, E. S.; BARROS, C. M.; CARVALHO, J. B. P.; MAPLETOFT, R. J.; BARUSELLI, P. S. Follicle deviation and ovulatory capacity in *Bos indicus* heifers. **Theriogenology**, v. 69, n. 7, p. 852–8, 15 abr. 2008.

GONZALEZ-PADILLA, E.; RUIZ, R.; LEFEVER, D.; DENHAM, A.; WILTBANK, J. N. Puberty in beef heifers. III. Induction of fertile estrus. **Journal of animal science**, v. 40, n. 6, p. 1110–8, jun. 1975.

GRADEN, A. P.; OLDS, D.; MOCHOW, C. R.; MUTTER, L. R. Causes of fertilization failure in repeat breeding cattle. **Journal of dairy science**, v. 51, n. 5, p. 778–81, maio 1968.

GRINGS, E. E.; HALL, J. B.; BELLOWS, R. A.; SHORT, R. E.; BELLOWS, S. E.; STAIGMILLER, R. B. Effect of nutritional management, trace mineral supplementation, and norgestomet implant on attainment of puberty in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 76, n. 8, p. 2177–81, ago. 1998.

GUERREIRO, B. M.; **Produção in vitro de embriões de doadoras pré-púberes da raça Holandesa**. 2015. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015

GUTIERREZ, K.; KASIMANICKAM, R.; TIBARY, A.; GAY, J. M.; KASTELIC, J. P.; HALL, J. B.; WHITTIER, W. D. Effect of reproductive tract scoring on reproductive efficiency in beef heifers bred by timed insemination and natural service versus only natural service. **Theriogenology**, v. 81, p. 918–924, 2014.

HALL, J. B.; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A.; SHORT, R. E.; MOSELEY, W. M.; BELLOWS, S. E. Body composition and metabolic profiles associated with puberty in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 73, n. 11, p. 3409–20, nov. 1995.

HALL, J. B.; STAIGMILLER, R. B.; SHORT, R. E.; BELLOWS, R. A.; MACNEIL, M. D.; BELLOWS, S. E. Effect of age and pattern of gain on induction of puberty with a progestin in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 75, n. 6, p. 1606–11, jun. 1997.

HOLM, D. E.; THOMPSON, P. N.; IRONS, P. C. The value of reproductive tract scoring as a predictor of fertility and production outcomes in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 87, n. 6, p. 1934–40, jun. 2009.

HONARAMOOZ, A.; ARAVINDAKSHAN, J.; CHANDOLIA, R. K.; BEARD, A. P.; BARTLEWSKI, P. M.; PIERSON, R. A.; RAWLINGS, N. C. Ultrasonographic evaluation of

the pre-pubertal development of the reproductive tract in beef heifers. **Animal reproduction science**, v. 80, p. 15–29, 2004.

IMAKAWA, K.; DAY, M. L.; ZALESKY, D. D.; GARCIA-WINDER, M.; KITTOCK, R. J.; KINDER, J. E. Influence of dietary-induced weight changes on serum luteinizing hormone, estrogen and progesterone in the bovine female. **Biology of reproduction**, v. 35, n. 2, p. 377–84, set. 1986.

IRELAND, J. J.; ROCHE, J. F. Effect of progesterone on basal LH and episodic LH and FSH secretion in heifers. **Journal of reproduction and fertility**, v. 64, n. 2, p. 295–302, mar. 1982.

JÚNIOR, J. J.; DIAS, L. T.; ALBUQUERQUE, L. G. Fatores de correção de escores visuais de conformação, precocidade e musculatura, à desmama, para idade da vaca ao parto, data juliana de nascimento e idade à desmama em bovinos da raça Nelore. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 2044–2053, 2004.

KATO, J.; ATSUMI, Y.; INABA, M. Estradiol receptors in female rat hypothalamus in the developmental stages and during pubescence. **Endocrinology**, v. 94, n. 2, p. 309–17, fev. 1974.

KOURY FILHO, W. **Escores visuais e suas relações com características de crescimento em bovinos de corte**. 2005, 80 f. Tese (Doutorado em produção animal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L. G. DE; ALENCAR, M. M. DE; FORNI, S.; SILVA, J. A. I. DE V.; LÔBO, R. B. Estimativas de herdabilidade e correlações para escores visuais, peso e altura ao sobreano em rebanhos da raça Nelore. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 38, n. 12, p. 2362–2367, dez. 2009.

KOURY FILHO, W.; ALBUQUERQUE, L. G. Proposta de metodologia para coleta de dados de escores visuais para programas de melhoramento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DAS RAÇAS ZEBUÍNAS, 5., Uberaba, 2002. **Anais...** Uberaba, Associação Brasileira dos Criadores de Zebú, 2002, p. 264–266.

LAMB, G. C. Criteria for selecting replacements at weaning, before breeding, and after breeding. **The veterinary clinics of North America. Food animal practice**, v. 29, n. 3, p. 567–78, nov. 2013.

LAMOND, D. R. The influence of undernutrition on reproduction in the cow. **Animal breeding abstracts**, v. 38, p. 359–372, 1970.

LESMEISTER, J. L.; BURFENING, P. J.; BLACKWELL, R. L. Date of first calving in beef cows and subsequent calf production. **Journal of animal science**, v. 36, n. 1, p. 1–6, 1 jan. 1973.

LÔBO, R. N. B. Genetic parameters for reproductive traits of zebu cows in the semi-arid region of Brazil. **Livestock production science**, v. 55, n. 3, p. 245–248, set. 1998.

- LUSBY, K. S.; ENIS, S. O.; MCNEW, R. W. Twenty-four vs 30-month-old calving with Hereford heifers. **Oklahoma Agricultural Experiment Station**, v. MP-104, p. 90–93, 1979.
- LYNCH, J. M.; LAMB, G. C.; MILLER, B. L.; BRANDT, R. T.; COCHRAN, R. C.; MINTON, J. E. Influence of timing of gain on growth and reproductive performance of beef replacement heifers. **Journal of animal science**, v. 75, n. 7, p. 1715–1722, 1997.
- MACMILLAN, K. L.; SEGWAGWE, B. V. E.; PINO, C. S. Associations between the manipulation of patterns of follicular development and fertility in cattle. **Animal reproduction science**, v. 78, n. 3-4, p. 327–344, out. 2003.
- MALHADO, C. H. M.; MALHADO, A. C. M.; MARTINS FILHO, R.; CARNEIRO, P. L. S.; PALA, A.; ADRIÁN CARRILLO, J. Age at first calving of Nellore cattle in the semi-arid region of northeastern Brazil using linear, threshold, censored and penalty models. **Livestock science**, v. 154, n. 1-3, p. 28–33, jun. 2013.
- MANN, G. .; PAYNE, J. .; LAMMING, G. . Hormonal regulation of oxytocin-induced prostaglandin F2 α secretion by the bovine and ovine uterus in vivo. **Domestic animal endocrinology**, v. 21, n. 2, p. 127–141, ago. 2001.
- MANTOVANI, A. P.; NICHI, M.; FILHO, M. F. S.; AYRES, H.; VETTORATO, L. F.; BO, G. A.; BARUSELLI, P. S. Follicular growth and plasma progesterone patterns in Bos indicus x Bos taurus heifers submitted to different PGF2 α / progesterone-based synchronization protocols. **Animal reproduction**, v. 7, n. 2, p. 91–96, 2010.
- MARQUES, M. O.; MOROTTI, F.; SILVA, C. B.; JÚNIOR, M. R.; SILVA, C. P.; BARUSELLI, P. S.; SENEDA, M. M. Influence of category - heifers, primiparous and multiparous lactating cows - in a large-scale resynchronization FTAI program. **Journal of veterinary science**, 2015.
- MARTIN, J. L.; CREIGHTON, K. W.; MUSGRAVE, J. A.; KLOPFENSTEIN, T. J.; CLARK, R. T.; ADAMS, D. C.; FUNSTON, R. N. Effect of prebreeding body weight or progestin exposure before breeding on beef heifer performance through the second breeding season. **Journal of animal science**, v. 86, n. 2, p. 451–9, fev. 2008.
- MARTÍNEZ, M. F.; KASTELIC, J. P.; COLAZO, M. G.; MAPLETOFT, R. J. Effects of estradiol on gonadotrophin release, estrus and ovulation in CIDR-treated beef cattle. **Domestic animal endocrinology**, v. 33, n. 1, p. 77–90, jul. 2007.
- MARTINS, J. H.; SANTOS, C. S.; SILVA, M. A. V.; AGUIAR, H. M. V. S. B.; FRANÇA, I. G.; PEREIRA, H. G.; RIBEIRO, D. L.; CHAVES, R. M.; SOUZA, J. A. T.; MONTEIRO, B. M.; FILHO, M. F. S.; TORRES-JÚNIOR, J. R. S. Impact of puberty status and melengestrol acetate supplementation before the breeding period on reproductive efficiency of beef heifers. **Journal of animal science**, v. 93, n. 6, p. 2796–805, 20 jun. 2015.
- MCKINNISS, E. N.; ESTERMAN, R. D.; WOODALL, S. A.; AUSTIN, B. R.; HERSOM, M. J.; THATCHER, W. W.; YELICH, J. V. Evaluation of two progestogen-based estrous synchronization protocols in yearling heifers of Bos indicus x Bos taurus breeding. **Theriogenology**, v. 75, n. 9, p. 1699–707, jun. 2011.

- MENEGHETTI, M.; SÁ FILHO, O. G.; PERES, R. F. G.; LAMB, G. C.; VASCONCELOS, J. L. M. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows I: basis for development of protocols. **Theriogenology**, v. 72, n. 2, p. 179–89, 15 jul. 2009.
- MONTEIRO, F. M.; MERCADANTE, M. E. Z.; BARROS, C. M.; SATRAPA, R. A.; SILVA, J. A. V; OLIVEIRA, L. Z.; SARAIVA, N. Z.; OLIVEIRA, C. S.; GARCIA, J. M. Reproductive tract development and puberty in two lines of Nellore heifers selected for postweaning weight. **Theriogenology**, v. 80, n. 1, p. 10–7, 1 jul. 2013.
- MURPHY, B. D.; MARTINUK, S. D. Equine chorionic gonadotropin. **Endocrine reviews**, v. 12, n. 1, p. 27–44, fev. 1991.
- NELSEN, T. C.; LONG, C. R.; CARTWRIGHT, T. C. Postinflection growth in straightbred and crossbred cattle. II. Relationships among weight, height and pubertal characters. **Journal of animal science**, v. 55, n. 2, p. 293–304, 1 ago. 1982.
- NOGUEIRA, G. P. Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. **Animal reproduction science**, v. 82-83, p. 361–72, jul. 2004.
- NÚÑEZ-DOMINGUEZ, R.; CUNDIFF, L. V; DICKERSON, G. E.; GREGORY, K. E.; KOCH, R. M. Lifetime production of beef heifers calving first at two vs three years of age. **Journal of animal science**, v. 69, n. 9, p. 3467–3479, 1991.
- PACOLA, L. J.; RAZOOK, A. G.; FIGUEIREDO, L. A. DE. Suplementação pré e pós desmama de fêmeas zebuínas da raça nelore. **Boletim de indústria animal**, v. 50, n. 1, p. 35–41, jan. 1993.
- PARENT, A.-S.; TEILMANN, G.; JUUL, A.; SKAKKEBAEK, N. E.; TOPPARI, J.; BOURGUIGNON, J.-P. The timing of normal puberty and the age limits of sexual precocity: variations around the world, secular trends, and changes after migration. **Endocrine reviews**, v. 24, n. 5, p. 668–93, 1 out. 2003.
- PATTERSON, D. J.; PERRY, R. C.; KIRACOFÉ, G. H.; BELLOWS, R. A.; STAIGMILLER, R. B.; CORAH, L. R. Management considerations in heifer development and puberty. **Journal of animal science**, v. 70, n. 12, p. 4018–35, dez. 1992.
- PATTERSON, D. J.; WOOD, S. L.; RANDLE, R. F. Procedures that support reproductive management of replacement beef heifers. **Journal of animal science**, v. 77, n. E-Suppl, p. 1–15, 2000.
- PEREIRA, M. C.; YOKOO, M. J.; BIGNARDI, A. B.; SEZANA, J. C.; ALBUQUERQUE, L. G. DE. Altura da garupa e sua associação com características reprodutivas e de crescimento na raça Nelore. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 45, n. 6, p. 613–620, jun. 2010.
- PERES, R. F. G.; CLARO, I.; SÁ FILHO, O. G.; NOGUEIRA, G. P.; VASCONCELOS, J. L. M. Strategies to improve fertility in *Bos indicus* postpubertal heifers and nonlactating cows submitted to fixed-time artificial insemination. **Theriogenology**, v. 72, n. 5, p. 681–9, 15 set. 2009.

PURSLEY, J. R.; MEE, M. O.; WILTBANK, M. C. Synchronization of ovulation in dairy cows using PGF2alpha and GnRH. **Theriogenology**, v. 44, n. 7, p. 915–23, nov. 1995.

QUENNELL, J. H.; MULLIGAN, A. C.; TUPS, A.; LIU, X.; PHIPPS, S. J.; KEMP, C. J.; HERBISON, A. E.; GRATTAN, D. R.; ANDERSON, G. M. Leptin indirectly regulates gonadotropin-releasing hormone neuronal function. **Endocrinology**, v. 150, n. 6, p. 2805–12, jun. 2009.

RANDEL, R. D. Seasonal effects on female reproductive functions in the bovine (Indian breeds). **Theriogenology**, v. 21, n. 1, p. 170–185, jan. 1984.

RANDEL, R. D.; WELSH, T. H. Interactions of feed efficiency with beef heifer reproductive development. **Journal of animal science**, v. 91, n. 3, p. 1323–8, 7 mar. 2013. Trabalho apresentado a Alpha Beef Cattle Nutrition Symposium no Joint Annual Meeting, July 15th to July 19th, 2012, Phoenix, Arizona.

RASBY, R. .; DAY, M. .; JOHNSON, S. .; KINDER, J. .; LYNCH, J. .; SHORT, R. .; WETTEMANN, R. .; HAFS, H. . Luteal function and estrus in peripubertal beef heifers treated with an intravaginal progesterone releasing device with or without a subsequent injection of estradiol. **Theriogenology**, v. 50, n. 1, p. 55–63, jul. 1998.

RATHBONE, M. J.; KINDER, J. E.; FIKE, K.; KOJIMA, F.; CLOPTON, D.; OGLE, C. R.; R. BUNT, C. Recent advances in bovine reproductive endocrinology and physiology and their impact on drug delivery system design for the control of the estrous cycle in cattle. **Advanced drug delivery reviews**, v. 50, n. 3, p. 277–320, set. 2001.

RECOULES, E.; DE LA TORRE, A.; AGABRIEL, J.; EGAL, D.; BLANC, F. Subcutaneous body lipids affect cyclicity and estrus behavior in primiparous Charolais cows. **Animal reproduction science**, v. 140, n. 3-4, p. 115–23, ago. 2013.

RICHARDS, M. W.; WETTEMANN, R. P.; SCHOENEMANN, H. M. Nutritional anestrus in beef cows: body weight change, body condition, luteinizing hormone in serum and ovarian activity. **Journal of animal science**, v. 67, n. 6, p. 1520–6, jun. 1989.

ROBERTS, A. J.; PAISLEY, S. I.; GEARY, T. W.; GRINGS, E. E.; WATERMAN, R. C.; MACNEIL, M. D. Effects of restricted feeding of beef heifers during the postweaning period on growth, efficiency, and ultrasound carcass characteristics. **Journal of animal science**, v. 85, n. 10, p. 2740–5, 30 out. 2007.

ROCHA, E. D.; ANDRADE, V. J.; EUCLIDES FILHO, K.; NOGUEIRA, E.; FIGUEIREDO, G. R. Tamanho de vacas Nelore adultas e seus efeitos no sistema de produção de gado de corte. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 55, n. 4, p. 474–479, ago. 2003.

ROCHA, F. M. **Efeito da suplementação proteica no terço final da gestação sobre a programação fetal, e o desempenho das crias submetidas a diferentes estratégias de suplementação**. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2012.

- RODRIGUES, A. D. P.; PERES, R. F. G.; LEMES, A. P.; MARTINS, T.; PEREIRA, M. H. C.; CARVALHO, E. R.; DAY, M. L.; VASCONCELOS, J. L. M. Effect of interval from induction of puberty to initiation of a timed AI protocol on pregnancy rate in Nellore heifers. **Theriogenology**, v. 82, n. 5, p. 760–6, 15 set. 2014.
- RODRIGUES, A. D. P.; PERES, R. F. G.; LEMES, A. P.; MARTINS, T.; PEREIRA, M. H. C.; DAY, M. L.; VASCONCELOS, J. L. M. Progesterone-based strategies to induce ovulation in prepubertal Nellore heifers. **Theriogenology**, v. 79, n. 1, p. 135–41, 1 jan. 2013.
- ROMANO, M. A.; BARNABE, V. H.; KASTELIC, J. P.; DE OLIVEIRA, C. A.; ROMANO, R. M. Follicular dynamics in heifers during pre-pubertal and pubertal period kept under two levels of dietary energy intake. **Reproduction in domestic animals = Zuchthygiene**, v. 42, n. 6, p. 616–22, dez. 2007.
- ROSA, A. DO N.; LÔBO, R. B.; OLIVEIRA, H. N. DE; BEZERRA, L. A. F.; REYES BORJAS, A. DE LOS. Peso adulto de matrizes em rebanhos de seleção da raça Nelore no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 3, p. 1027–1036, jun. 2001.
- SÁ FILHO, M. F.; AYRES, H.; FERREIRA, R. M.; MARQUES, M. O.; REIS, E. L.; SILVA, R. C. P.; RODRIGUES, C. A.; MADUREIRA, E. H.; BÔ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Equine chorionic gonadotropin and gonadotropin-releasing hormone enhance fertility in a norgestomet-based, timed artificial insemination protocol in suckled Nelore (*Bos indicus*) cows. **Theriogenology**, v. 73, n. 5, p. 651–8, 15 mar. 2010a.
- SÁ FILHO, M. F.; BALDRIGHI, J. M.; SALES, J. N. S.; CREPALDI, G. A.; CARVALHO, J. B. P.; BÔ, G. A.; BARUSELLI, P. S. Induction of ovarian follicular wave emergence and ovulation in progestin-based timed artificial insemination protocols for *Bos indicus* cattle. **Animal reproduction science**, v. 129, n. 3-4, p. 132–9, dez. 2011.
- SÁ FILHO, M. F.; CRESPILO, A. M.; SANTOS, J. E. P.; PERRY, G. A.; BARUSELLI, P. S. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. **Animal reproduction science**, v. 120, n. 1-4, p. 23–30, jul. 2010b.
- SÁ FILHO, M. F.; MONTEIRO, B. M.; MENDANHA, M. F.; SOUZA, A. A.; GIROTTI, R. W.; SIQUEIRA, G. R.; BARUSELLI, P. S. Manejo reprodutivo estratégico e IATF em novilhas e vacas primíparas zebuínas de corte. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE REPRODUÇÃO ANIMAL APLICADA, 5., Londrina, 2012. **Anais...**Londrina: MSD Saúde Animal, 2012.
- SÁ FILHO, M. F.; NASSER, L. F. T.; PENTEADO, L.; PRESTES, R.; MARQUES, M. O.; FREITAS, B. G.; MONTEIRO, B. M.; FERREIRA, R. M.; GIMENES, L. U.; BARUSELLI, P. S. Impact of progesterone and estradiol treatment before the onset of the breeding period on reproductive performance of *Bos indicus* beef heifers. **Animal reproduction science**, 30 jun. 2015.
- SÁ FILHO, M. F.; PENTEADO, L.; REIS, E. L.; REIS, T. A. N. P. S.; GALVÃO, K. N.; BARUSELLI, P. S. Timed artificial insemination early in the breeding season improves the

reproductive performance of suckled beef cows. **Theriogenology**, v. 79, n. 4, p. 625–632, 1 mar. 2013.

SÁ FILHO, M. F.; SALES, J. N.; CREPALDI, G. A.; GIROTTO, R.; CAVALHEIRO, I.; BARUSELLI, P. S. Effect of different ovulation inductors on pregnancy rates of Nelore (*Bos indicus*) heifers synchronized to fixed-time artificial insemination. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF ANIMAL BIOLOGY OF REPRODUCTION, 2., São Paulo, 2008. **Anais...** São Paulo: CBRA: 2008.

SÁ FILHO, M. F.; TORRES-JÚNIOR, J. R. S.; PENTEADO, L.; GIMENES, L. U.; FERREIRA, R. M.; AYRES, H.; CASTRO E PAULA, L. A.; SALES, J. N. S.; BARUSELLI, P. S. Equine chorionic gonadotropin improves the efficacy of a progestin-based fixed-time artificial insemination protocol in Nelore (*Bos indicus*) heifers. **Animal reproduction science**, v. 118, n. 2-4, p. 182–7, abr. 2010c.

SÁ FILHO, O. G.; MENEGHETTI, M.; PERES, R. F. G.; LAMB, G. C.; VASCONCELOS, J. L. M. Fixed-time artificial insemination with estradiol and progesterone for *Bos indicus* cows II: strategies and factors affecting fertility. **Theriogenology**, v. 72, n. 2, p. 210–8, 15 jul. 2009.

SALES, J. N. S.; CARVALHO, J. B. P.; CREPALDI, G. A.; CIPRIANO, R. S.; JACOMINI, J. O.; MAIO, J. R. G.; SOUZA, J. C.; NOGUEIRA, G. P.; BARUSELLI, P. S. Effects of two estradiol esters (benzoate and cypionate) on the induction of synchronized ovulations in *Bos indicus* cows submitted to a timed artificial insemination protocol. **Theriogenology**, v. 78, n. 3, p. 510–6, ago. 2012.

SALES, J. N. S.; CREPALDI, G. A.; GIROTTO, R. W.; SOUZA, A. H.; BARUSELLI, P. S. Fixed-time AI protocols replacing eCG with a single dose of FSH were less effective in stimulating follicular growth, ovulation, and fertility in suckled-anestrus Nelore beef cows. **Animal reproduction science**, v. 124, n. 1-2, p. 12–8, mar. 2011.

SHAFFER, K. S.; TURK, P.; WAGNER, W. R.; FELTON, E. E. D. Residual feed intake, body composition, and fertility in yearling beef heifers. **Journal of animal science**, v. 89, n. 4, p. 1028–34, 19 maio 2011.

SHORT, R. E.; STAIGMILLER, R. B.; BELLOWS, R. A.; GREER, R. C. Breeding heifers at one year of age: biological and economic considerations. In: Annual Beef Cattle Short Course, 39., 1990. Gainesville (FL). **Proceedings...** Florida: University of Florida; 1990. p. 93–106.

SILVA, J. A. I. DE V.; DIAS, L. T.; ALBUQUERQUE, L. G. DE. Estudo genético da precocidade sexual de novilhas em um rebanho Nelore. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1568–1572, out. 2005.

SILVA, J. A. I. DE V.; VAN MELIS, M. H.; ELER, J. P.; FERRAZ, J. B. S. Estimação de parâmetros genéticos para probabilidade de prenhez aos 14 meses e altura na garupa em bovinos da raça Nelore. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1141–1146, out. 2003.

SMITH, G. D.; JACKSON, L. M.; FOSTER, D. L. Leptin regulation of reproductive function and fertility. **Theriogenology**, v. 57, n. 1, p. 73–86, jan. 2002.

- SOUZA, E. .; MILAGRES, J. .; SILVA, M. .; REGAZZI, A. .; CASTRO, A. G. C. Influências genéticas e de meio ambiente sobre a idade ao primeiro parto em rebanhos de Gir leiteiro. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, p. 926–935, 1995.
- STYGAR, A. H.; KRISTENSEN, A. R.; MAKULSKA, J. Optimal management of replacement heifers in a beef herd: A model for simultaneous optimization of rearing and breeding decisions. **Journal of animal science**, v. 92, p. 3636–3649, 1 jul. 2014.
- TANAKA, Y.; VINCENT, D. L.; LEDGERWOOD, K. S.; WEEMS, C. W. Variable progesterone response and estradiol secretion in prepubertal beef heifers following treatment with norgestomet implants. **Theriogenology**, v. 43, n. 6, p. 1077–1086, abr. 1995.
- TAYLOR, C. S.; FITZHUGH, H. A. Genetic relationships between mature weight and time taken to mature within a breed. **Journal of animal science**, v. 33, n. 4, p. 726–31, out. 1971.
- TEIXEIRA, R. A.; ALBUQUERQUE, L. G.; FRIES, L. E. Bio-economic comparisons among three ages at first breeding in Nelore heifers. **ARS veterinaria**, v. 18, n. 3, p. 197–203, 2002.
- THALLMAN, R. M.; CUNDIFF, L. V; GREGORY, K. E.; KOCH, R. M. Germplasm evaluation in beef cattle--Cycle IV: postweaning growth and puberty of heifers. **Journal of animal science**, v. 77, n. 10, p. 2651–2659, 1999.
- VAICIUNAS, A.; COUTINHO, L. L.; MEIRELLES, F. V.; PIRES, A. V.; SILVA, L. F. P. Leptin and hypothalamic gene expression in early- and late-maturing Bos indicus Nelore heifers. **Genetics and molecular biology**, v. 31, n. 3, p. 657–664, 2008.
- VALLE, E. R.; ANDREOTTI, R.; THIAGO, L. R. L. **Estratégias para aumento da eficiência reprodutiva e produtiva em bovinos de corte**. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1998.
- VARGAS, C. A.; OLSON, T. A.; CHASE, C. C.; HAMMOND, A. C.; ELZO, M. A. Influence of frame size and body condition score on performance of Brahman cattle. **Journal of animal science**, v. 77, n. 12, p. 3140–3149, 1999.
- VIEIRA, A.; LOBATO, J. F. P.; CORREA, E. S.; TORRES JUNIOR, R. A. DE A.; CEZAR, I. M. Produtividade e eficiência de vacas Nelore em pastagem de Brachiaria decumbens Stapf nos Cerrados do Brasil Central. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1357–1365, ago. 2005.
- WILTBANK, J. N.; GREGORY, K. E.; SWIGER, L. A.; INGALLS, J. E.; ROTHLISBERGER, J. A.; KOCH, R. M. Effects of heterosis on age and weight at puberty in beef heifers. **Journal of animal science**, v. 25, n. 3, p. 744–751, 1 ago. 1966.
- WILTBANK, J. N.; INGALLS, J. E.; ROWDEN, W. W. Effects of various forms and levels of estrogens alone or in combination with gonadotrophins on the estrous cycle of beef heifers. **Journal of animal science**, v. 20, n. 1, p. 341–346, 1961.
- WILTBANK, J. N.; KASSON, C. W.; INGALLS, J. E. Puberty in crossbred and straightbred beef heifers on two levels of feed. **Journal of animal science**, v. 29, n. 4, p. 602–605, 1 out. 1969.

WITHYCOMBE, R.; POTTER, E. L.; EDWARDS, F. M. Deferred breeding of beef cows. **Oregon Agricultural Experimental Station bulletin**, v. 271, p. 1–18, 1 nov. 1930.

YAVAS, Y.; WALLON, J. S. Induction of ovulation in postpartum suckled beef cows: A review. **Theriogenology**, v. 54, n. 1, p. 1–23, jul. 2000.

YOKOO, M. J.; LOBO, R. B.; ARAUJO, F. R. C.; BEZERRA, L. A. F.; SAINZ, R. D.; ALBUQUERQUE, L. G. Genetic associations between carcass traits measured by real-time ultrasound and scrotal circumference and growth traits in Nelore cattle. **Journal of animal science**, v. 88, n. 1, p. 52–8, 25 jan. 2010.

YOKOO, M. J.; MAGNABOSCO, C. U.; ROSA, G. J. M.; LÔBO, R. B.; ALBUQUERQUE, L. G. Características reprodutivas e suas associações com outras características de importância econômica na raça Nelore. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 64, n. 1, p. 91–100, fev. 2012.