

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

**AVALIAÇÃO DE NOVILHAS PRECOCES: CRESCIMENTO,
REPRODUÇÃO E TERMINAÇÃO**

Karla Alves Oliveira
Zootecnista

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

**AVALIAÇÃO DE NOVILHAS PRECOCES: CRESCIMENTO,
REPRODUÇÃO E TERMINAÇÃO**

Discente: Karla Alves Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rezende Siqueira

Coorientadora: Dra. Ivanna Moraes de Oliveira

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus Jaboticabal, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Doutora em Zootecnia.

2023

O48a

Oliveira, Karla Alves Oliveira Alves
Avaliação de novilhas precoces: crescimento,
reprodução e terminação / Karla Alves Oliveira Alves
Oliveira. -- , 2023
77 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,
Jaboticabal,

Orientador: Gustavo Rezende Siqueira
Coorientadora: Ivanna Moraes de Oliveira

1. Zootecnia. 2. Produção Animal. 3. Bovinos
Criação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias,
Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Os capítulos 2 e 3 desta tese abordam como podemos administrar o sistema de produção de bovinos de corte para melhorar o desempenho produtivo e reprodutivo de fêmeas da raça Nelore. Considerando a relevância da produção de bovinos no cenário nacional, a caracterização dos sistemas de produção em diversas situações é útil para avaliações zootécnicas haja visto o avanço tecnológico na atividade. A programação fetal, o crescimento de novilhas com objetivo de emprenha-las aos 14 meses, bem como a terminação de novilhas que não ficaram prenhes na estação reprodutivas são alternativas que podem colaborar para a melhoria no desempenho dos animais com consequente aumento na produção e também produção de carne de qualidade.

POTENCIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

Chapters 2 and 3 of this thesis address how we can manage the beef cattle production system to improve the productive and reproductive performance of Nelore females. Considering the relevance of cattle production in the national scenario, the characterization of production systems in different situations is useful for zootechnical assessments, given the technological advances in the activity. Fetal programming, the growth of heifers with the aim of getting them pregnant at 14 months, as well as the termination of heifers that did not become pregnant during the reproductive season are alternatives that can contribute to improving animal performance with a consequent increase in production and also quality meat production.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO DE NOVILHAS PRECOSES: CRESCIMENTO, REPRODUÇÃO E TERMINAÇÃO

AUTORA: KARLA ALVES OLIVEIRA

ORIENTADOR: GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA

COORIENTADORA: IVANNA MORAES DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Zootecnia, pela Comissão Examinadora:

 Documento assinado digitalmente
GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA
Data: 11/08/2023 17:19:16-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pesquisador Dr. GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA ColinaSP

Pesquisador Dr. SIDNEI ANTÔNIO LOPES (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Viçosa - Viçosa/MG

 Documento assinado digitalmente
SIDNEI ANTONIO LOPES
Data: 16/08/2023 15:17:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. GILBERTO DE LIMA MACEDO JUNIOR (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Uberlândia

 Documento assinado digitalmente
GILBERTO DE LIMA MACEDO JUNIOR
Data: 18/08/2023 11:09:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. SIMONE PEDRO DA SILVA (Participação Virtual)
Faculdade de Medicina Veterinária / Universidade Federal de Uberlândia (UFU) - Uberlândia/MG

 Documento assinado digitalmente
SIMONE PEDRO DA SILVA
Data: 14/08/2023 11:58:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. LAURA FRANCO PRADOS (Participação Virtual)
Cargill, Inc. / Campinas/SP

 Documento assinado digitalmente
LAURA FRANCO PRADOS
Data: 17/08/2023 19:38:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 04 de agosto de 2023

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

Karla Alves Oliveira, nascida em 26 de novembro de 1992, Uberaba, Minas Gerais. Filha de Núbia Regina Alves e Ivan Bonifácio de Oliveira, representantes comerciais. Possui graduação em Zootecnia (2010 – 2014), pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Triângulo Mineiro – câmpus Uberaba. Durante a graduação atuou em iniciações científicas sob orientação da Dra. Edilane Aparecida Silva (de 2011 à 2013) na sede da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em Uberaba e no Núcleo de Estudos em Pastagem, Produção e Alimentação de Ruminantes (NEPPAR), sob orientação do professor Dr. Dawson José Guimarães Faria (de 2013 à 2014). Em 2015 trabalhou como Zootecnista Trainee na Fazenda Morro Alto II – UberBrahman, em Uberlândia, Minas Gerais. Em março de 2016, ingressou no mestrado na Universidade Federal de Uberlândia – UFU, Uberlândia, Minas Gerais, no programa de pós graduação em Medicina Veterinária sob orientação do professor Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior (2016 – 2018). Em maio de 2018 participou de projetos de pesquisa através de parceria entre a UFU e a empresa Nutrata Nutrição Animal também sob orientação do professor Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior (2018 – 2019). Em agosto de 2019 ingressou no doutorado pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Jaboticabal, São Paulo, no programa de pós graduação em Zootecnia sob orientação do professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço aos meus pais Ivan e Núbia, pela educação e liberdade para atingir meus objetivos e correr atrás de realizar meus sonhos.

À minha irmã, Carolina, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo em todos os momentos desses anos.

Agradeço ao professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira por aceitar me orientar, juntamente ao professor Dr. Flávio Dutra de Resende por terem tornado este projeto de pesquisa possível e confiado em mim para fazer parte deste grupo de pesquisa e colaborar junto à equipe. Bem como pela disposição, contribuição e paciência dedicadas à conclusão deste trabalho. Saibam que têm meu respeito e admiração!

À Dra. Ivanna Oliveira, por ser minha coorientadora. Obrigada pela ajuda, orientação, ensinamentos, conselhos. Sua contribuição foi muito importante para a melhoria do trabalho.

À Dra. Laura Prados, agradeço pela ajuda, orientação e ensinamentos (principalmente na parte estatística!). Obrigada.

Agradeço aos membros da banca pela presença e pelos comentários que tenho certeza serão de grande valor para o trabalho final. Agradeço aos suplentes que concordaram em participar do processo de avaliação.

Agradeço ao Prof. Dr. Dawson José Guimarães de Faria, meu orientador durante a graduação, que me fez despertar o interesse pela pesquisa e que, mesmo depois de longos anos segue me orientando e me proporcionando muito aprendizado. E também, agradeço ao Prof. Dr. Gilberto de Lima Macedo Júnior e à Prof.^a Dr.^a Simone Pedro Silva, pela “iniciação” na vida da pós graduação, pela orientação, pelos conselhos, pela amizade, pelos “puxões de orelha” e principalmente pelo incentivo ao ingresso no doutorado. Sem vocês eu não teria chegado até aqui.

Agradeço a todos os funcionários da APTA, pela amizade e pela ajuda, pois sem eles não seria possível a realização dos experimentos.

Agradeço aos colegas de pós graduação, de trabalho, de moradia, cuja ajuda e parceria foram de grande valia para a execução e finalização deste projeto.

Agradeço aos meus parceiros de experimento, e amigos, Iorrano e Igor, que me orientaram, me auxiliaram, me ensinaram, e estiveram presentes em todos os momentos que precisei, eu não teria conseguido sem a ajuda de vocês!

Agradeço também às pessoas que além de colegas da pós graduação se tornaram amizades que levarei para o resto da minha vida: Jéssica, Luciana, Laylles, João Pedro, Melany, Amanda, Irene, Mailza, Fernanda e Mariana. Mesmo com a distância levarei vocês sempre comigo!

Agradeço aos meus amigos de uma vida inteira: Washington, Marco Tulio e Carolina, que sempre estiveram ao meu lado, em momentos bons ou ruins, me mostrando o verdadeiro sentido da amizade.

Agradeço aos órgãos de fomento, as empresas parceiras, equipes de trabalho, todos que contribuíram para que fosse possível a realização deste projeto.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

A todos vocês que, de alguma forma, marcaram esses momentos da minha vida... MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	1
Introdução.....	1
REVISÃO DE LITERATURA	3
Programação fetal.....	3
Crescimento e reprodução de novilhas de corte	9
Programação fetal e efeito na recria de fêmeas	13
Terminação de novilhas no Brasil	14
CAPÍTULO 2 - IMPACTO DA OFERTA DE FORRAGEM NOS TERÇOS MÉDIO E FINAL DA GESTAÇÃO DE VACAS NELORE SOBRE OS ASPECTOS PRODUTIVOS E REPRODUTIVOS DA SUA PROLE FÊMEA	25
Introdução	27
Material e Métodos	28
Resultados	39
Discussão	45
Conclusão	49
Referências.....	50
CAPÍTULO 3 - PERFORMANCE, INTAKE, FEED EFFICIENCY, AND CARCASS CHARACTERISTICS OF YOUNG NELLORE HEIFERS UNDER DIFFERENT DAYS ON FEED IN THE FEEDLOT¹	54
Introduction	55
Materials and methods.....	57
Results	65
Discussion	70
Conclusion.....	73
References	74

CERTIFICADO Nº 0004/2020 - CEUA

Certificamos que o projeto apresentado dia 24 de agosto de 2020 intitulado: “IMPACTOS DA OFERTA DE FORRAGEM NOS TERÇOS MÉDIO E FINAL DA GESTAÇÃO DE VACAS NELORE SOBRE OS ASPECTOS PRODUTIVOS DA SUA PROLE” registrado com o **Protocolo nº 0004/2020**, sob a responsabilidade do Pesquisador Científico **Flávio Dutra de Resende**, que envolve a produção, a manutenção e a utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica, encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de oito de outubro de 2008; do decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009; e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADO** pela **Comissão de Ética no Uso de Animais do Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (CEUA-DDD)**, em reunião extraordinária realizada no dia **27 de agosto de 2020**.

Finalidade: (X) Pesquisa científica – () Ensino	
Vigência da autorização	01/01/2021 à 31/08/2023
Espécie/linhagem e/ou raça	Bovinos Nelore
Nº de animais	288
Sexo	F (216) / M (72)
Localização	Polo Regional Alta Mogiana - Colina / DDD / APTA / SAA - SP
Responsável Técnico	Dr. Gustavo Rezende Siqueira


Maria Izabel Merino de Medeiros
Coordenadora CEUA-DDD



Comissão de Ética no Uso de Animais
Departamento de Descentralização do
Desenvolvimento CEUA - DDD
Av. Rodrigues Alves, 40-40
CEP: 17030-000, Bauri, SP
Telefone: (14) 3203-3257 - Ramal 24
E-mail: medeiros@apta.sp.gov.br



Secretaria de
Agricultura e Abastecimento

Agência Paulista de
Tecnologia dos Agronegócios

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

Avaliação de novilhas precoces: crescimento, reprodução e terminação

RESUMO - Foram realizados dois experimentos com o objetivo de avaliar o desempenho de novilhas Nelore precoces durante as fases de crescimento, reprodução e terminação. No Experimento 1 objetivou-se avaliar o desempenho produtivo e reprodutivo no crescimento e reprodução de novilhas cujas mães foram submetidas ao manejo com baixa ou alta oferta de forragem (restrição alimentar, ou não) durante terço médio e final da gestação. No Experimento 2 objetivou-se avaliar o desempenho, consumo de matéria seca, eficiência alimentar e características de carcaça de novilhas Nelore em diferentes tempos de confinamento. O experimento 1 teve início em julho de 2020. Foram utilizadas 42 bezerras desmamadas, avaliadas durante o crescimento e a reprodução em função do tratamento materno: bezerras cujas mães foram submetidas à restrição alimentar e perda da condição corporal (baixa oferta de forragem) e bezerras cujas mães não foram submetidas à restrição alimentar e tiveram manutenção da condição corporal (alta oferta de forragem). O crescimento e reprodução das novilhas ocorreu em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e todas receberam suplementação concentrada na quantidade de 1,0% do PC/dia. Ao atingir 14 meses de idade, as novilhas foram submetidas a dois protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF). Aos 30 e 60 dias, após IATF, foi realizado o diagnóstico de gestação através de ultrassonografia. Foram avaliados a análise quantitativa e qualitativa do pasto, peso corporal, ganho médio diário, escore de condição corporal, ultrassom de carcaça, parâmetros sanguíneos e desempenho reprodutivo. Os dados foram analisados utilizando-se o SAS, considerando 5% de probabilidade para o erro tipo I. Não houve efeito da restrição alimentar das vacas durante a gestação sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da prole fêmea. Com relação as características de carcaça, o marmoreio apresentou diferença ($P=0,02$) entre os tratamentos, sendo superior nas filhas de vacas mantidas com alta oferta de forragem durante a gestação. Com relação à concentração dos metabólitos sanguíneos houve interação entre tratamento e período para a concentração sanguínea de gama glutamiltransferase (GGT, $P=0,02$) e insulina ($P=0,02$). A

concentração sanguínea de proteína total foi maior ($P=0,01$) e para a concentração de IGF-1 houve tendência a ser superior ($P=0,10$) nas novilhas filhas de vacas submetidas à alta oferta de forragem. Conclui-se que a nutrição adequada ou restrição alimentar da matriz durante a gestação não exerce influência sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie, porém exerce influência na composição corporal, uma vez que bezerras filhas de matrizes que tiveram a nutrição adequada conseguem acumular maior porcentagem de gordura intramuscular (marmoreio). O experimento 2 foi dividido em dois anos. No ano 1, 51 novilhas Nelore [$324 \pm 19,3$ kg de peso corporal (PC); 16 ± 1 meses] foram divididas em 3 períodos de confinamento (45, 75 ou 105 dias), no ano 2, 36 novilhas Nelore ($362 \pm 25,5$ kg de PC; 18 ± 1 meses) foram divididas em três períodos de confinamento (45, 90 ou 135 dias). Em ambos estudos, as novilhas foram bloqueadas pelo peso inicial e estratificadas pela ultrassonografia de carcaça. Os animais foram alimentados ad libitum permitindo 3% de sobras. O ponto em que os animais atingissem 25% de extrato etéreo no peso corporal vazio (EEPCV) foi definido como ponto biológico de terminação. Além disso, foram feitas relações entre algumas características obtidas em ambos estudos. Relações lineares positivas foram encontradas entre espessura de gordura subcutânea (EGS) e EEPCV ($p < 0,001$, $r = 0,84$) e entre EGS e peso corporal ($p < 0,001$, $r = 0,77$). Nossos resultados sugerem que o ponto de terminação biológico para novilhas Nelore é 6,97 mm de espessura de gordura subcutânea ou 402 kg de peso corporal vazio, o que corresponde à aproximadamente 75 dias de confinamento.

Palavras-chave: espessura de gordura subcutânea, eficiência alimentar, programação fetal, reprodução, dias de confinamento.

Evaluation of early heifers: growth, reproduction and finishing phases

ABSTRACT: Two experiments were carried out with the objective of evaluating the performance of early Nelore heifers during the growth, reproduction and finishing phases. In Experiment 1, the objective was to evaluate the productive and reproductive performance in the growth and reproduction of heifers whose mothers were subjected to management with low or high forage supply (food restriction, or not) during the middle and final third of pregnancy. Experiment 2 aimed to evaluate the performance, dry matter intake, feed efficiency and carcass characteristics of Nelore heifers at different feedlot days. Experiment 1 began in July 2020. 42 weaned calves were used, evaluated during growth and reproduction according to maternal treatment: calves whose mothers were subjected to food restriction and loss of body condition (low forage supply) and heifers whose mothers were not subjected to food restriction and maintained their body condition (high forage supply). Heifer growth and reproduction occurred on *Urochloa brizantha* cv. Marandu and all received concentrated supplementation in the amount of 1.0% of BW/day. Upon reaching 14 months of age, the heifers were subjected to two fixed-time artificial insemination (FTAI) protocols. At 30 and 60 days, after FTAI, pregnancy was diagnosed using ultrasound. Quantitative and qualitative pasture analysis, body weight, average daily gain, body condition score, carcass ultrasound, blood parameters and reproductive performance were evaluated. The data were analyzed using SAS, considering a 5% probability for type I error. There was no effect of dietary restriction of cows during pregnancy on the productive and reproductive performance of female offspring. Regarding carcass characteristics, marbling showed a difference ($P=0.02$) between treatments, being higher in daughters of cows kept with a high supply of forage during pregnancy. Regarding the concentration of blood metabolites, there was an interaction between treatment and period for the blood concentration of gamma glutamyltransferase (GGT, $P=0.02$) and insulin ($P=0.02$). The blood concentration of total protein was higher ($P=0.01$) and there was also a tendency to be higher ($P=0.10$) for IGF-1 blood concentration in heifers born to cows subjected to a high supply of forage. It is concluded that adequate

nutrition or dietary restriction of the dam during pregnancy does not influence the productive and reproductive performance of the progeny, but does influence body composition, since calves born to dams that had adequate nutrition are able to accumulate a higher percentage of intramuscular fat (marbling). The Experiment 2 was divided in two years. In year 1, fifty-one Nellore heifers [324 ± 19.3 kg of body weight (BW); 16 ± 1 months] were split into three DOF lengths (45, 75, or 105 days), while in year 2, thirty-six Nellore heifers (362 ± 25.5 kg of BW; 18 ± 1 months of age) were split into three DOF lengths (45, 90, or 135 days). In both studies, all animals were distributed in complete randomized blocks according to initial BW and stratified via carcass ultrasound. The diet was supplied *ad libitum*, allowing 3% of refusals. The point at which the animals achieved 25% of ether extract of shrunk body weight (EE_{SBW}) was defined as the biological endpoint. Thus, relationships were made between some characteristics obtained in both studies. Positive linear relationships were found between backfat thickness (BFT) vs. EE_{SBW} ($p < 0.001$, $r = 0.84$) and BFT vs. body weight ($p < 0.001$, $r = 0.77$). Our results suggest that the biological slaughter endpoint for young Nellore heifers is 6.97 mm of backfat thickness or 402 kg shrunk body weight, corresponding to around 75 DOF.

Keywords: backfat thickness, days on feed, feed efficiency, fetal programming, reproduction.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Introdução

A bovinocultura de corte no Brasil é baseada na utilização de pastagens tropicais, o que caracteriza o sistema extensivo de produção no país (Souza Sobrinho et al., 2011; Millen e Arrigoni, 2013). Nas condições climáticas brasileiras há, em geral, duas estações bem definidas: seca e águas, determinando a estacionalidade da produção de forragem. E, o período considerado crítico no ano, que seria o de seca, coincide com duas fases de maior atenção com a nutrição animal: o terço médio/final da gestação e início da recria (fase de produção onde há maior eficiência no crescimento dos animais).

Diante dessa limitação, a produção de forragem para nutrição de fêmeas bovinas durante a gestação se mostra inadequada, uma vez que, na maioria dos sistemas de produção, haverá restrição alimentar nos terços médio e final da gestação (Valle et al., 2000). Isso torna-se ainda mais considerável quando se pensa que a nutrição materna, durante a gestação, gera efeitos no feto e desenvolvimento posterior. Este conceito, chamado de programação fetal, envolve os processos ou mecanismos de adaptação onde a nutrição materna e o ambiente intrauterino influenciam, quantitativamente e qualitativamente, o desenvolvimento do feto, podendo ocasionar mudanças fisiológicas e metabólicas, que vão permanecer durante toda a vida do indivíduo (Duarte et al., 2012; Marques et al., 2016; Moreira et al., 2019).

Logo, torna-se necessário conhecer os efeitos desta programação fetal, não apenas na vida do bezerro, mas sim ao longo de todo ciclo de produção. E, quando se pensa em um sistema de recria de novilhas (período em que a fêmea se encontra em crescimento e se prepara para a reprodução) é necessário o conhecimento da nutrição, aliado aos efeitos reprodutivos, para que ocorra a reposição adequada destes animais no rebanho. Um ponto chave para que isto ocorra satisfatoriamente, é conseguir que novilhas emprenhem cada vez mais cedo, por exemplo, aos 14 meses. Essa prática aumenta a vida produtiva dos animais e reduz custos relacionados a essa

categoria, levando ao aumento da rentabilidade dos sistemas que as utilizam (Perotto et al., 2006; Vasconcelos et al., 2018).

Posteriormente ao período de recria, levando-se em consideração que nem todas as novilhas apresentem diagnóstico de gestação positivo, temos a estratégia de terminação e abate das novilhas com diagnóstico negativo. Esta opção permitirá manter no rebanho apenas os animais mais precoces e, ao mesmo tempo, promoverá abate de fêmeas jovens, com carne macia, maior acabamento, obtido com maior facilidade nesta categoria e, usualmente, vendidas com valor agregado (Reddy et al., 2015), sendo esta uma tendência no mercado nacional.

O peso da carcaça se mostra como o principal critério utilizado por frigoríficos no Brasil como forma de estabelecer o preço pago ao produtor pelo animal abatido (Rezende et al., 2019), o que consequentemente leva à busca pela produção de carcaças mais pesadas. Entretanto, ao aumentar o peso no momento do abate para valores maiores que o mínimo exigido pelos frigoríficos, pode prejudicar a eficiência do sistema de produção devido ao aumento proporcional de componentes não carcaça, o que leva a redução da eficiência biológica dos animais (Missio et al., 2013).

Assim sendo, faz-se necessário o estudo relacionado ao tempo de confinamento, principalmente no que diz respeito ao confinamento de fêmeas zebuínas, para determinar qual seria o melhor momento para realizar o abate desses animais, onde estes atingissem o máximo de sua eficiência produtiva.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da restrição alimentar materna sobre o desempenho da progênie durante as fases de crescimento e reprodução e, também, avaliar o efeito do tempo de confinamento sobre o desempenho, consumo, eficiência alimentar e características de carcaça em novilhas Nelore que receberam alta suplementação durante a fase de crescimento.

REVISÃO DE LITERATURA

Programação fetal

O conceito de programação fetal surgiu a partir de dados epidemiológicos humanos, onde o baixo peso e a má nutrição da mãe foram relacionados com doenças nos filhos como, por exemplo, diabetes, derrames e hipertensão (Barker et al., 1993; Godfrey e Barker, 2000). Em animais de produção, o termo vem sendo estudado recentemente, buscando entender o crescimento pós-natal, sendo que este efeito pós-natal depende tanto da quantidade, quanto da eficiência da transformação metabólica dos nutrientes (Wu et al., 2006).

Dentre os diversos fatores que afetam o ambiente uterino durante a gestação, a nutrição merece destaque. De acordo com Du et al. (2013), a ingestão de nutrientes pela vaca gestante está associada com a produtividade da prole na vida adulta. Muitos estudos mostram que cada sistema orgânico e função metabólica são afetados pela programação de desenvolvimento em bovinos de corte e outros animais de criação (Reynolds et al., 2019). Essas mudanças são causadas pela epigenética, que modifica a expressão de genes sem alteração do genoma do indivíduo. As alterações epigenéticas permitem uma rápida adaptação do feto ao ambiente uterino ao qual está sendo desenvolvido. Desta forma, a desnutrição materna durante a gestação pode causar o desenvolvimento de um fenótipo “econômico” na prole, resultando potencialmente em maior adiposidade e massa muscular reduzida (Mohrhauser et al., 2015).

Trabalhos que avaliaram alterações na nutrição materna durante a gestação, em condições tropicais, mostraram que existe efeito sobre o peso dos bezerros ao nascimento e/ou desmame (De Paula et al., 2019; Rodrigues et al., 2020; Nascimento, 2021). Ainda, existem trabalhos que avaliaram o efeito desta programação fetal em bovinos de raças taurinas (Martin et al., 2007; Underwood et al., 2010; Quarnberg et al., 2016) e em bovinos de raças zebuínas (Duarte et al., 2014; Rodrigues et al., 2017), sendo que, neste último grupo, tem-se observado que a matriz Nelore consegue contornar a restrição alimentar imposta, quando esta é menos intensa, afetando de forma menos pronunciada a progênie. Isto ocorre, pois, o consumo de energia tem

forte influência sobre a massa e a atividade metabólica do fígado e do trato gastrointestinal que impactam diretamente no total de energia utilizada para manutenção. Assim sendo, em períodos de restrição de consumo de energia, como na estação seca do ano para animais a pasto, o organismo se adapta a este menor consumo, diminuindo os órgãos de alta atividade metabólica, diminuindo assim a quantidade de energia necessária para sua manutenção (Valadares Filho et al., 2006).

A subnutrição materna, no terço inicial da gestação, pode afetar o desenvolvimento e fluxo sanguíneo placentário e a organogênese inicial (Tsuneda et al., 2017). Já quando esta ocorre no terço médio e final da gestação pode haver falhas no desenvolvimento final de órgãos, na formação do tecido muscular e tecido adiposo, assim como na absorção de nutrientes essenciais para a reprodução (Funston et al., 2010). Na Figura 1 é ilustrado como pode ocorrer as diferentes alterações em cada estágio gestacional.

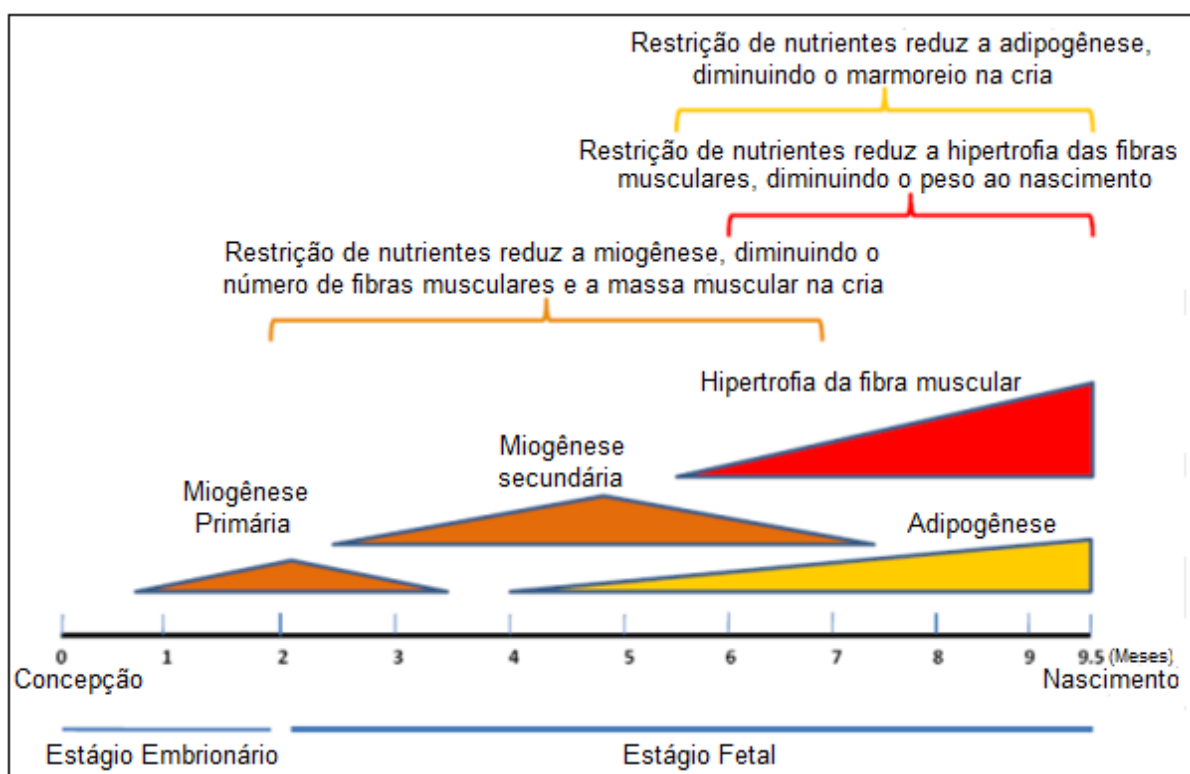


Figura 1. Efeitos da nutrição materna no desenvolvimento dos tecidos muscular e adiposo em fetos de bovinos (Adaptado de Du et al., 2009).

Na produção de bovinos de corte é fundamental a produção de carne em quantidade e qualidade, para isso é importante o conhecimento da formação do tecido

muscular, visando aumentar o número de fibras musculares e o teor de gordura intramuscular (marmoreio).

A regulação do processo de formação dos músculos esqueléticos envolve a ativação, proliferação e diferenciação de várias linhagens de células miogênicas e depende da expressão e atividade de fatores transicionais, conhecidos como fatores de regulação miogênica. Ou seja, as células-tronco mesenquimais comprometem-se em linhagem miogênica após receber sinais dos tecidos vizinhos (Kóllias & McDermott, 2008).

A miogênese pode ser dividida em duas etapas, a determinação e a diferenciação. A determinação é o processo no qual as células pluripotentes estão se multiplicando e são mobilizadas para o processo miogênico, se transformando em mioblastos. Durante a miogênese no embrião, os mioblastos proliferam, migram, diferenciam e fundem-se para formar miotubos e posteriormente fibras musculares. No entanto, alguns mioblastos (células satélites) permanecem relativamente indiferenciados, servindo à função de reposição celular nas situações de perda celular e hipertrofia muscular nos indivíduos adultos (Beermann et al., 1978). Portanto, a miogênese primária ocorre na fase inicial durante o desenvolvimento embrionário. A miogênese secundária ocorre durante a segunda onda miogênica na fase fetal e representam formação da maioria das fibras musculares esqueléticas como pode ser observado na Figura 1.

No segundo terço de gestação, outros mioblastos utilizam as miofibrilas primárias como suporte para alinharem-se e formar as fibras secundárias. As fibras secundárias passam por hipertrofia e se ligam a outros miotubos através de uma forte ligação permitindo a comunicação célula a célula. O período de mioblasto fetal quando as fibras musculares secundárias são formadas, determina o número final de fibras no adulto. Durante o período embrionário e fetal, o crescimento do músculo é caracterizado pelo aumento no número de fibras musculares e seu agrupamento, que é conhecido como hiperplasia, e na grande maioria das espécies animais não ocorre aumento no número de células musculares após o nascimento (Rodrigues Filho et al., 2011), e por isto faz-se necessário estimular ao máximo a formação de fibras musculares durante o período de gestação.

Sendo assim, a maioria das fibras musculares são formadas na fase fetal entre dois a sete ou oito meses de gestação em bovinos (Du et al., 2010). Aqui é importante destacar que o desenvolvimento do músculo esquelético tem menor prioridade quando comparado com órgãos tais como o cérebro, coração e fígado. Ou seja, o músculo esquelético é particularmente vulnerável a disponibilidade nutricional e, consequentemente, restrições de nutrientes resultam na redução de formação das fibras musculares durante a gestação. Logo, redução na formação de números de fibra muscular durante esta fase tem efeitos fisiológicos negativos irreversíveis para a prole ao longo de toda sua vida (Zhu et al., 2006), pois, a quantidade de fibras musculares ao nascimento se torna fator determinante do potencial de crescimento do animal, uma vez que o incremento da massa muscular no período pós-natal ocorre exclusivamente a partir do aumento do tamanho das células previamente formadas (Rodrigues Filho et al., 2011).

A quantidade de gordura intramuscular é determinada pelo número e tamanho de adipócitos intramusculares. O conteúdo de gordura intramuscular (também conhecida por marmoreio) influencia importantes características qualitativas da carne, tais como: sabor, suculência, palatabilidade e maciez, assim como a aparência visual da gordura influenciam também a aceitabilidade geral da carne e a escolha pelos consumidores (Matarim, 2015). Durante a fase fetal células de músculo esquelético e adipócitos são derivados do mesmo pool de células tronco mesenquimais, do qual a maioria desenvolvem-se em células miogênicas. No entanto, pequenas porções destas células de músculo esquelético fetal diferenciam-se em adipócitos, para formar os sites para a acumulação de gordura intramuscular que produzem marmoreio (Tong et al., 2009).

Semelhante à miogênese, a adipogênese envolve a determinação e diferenciação celular. Como explicado anteriormente, a mesma população de células tronco mesenquimais que podem se desenvolver em fibras musculares também podem sofrer diferenciação em um grupo de células progenitoras fibro-adipogênicas que são capazes de formar adipócitos e fibroblastos maduros. Os adipócitos maduros são capazes de responder aos hormônios, armazenar lipídios e secretar hormônios que atuam em outros tecidos, a fim de regular o metabolismo de todo o corpo e levar a homeostase (Uezumi et al., 2010). Em bovinos, a adipogênese começa por volta da

metade da gestação, concomitantemente com a miogênese secundária (Feve, 2005). O depósito de tecido adiposo segue a ordem sequencial de desenvolvimento: visceral, subcutâneo, intermuscular e intramuscular. Ao contrário da miogênese, a adipogênese não se limita aos estágios pré-natais, porém o potencial de hiperplasia (aumento no número de células) desse tecido diminui com o tempo (Du et al., 2013). A hiperplasia da gordura visceral se estende até o estágio neonatal, enquanto a gordura subcutânea e intermuscular se estende até o início do desmame e a formação de gordura intramuscular se estende até aproximadamente 250 dias de idade (Du et al., 2013). Após o respectivo período de hiperplasia, os adipócitos sofrem hipertrofia (aumento de tamanho), contribuindo para o armazenamento de gordura.

Por sequência, é possível observar na figura 1 que, uma parte da formação da miofibrila secundária sobrepõe-se com a formação de adipócitos intramusculares e fibroblastos. Estes três tipos de células juntas - miócitos, adipócitos e fibroblastos - produzem a estrutura básica do músculo esquelético. E a maioria dos fibroblastos, adipócitos e miócitos no músculo fetal é derivado do mesmo pool de células-tronco, definindo os mecanismos mesenquimais que regulam diferenciação celular no músculo fetal sendo crucial para melhorar a eficiência da produção animal (Du et al., 2010).

Como demonstrado então, esses efeitos da nutrição materna sobre a prole podem ser variáveis, de acordo com o tipo de restrição e sua severidade (Copping et al., 2014), sendo que em condições adversas, como na restrição de nutrientes, a progênie pode alterar o metabolismo para se adaptar e fazer um melhor uso dos nutrientes disponíveis.

Em revisão feita por Bell e Ehrhardt (2002) mostra-se também que em restrição moderada de nutrientes pode ocorrer aumento na capacidade materno-fetal de transporte de glicose *in vivo*, podendo ser explicado em parte por um aumento na concentração total de transportadores GLUT, garantindo que a transferência de glicose via placenta seja suficiente para garantir desenvolvimento fetal apesar da hipoglicemia materna. Já em condições mais graves de restrição alimentar a ocorrência da hipoglicemia fetal ajuda a sustentar o gradiente materno-fetal na concentração de glicose, restringindo a transferência reversa de glicose para a placenta e reduzindo o consumo de glicose placentária. Em condições ainda mais

rigorosas de restrição alimentar, ocorre a indução da gliconeogênese fetal, presumindo-se que o principal substrato sejam aminoácidos. E a consequência final é a redução da síntese proteica do tecido fetal e a desaceleração do crescimento fetal.

Portanto, é importante o conhecimento sobre a nutrição materna, principalmente no que diz respeito às exigências nutricionais. As maiores demandas nutricionais ocorrem no terço final da gestação, uma vez que é nesta fase que o feto adquire cerca de 75% do seu peso ao nascimento (Klein et. al., 2021). Considerando que a maioria das vacas são mantidas apenas com forragem e sal mineral durante gestação, na maioria dos sistemas de produção brasileiros, e que o terço médio e final da gestação ocorre normalmente nas secas, deve-se ter em mente que a oferta de forragem é fator determinante para nutrição das mesmas. Gionbelli et al. (2016) explicam que, em situações de baixa qualidade e baixa oferta de forragem, é difícil alcançar os requisitos necessários para a gestação.

Com relação ao desenvolvimento pós-natal, há necessidade de mais estudos que mostrem o efeito desta nutrição materna sobre as fases subsequentes. A fase de recria compreende o período entre a desmama e a terminação, período de maior crescimento muscular do animal (Pires, 2010). E, em fêmeas, é o período em que elas estão em crescimento e preparo para entrarem em estação de monta. Wiltbank (1994) e Montanholi et al. (2008) afirmam que as fêmeas bovinas estão aptas para a estação de monta quando atingem 60-65% do peso vivo adulto, ou seja, quanto maior o ganho de peso durante a recria, mais cedo estas novilhas estarão prontas para entrarem em reprodução.

Portanto, a restrição nutricional interfere no crescimento fetal e consequentemente no peso ao nascer, um peso reduzido ao nascer está relacionado ao mal desempenho do animal até ao abate. Nascimento (2021) trabalhando com vacas suplementadas ou não com suplemento proteico observou que crias de vacas que foram suplementadas foram mais pesadas que crias de vacas não suplementadas do nascimento até a terminação (0 a 445 dias de idade), bem como também que esta suplementação proporcionou incremento de gordura intramuscular nos animais.

Moreira et al. (2019) apresentaram dados em uma revisão os quais apontam que bezerras filhas de mães suplementadas atingiram peso à desmama maior, em

relação às filhas de mães não suplementadas (198×192 kg), e também apresentaram tendência de maior taxa de prenhez após estação de monta ($90 \times 81\%$).

Crescimento e reprodução de novilhas de corte

A produção de bovinos de corte é uma técnica que engloba três fases, as quais quando conduzidas de maneira adequada contribuem para o bom funcionamento do processo e são responsáveis por trazer retorno financeiro e qualitativo aos produtores. Estas fases são a cria, a recria e a engorda desses animais. No Brasil, a fase de recria ocorre em sua maioria a pasto, assim sendo é determinado que o desenvolvimento corporal fique dependente das condições climáticas, e, no caso de novilhas isto pode ser um fator limitante. Isto ocorre, pois, como a recria pode ocorrer em um período variável pode proporcionar épocas com bons ganhos de peso e outros com crescimento lento ou mesmo perda de peso, tendo como consequência direta a maior idade à primeira cria (Glienke, 2012).

A recria de novilhas se torna então uma etapa estratégica, sob o ponto de vista bioeconômico, e depende essencialmente de programas alimentares do desmame ao primeiro acasalamento, ajustados aos diferentes sistemas de produção (Costa, 2009). A idade à primeira cria é um parâmetro zootécnico de grande importância, pois é uma medida de eficiência produtiva e reprodutiva de um rebanho. Assim, o objetivo é fazer com que a recria seja mais curta, para que as fêmeas estejam aptas à reprodução o mais breve possível. Tanto a idade como o peso são fatores importantes na manifestação da puberdade, sendo que o nível nutricional surge como fator modificador de ambos.

No Brasil, a idade à puberdade de fêmeas zebuínas é estimada em 22 a 36 meses, projetando a idade ao primeiro parto para 32 a 48 meses (Rodriguez, 2017). A idade à primeira cria é um dos fatores que influencia diretamente na determinação da eficiência reprodutiva do rebanho e diante disto temos estudos dedicados ao modelo em que emprenhar estas fêmeas aos 14 meses proporciona aumento na vida produtiva destes animais, levando ao aumento da rentabilidade dos sistemas que as utilizam, uma vez que ocorre redução dos custos com a manutenção das novilhas no sistema (Rodriguez, 2017; Vasconcelos et al., 2018). Esta precocidade sexual pode

ser definida como a velocidade em que o animal atinge a puberdade, ocorrendo quando a produção de hormônios que são responsáveis pelo crescimento do tecido ósseo e muscular diminuem e é substituída pela produção de hormônios sexuais, manifestando o cio das fêmeas (Fernandes et al., 2015).

A idade a puberdade é então uma variável importante, uma vez que afeta a produtividade dos sistemas de cria, reduzindo o número de novilhas em recria (Silva et al., 2005). A eficiência de um sistema de produção tem sua base na habilidade de fêmeas iniciarem e se manterem em reprodução produzindo um bezerro por ano (Schubach et al., 2019). Logo, quanto mais cedo estas fêmeas atingirem a idade à puberdade, mais eficiente se torna o sistema produtivo. Como mencionado, para que a idade à puberdade seja alcançada e permita que novilhas entrem em atividade reprodutiva aos 14 meses, deve-se atentar para alguns fatores como por exemplo o peso e a nutrição adotada.

O peso corporal é um importante monitor para estimar quando as novilhas alcançarão a puberdade. Sendo assim, a alimentação necessária para alcançar um peso alvo, para um determinado genótipo, permitirá que a novilha expresse seu potencial para a fertilidade (Patterson et al., 1992). A ocorrência de um peso vivo mínimo, associado à idade cronológica em novilhas de corte, seria o principal mecanismo desencadeador da atividade reprodutiva (Roche e Diskin, 1995). O período do início da puberdade é determinado pelo crescimento total alcançado após o desmame para atingir esse peso crítico. Após atingir este peso alvo, a nutrição não seria o fator limitante para que as novilhas ficassem gestantes (Hall e Glaze, 2017).

Alguns estudos apontam que novilhas podem atingir a puberdade quando apresentam entre 50-57% do peso corporal adulto no momento da estação de monta (Martin et al., 2008; Endecott et al., 2013), elucidando esta relação entre peso e fertilidade. Neste sentido, diversos trabalhos mostram a associação entre peso e prenhez. Freitas (2015) trabalhando em diferentes propriedades também com novilhas acasaladas aos 14 meses, obteve 35,7% prenhez com peso médio ao início do acasalamento de 253 kg. Magi et al. (2020), utilizando novilhas Nelore acasaladas aos 14 meses, obtiveram taxa de prenhez de 50,6% em novilhas pesando 270 kg ao início da estação de acasalamento.

Estudos correlacionando a idade cronológica e o peso corporal com o primeiro cio fértil da novilha resultaram em valores significativos para o peso corporal, sendo que o estro sempre ocorreu numa faixa de peso restrito, para cada genótipo, independente do tempo necessário para atingir esse peso (Barcellos, 2001; Patterson, 1992). Contudo, a puberdade não pode ser simplesmente ou exclusivamente explicada por essa variável. Há, sem dúvida, um mecanismo complexo envolvendo a taxa de crescimento, peso vivo e idade à puberdade.

Logo é de grande importância como ocorre o processo de puberdade. A puberdade está relacionada ao primeiro estro da novilha, podendo ser definida como uma transição da imaturidade do período pós-natal e a maturidade sexual que culmina com a aquisição da capacidade reprodutiva permitindo a geração de descendentes. Também é caracterizada pelo desenvolvimento de um corpo lúteo capaz de se manter por todo período do ciclo estral. Em novilhas, sua maturidade sexual, que é a fase em que consegue atingir a plena capacidade reprodutiva, é marcada pela ocorrência de três ciclos estrais consecutivos completos, com intervalos regulares acrescidos dos sinais externos de comportamento de estro (Freitas, 2015).

Em novilhas o tempo do nascimento até a puberdade é dividido em quatro períodos distintos iniciando pelo período infantil (nascimento até 2 meses de idade), período de desenvolvimento (2 a 6 meses de idade), uma fase estática (6 a 10 meses de idade) e período pré-puberdade, que corresponde aos 40 a 60 dias antes da primeira ovulação (Day e Nogueira, 2013). Durante a pré-puberdade é necessário o aumento de hormônio luteinizante (LH) como resultado da liberação do hormônio liberador de gonadotrofina (GnRH) pelo hipotálamo para que ocorra esta puberdade (Freitas, 2015).

Os mecanismos endócrinos pós-natal fazem com que a bezerra não ative o sistema reprodutivo até que tenha um desenvolvimento compatível com a reprodução. Esta inibição da atividade reprodutiva ocorre devido a uma sensibilidade excessiva do hipotálamo ao estradiol. Durante a fase de desenvolvimento tem-se um aumento na secreção de GnRH pelo hipotálamo, com aumento da secreção de LH, ocorrendo um estímulo do crescimento folicular final e maiores concentrações periféricas de estradiol (Freitas, 2015).

A presença de feedback negativo de estradiol em relação a secreção de LH é vista pela diminuição de LH no período de 3 a 6 meses. Após esse período os níveis de LH continuam baixos e estáticos dando início a fase estática. A diminuição do feedback negativo de estradiol na fase pré-puberdade, resulta em aumento da secreção de LH, aumentando a secreção de estradiol, resultando em um pico de LH e consequentemente a ovulação (Freitas, 2015).

Os fatores genéticos afetam diretamente o peso ideal, assim como a idade em que a puberdade é manifestada. O aparecimento da puberdade está diretamente relacionado à condição nutricional em que são mantidas as bezerras após o desmame, ou seja, relacionado ao desenvolvimento corporal, sendo mais precoce nos animais em condições nutricionais melhores.

O manejo reprodutivo da novilha é voltado aos processos fisiológicos que influenciam o momento da puberdade (Patterson et al., 1992). Desta forma, o objetivo da seleção e manejo de novilhas de corte é que estas venham a conceber no início da estação de monta com consequente parto no início da estação de parição, minimizando os custos de desenvolvimento. Para garantir taxas de prenhez aceitáveis e tamanho adequado para parir, a novilha deve ganhar peso durante a época de estação de monta continuando o ganho pós-estação, pois continuam em fase de crescimento. As novilhas ainda precisam pesar de 85% a 90% do peso maduro ao primeiro parto (Hall E Glaze, 2017).

Para se atingir o peso alvo necessário para alcançar a puberdade é exigida atenção à taxa ganho do animal durante este período. De acordo com Barcellos et al. (2003) as taxas de ganho de peso no pós desmame vão variar em função do peso ao desmame destas novilhas, do peso alvo estabelecido para a reprodução e da idade ao acasalamento. E D'Occhio et al. (2019) também afirmam que o sucesso na fertilidade de novilhas precoces depende do peso corporal ao desmame e do ganho de peso corporal após o desmame destes animais, pontuando que uma taxa de ganho entre 0,600 e 0,700 g/dia é requerido para se atingir a puberdade aos 14 meses. E a taxa de ganho diário é reduzida à medida que se aumenta a idade ao acasalamento.

Programação fetal e efeito na recria de fêmeas

A recria de bovinos no Brasil, em sua maioria, é realizada em pasto, e, como mencionado anteriormente, ocorre em uma época onde a qualidade e quantidade de forragem é baixa. Dessa forma, fêmeas recriadas exclusivamente em pastagens apresentarão desenvolvimento tardio, com redução no potencial produtivo e reprodutivo (Moreira et al., 2015), sendo o maior impacto na idade à primeira cria.

A idade à primeira cria de novilhas é um parâmetro zootécnico importante, sendo uma medida de eficiência produtiva e reprodutiva de um rebanho. O objetivo em um rebanho de fêmeas é fazer com que a recria seja mais curta para que, conseqüentemente, estes animais estejam aptos à reprodução o mais breve possível. Estudos propõem que, ao emprenhar aos 14 meses, estas fêmeas aumentam a vida produtiva e há redução nos custos relacionados a essa categoria, levando ao aumento da rentabilidade dos sistemas que as utilizam (Perotto et al., 2006; Vasconcelos et al., 2018).

Entretanto, deve-se levar em consideração que essas fêmeas vão iniciar o período de recria logo após o desmame, fator que gera estresse no animal, além da baixa qualidade do pasto. Isso faz com que tecnologias e ferramentas, como adequado manejo do pastejo e/ou suplementação, devam ser utilizadas para suprir as exigências dos animais (Moraes et al., 2012) e possibilitar que essas novilhas consigam emprenhar aos 14 meses. Assim, além da preocupação com a nutrição adequada, outro fator que pode influenciar o desempenho produtivo e reprodutivo de novilhas em recria é a nutrição da mãe destas novilhas.

Um aspecto importante da condição nutricional materna é sua influência sobre a formação dos tecidos reprodutivos do feto (Martin et al., 2007). O início da formação da reserva folicular ovariana em bovinos ocorre em torno do 80º dia de gestação, e até o 143º dia a maioria dos folículos já deve estar formada (Tanaka et al., 2001; Fortune, 2003; Nilsson e Skinner, 2009). Por conseguinte, a subnutrição no terço inicial/médio da gestação pode reduzir o número de folículos das bezerras (Rae, 2001) e pode promover influência sobre os níveis de progesterona plasmática na progênie (Long et al., 2010; Nurmamat et al., 2011).

De fato, Funston et al. (2010) observaram que novilhas, filhas de vacas suplementadas, tendem a ser mais jovens à puberdade quando comparadas com novilhas filhas de vacas que não receberam suplementação proteica. Martin et al. (2007) observaram que novilhas, filhas de vacas que foram suplementadas durante o terço final da gestação, tiveram maior taxa de prenhez (93%) quando comparadas às novilhas filhas de vacas não suplementadas (80%). Vê-se que os efeitos da nutrição da mãe exercem influência no histórico reprodutivo de novilhas, havendo então a necessidade de mais estudos que comprovem essa relação. E, além disso, também é importante reforçar a necessidade de estudos que demonstrem esse efeito em animais de raças zebuínas cujo sistema de produção ocorra em condições tropicais.

Terminação de novilhas no Brasil

O emprego de tecnologias (manejo do pasto, suplementação) na parte nutricional, com o objetivo de diminuir a idade de novilhas à puberdade, vem sendo utilizado com o objetivo de intensificar o sistema de cria, adiantando a idade fisiológica das fêmeas e, conseqüentemente, reduzindo a idade ao primeiro parto. Mas, devido à sazonalidade da produção forrageira em condições tropicais, torna-se um desafio alcançar esses objetivos na reprodução de novilhas zebuínas, uma vez que a alteração na qualidade e quantidade de alimento ofertado pode ter influência direta nos parâmetros produtivos e reprodutivos destes animais, como por exemplo, obtenção do peso ideal na estação de monta (50-57% do peso vivo adulto), diagnóstico positivo de prenhez e manutenção da gestação até o final (Martin et al., 2008; Montanholi et al., 2008; Pilau e Lobato, 2008, Endecott et al., 2013).

Ao mesmo tempo, quando se considera que uma percentagem de novilhas não irá apresentar diagnóstico de gestação positivo, principalmente, aos 14 meses, a engorda desses animais para abate torna-se uma alternativa para retirar animais improdutivos do rebanho e, ao mesmo tempo, atender à crescente demanda por carnes de qualidade superior.

A participação de novilhas nos abates aumentou nos últimos anos. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, até o segundo trimestre de 2022 o total de fêmeas abatidas foi de 2,93 milhões de animais, correspondendo a

39,7% do total de bovinos (Figura 2). O abate de novilhas (fêmeas com menos de 2 anos) correspondeu a 28,2% do total de animais do sexo feminino, o que equivale a 826,62 mil cabeças. Na comparação com o 2º trimestre do ano anterior, o abate de vacas apresentou crescimento de 12,8%, enquanto o abate de novilhas aumentou em 12,7%. Em relação ao trimestre imediatamente anterior, o abate de vacas aumentou em 5,6% e o de novilhas teve variação positiva de 8,1%. A melhor qualidade da carne de novilhas está relacionada à idade, sendo as fêmeas mais precoces em relação ao acabamento de gordura, fator importante que influencia também na determinação da maciez da carne.

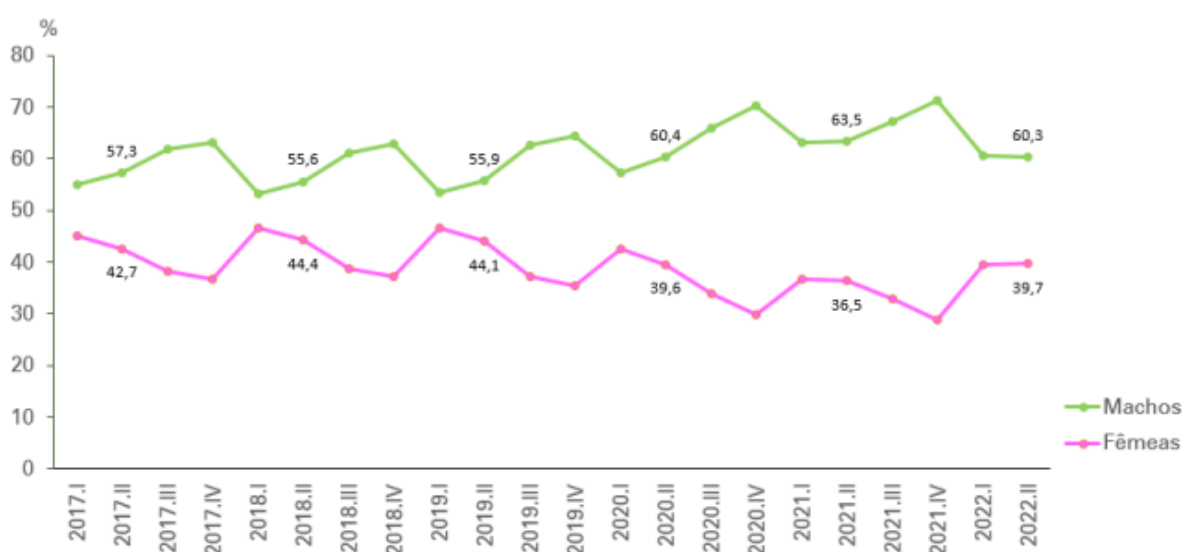


Figura 2. Evolução da participação de machos e fêmeas no abate de bovinos por trimestre - Brasil - trimestres 2017-2022 (IBGE, 2022).

No Brasil, a fim de atender a demanda do mercado por carne bovina, a terminação e abate de novilhas com diagnóstico negativo de prenhez mostra-se uma estratégia de produção interessante devido à sua capacidade de atingir o peso de abate em períodos relativamente curtos (Reddy et al., 2015), além de apresentarem melhor grau de acabamento de carcaça e qualidade de carne, podendo ser destinadas a nichos de mercado.

O mercado brasileiro exige o mínimo de cobertura de gordura (3mm) e não remunera nenhum adicional na carcaça com mais gordura e marmoreio, caso o animal não se enquadre dentro de um programa de bonificação vigente no frigorífico (Nassu et al., 2016). Assim, observa-se a adoção de menores tempos de confinamentos do

Brasil (Pinto e Millen, 2018). A definição do ponto de abate dos bovinos é baseada geralmente no peso dos animais ou na expectativa de peso de carcaça em arrobas, entretanto, nem sempre um animal com um dado peso tem um acabamento desejado, na maioria das vezes é insuficiente ou, em outros casos, apresenta acabamento excedente (Santos, 2010). Logo, o peso de abate ideal dependerá de uma série de fatores e será único para cada situação. Do ponto de vista econômico, o ponto de abate pode ser aquele em que o animal começa a não dar mais lucro, ou seja, o custo de sua manutenção no confinamento se torna maior que a receita obtida com o ganho em carcaça. Este ponto é variável em função do custo da diária do confinamento, do sexo, da conversão e eficiência alimentar do animal, de seu tamanho (porte) e do valor de comercialização da arroba.

Diante do exposto, vê-se uma necessidade em explorar o entendimento dos efeitos de diferentes tempos de confinamento para novilhas zebuínas que possuam histórico de recria intensiva (alto nível de suplementação) em pastagem tropicais para melhor apreciação e definição comercial do peso e tempo ideal para abate, uma vez que influências sobre a deposição de tecidos foram observadas durante a fase de terminação em animais que foram suplementados durante a recria (Mota et al., 2020; Roth et al., 2017).

Referências

- Barcellos JOJ (2001) **Puberdade em novilhas Braford:desenvolvimento corporal e relações endócrinas**. 164 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Barcellos JOJ, Costa E, Silva M (2003) **Crescimento de fêmeas bovinas de corte aplicado aos sistemas de cria**. Porto Alegre: Departamento de Zootecnia da UFRGS, 72p.
- Barker DJP, Martin CN, Osmond C, Hales CN, Fall CHD (1993) Growth in utero and serum cholesterol concentration in adult life. **British Medical Journal**, 307:1524-1527. DOI: <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6918.1524>.
- Beermann DH, Cassens RG, Hausman GJ (1978) A second look at fiber type differentiation in porcine skeletal muscle. **Journal of Animal Science**, 46:125-132. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1978.461125x>.
- Bell AW, Ehrhardt RA (2002) Regulation of placental nutrient transport and implications for fetal growth. **Nutrition research reviews**, 15:211-230. DOI: <https://doi.org/10.1079/nrr200239>.
- Copping KJ, Hoare A, Callaghan M, McMillen IC, Rodgers RJ, Perry VEA (2014) Fetal programming in 2-year-old calving heifers: Peri-conception and first trimester protein restriction alters fetal growth in a gender-specific manner. **Animal Production Science**, 54:1333-1337. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN14278>.
- Costa EC, Barcellos JOJ, Peripolli V, Oliveira TE, López J, Braccini Neto J (2009) Crescimento de novilhas de corte com diferentes ganhos de peso dos 12 aos 18 meses de idade. **Acta Scientiae Veterinariae**. 37:125-132. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-9216.16237>.
- Day ML, Nogueira GP (2013) Management of age at puberty in beef heifers to optimize efficiency of beef production. **Animal Frontiers**, 3:6-11. DOI: <https://doi.org/10.2527/af.2013-0027>.
- De Paula RG, Zervoudakis JT, Hatamoto-Zervoudaski LK, Souza MA, De Paula NF, Borges APS, Machado Neto O, Costa CP (2019) Supplementation of grazing Nellore beef heifers during mid-to-late gestation as a strategy to improve skeletal muscle development of the offspring. **Journal of Animal Science**, 97:401. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.799>.
- D'Occhio MJ, Baruselli PS, Campanile G (2019) Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, 125:277-284. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>.

Du M, Tong J, Zhao J, Underwood KR, Zhu M, Ford SP, Nathanielsz PW (2009) Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science**, 88:51-60. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2311>.

Du M, Huang Y, Das AK, Yang Q, Duarte MS, Modson MV, Zhu MJ (2013) Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, 91:1419-1427. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5670>.

Duarte MS, Paulino PVR, Du M (2012) Fetal programming in beef cattle: how to optimize performance and carcass value in early stages of life. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE (SIMCORTE). **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, p.124-139.

Duarte MS, Gionbelli MP, Paulino PVR, Serão NVL, Nascimento CS, Botelho ME, Du M (2014) Maternal overnutrition enhances mRNA expression of adipogenic markers and collagen deposition in skeletal muscle of beef cattle fetuses. **Journal of Animal Science**, 92:3846–3854. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-7568>.

Endecott RL, Funston RN, Mulliniks JT, Roberts AJ (2013) Implications of beef heifer development systems and lifetime productivity. **Journal of Animal Science**, 91:1329-1335. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5704>.

Fernandes GA, Fernandes FFD, Mousquer CJ, Oliveira EB, Castro WJR, Silva Filho AS (2015) Produção de novilhos superprecoce a pasto. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, 9:553-579. Disponível em: <http://www.higieneanimal.ufc.br/seer/index.php/higieneanimal/article/view/255>.

Fève B (2005) Adipogenesis: cellular and molecular aspects. **Best Practice and Research Clinical Endocrinology and Metabolism**, 19:483-499. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.beem.2005.07.007>.

Fortune JE (2003) The early stages of follicular development: activation of primordial follicles and growth of preantral follicles. **Animal Reproduction Science**, 78:135-163. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00088-5](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00088-5).

Freitas BG (2015) **Influência do desenvolvimento corporal na resposta aos programas de sincronização para inseminação artificial em tempo fixo em novilhas Nelore de 14 meses de idade**. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo.

Funston RN, Deutscher GH (2004) Comparison of target breeding weight and breeding date for replacement beef heifers and effects on subsequent reproduction and calf performance. **Journal of Animal Science**, 82:3094-3099. DOI: <https://doi.org/10.2527/2004.82103094x>.

Funston RN, Martin JL, Adams DC, Larsom DM (2010) Winter grazing system and supplementation of beef cows during late gestation influence heifer progeny. **Journal of Animal Science**, 88:4094-4101. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3039>.

Gionbelli MP, Valadares Filho SC, Duarte MS (2016) Nutritional requirements for pregnant and non-pregnant beef cows. In: Valadares Filho SC, Silva LFC, Gionbelli MP, Rotta PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, Prados LF (Eds.) **BR-CORTE: Nutrient Requirements of Zebu and Crossbred Cattle**. 3d. Viçosa: Departamento de Zootecnia UFV, p. 259-282.

Glienke CL (2012) **Estudo da recria de novilhas de corte em pastagens cultivadas no verão**. 131 f. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Godfrey KM, Barker DJP (2000) Fetal nutrition and adult disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, 71:1344-1352. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.5.1344s>.

Hall JB, Glaze JR (2017) **Heifer Nutritional Development Strategies**.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2022). **Fascículo de Indicadores – 2022**.

Klein JL, Machado DS, Adams SM, Alves Filho DC, Brondani IL (2021) Efeitos da nutrição materna na gestação sobre a qualidade da progênie – uma revisão. **Research, Society and Development**, 10:1-10. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12654>.

Kollias HD, McDermott JC (2008) Transforming growth factor- β and myostatin signaling in skeletal muscle. **Journal of Applied Physiology**, 104:579–587. DOI: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01091.2007>.

Long NM, Prado-Cooper MJ, Krehbiel CR, Wettteman RP (2010) Effects of nutrient restriction of bovine dams during early gestation on postnatal growth and regulation of plasma glucose. **Journal of Animal Science**, 88:3262-3268. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2512>.

Magi LHR, Damião IL, Moraes MCF, Silva RAB, Polizelle SR, Frias DFR (2020) Efeito de diferentes métodos de indução à puberdade sobre a resposta reprodutiva em novilhas Nelore. **Nativa**, 8:658-662. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10921>.

Marques RS, Cooke RF, Rodrigues MC, Moriel P, Bohnert DW (2016) Impacts of cow body condition score during gestation on weaning performance of the offspring. **Livestock Science**, 191:174-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.08.007>.

Martin JL, Vonnahme KA, Adams DC, Lardy GP, Funston RN (2007) Effects of dam nutrition on growth and reproductive performance of heifer calves. **Journal of Animal Science**, 85:841-847. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-337>.

Martin JL, Creighton KW, Musgrave JA, Klopfenstein TJ, Clark RT, Adams DC, Funston RN (2008) Effect of prebreeding body weight or progesterin exposure before breeding on beef heifer performance through the second breeding season. **Journal of Animal Science**, 86:451-459. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0233>.

Matarim DL (2015) **Estimativa de parâmetros genéticos para características de carcaça avaliadas por ultrassom, com ênfase na gordura intramuscular, em**

bovinos Nelore. 54 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

Millen DD, Arrigoni MB (2013) Drivers of change in animal protein production systems: Changes from 'traditional' to 'modern' beef cattle production systems in Brazil. **Animal Frontiers**, 3:56-60. DOI: <https://doi.org/10.2527/af.2013-0025>.

Missio RL, Restle J, Moletta JL, Kuss F, Neiva JNM, Miotto FRC, Prado IN, Elejalde, DAG, Perotto D (2013) Componentes do corpo vazio de vacas da raça Purunã abatidas com pesos distintos. **Semina: Ciências Agrárias**, 34:883-894. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2013v34n2p883>.

Mohrhauser DA, Taylor AR, Underwood KR, Pritchard RH, Wertz-Lutz AE, Blair DA (2015) The influence of maternal energy status during midgestation on beef offspring carcass characteristics and meat quality. **Journal of Animal Science**, 93:786-793. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2014-8567>.

Montanholi YR, Barcellos JOJ, Costa EC (2008) Variação nas medidas corporais e desenvolvimento do trato reprodutivo de novilhas de corte recriadas para o acasalamento aos 18 meses de idade. **Ciência Rural**, 38:185-190. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000100030>.

Moraes AL (2012) Suplementação de bovinos de corte em sistemas de pastejo. **Ensaio e ciência: ciências biológicas, agrárias e da saúde**, 16:97-112. DOI: <https://doi.org/10.17921/1415-6938.2012v16n5p%25p>.

Moreira HL, Buzanskas ME, Munari DP, Canova EB, Lobo RB, Paz CCP (2015) Reproductive traits selection in Nellore beef cattle. **Ciencia e Agrotecnologia**, 39:355-362. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000400006>.

Moreira EM, Faleiro Neto JÁ, Ferraz Júnior MVZ, Mello RRC, Andrade JS, Silva GM, Nunes VRR (2019) Programação fetal e efeito da suplementação pré-parto sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie: revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia – PUBVET**, 13:1-7. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n4a310.1-7>.

Mota VAC, Fernandes RM, Prados LF, Alves Neto JA, Berti GF, Resende FD, Siqueira GR (2020) Relationship between gain rate during the growing phase and forage allowance in the finishing phase in Nellore cattle. **Tropical Animal Health Production**, 52:1881–1891. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02205-w>.

Nascimento KB (2021) **Effects of crude protein supplementation during beef cow's mid-gestation on the offspring performance, physiology and metabolism.** 104 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Nassu RT, Tullio RR, Esteves SN, Bernardi ACC (2016) Características da carcaça e qualidade da carne de bovinos terminados em sistema de integração lavoura-pecuária. **Veterinária e Zootecnia**, 23:637-641. DOI: <https://doi.org/10.35172/rvz.2016.v23.399>.

Nilsson EE, Skinner MK (2009) Progesterone regulation of primordial follicle assembly in bovine fetal ovaries. **Molecular and Cellular Endocrinology**, 313:9-16. DOI: <https://doi.org/10.1016%2Fj.mce.2009.09.004>.

Nogueira GP (2004) Puberty in South American *Bos indicus* (Zebu) cattle. **Animal Reproduction Science**, 82:361-372. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2004.04.007>.

Nurmamat T, Long NM, Nathanielsz PW, Ford SP (2011) Early to mid-gestational nutrient restriction in the ewe programs reduced steroidogenic enzyme expression in luteal tissue of mature offspring. **Biology of Reproduction**, 85:216. DOI: <https://doi.org/10.1093/biolreprod/85.s1.216>.

Patterson DJ, Perry RC, Kiracofe GH, Bellows RA, Staigmiller RB, Corah LR (1992) Management considerations in heifer development and puberty. **Journal of Animal Science**, 70:4018-4035. DOI: <https://doi.org/10.2527/1992.70124018x>.

Perotto D, Miyagi AP, Souza JC, Moletta JL, Freitas JÁ (2006) Estudos de características reprodutivas de animais da raça Canchim, criados a pasto, no Estado do Paraná, Brasil. **Archives of Veterinary Science**, 11:1-6. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/veterinary/article/viewFile/6750/4833>.

Pilau A, Lobato JFP (2018) Manejo de novilhas prenhes aos 13/15 meses de idade em sistemas a pasto. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 37:1271-1279. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000700019>.

Pinto ACJ, Millen DD (2018) Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian. **Canadian Journal of Animal Science**, 99:1–46. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0031>.

Pires AV (2010) **Bovinocultura de corte: volume 1**. Piracicaba: FEALQ. 760p.

Quarnberg SM, Legako JF, Gardner JM, Zobel DR, Carpenter CE, Rood KA, Thornton KJ (2016) Effects of maternal dietary restriction during the second trimester on offspring growth and feedlot performance. **Journal of Animal Science**, 94:372–372. DOI: <https://doi.org/10.2527/jam2016-0775>.

Rae DO (2001) **Factors affecting calf crop: biotechnology of reproduction**. Haboken: CRC Press, 320p.

Reddy BV, Sivakumar AS, Jeong DW, Woo Y, Park S, Lee SY, Byun JY, Kim CH, Cho SH, Hwang I (2015) Beef quality traits of heifer in comparison with steer, bull and cow at various feeding environments. **Journal of Animal Science**, 86:1-16. DOI: <https://doi.org/10.1111/asj.12266>.

Reynolds LP, Borowicz PP, Caton JS, Crouse MS, Dahlen CR, Ward AK (2019) Developmental Programming of Fetal Growth and Development. **Veterinary Clinics Food Animal**, 35:229-247. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.02.006>.

Rezende PLP, Restle J, Bilego UO, Fernandes JJR, Missio RL, Guimarães TP (2019) Carcass characteristics of feedlot-finished Nellore heifers slaughtered at different weights. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, 41:1-8. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v41i1.44826>.

Roche JF, Diskin MG (1995) Hormonal regulation of reproduction and interactions with nutrition in females ruminants. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RUMINANT PHYSIOLOGY. **Proceedings...** Stuttgart, p.409-428.

Rodrigues Filho M, Zangeronimo MG, Lopes LS, Ladeira MM, Andrade I (2011) Fisiologia de crescimento e desenvolvimento do tecido muscular e sua relação com a qualidade da carne em bovinos, **Revista Eletrônica Nutritime**, 8:1431-1443. Disponível em: <https://www.nutritime.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Artigo-130-1.pdf>.

Rodrigues LM, Schoonmaker JP, Resende FD, Siqueira GR, Neto ORM, Gionbelli TR, Ladeira MM (2017) Effect of maternal nutrition on performance of Nellore cows and preweaning growth of their progeny. **Journal of Animal Science**, 95:172. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/159758>.

Rodrigues LM, Schoonmaker JP, Resende FD, Siqueira GR, Neto ORM, Gionbelli, MP, Gionbelli TRS, Ladeira MM (2020) Effects of protein supplementation on Nellore cows' reproductive performance, growth, myogenesis, lipogenesis and intestine development of the progeny. **Animal Production Science**, 61:371-380. DOI: <https://doi.org/10.1071/AN20498>.

Rodriguez FD (2017) **Análise econômica da precocidade na puberdade e do diagnóstico da gestação em fêmeas bovinas da raça Nelore e Angus x Nelore**. 95 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, Pirassununga.

Roth MTP, Resende FD, Oliveira I, Fernandes RM, Custódio L, Siqueira GR (2017) Does supplementation during previous phase influence performance during the growing and finishing phase in Nellore cattle? **Livestock Science**, 115:1-30. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.08.019>.

Rovira J (1996) **Manejo nutritivo de los rodeos de cria en pastoreo**. Montivideo. Hemisfério Sur. 287 p.

Santos PEF, Eustáquio Filho A, Yamamoto SM (2010) Desempenho de fêmeas bovinas em pastejo e confinamento. **PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, 1-15. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/material/Santos295.pdf>.

Schubach KM, Cooke RF, Brandão AP, Schumacher TF, Pohler KG, Bohnert DW, Marques RS (2019) Impacts of post-weaning growth rate of replacement beef heifers on their reproductive development and productivity as primiparous cows. **Journal of Animal Science**, 97:4171–4181. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skz262>.

Silva MD, Barcellos JOJ, Prates ER (2005) Desempenho reprodutivo de novilhas Nelore de corte acasaladas aos 18 ou 24 meses de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34:2056- 2063. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-5982005000600031>.

Souza Sobrinho F, Léo FJS, Kopp MM (2011) Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênes de *Brachiaria ruziziensis*. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:685-691. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400006>.

Tanaka Y, Nakada K, Moriyoshi M, Sawamukai Y (2001) Appearance and number of follicles and change in the concentration of serum FSH in female bovine fetuses. **Reproduction**, 121:777-782. DOI: <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210777>.

Thallman RM, Cundiff LV, Gregory KE, Koch RM (1999) Germplasm evaluation in beef cattle—Cycle IV: Postweaning growth and puberty of heifers. **Journal of Animal Science**, 77:2651-2659. DOI: <https://doi.org/10.2527/1999.77102651x>.

Tong J, Zhu MJ, Underwood KR, Hess BW, Ford SP, Du M (2008) AMP-activated protein kinase and adipogenesis in sheep fetal skeletal muscle and 3T3–L1 cells. **Journal of Animal Science**, 86:1296–1305. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0794>.

Tsuneda PP, Hatamoto-Zervoudakis LK, Duarte Junior MF, Silva LES, Delbem RA, Motheo TF (2017) Efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento e performance reprodutiva da prole de ruminantes. **Investigação**, 16:56-61. DOI: <https://doi.org/10.26843/investigacao.v16i1.1790>.

Uezumi A, Fukada SI, Yamamoto N, Takeda S, Tsuchida K (2010) Mesenchymal progenitors distinct from satellite cells contribute to ectopic fat cell formation in skeletal muscle. **Nature Cell Biology**, 12:143–152. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncb2014>.

Underwood KR, Tong JF, Price PL, Roberts AJ, Grings EE, Hess BW, Means WJ, Du M (2010) Nutrition during mid to late gestation affects growth, adipose tissue deposition and tenderness in cross-bred beef steers. **Meat Science**, 86:588–593. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.008>.

Valle ER, Andreotti R, Thiago LRLS (2000) **Técnicas de manejo reprodutivo em bovinos de corte**. 1 ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 61p.

Valadares Filho SC, Paulino PVR, Magalhães KA (2006) **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE**. Viçosa: UFV -DZO, 1ªed., 142p.

Vasconcelos JLM, Rodrigues ADP, Peres RFG (2018) Escolheu a genética? Agora tem que emprenhar. In: Resende FD, Siqueira GR, Oliveira IM (Eds.) **Entendendo o conceito do Boi 777**. 1º Edição. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda.

Wiltbank M (1994) Cell types and hormonal mechanisms associated with mid cycle corpus luteum function. **Journal of Animal Science**, 72:1873-1883. DOI: <https://doi.org/10.2527/1994.7271873x>.

Wu G, Bazer FW, Wallace JM, Spencer TE (2006) Intrauterine growth retardation: Implications for the animal sciences. **Journal of Animal Science**. 84:2316- 2337. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2006-156>.

Zhu MJ, Ford SP, Means WJ, Hess BW, Nathanielsz PW, Du M (2006) Maternal nutrient restriction affects properties of skeletal muscle in offspring. **The Journal of Physiology**, 575:241-250. DOI: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2006.112110>.

CAPÍTULO 2 - IMPACTO DA OFERTA DE FORRAGEM NOS TERÇOS MÉDIO E FINAL DA GESTAÇÃO DE VACAS NELORE SOBRE OS ASPECTOS PRODUTIVOS E REPRODUTIVOS DA SUA PROLE FÊMEA

RESUMO: Objetivou-se com este projeto avaliar o desempenho produtivo e reprodutivo de novilhas cujas mães foram submetidas ao manejo com baixa ou alta oferta de forragem (restrição alimentar, ou não) durante terço médio e final da gestação. O experimento teve início em julho de 2020. Foram utilizadas 42 bezerras desmamadas, com peso corporal (PC) médio inicial de 179 ± 17 kg e idade de 7 ± 2 meses, avaliadas durante o crescimento e a reprodução em função do tratamento materno: bezerras cujas mães foram submetidas à restrição alimentar e perda da condição corporal (baixa oferta de forragem: 3,8 kg MS/kg de PC) e bezerras cujas mães não foram submetidas à restrição alimentar e tiveram manutenção da condição corporal (alta oferta de forragem: $7,6 \pm 1,14$ kg de matéria seca/100 kg PC). Todas as vacas gestantes permaneceram em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu recebendo sal mineral *ad libitum*. O crescimento e reprodução das novilhas ocorreu em pastos de *Urochloa brizantha* cv. Marandu e todas receberam suplementação concentrada na quantidade de 1,0% do PC/dia. Ao atingir 14 meses de idade, as novilhas foram submetidas a dois protocolos de inseminação artificial em tempo fixo (IATF). Aos 30 e 60 dias, após IATF, foi realizado o diagnóstico de gestação através de ultrassonografia. Foram avaliados a análise quantitativa e qualitativa do pasto, peso corporal, ganho médio diário, escore de condição corporal, ultrassom de carcaça, parâmetros sanguíneos e desempenho reprodutivo. O peso corporal, escore de condição corporal e ultrassonografia de carcaça foram mensurados a cada 84 dias. Os dados foram analisados utilizando-se o SAS, considerando 5% de probabilidade para o erro tipo I. Não houve efeito da restrição alimentar das vacas durante a gestação sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da prole fêmea. Com relação as características de carcaça, o marmoreio apresentou diferença ($P=0,02$, com média de) entre os tratamentos, sendo superior nas filhas de vacas mantidas com alta oferta de forragem durante a gestação. Com relação à concentração dos metabólitos sanguíneos houve interação entre tratamento e período para a concentração sanguínea de gama glutamiltransferase (GGT, $P=0,02$) e insulina ($P=0,02$) sendo que, no início do experimento, as concentrações de GGT e insulina foram superiores para

as novilhas filhas de vacas submetidas à baixa oferta de forragem, e nos demais períodos permaneceram semelhantes entre os tratamentos ($P>0,06$). A concentração sanguínea de proteína total foi maior ($P=0,01$) e a concentração sanguínea de IGF-1 apresentou tendência a ser superior ($P=0,10$) nas novilhas filhas de vacas submetidas à alta oferta de forragem. Conclui-se que a nutrição adequada ou restrição alimentar da matriz durante a gestação não exerce influência sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie, porém exerce influência na composição corporal, uma vez que bezerras filhas de matrizes que tiveram a nutrição adequada conseguem acumular maior porcentagem de gordura intramuscular (marmoreio).

Palavras chave: desempenho, precocidade sexual, programação fetal, reprodução.

Introdução

O rebanho de bovinos de corte no Brasil é composto principalmente por animais da raça Nelore e baseado na utilização de pastagens tropicais, caracterizando o sistema extensivo de produção no país (Souza Sobrinho et al., 2011; Latawiec et al., 2014). Nas condições climáticas brasileiras há, em geral, duas estações bem definidas: seca e águas, determinando a estacionalidade da produção de forragem. Logo, é importante destacar que no período de gestação de 9 meses, praticamente dois terços desse período ocorrerá dentro desta estação do ano denominada “estação seca”, onde encontra-se baixa disponibilidade de forragem para as matrizes e, com isso, conseqüentemente, possíveis limitações nutricionais para que elas desempenhem bem o seu papel dentro do rebanho, como por exemplo a produção de leite, crescimento fetal, entre outros. E, também nesse período considerado crítico no ano, ocorre o início da recria (fase de produção onde há maior eficiência no crescimento dos animais).

A nutrição materna durante a gestação tem uma função importante no desenvolvimento fetal e placentário, e é de grande interesse saber essa nutrição materna afeta a saúde e a produtividade da prole ao longo de toda sua vida. Este conceito, chamado de programação fetal, envolve os processos ou mecanismos de adaptação onde a nutrição materna e o ambiente intrauterino influenciam, quantitativamente e qualitativamente, o desenvolvimento do feto, podendo ocasionar mudanças fisiológicas e metabólicas, que vão permanecer durante toda a vida do indivíduo (Duarte et al., 2012; Marques et al., 2016, Moreira et al., 2019).

E, quando se pensa em um sistema de recria de novilhas (período em que a fêmea se encontra em crescimento e se prepara para a reprodução) é necessário o conhecimento da nutrição, aliado aos efeitos reprodutivos, para que ocorra a reposição adequada destes animais no rebanho. Tsuneda et al. (2017) mencionam que a nutrição da mãe influencia na capacidade reprodutiva bem como na saúde de sua prole, considerando a nutrição durante a gestação muito importante.

Portanto, a hipótese deste estudo é que fêmeas cujas mães não sofreram restrição alimentar apresentem desempenho produtivo e reprodutivo melhor durante

o crescimento e a reprodução, com maior percentual de novilhas atingindo peso ideal na estação de monta aos 14 meses (50-57% do peso adulto) e com diagnóstico de gestação positivo, comparadas às fêmeas cujas mães sofreram restrição alimentar.

Objetivou-se avaliar com este projeto o desempenho produtivo e reprodutivo durante o crescimento e reprodução de novilhas cujas mães foram submetidas ao manejo com baixa ou alta oferta de forragem (restrição alimentar, ou não) durante a gestação (terços médio e final da gestação).

Material e Métodos

O projeto está de acordo com as diretrizes do Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sobre o número de protocolo 0004/2020, do Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (CEUA-DDD).

Localização e Clima

O experimento foi conduzido na unidade de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Polo Regional Alta Mogiana, no município de Colina – SP, Brasil. O clima da região é do tipo AW (Köppen) e o solo classificado como latossolo vermelho-escuro, fase arenosa, com topografia quase plana e de boa drenagem.

Caracterização da área, animais, período, tratamentos e delineamento experimental

A área experimental (Figura 1) era composta pela forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu, constituída de 12 piquetes (6 piquetes com 2,40 ha e 6 piquetes com 2,15 ha cada) totalizando aproximadamente 27,3 hectares. Todos os piquetes possuíam bebedouros e cochos para suplementação.

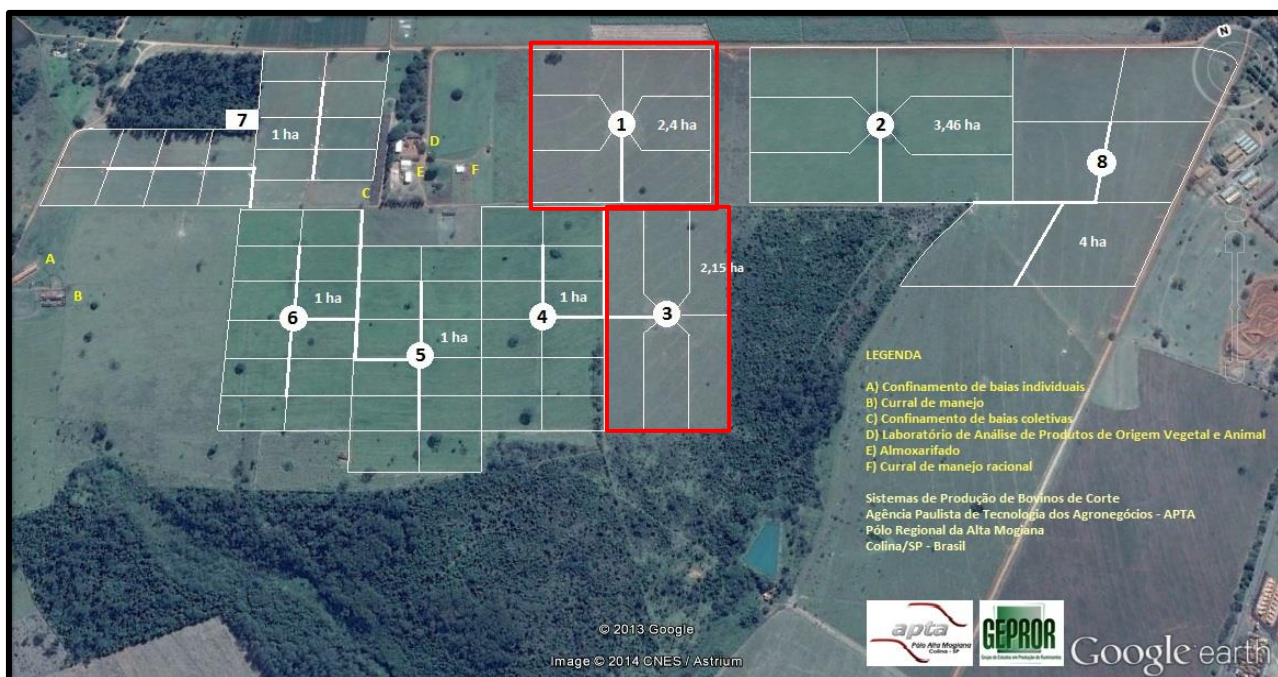


Figura 1. Vista aérea da área experimental. Destacado em vermelho as estruturas experimentais 1 e 3, dois módulos experimentais com seis piquetes e uma área de lazer ao centro do módulo totalizando 12 piquetes.

Foram utilizadas 42 bezerras Nelore, recém-desmamadas, com peso corporal (PC) médio inicial de 179 ± 17 kg e idade de 7 ± 2 meses. As novilhas vieram da própria unidade de pesquisa.

A avaliação das bezerras ocorreu de 03/08/2020 à 06/04/2021, período este que contemplou o crescimento e reprodução (protocolo reprodutivo e diagnóstico de gestação) dos animais. Ou seja, foi avaliado o desempenho desta progênie da desmama até o diagnóstico de gestação (protocolo reprodutivo realizado aos 14 meses).

Os tratamentos foram aplicados na fase gestacional (terços médio e final) das mães dos animais utilizados neste experimento (histórico definido no tópico a seguir), sendo definidos como:

- *Tratamento 1*: perda da condição corporal (baixa oferta de forragem (OF): 3,8 kg MS/kg de PC);
- *Tratamento 2*: manutenção da condição corporal (alta oferta de forragem (OF): 7,6 kg MS/kg de PC).

A avaliação das vacas gestantes ocorreu durante terço médio e final da gestação, sendo estas vacas mantidas em pasto de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. A área experimental é composta de 12 piquetes (7,5 ha cada), totalizando 90 ha. Todos os piquetes possuíam bebedouros e cochos para suplementação. Após o parto, todas as bezerras de ambos tratamentos ficaram em condições semelhantes de manejo.

O experimento foi realizado em delineamento de blocos casualizados, com dois tratamentos e seis repetições (unidade experimental = piquete, 3-5 animais testes). A blocagem dos animais ocorreu ainda na fase de gestação, sendo as mães blocadas por peso corporal (PC) e estratificadas pelo escore de condição corporal (ECC). As unidades experimentais foram mantidas durante as fases de cria, crescimento e reprodução das fêmeas.

As bezerras foram então, avaliadas durante o crescimento e reprodução, em função dos tratamentos recebidos pelas mães durante terço médio e final da gestação, sendo um esquema deste período exemplificado na figura 2.

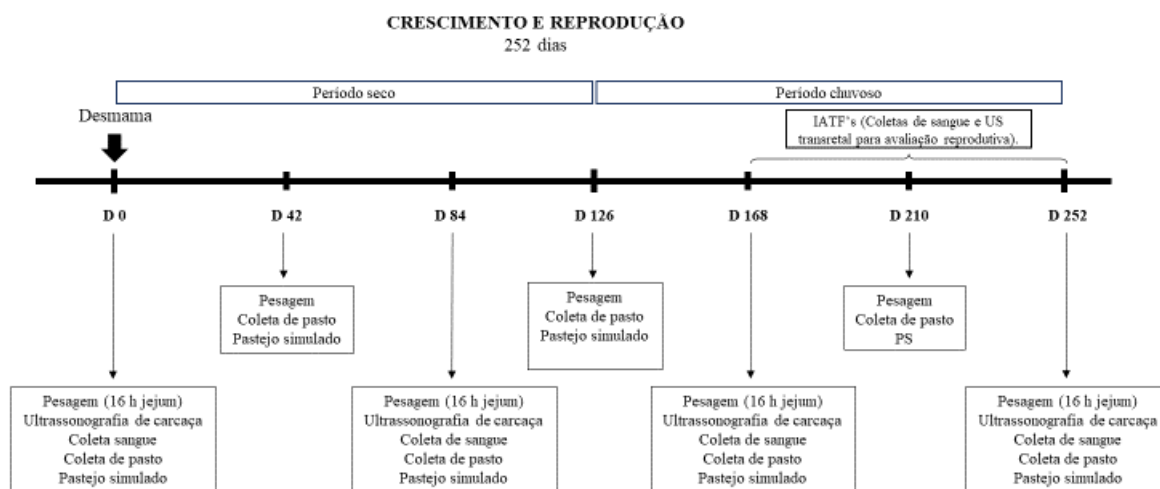


Figura 2. Representação esquemática das mensurações ao longo dos dias experimentais relacionados aos procedimentos na prole fêmea durante o crescimento/reprodução.

Histórico – Período de aplicação dos tratamentos

Durante a fase gestacional (período da aplicação dos tratamentos) foi utilizada área experimental composta pela forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu, constituída de 12 piquetes (7,5 ha cada), totalizando 90 ha. Todos os piquetes possuíam bebedouros e cochos para suplementação. Foram utilizadas 42 vacas multíparas e paridas com bezerro ao pé, com peso corporal (PC) inicial de 425 ± 36 kg, idade entre 3 a 6 anos e escore de condição corporal (ECC) inicial médio de $3,67 \pm 0,23$. O período experimental foi dividido em 2 fases: Fase gestacional (06/2019 a 11/2019 – 150 dias) e fase de aleitamento (11/2019 a 07/2020 – 240 dias). O delineamento utilizado foi em blocos inteiramente casualizados, sendo a unidade experimental o piquete, com cinco animais cada um.

A fase gestacional iniciou-se com a estação de monta que ocorreu entre os dias 14 de janeiro e 08 de março de 2019. As vacas foram submetidas a duas inseminações artificiais em tempo fixo (IATFs), com 41 dias de diferença entre elas. Foi utilizado sêmen de 3 diferentes touros da raça Nelore. Após 30 dias de cada IATF foi realizado o diagnóstico de gestação (DG) e, após 60 dias, a sexagem dos animais, ambos utilizando ultrassom (ALOKA SSD 500 com transdutor de 7,5 MHZ). Após sexagem, 42 vacas prenhas de fêmeas foram bloqueadas por PC e distribuídas aleatoriamente em 2 tratamentos: 1) baixa oferta de forragem (OF) (3,80 kg de matéria seca - MS/kg de PC) e 2) alta OF (7,60 kg de MS/kg de PC). As diferentes OF foram adotadas para que, a partir dos 142 dias de gestação, ocorresse restrição nutricional para as vacas submetidas à baixa OF (perda de ECC) e manutenção de ECC para as vacas submetidas à alta OF.

Para ser possível as diferentes OF utilizou-se de animais reguladores da mesma categoria. Inicialmente, haviam 60 animais experimentais. Em virtude de erros da sexagem (23%), três abortos (5%) e uma morte acidental (2%), restaram 42 animais (70%). Destes, 39 eram provenientes da primeira IATF e 3 da segunda IATF.

Após o nascimento os pares vaca-bezerra foram transferidos para área com pastagem de *Urochloa brizantha* cv Marandu, onde todos os animais permaneceram nas mesmas condições de pastagem até o desmame.

Durante a gestação, todos os animais receberam suplemento proteico (1 g/kg de PC por animal/dia), sendo suplementados diariamente. Para ajuste da quantidade de suplemento, os animais eram pesados sem jejum prévio a cada 35 dias. Na fase

de aleitamento, todos os animais receberam sal mineral *ad libitum*. Os suplementos estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo e composição química dos suplementos fornecidos durante a fase gestacional e de aleitamento para vacas Nelore.

Suplemento	Fase gestacional	Fase aleitamento
	Proteico	Mineral
Matéria seca, g/kg MN	920	-
Proteína bruta, g/kg MS	500	-
Nutrientes digestíveis totais, g/kg MN	360	-
*Núcleo mineral, g/kg MN	¹ 660	² 1000

MS: matéria seca; MN: matéria natural; ¹Cálcio (máximo): 50 g/kg, (mínimo): 35 g/kg; Fósforo (mínimo): 20 g/kg; Sódio (mínimo): 80 g/kg; Enxofre (mínimo): 15 g/kg; Magnésio (mínimo): 5000 mg/kg; Cobalto (mínimo): 45 mg/kg; Cobre (mínimo): 400 mg/kg; Iodo (mínimo): 25 mg/kg; Manganês (mínimo): 260 mg/kg; Selênio (mínimo): 9 mg/kg; Zinco (mínimo): 1700 mg/kg; Flúor (máximo): 200 mg/kg; ²Cálcio (máximo): 185 g/kg, (mínimo): 160 g/kg; Fósforo (mínimo): 80 g/kg; Sódio (mínimo): 107 g/kg; Enxofre (mínimo): 12 g/kg; Magnésio (mínimo): 5000 mg/kg; Cobalto (mínimo): 107 mg/kg; Cobre (mínimo): 1300 mg/kg; Iodo (mínimo): 70 mg/kg; Manganês (mínimo): 1000 mg/kg; Selênio (mínimo): 18 mg/kg; Zinco (mínimo): 4000 mg/kg; Flúor (máximo): 800 mg/kg. *Dados fornecidos pelo fabricante (Matsuda®). (Fonte: Sousa, 2021).

As vacas foram pesadas no início do experimento, ao parto e no desmame (d - 150, d 0 e d 240). As pesagens ocorreram com jejum prévio (sólidos e líquidos) de 16 horas. Da mesma forma, na fase de aleitamento, as bezerras foram pesadas ao nascimento, 120 dias e no desmame, sendo realizadas às 7h00. Estas pesagens foram utilizadas para monitoramento das vacas e cálculos de ganho em peso da progênie.

O ECC das vacas foi avaliado ao início do experimento, a cada 35 dias até o parto e no desmame. Foi utilizada a escala de 1 a 5, com incremento de nota de 0,25; sendo 1 = emaciada e 5 = obesa (Ayres et al., 2014). A pontuação final foi obtida de forma independente, por meio de média de dois avaliadores, devidamente treinados. O ganho médio diário (GMD) em jejum das vacas e bezerras foi determinado pela diferença entre o PC final e o PC inicial, dividido pelo total de dias de cada fase.

Todas as informações obtidas neste tópico são descritas detalhadamente por Sousa (2021).

Manejo alimentar

Foi adotado o método de pastejo em lotação contínua, com taxa de lotação variável (MOTT e LUCAS, 1952), sendo os animais experimentais mantidos permanentemente nos piquetes em cada período. Para que a oferta de pasto fosse mantida igual, para todos os tratamentos, foram utilizados animais reguladores (contemporâneos aos demais), adicionados ou retirados (*put and take*) das unidades experimentais com intuito de manter a altura entre 25-30 cm. Para este experimento foram utilizadas 69 bezerras como animais reguladores, sendo estes animais também submetidos ao mesmo protocolo reprodutivo que os animais experimentais.

Os animais foram suplementados diariamente às 08:00h da manhã com suplemento concentrado na quantidade de 1,0% do PC, durante todo o período experimental. Não houve observação de sobras durante o período experimental, sendo o suplemento ofertado consumido totalmente todos os dias. A composição do suplemento se encontra na Tabela 2.

Tabela 2. composição centesimal e bromatológica do suplemento

Ingredientes	% inclusão no suplemento	
	Período seco (03/08/2020 à 28/10/2020)	Período chuvoso (29/10/2020 à 06/04/2021)
Farelo de milho	73,8	65,5
Farelo de soja	20,2	28,5
Núcleo mineral	6,00	6,00
Nutrientes		
Matéria seca	92,4	92,4
Proteína bruta	25,2	21,8
Nutrientes digestíveis	80,1	83,8
totais		

O núcleo mineral utilizado foi o FOSBOVI® Confinamento, fornecido pela empresa DSM.

Avaliação quantitativa e qualitativa da pastagem

A cada período (42 dias) foi realizada avaliação do pasto quanto os aspectos quantitativos, composição morfológica e valor nutricional. As avaliações quantitativas do pasto foram realizadas utilizando-se o método da dupla amostragem (Sollenberger e Cherney, 1995). Para determinação da massa de forragem de cada piquete eram selecionados três pontos de altura média (a altura era obtida a partir da coleta de 50 pontos de altura normal e comprimida - pelo uso do prato ascendente (*rising plate meter*), e coletado uma amostra de forragem de 0,25 m² de cada ponto selecionado ao nível do solo e, posteriormente, uma subamostra era seca em estufa a 55°C por 72 horas para determinação da matéria seca parcial. Posteriormente era determinado a massa de forragem no ponto coletado, e extrapolado para a área do piquete avaliado.

Para avaliação dos componentes morfológicos e estruturais do dossel forrageiro, foram coletadas amostras na altura média de cada piquete, sendo dividida em quatro frações: colmo verde, folha verde, colmo senescente e folha senescente. Para estimar o valor nutricional do pasto, foi realizado pastejo simulado através da coleta do extrato pastejável pelo método *hand-plucking* (De Vries, 1995). Posteriormente, as amostras foram parcialmente secas a 55°C, em estufa de ventilação forçada por 72 horas e, em seguida, moídas em moinho de facas, utilizando-se peneira de 1 mm e 2 mm para posteriores análises.

As amostras de pastejo simulado foram analisadas para quantificação dos teores de MS (método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB) pelo método Kjeldahl (984.13) e extrato etéreo (EE) pelo método Gold Fish (920.39), de acordo com a AOAC (1995). O conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com Van Soest et al. (1991), com o uso do determinador de fibra (TE-149, Tecnal - SP). A celulose foi solubilizada com ácido sulfúrico 72% e o conteúdo de lignina obtido 48 por diferença (Goering e Van Soest, 1970). A digestibilidade in vitro da MS (DIVMS) foi determinada como descrito por Van Soest e Robertson (1985).

As características do pasto são demonstradas na Tabela 3, com dados na forma descritiva.

Tabela 3. Características quantitativas e qualitativas do dossel forrageiro de capim Marandu durante o período experimental

	D0	D42	D84	D126	D168	D210	D252
Composição morfológica							
Altura, <i>cm</i>	19,32	19,12	19,36	25,67	35,04	49,51	41,42
Massa, <i>kg MS/ha</i>	4974	4215	2540	3704	5410	7597	8368
Massa verde, <i>kg MS/ha</i>	364,4	91,30	911,4	2939	4989	6824	5559
Folhas verdes, <i>kg MS/ha</i>	83,31	18,40	584,8	2072	2889	2827	1645
Densidade, <i>kg MS/ m³</i>	2,99	2,35	1,15	1,18	1,44	1,75	2,24
Folhas verdes, %	1,88	0,30	26,08	59,85	54,71	37,41	19,63
Folhas secas, %	43,35	40,54	21,45	8,61	3,02	7,48	19,06
Colmo verde, %	4,64	1,23	12,28	24,26	39,06	52,23	46,48
Colmo seco, %	50,12	57,93	40,19	7,28	3,21	2,89	14,83
Relação folha:colmo	0,34	0,06	2,47	2,50	1,45	0,73	0,43
Composição química							
Matéria seca, %	82,0	84,4	28,1	23,2	27,4	27,1	28,9
Matéria mineral, %	7,21	5,72	7,05	6,68	6,53	6,22	6,69
Proteína bruta, %	5,67	4,59	14,58	12,95	8,97	8,59	6,31
Fibra em detergente neutro, %	76,0	80,1	61,1	63,2	65,4	66,7	71,2
Fibra em detergente ácido, %	39,8	43,8	38,3	45,0	49,1	37,6	41,7
Extrato etéreo, %	0,70	0,91	1,20	1,32	1,53	1,24	1,05
Lignina, %	6,3	5,8	4,5	4,1	3,1	3,8	4,7

Desempenho animal, escore de condição corporal e ultrassonografia de carcaça

No período de crescimento e reprodução os animais foram pesados antes e após jejum de 16 horas de sólidos e líquido, nos dias 0, 84, 168 e 252. Ao final dos períodos intermediários (dias 42, 126 e 210) foram realizadas pesagens para ajustar a oferta de suplemento (período da tarde, sem aplicação de jejum). Com os dados de PC foi calculado o ganho de peso médio diário (GMD, em kg).

O escore de condição corporal foi realizado por 2 avaliadores, previamente treinados, usando escala de 1 a 5, com incremento de nota de 0,25; sendo 1 = emaciada e 5 = obesa (Ayres et al., 2009). As avaliações do escore de condição corporal foram realizadas no início, e, posteriormente nos mesmos dias da avaliação de ultrassonografia da carcaça, tanto na fase de crescimento e reprodução.

A ultrassonografia de carcaça foi feita em todos os animais experimentais: no início do experimento (D0), final do período seco e início do período chuvoso (D84)), antes da primeira IATF (D 168) e ao final do experimento (D252).

As mensurações realizadas foram: área de olho de lombo (AOL; cm²), espessura de gordura subcutânea (EGS; mm), espessura de gordura na picanha (mm), grau de marmoreio e ratio (relação entre largura e comprimento do músculo *Longissimus*). As imagens foram tomadas entre a 12^a e 13^a costelas, transversal ao músculo *Longissimus*, de modo que a espessura de gordura foi medida no terço médio distal da área de olho de lombo; assim como na altura da garupa (P8). Todas as medidas foram realizadas após limpeza da pele e com uso de óleo vegetal como acoplante acústico.

Estação de monta

Todas as novilhas foram manejadas de forma igual e em conjunto para indução de puberdade e sincronização do cio e inseminação artificial. O protocolo de inseminação utilizou a combinação de estrógenos (benzoato de estradiol) e progestágenos para suprimir o desenvolvimento do folículo dominante e assim sincronizar o desenvolvimento da nova onda folicular. O período do protocolo reprodutivo foi entre os dias 168 e 252.

No dia -22 foi aplicado 1 mL de progesterona injetável para início da indução do cio. No dia 0 foi inserido um dispositivo intravaginal contendo 1,9 g de progesterona e aplicação intramuscular de 2 mL de benzoato de estradiol (sincronização da onda folicular). No dia 7 foi aplicado 2,5 mL de dinoprost trometamina. No dia 9 foi aplicado 0,3 mL cipionato de estradiol (indução da ovulação) + 1,0 mL de gonadotrofina coriônica equina e retirada do CIDR®. Quarenta e oito horas após retirada do CIDR® e aplicação do cipionato de estradiol foi feito a inseminação artificial das novilhas. Seguido da ressincronização do cio e inseminação (dois protocolos para as novilhas), após 30 dias foi feito o diagnóstico de gestação com uso de ultrassom (Figura 3).

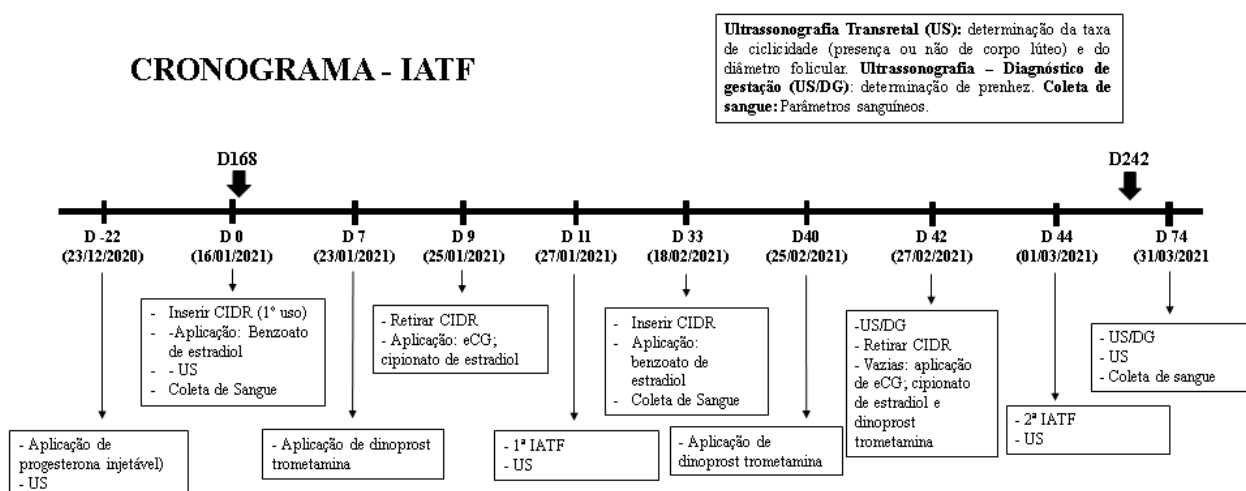


Figura 3. Cronograma de atividades do protocolo de sincronização de cio e estação de monta das novilhas (experimentais e reguladoras).

Exame ginecológico e desempenho reprodutivo

Os exames ginecológicos foram feitos por ultrassonografia transretal em todas as novilhas experimentais. Foi determinada a taxa de ciclicidade (presença ou não de corpo lúteo), diâmetro folicular e diâmetro do útero. As medidas de ultrassonografia foram realizadas nos seguintes dias: Dia -22 da indução com progesterona injetável, dia 0, dia 11 (1ª IATF), dia 42, dia 44 (2ª IATF) e no diagnóstico de gestação final (Figura 3).

O desempenho reprodutivo foi medido pela taxa de prenhez. Esta foi obtida através dos diagnósticos de gestação por ultrassonografia (30 dias após cada IATF).

Coleta de sangue

A coleta de sangue foi realizada em todos os animais experimentais, sendo realizadas cinco coletas durante todo período experimental: início do experimento, transição entre seca-águas, no início da 1ª IATF (D0), no início da 2ª IATF (D33) e no último diagnóstico de gestação da 2ª IATF (D74).

O sangue foi coletado através de punção venosa direta da jugular, com contenção suave, em dois tubos de 10 ml, com heparina-lítio, para quantificação plasmática de IGF-1 e insulina, em 2 tubos de 10 mL com ativador de coágulo, albumina, ureia, proteína total, creatinina; e em um tubo de 4 ml, com fluoreto de sódio, para quantificação de glicose. As amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos a 4°C e o plasma estocado a -80°C para posteriores análises dos hormônios e metabólitos em laboratório comercial.

Análises estatísticas

Para características medidas mais de uma vez na mesma unidade experimental (exemplo: parâmetros sanguíneos, pesagens), foi utilizado modelo levando-se em consideração a correlação entre as medidas. Foram testadas matrizes de covariância residual e selecionadas com base no critério de informação bayesiano (BIC). Foi utilizado o REPEATED do SAS. Para características de análise visual, avaliadores foram incluídos como efeito aleatório. Os dados foram analisados pelo procedimento GLIMMIX do SAS, com as opções necessárias para análises repetidas ao tempo ou modelos generalizados. Anteriormente às análises finais, valores residuais extremos foram removidos de acordo com o teste de Shapiro-Wilk e homogeneidade residual avaliada visualmente. Se necessário, o modelo acomodou variâncias heterogêneas. Para todas as comparações, o nível de 0,05 foi estabelecido como nível crítico de probabilidade para erro tipo I. Tendências foram consideradas entre 0,05 e 0,10.

Resultados

As vacas submetidas ao tratamento com alta oferta de forragem (AOF) aumentaram o peso corporal até o parto e reduziram na fase de aleitamento. Já aquelas submetidas à baixa oferta de forragem (BOF), apresentaram redução do peso corporal até o parto e depois mantiveram no pós parto (Figura 4; Sousa, 2021). Houve interação entre tratamento e período para o peso corporal (PC) das vacas ($P < 0,01$). No início do experimento (d -150), o PC foi semelhante entre os tratamentos ($P = 0,76$). Já, ao parto (d 0) e no desmame (d 240), as vacas do tratamento com BOF apresentaram PC inferior às vacas da AOF ($P < 0,01$; Figura 4).

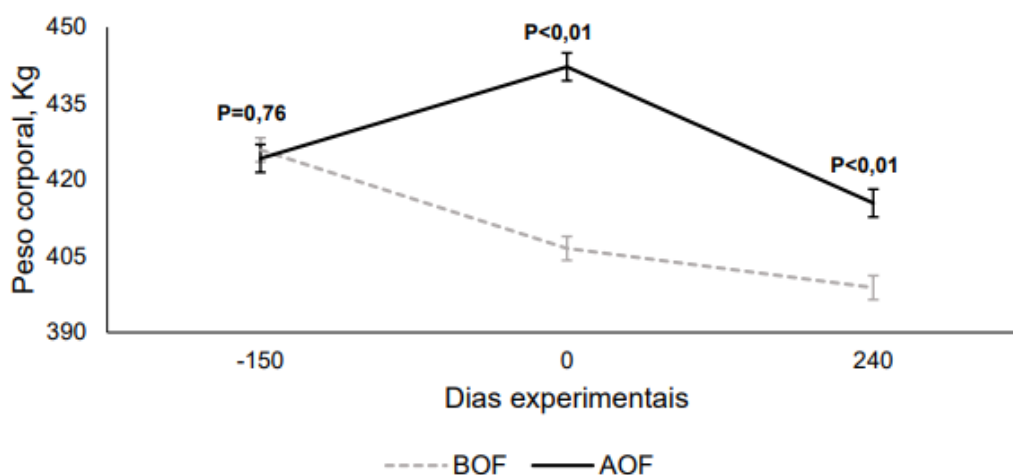


Figura 4. Peso corporal pré e pós parto de vacas Nelore submetidas a diferentes ofertas de forragem durante a gestação (150 dias). Fonte: Sousa, 2021.

Houve interação entre tratamento e período para o ECC das vacas ($P < 0,01$). No início do experimento (d -150) e ao desmame (d 240), o ECC foi semelhante entre os tratamentos ($P > 0,12$). Já, até o parto (d 0) apresentou diferença ($P < 0,01$), sendo o menor valor observado nos animais da BOF, com exceção do d -70 ($P = 0,22$). Analisando a variação ao longo do período experimental, observa-se que ambos tratamentos apresentaram queda até o d -70. Após esse período, vacas mantidas em BOF continuam perdendo ECC até o parto (d 0) e depois recuperam no pós parto, já a AOF apresenta aumento do ECC até o parto e depois redução do mesmo durante a

fase de aleitamento (Figura 5; Sousa, 2021).

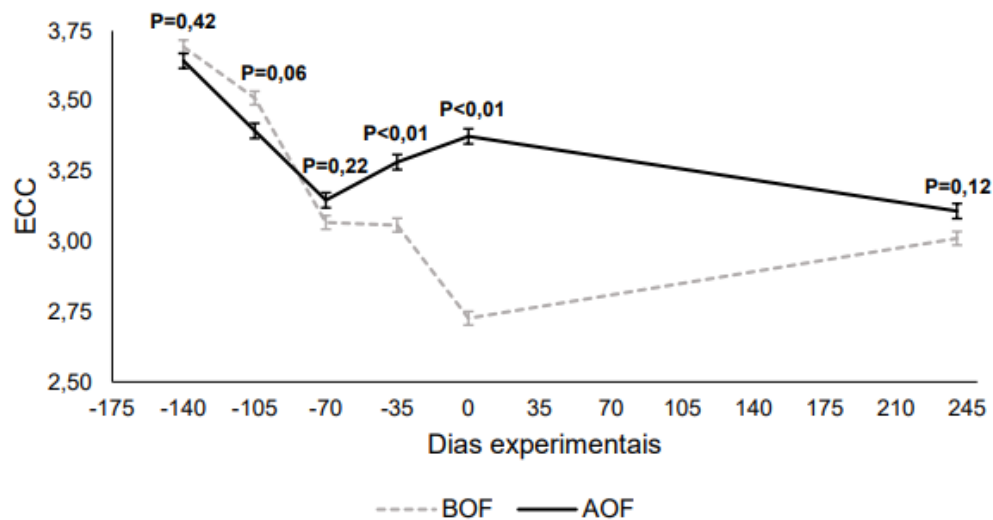


Figura 5. Escore de condição corporal pré e pós-parto de vacas Nelore submetidas a diferentes ofertas de forragem durante a gestação (150 dias). Fonte: Sousa, 2021.

A oferta de forragem durante a gestação não afetou o peso das bezerras ao nascimento ($P=0,41$) e ao desmame (d 205; $P=0,16$). Já o peso aos 120 dias de idade foi superior em 9kg nas bezerras filhas de vacas de AOF ($P=0,04$; Figura 6).

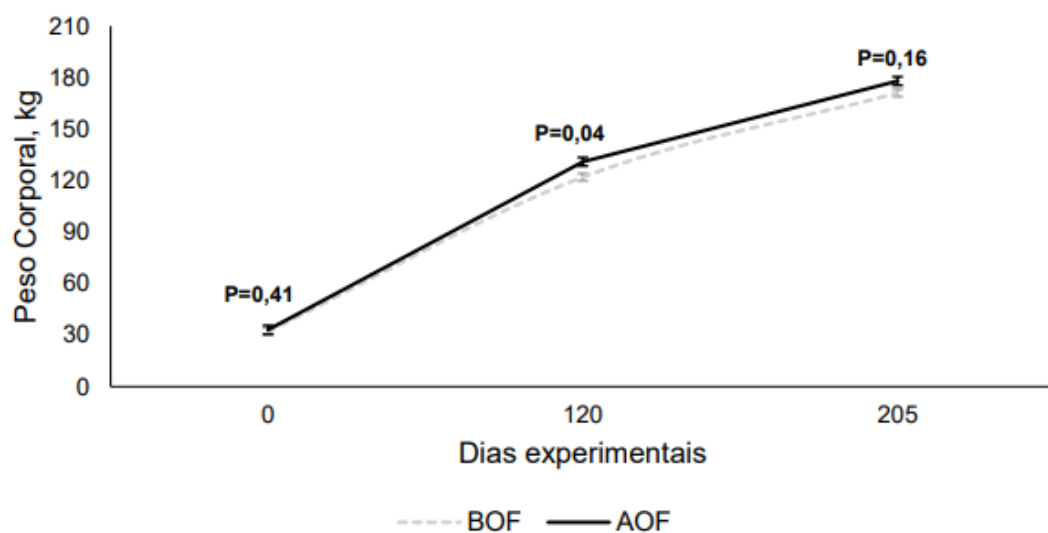


Figura 6. Peso corporal de bezerras Nelore filhas de vacas submetidas a diferentes ofertas de forragem durante a gestação (150 dias). Fonte: Souza, 2021.

Já em relação às bezerras na fase de crescimento, a oferta de forragem durante a gestação não afetou o peso corporal, ganho médio diário e escore de condição

corporal das novilhas durante a fase de crescimento e reprodução ($p>0,05$, Tabela 4). Observou-se diferença durante o período experimental para o peso corporal, ganho médio diário e escore de condição corporal das novilhas ($P<0,01$). O peso corporal dos animais aumentou ao longo do período experimental, uma vez que os animais iniciaram com média de 179 kg e finalizaram o experimento com média de 362,5 kg. Com relação ao ganho médio diário observou-se maior incremento no segundo período (D84 ao 168), com tendência para interação entre a oferta de forragem durante a gestação e o período experimental, onde os animais obtiveram média de 934 gramas de ganho de peso por dia. E, sobre o escore de condição corporal também houve aumento ao longo do período experimental, iniciando com escore médio de 3,21 e finalizando com escore médio de 3,61.

Tabela 4. Peso corporal, ganho médio diário e escore de condição corporal de novilhas de acordo com os tratamentos

Tratamentos	BOF	AOF	EPM	P - Valor		
				OF	Per	OF x Per
<i>Peso corporal, kg</i>						
D 0	174	184	5,07	0,20	<0,01	0,19
D 84	223	234				
D 168	299	304				
D 252	359	366				
<i>Ganho médio diário, kg/dia</i>						
D 0 ao 84	0,587	0,589	0,02	0,46	<0,01	0,08
D 84 ao 168	0,972	0,896				
D 168 ao 252	0,723	0,751				
<i>Escore de condição corporal, kg</i>						
D 0	3,20	3,23	0,03	0,37	<0,01	0,58
D 84	3,20	3,26				
D 168	3,40	3,40				
D 252	3,61	3,62				

EPM: erro padrão da média; BOF: baixa oferta de forragem; AOF: alta oferta de forragem.

As características de carcaça, medidas pela ultrassonografia, não foram influenciadas pela oferta de forragem durante a gestação das mães ($P>0,05$, Tabela 5), com exceção do marmoreio. O marmoreio apresentou diferença ($P=0,02$) entre os tratamentos, sendo superior nas filhas de vacas mantidas com alta oferta de forragem durante a gestação. Também foi observado diferença ($P<0,01$) para o período experimental, onde houve aumento em todas as variáveis analisadas.

Tabela 5. Características de carcaça de novilhas de acordo com os tratamentos

	D0		D84		D168		D252		EPM	P valor		
	BOF	AOF	BOF	AOF	BOF	AOF	BOF	AOF		OF	Per	OF*Per
AOL, cm ²	35,38	35,01	48,23	52,48	49,76	53,28	56,98	60,38	1,55	0,11	<0,01	0,13
AOL/100kg	19,29	18,46	18,4	19,25	15,93	16,72	15,13	15,7	0,54	0,43	<0,01	0,26
RATIO	0,45	0,78	0,48	0,48	0,49	0,48	0,50	0,50	0,05	0,25	0,03	0,56
Marmoreio, %	2,63	3,16	2,69	2,99	2,72	3,03	2,95	3,17	0,12	0,02	<0,01	0,44
EGS, mm	2,34	2,55	2,32	2,44	3,39	3,28	4,75	4,62	0,17	0,89	<0,01	0,70
EGS/100kg	1,28	1,52	0,88	0,90	1,07	1,03	1,25	1,21	0,08	0,56	<0,01	0,67
EGP,mm	3,59	4,00	3,59	3,77	6,34	6,31	8,04	8,30	0,23	0,42	<0,01	0,38

AOL: área de olho de lombo; EGS: espessura de gordura subcutânea; EGP: espessura de gordura subcutânea na picanha; EPM: erro padrão da média; BOF: baixa oferta de forragem; AOF: alta oferta de forragem.

Com relação à concentração dos metabólitos sanguíneos houve interação entre tratamento e período para a concentração sanguínea de gama glutamiltransferase (GGT, $P=0,02$) e insulina ($P=0,02$, Tabela 6). No início do experimento, as concentrações de GGT e insulina foram superiores ($P=0,02$) para as novilhas filhas de vacas submetidas à baixa oferta de forragem, e nos demais períodos permaneceram semelhantes entre os tratamentos ($P>0,06$). A concentração sanguínea de proteína total foi maior ($P=0,01$) nas novilhas filhas de vacas submetidas à alta oferta de forragem. Para a concentração sanguínea de IGF-1 houve tendência ($P=0,10$) a ser superior nas filhas de vacas mantidas na AOF durante a gestação.

Tabela 6. Concentração sanguínea dos metabólitos de novilhas de acordo com os tratamentos

	D0 (Desmame)		D84		D168 (D0 1 ^a IATF)		D199 (D 0 2 ^a IATF)		D252		EPM	P valor		
	BOF	AOF	BOF	AOF	BOF	AOF	BOF	AOF	BOF	AOF		OF	Per	OF*Per
Ureia, mg/dL	9,58	11,2	36,0	36,3	23,5	22,4	30,3	25,6	23,7	23,1	1,48	0,37	<0,01	0,28
Albumina, g/dL	3,94	4,07	3,42	3,50	3,44	3,53	3,39	3,31	3,67	3,74	0,07	0,31	<0,01	0,51
Proteína Total, g/dL	7,32	8,17	6,88	7,15	7,84	8,18	7,81	7,86	8,05	8,13	0,17	0,01	<0,01	0,27
Creatinina, mg/dL	1,90	1,89	1,15	1,19	1,17	1,25	1,31	1,31	1,41	1,51	0,06	0,25	<0,01	0,13
AST, U/L	88,5	92,1	39,9	40,2	44,9	37,2	54,6	55,2	43,3	41,6	3,48	0,78	<0,01	0,15
GGT, U/L	21,9	19,4	18,9	19,5	32,2	27,9	29,8	26,3	29,7	26,2	1,26	0,20	<0,01	0,02
Glicose, mg/dL	88,3	80,4	112	125	102	115	83,3	86,5	74,3	74,1	4,71	0,30	<0,01	0,06
Colesterol, mg/dL	149	146	163	159	152	145	177	151	176	176	8,88	0,27	0,01	0,50
Triglicérido, mg/dL	35,1	32,5	44,5	44,8	33,4	31,3	27,4	25,4	26,7	26,2	1,35	0,12	<0,01	0,73
IGF-1, ng/mL	107	127	377	444	323	368	292	330	283	336	21,50	0,10	<0,01	0,69
Insulina, uU/mL	8,07	5,83	6,61	10,0	9,02	12,7	11,0	11,6	9,12	10,5	16,29	0,44	0,02	0,02

AST: aspartato aminotransferase; GGT: gama glutamiltransferase; EPM: erro padrão da média; BOF: baixa oferta de forragem; AOF: alta oferta de forragem.

Houve efeito ($P>0,05$) da oferta de forragem durante a gestação das mães tanto para a taxa de ciclicidade, quanto para a taxa de prenhez para as novilhas avaliadas. No presente experimento, não houve perdas de gestação (Tabela 7).

Tabela 7. Desempenho reprodutivo de novilhas de acordo com os tratamentos

	BOF	AOF	P valor
	N = 24	N = 18	
Taxa de ciclicidade, %	45,8 (11/24)	50,0 (9/18)	0,79
Prenhez, %	54,2 (13/24)	44,4 (8/18)	0,54

BOF: baixa oferta de forragem; AOF: alta oferta de forragem.

Com relação às características do trato reprodutivo, o diâmetro folicular foi maior ($P=0,01$, Tabela 8) no início do protocolo reprodutivo (D 0) para as novilhas cujas mães receberam baixa oferta de forragem durante a gestação. Para o diâmetro do útero não observou-se efeito da oferta de forragem durante a gestação para os animais avaliados.

Tabela 8. Características do trato reprodutivo de novilhas de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	BOF	AOF	EPM	P - Valor
<i>Diâmetro folicular, mm²</i>				
D -22	10,6	11,0	0,49	0,52
D 0 1a IATF	10,4	8,71	0,60	0,01
D 11 1a IATF	7,87	7,65	0,58	0,77
<i>Diâmetro do útero, cm²</i>				
D -22	12,9	12,8	0,49	0,84
D 0 1a IATF	14,4	17,7	0,56	0,65
D 11 1a IATF	17,9	18,8	0,55	0,29

BOF: baixa oferta de forragem; AOF: alta oferta de forragem.

Discussão

A igualdade observada entre os tratamentos para as variáveis peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC) e ganho de peso médio diário (GMD, Tabela 4) das bezerras de acordo com as diferentes ofertas de forragem (baixa x alta) pode ser explicada pela capacidade que animais da raça Nelore possuem em contornar a restrição alimentar. Em meta análise feita por Klein et al. (2021) fica evidenciado que há menor influência da variação de peso da vaca durante a gestação sobre o desempenho da cria no período pós-desmama e é explicado pela maior capacidade adaptativa da progênie adquirida em ambiente intrauterino que sofreu restrição nutricional. Logo, esta progênie após o nascimento pode compensar em seu desempenho a maioria das diferenças causadas durante o desenvolvimento fetal, resultando (ou não) apenas em efeitos residuais na composição corporal em fases posteriores de crescimento.

E, além deste ganho compensatório, a restrição alimentar durante a gestação pode induzir em alterações epigenéticas, resultando em um “fenótipo econômico” (Webb et al., 2019). Esta hipótese sugere que a dieta a qual a vaca foi submetida durante o desenvolvimento fetal pode resultar em alterações que “programam” a progênie para se adaptar ao ambiente em que ela virá a nascer, ou seja, se durante o desenvolvimento fetal ocorre restrição alimentar, ao nascer a cria já está programada a suportar um ambiente com restrição de alimento. Além disso o animal exibe maior capacidade de adaptação metabólica a ambientes desfavoráveis durante a vida, o que pode resultar em maior ganho de peso, isto devido a alterações em mecanismos homeostáticos no fígado e pâncreas o que influencia a habilidade da progênie em metabolizar nutrientes (Keomanivong et al., 2016; McCarty et al., 2020).

Logo, os resultados encontrados neste trabalho concordam com estas teorias expostas uma vez que a diferença de peso observada na progênie após o nascimento ocorre nos 120 dias após o nascimento, não observando diferenças para a mesma variável no período pós desmame.

Com relação as características de carcaça, é observado efeito da oferta de forragem durante a gestação sobre o marmoreio, que representa a gordura intramuscular. A gordura intramuscular é um parâmetro importante a ser

considerado, pois afeta a qualidade da carne com influência sobre o sabor, suculência e maciez, consequentemente agregando valor econômico ao produto final (Peña et al., 2013). Em bovinos a adipogênese começa por volta da metade da gestação concomitante com a miogênese secundária, porém, ao contrário da miogênese, a adipogênese não se limita aos estágios pré-natais. O depósito de tecido adiposo ocorre seguindo a ordem visceral, subcutâneo, intermuscular e intramuscular, respectivamente. A hiperplasia da gordura visceral se estende até o estágio neonatal, enquanto a gordura subcutânea e intermuscular se estende até o início do desmame e a formação de gordura intramuscular se estende até aproximadamente os 250 dias de idade. Após este período de hiperplasia, os adipócitos sofrem hipertrofia, o que contribui para o armazenamento de gordura (Du et al., 2013).

Portanto, até os 250 dias de idade temos um período favorável para incremento deste marmoreio e, quando pensamos nos conceitos de programação fetal podemos inferir que bezerras cuja mãe não sofreu restrição alimentar ocorreu esse incremento na formação e crescimento de adipócitos comparado às bezerras cujas mães sofreram restrição nutricional durante a gestação, uma vez que, em caso de restrição alimentar durante a gestação pode ter ocorrido uma adaptação à menos disponibilidade de nutrientes e consequentemente menor formação de adipócitos.

Além disso, existem estudos que mostram a influência da nutrição da vaca durante a gestação e o desenvolvimento do trato gastrointestinal da progênie, mais especificamente no desenvolvimento da vilosidade, onde filhos de matrizes suplementadas apresentam melhor desenvolvimento das vilosidades e consequentemente maior capacidade de absorção de nutrientes (Gionbelli et al., 2017; Dias, 2022). Portanto, é possível que as bezerras filhas de matrizes que não sofreram restrição nutricional possam ter melhor desenvolvimento das vilosidades do trato gastrointestinal e consequente melhor absorção de nutrientes, o que pode contribuir para a melhoria na qualidade da carcaça. Klein et al. (2021) também descreve que a programação fetal pode gerar efeitos residuais na composição corporal sem alterar o desempenho, o que explica a

não diferença observada para o desempenho dos animais, com alteração no teor de marmoreio.

Esta teoria pode ser explicada também com os resultados da concentração de metabólitos sanguíneos obtidos neste estudo. A concentração sanguínea de proteína total e IGF-1 foi maior para as bezerras filhas de matrizes que não sofreram restrição alimentar, indicando maior aproveitamento de nutrientes provenientes da dieta desses animais. A proteína é o segundo nutriente mais exigido pelos ruminantes. As exigências proteicas são atendidas mediante a absorção intestinal de aminoácidos provenientes, principalmente da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não degradada no rúmen (Valadares Filho e Valadares, 2001). Dentre os metabólitos utilizados para avaliação do status nutricional proteico dos animais, as proteínas totais (PT), são comumente utilizadas. Sua redução está relacionada à deficiência proteica dietética, se descartadas causas patológicas. O mesmo se aplica às concentrações de IGF-1 uma vez que é um hormônio que tem importantes efeitos promotores de crescimento, promovendo o crescimento em muitos tecidos do corpo que estão envolvidos no metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras, proliferação celular e diferenciação (Jones e Clemmons, 1995). E também, existe uma associação positiva entre a ingestão de ração e o ganho de peso com altas concentrações de IGF-I no sangue (Armstrong et al., 2001; Diskin et al., 2003).

Com relação às características reprodutivas, embora não tenha sido observado efeito da oferta de forragem para as matrizes durante a gestação sobre as taxas de ciclicidade e prenhez da progênie, é importante ressaltar o sucesso de ambos tratamentos ao emprenhas as novilhas aos 14 meses. O sucesso reprodutivo é correlacionado com o estado nutricional do animal (Moorey e Biase, 2020), considerado um dos principais determinantes da obtenção da puberdade, responsável por frequências e amplitudes dos pulsos de LH e crescimento dos folículos ovarianos (Gasser et al, 2006; Nepomuceno et al., 2017). É conhecido que o aumento do nível nutricional afeta e aumenta secreções de gonadotrofinas ocasionados por hormônios e metabólitos como: IGF-I, insulina e glicose servindo como mensageiros (feedback positivo ou

negativo) modulando secreção e liberação de GnRH (Nepomuceno et al., 2017; Moriel et al., 2017; Moriel et al., 2020). Neste estudo as novilhas atingiram taxa de prenhez de 49%, índice este semelhante ao encontrado por Araújo (2022) que foi de 47%, trabalhando com estratégias de recria intensiva no pasto e confinamento.

As taxas de ciclicidade e prenhez não diferiram entre os tratamentos, provavelmente devido às mesmas condições de nutrição e condição corporal que os animais se encontravam no início do experimento bem como a semelhança no tamanho dos folículos no início do protocolo reprodutivo. A concentração de IGF-1 também tem influência nas respostas relacionadas aos índices reprodutivos encontrados, uma vez que podemos observar aumento considerável da concentração deste hormônio próximo ao período de detecção da puberdade dos animais. A concentração sanguínea de IGF-1 é positivamente associada com o aumento no consumo de nutrientes pelo animal e tem a capacidade de influenciar a manifestação da puberdade, bem como a função reprodutiva na vida adulta (Miszura, 2017).

O início da formação da reserva folicular ovariana em bovinos ocorre em torno do 80º dia de gestação, e até o 143º dia a maioria dos folículos já deve estar formada (Tanaka et al., 2001; Fortune, 2003), logo, como os tratamentos foram aplicados após este período (terços médio e final da gestação) explica-se a não diferença encontrada para o tamanho do folículo dos animais avaliados. Apesar disso, de forma geral, o tamanho do folículo dominante ($\geq 10\text{mm}$) demonstra a importância da nutrição no desenvolvimento reprodutivo em novilhas de corte, pois quando submetidas a altos níveis de nutriente apresentam melhora no desenvolvimento produtivo e reprodutivo (Diskin et al., 2003; Sartori et al., 2010).

Diante de todos resultados apresentados, é válido então ressaltar a ausência de estudos que demonstrem a influência da nutrição materna sobre os aspectos produtivos e reprodutivos de sua prole fêmea, avaliados em condições tropicais, justificando a importância deste estudo.

Conclusão

A nutrição adequada ou restrição alimentar da matriz durante a gestação não exerce influência sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie, porém exerce influência na composição corporal, uma vez que bezerras filhas de matrizes que tiveram a nutrição adequada conseguem acumular maior porcentagem de gordura intramuscular (marmoreio).

Referências

AOAC. **Official methods of analysis of Association of Official Analytical Chemists**. Washington, DC. 16 ed., 1995.

Araújo LC (2022) **Estratégias nutricionais na recria de novilhas Nelore destinadas à reprodução**. 57 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista – Jaboticabal.

Armstrong DG, McEvoy TG, Baxter G, Robinson JJ, Hogg CO, Woad KJ, Webb R, Sinclair KD (2001) Effect of dietary energy and protein on bovine follicular dynamics and embryo production in vitro: associations with the ovarian insulin-like growth factor system. **Biology of reproduction**, 64:1624-1632. DOI: <https://doi.org/10.1095/biolreprod64.6.1624>.

Ayres H, Ferreira RM, Torres-Júnior JRS, Demétrio CGB, Lima CG, Baruselli PS (2009) Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Science**, 123:175–179. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2008.11.004>.

De Vries MFW (1995) Estimating forage intake and quality in grazing cattle: a reconsideration of the hand-plucking method. **Journal of Range Management**. 48:370-375. Disponível em: <https://journals.uaair.arizona.edu/index.php/jrm/article/download/9038/8650>.

Dias EFF (2022) **Microbioma e caracterização do epitélio ruminal e cecal de bovinos de corte submetidos à programação fetal**. 67 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

Diskin MG, Mackey DR, Roche JF, Sreenan JM (2003) Effects of nutrition and metabolic status on circulating hormones and ovarian follicle development in cattle. **Animal Reproduction Science**, 78:345–370. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00099-x](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00099-x).

Du M, Huang Y, Das AK, Yang Q, Duarte MS, Modson MV, Zhu MJ (2013) Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science**, 91:1419-1427. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5670>.

Duarte MS, Paulino PVR, Du M (2012) Fetal programming in beef cattle: how to optimize performance and carcass value in early stages of life. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE (SIMCORTE). **Anais...** Viçosa: SIMCORTE, p.124-139.

Fortune JE (2003) The early stages of follicular development: activation of primordial follicles and growth of preantral follicles. **Animal Reproduction Science**, 78:135-163. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0378-4320\(03\)00088-5](https://doi.org/10.1016/s0378-4320(03)00088-5).

Gasser CL, Grum DE, Mussard ML, Fluharty FL, Kinder JE, Day ML (2006) Induction of precocious puberty in heifers I: Enhanced secretion of luteinizing hormone. **Journal of Animal Science**, 84:2035-2041. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2005-636>.

Gionbelli TRS, Rotta PP, Veloso CM, Valadares Filho SC, Carvalho BC, Marcondes MI, Ferreira MFL, Souza JVF, Santos JSAA, Lacerda LC, Duarte MS, Gionbelli MP (2017) Intestinal development of bovine foetuses during gestation is affected by foetal sex and maternal nutrition. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 101:493-501. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.12572>.

Goering HK, Van Soest PJ (1995) **Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)**. Washington, DC: USDA.

Jones JL, Clemmons DR (1995) Insulin-like growth factors and their binding proteins: biological actions. **Endocrine reviews**, 16:3-34. DOI: <https://doi.org/10.1210/edrv-16-1-3>.

Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss MLC (2008) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6 ed. San Diego: Academic Press. 932p.

Keomanivong FE, Camacho LA, Lemley CO, Kuemper EA, Yunusova RD, Borowicz PP, Swanson KC (2016) Effects of realimentation after nutrient restriction during mid- to late gestation on pancreatic digestive enzymes, serum insulin and glucose levels, and insulin-containing cell cluster morphology. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, 101:589-604. DOI: <https://doi.org/10.1111/jpn.12480>.

Klein JL, Machado DS, Adams SM, Potter L, Alves Filho DC, Brondani IL (2021) Beef cow weight variations during gestation and offspring performance: a meta-analysis. **Semina: Ciências Agrárias**, 42:3961-3976. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6Supl2p3961>.

Latawiec AE, Strassburg BBN, Valentim JF, Ramos F, Alves-Pinto HN (2014) Intensification of cattle ranching production systems: socioeconomic and environmental synergies and risks in Brazil. **Animal**, 8:1255-1263. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731114001566>.

Marques RS, Cooke RF, Rodrigues MC, Moriel P, Bohnert DW (2016) Impacts of cow body condition score during gestation on weaning performance of the offspring. **Livestock Science**, 191:174-178. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.08.007>.

McCarty KJ, Washburn JL, Taylor RK, Long NM (2020) The effects of early or mid-gestation nutrient restriction on bovine fetal pancreatic development. **Domestic Animal Endocrinology**, 70:1-6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.07.005>.

Miszura AA (2017) **Efeito do crescimento compensatório sobre a puberdade de novilhas Nelore**. 76 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção

Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de São Paulo, Pirassununga.

Moorey SE, Biase FH (2020) Beef heifer fertility: importance of management practices and technological advancements. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, 11:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00503-9>.

Moreira EM, Faleiro Neto JÁ, Ferraz Júnior MVZ, Mello RRC, Andrade JS, Silva GM, Nunes VRR (2019) Programação fetal e efeito da suplementação pré-parto sobre o desempenho produtivo e reprodutivo da progênie: revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia – PUBVET**, 13:1-7. DOI: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v13n4a310.1-7>.

Moriel P, Lancaster P, Lamb GC, Vendramini JMB, Arthington JD (2017) Effects of post-weaning growth rate and puberty induction protocol on reproductive performance of *Bos indicus*-influenced beef heifers. **Journal of Animal Science**, 95:3523-3531. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1666>.

Moriel P, Palmer E, Vedovatto M, Piccolo MB, Ranches J, Silva HM, Mercadante VG, Lamb GC, Vendramini JM (2020) Supplementation frequency and amount modulate postweaning growth and reproductive performance of *Bos indicus*-influenced beef heifers. **Journal of Animal Science**, 98. DOI: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa236>.

Mott GO, Lucas HL (1952) The designs conduct, and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS. **Proceedings...** Pennsylvania: State College Press.

Nepomuceno DD, Pires AV, Ferraz Junior MVC, Biehl M, Gonçalves JR, Moreira EM, Day ML (2017) Effect of pre-partum dam supplementation, creep-feeding and postweaning feedlot on age at puberty in Nelore heifers. **Livestock Science**, v. 195, p. 58-62, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.11.008>.

Peña F, Molina A, Avilés C, Juárez M, Horcada A (2013) Marbling in the *Longissimus thoracis* muscle from lean cattle breeds. Computer image analysis of fresh versus stained meat samples. **Meat Science**, 95:512-519. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.05.036>.

Prado OF (2018) **Aspectos metabólicos plasmáticos de novilhas nelore e cruzadas confinadas**. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde, Rio Verde.

Sartori R, Bastos M, Baruselli P, Gimenes L, Ereno R, Barros C (2010) Physiological differences and implications to reproductive management of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle in a tropical environment. **Reproduction in Domestic Ruminants**, 7:357-375. DOI: <https://doi.org/10.7313/upo9781907284991.028>.

Sousa LM (2021) **Vacas Nelore submetidas a diferentes ofertas de forragem durante os terços médio e final da gestação e seu impacto no par**

vaca/bezerra. 70 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade estadual Paulista, Jaboticabal.

Souza Sobrinho F, Léo FJS, Kopp MM (2011) Estacionalidade e estabilidade de produção de forragem de progênies de *Brachiaria ruziziensis*. **Ciência e Agrotecnologia**, 35:685-691. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000400006>.

Sollenberger LE, Cherney DJR (1995) Evaluating forage production and quality. In: Barnes RF, Miller DA, Nelson C (Eds.) **Forages: The science of grassland agriculture**. 2ed., p. 97-110.

Tanaka Y, Nakada K, Moriyoshi M, Sawamukai Y (2001) Appearance and number of follicles and change in the concentration of serum FSH in female bovine fetuses. **Reproduction**, 121:777-782. DOI: <https://doi.org/10.1530/rep.0.1210777>.

Tsuneda PP, Hatamoto-Zervoudakis LK, Duarte Junior MF, Silva LES, Delbem RA, Motheo TF (2017) Efeitos da nutrição materna sobre o desenvolvimento e performance reprodutiva da prole de ruminantes. **Investigação**, 16:56-61. DOI: <https://doi.org/10.26843/investigacao.v16i1.1790>.

Valadares Filho SC, Valadares RFD (2001) Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE – SINLEITE. **Anais...** Lavras: Universidade Federal de Lavras. p.228-243.

Van Soest PJ, Robertson JB (1985) **Analysis of forages and fibrous foods**. Cornell University Press: Ithaca.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy Science**. 74:3583–3597. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(91)78551-2).

Webb MJ, Block JJ, Funston, RN, Underwood KR, Legako JF, Harty AA, Blair AD (2019) Influence of maternal protein restriction in primiparous heifers during mid and/or late-gestation on meat quality and fatty acid profile of progeny. **Meat Science**, 152:31-37. DOI: <https://doi.org/10.3390%2Fani12050588>.

CAPÍTULO 3 - PERFORMANCE, INTAKE, FEED EFFICIENCY, AND CARCASS CHARACTERISTICS OF YOUNG NELLORE HEIFERS UNDER DIFFERENT DAYS ON FEED IN THE FEEDLOT¹

Simple Summary: Brazilian feedlot operators subjectively decide how long animals must stay in the feedlot based on a visual evaluation of weight and fatness. Typically, remuneration for commodity meat producers is based on carcass weight, and the lack of a metric to define the ideal slaughter endpoint often leads to erroneous decision-making, mainly due to not knowing the actual carcass gain of the animals. The use of “days on feed” (DOF) is a metric that allows the producer to precisely determine when the animal’s gain drops and, consequently, the feed efficiency in the feedlot. Thus, this study aimed to evaluate the effect of DOF on the performance, intake, feed efficiency, and carcass characteristics of Nellore heifers that received high supplementation during the growing phase. This study generated information that can help to determine the biological slaughter endpoint for young heifers finished in the feedlot. Our results suggest a relationship between the proportion of ether extract of the shrunk body weight, backfat thickness, and body weight can be used as a reference point to make decisions about the biological endpoint of slaughter in the feedlot based on days on feed.

Abstract: Two studies evaluated the productive characteristics of young Nellore heifers receiving different days on feed (DOF) to determine the biological slaughter endpoint. In Experiment 1 (Exp. 1), fifty-one Nellore heifers [324 ± 19.3 kg of body weight (BW); 16 ± 1 months] were split into three DOF lengths (45, 75, or 105 days), while in Experiment 2 (Exp. 2), thirty-six Nellore heifers (362 ± 25.5 kg of BW; 18 ± 1 months of age) were split into three DOF lengths (45, 90, or 135 days). In both studies, all animals were distributed in complete randomized blocks according to initial BW and stratified via

¹Este capítulo corresponde ao artigo científico publicado na revista *Animals* 13:5-13, 2023.

carcass ultrasound. The diet was supplied ad libitum, allowing 3% of refusals. The point at which the animals achieved 25% of ether extract of shrunk body weight (EESBW) was defined as the biological endpoint. Thus, relationships were made between some characteristics obtained in both studies. Positive linear relationships were found between backfat thickness (BFT) vs. EESBW ($p < 0.001$, $r = 0.84$) and BFT vs. body weight ($p < 0.001$, $r = 0.77$). Our results suggest that the biological slaughter endpoint for young Nellore heifers is 6.97 mm of backfat thickness or 402 kg shrunk body weight, corresponding to around 75 DOF.

Keywords: backfat thickness; carcass gain; days on feed; feed efficiency; Nellore heifers

Introduction

In recent years, an increase in the demand for meat has been observed worldwide [1]. Brazil represents a crucial player in this context, where according to USDA projections [2], meat production in terms of tonnes of produced carcass equivalent is expected to increase by 9% in Brazil until 2028 (representing 23% of total world exports). It is known that Brazilian beef production is characterized by animals finished on pasture receiving only mineral salt [3]. As a result, the age at slaughter and the age at first calving are higher compared to more intensive production systems (e.g., United States). Therefore, to meet growing demand, significant changes need to be adopted in the Brazilian production system, where the producer needs to adopt intensive systems to obtain heavy animals in a short time, reducing the age at slaughter. In the upcoming years, a tech-enhanced, intensive, short-cycle beef production chain should be the expected reality, according to Malafaia et al. [4].

To obtain pregnant heifers at 14 months of age, nutritional strategies with greater use of concentrated feed in the growth phase have been proposed as a means to shorten the age at first calving in Brazilian beef cattle production systems [5–7]. However, the pregnancy rate in these systems is partial, and heifers that do not get pregnant in the breeding season (open heifers) become cull heifers due to reproductive failure and can be used for meat production. These animals have favorable characteristics (weight and body condition) to be finished at the end of the growing season. In this sense, heifers slaughtered at less than 24 months of age increased by 6.56% over the last 23 years (from 1997 to 2020), accounting for 10.6% of the total number of animals slaughtered annually in Brazil in 2020 [8].

The influence of days on feed (DOF) on heifers' performance and carcass characteristics was initially reported in the literature for *Bos taurus taurus* animals in the 1970s [9]. These studies provide a better understanding of the dynamics of tissue deposition [10,11], making it possible to obtain feed conversion efficiency into carcass throughout the finishing process. However, DOF's effect on animal performance characteristics and the carcass tissue deposition of young Nellore heifers is still limited. Thus, there has to be more information in the Brazilian literature about changes in carcass deposition during the feedlot stage, mainly when animals receive a significant amount of supplement during the background phase. As a result, producers are sending animals to slaughter earlier and lighter. Furthermore, a lack of understanding about the carcass deposition process in feedlot can make the activity unfeasible, due to the non-use of a higher final weight and perhaps the receipt of higher values resulting from commercialization in specific meat quality markets [11]. According to Andrade et al. [12], no studies report characteristics that help the producer decide how many days animals

need to stay in the feedlot. Most of the time, Brazilian producers make the decision subjectively.

Thus, this study aimed to assess DOF's effect on performance, intake, feed efficiency, and carcass characteristics of Nellore heifers that received high supplementation during the growing phase, generating information that can be used to determine the biological slaughter endpoint for young Nellore heifers finished in feedlots. We hypothesized that the increase in DOF in the feedlot would reduce weight gain and feed efficiency due to an increase in carcass fat deposition. In addition, the relationship between the fat proportion in the empty body weight and subcutaneous fat thickness are characteristics that would help determine the slaughter biological point.

Materials and methods

Location

Two experiments were conducted in the experimental feedlot at Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Alta Mogiana Regional pole, Colina, São Paulo, Brazil (geographic coordinates: 20°42'05.000 S 48°32'05.2700 W). The experiments were approved by the Ethics Committee on the Use of Animals (Protocols nº 0003/2020 and 0004/2020). Both experiments were carried out during the dry season. Experiment 1 was carried out from June 2020 to September 2020 (totaling 105 days), and Experiment 2 from April 2021 to August 2021 (totaling 135 days). All heifers used in both studies were reared on the same pasture conditions for eight months and received energy protein supplements (72% of total digestible nutrients and 24.7% of crude protein) at a rate of 1% of body weight (BW; average 2.22 kg supplement/heifers/d, as feed basis). The heifers had an average daily gain (ADG) of 0.679 kg during this period.

Experiment 1

Three different feedlot times were evaluated (DOF: 45, 75, and 105 days). Fifty-one Nellore heifers [324 ± 19.3 kg of BW; 16 ± 1 months of age], blocked according to initial BW and stratified via carcass ultrasound, were assigned randomly within the block to pens; each pen was randomly assigned to one of the three treatments. Before housing the animals, they were vaccinated and dewormed (Biopoligen® HS, Policlostrigen® e Biopersol Forte M. V., Biogénesis Bagó, Curitiba, Paraná, Brazil). Subsequently, the animals were placed into 18 pens measuring 6×15 m [17 heifers/treatment; six pens/treatment (five pens with three heifers and one pen with two heifers)] in an open-air feedlot with shared water fountains (500 L capacity) between two pens equipped with a high flow valve. The pens were considered experimental units. At the end of each feedlot period, heifers were weighed to obtain the shrunk final BW (after 16 h of feed and water withdrawal), and ultrasound measurements were taken on the carcass. On the following day, the heifers were loaded onto trucks and transported to a commercial slaughterhouse (Minerva Foods, Barretos, SP, Brazil) located 34 km from the research facility. Upon arrival at the slaughterhouse, animals were kept in resting pens for 18 h (with free access to water) and then submitted to humanitarian slaughter according to the Brazilian RIISPOA (Regulation of Industrial and Sanitary of Animal Products), following the standard practices of Brazilian Federal Inspection. The hot carcass weight (HCW) was recorded.

Experiment 2

Thirty-six Nellore heifers (362 ± 25.5 kg of BW; 16 ± 1 months of age), blocked

according to initial BW and stratified via carcass ultrasound were assigned randomly within the block to pens, and each pen was randomly assigned to one of the three different DOF (45, 90 and 135 days). The same procedure of the vaccination program carried out in Exp. 1 was adopted in Exp. 2. After this procedure, the animals were placed into 12 pens measuring 6×15 m [12 heifers/treatment; four pens/treatment and three heifers/pens) in an open-air feedlot with shared water fountains (500 L capacity) between two pens equipped with a high flow valve. Heifers were weighed at the end of each feedlot period to obtain the shrunk final BW, and ultrasound measurements were taken on the carcass. On the following day, the animals were slaughtered in the same commercial slaughterhouse as Exp. 1.

Diets and feeding management

The same diet was used in both experiments. The diet was formulated following nutritional requirements determined by the Cornell Net Carbohydrate and Protein System [13], for an estimated gain of 1.2 kg BW/d. An adaptation diet was provided to the animals during the first 15 days. On the first day of the adaptation period, 1% of BW was offered of diet, increasing 0.25% of the BW daily until the volume of feed refusals (orts) did not exceed 10% of what was offered every three days. When feed refusals exceeded 10%, the diet provided to the animals on the next day was decreased by 5%. Between the 16th and 22nd day, a transition diet was offered. This procedure was adopted to avoid an abrupt decrease in feed intake. From the 23rd to the last day, a finishing diet was provided to animals in both experiments. In all diets, the main roughage used was whole-plant corn silage. Furthermore, it is important to emphasize that there were no adjustments in the diet formulation during the study. No adjustments in the diet formulation were made to

avoid favoring the treatments with a longer DOF, which could confound the treatments with a shorter DOF due to differences in energy intake. The animals in both experiments were fed daily at 8:30 am. A mixer wagon (RX-40 E; Casale®, São Carlos, SP, Brazil: capacity of 6.5 m³) equipped with a scale was used to distribute the diets in the pens.

Samples of individual ingredients were collected every three days throughout the experimental period. At the end of the experiment, all the samples were mixed, and a composite sample was created for each ingredient, taking into account the duration of each diet's supply period (Table 1). These samples were dried in a forced-air circulation oven set at 55 °C for 72 h, ground through a Wiley mill (Thomas Model 4 Wiley, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ, USA) to pass through 2 and 1 mm sieves, and then stored for chemical analysis. The dry matter (method 934.01), ash (method 942.05), crude protein (CP, method 978.04), and ether extract (EE, method 920.39) contents were measured according to the AOAC [14]. Organic matter (OM) was calculated as 100-ash. The neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) contents were determined via sequential analysis as described by Van Soest et al. [15], using a fiber analyzer (TE-149, Tecnal, Piracicaba, SP, Brazil). Total digestible nutrient (TDN) values were estimated using the individual composition of feedstuff, according to Valadares Filho et al. [16].

Table 1. Composition of diet offered in both experiments.

Ingredient	Diets		
	Adaptation ¹	Transition ²	Finishing ³
<i>Ingredient, % of DM</i>			
Whole plant corn silage	56.5	40.5	24.6
Soybean meal	10.0	7.00	4.00
Ground corn	29.9	47.2	64.4
Calcium salts ⁴	1.00	2.25	3.50
Mineral supplement ⁵	2.60	3.05	3.50
<i>Nutritional profile, % of DM</i>			
Dry matter	52.4	57.8	63.4
Organic matter	93.9	94.6	95.2
Crude Protein	16.0	15.6	14.5
Neutral detergent fiber	33.1	27.6	21.2
Acid detergent fiber	17.5	14.4	10.0
Ether extract	3.32	4.39	4.47
Ash	6.11	5.37	4.81
Total digestible nutrients ^f	79.0	82.5	86.0
ME, mcal/kg ^g	2.85	2.98	3.10

¹Diet provided to animals in the first 15 days. ²Diet provided to animals from the 15th to the 22nd day. ³Diet provided to animals from the 23rd to the 105th day in Exp. 1 and the 135th day in Exp. 2. ⁴Rumen-protected fat, calcium salts of soybean fatty acids (Vaccinar, Belo Horizonte, MG, Brazil). ⁵Assurance levels per kilogram of products: Ca: 90 g, P: 10 g, Na: 40 g, S: 17 g, Zn: 1060 mg, Cu: 285 mg, Fe: 167 mg, Mg: 825 mg, Co: 17 mg, I: 21 mg, Se: 5 mg, sodium monensin: 630 mg, Urea: 355.9 g (Trow Nutrition, Campinas, SP, Brazil). ⁶Total digestible nutrients (TDN) was estimated using the individual feedstuff composition according to Valadares Filho et al. [16]. ⁷ME = TDN (g/kg DM) × 4.4 × 0.82 [17].

Experimental evaluation

Intake and animal performance

Feedstuffs and refusals were weighed daily and collected thrice weekly for dry matter analysis and adjustment of each pen's intake. The individual dry matter intake (DMI) was calculated from daily diets and subtracted from the refusals of the next day, divided by the number of animals/pens throughout the experimental period. The heifer BW was recorded at the beginning and end of 45, 75, 90, 105, and 135 DOF using a digital scale (model RUDD 300, Coimma LTDA, Dracena, SP, Brazil). The animals' ADG was calculated as follows:

$$\text{ADG, kg/d} = (\text{final BW} - \text{initial BW}) / \text{feedlot days}, (1)$$

The feed efficiency (FE) was calculated as the ratio of ADG and DMI.

Carcass ultrasound

Carcass ultrasound was performed on the same day that animal performance was measured. A veterinary ultrasound Piemedical – Scanner 200, with a linear probe (ASP-18), and a frequency of 3.5 MHz was used. The longissimus muscle area (LMA; cm²), backfat thickness (BFT, mm), and marbling (points 1 to 10) were measured through ultrasound images. Images were taken between the 12th and 13th ribs, transverse to the *Longissimus dorsi* muscle. Thus, the fat thickness was measured in the distal middle third of the rib eye area. Rump fat thickness (RFT) was measured in the longitudinal position between the ileum and ischium bones in the rump (junction of the *gluteus medius* and *biceps femoris* muscles). Vegetable oil was used as an acoustic coupling in all evaluations.

Slaughter and carcass characteristics

At the beginning of Exp. 2, six heifers (two light heifers, two medium-weight heifers, and two heavy heifers) were slaughtered and used as a reference for the initial BW (mean = 360 ± 26.6 kg) and HCW (mean = 195 ± 17.3 kg). This procedure was adopted to compare the animals on the same basis. A regression equation for the shrunk BW and HCW of these heifers was used. The initial carcass weight (initial HCW) of the heifers was estimated as follows (Exp. 1: n = 51 and Exp. 2: n = 36):

$$y = 0.6362 (\pm 0.064)x - 34.0467 (\pm 23.13); R^2 = 0.961; \text{RMSE} = 3.815, (2)$$

where y is the initial carcass weight (kg) and x is the shrunk initial BW (kg).

At the end of the feedlot period, each treatment's heifers were slaughtered as previously described. After the slaughter, all carcasses were individually identified and weighed for HCW, and the dressing percent was calculated ($DP, \% = HCW/\text{final BW}$). The carcass ADG was calculated as the difference between the final and initial HCW, divided by the number of feedlot days, according to the treatment. The carcass FE was calculated as the ratio between the carcass gain (CG) and the DMI. The carcass transfer (CT) was calculated using the equation proposed by Sampaio et al. [18] as follows:

$$CT, \% = [(final\ HCW - initial\ HCW) / (final\ BW - initial\ BW)], \quad (3)$$

The total carcass gain (TCG) was calculated using the equation:

$$TCG, \text{ kg} = final\ HCW - initial\ HCW, \quad (4)$$

After 24 h post-slaughter with cold-chamber storage (2 °C), all carcasses were weighed, and the cold carcass weight (CCW, kg) was measured. To quantify primal cuts of the carcass, the right half-carcass was separated into the forequarter (between the fifth and sixth rib), thin flank, and hindquarter, according to the Brazilian Beef Cuts Standards.

Body composition

The ether extract of the empty body weight (EE_{EBW} , kg) was estimated using the exponential equation proposed by Marcondes et al. [19] for Nellore heifers:

$$EE_{EBW}, \text{ kg} = 1.959 \times e^{0.010 \times EBW}, (5)$$

The proportion of EE_{EBW} was divided by SBW to quantify the proportion of EE_{SBW} (kg). Furthermore, the retained energy (RE) in the body was obtained according to the equation proposed by Valadares Filho et al. [16]:

$$ER, \text{ Mcal/d} = 0.061 \times EQEBW^{0.75} \times EBG^{1.035}, (6)$$

where EQEBW is the equivalent empty body weight. The empty body weight (EBW) was obtained through multiplying the shrunk body weight (SBW) by 0.891. The empty body weight gain (EBG) was estimated through multiplying $0.9630 \times ADG^{1.0115}$, and the EQEBW was calculated according to the equation proposed by Valadares Filho et al. [16], considering the mature body weight for heifers of 402 kg. The RE percentage deposited as protein (%REp) was calculated using the equation proposed by Chizzotti et al. [20]:

$$REp, \% = 10.1 + 166.7 \times e^{(-0.660 \times RE)}, (7)$$

Statistical analysis

Animal performance, intake, body composition, primal cuts, carcass characteristics, and ultrasound measurement were analyzed in a randomized complete block design with DOF as fixed effects and pen and block as random effect. The pen was considered the experimental unit. Data were analyzed through fitting mixed models [21] using the MIXED procedure of SAS (SAS Institute, Cary, NC). Linear and quadratic

polynomial contrasts were built to evaluate the DOF effects. Polynomial contrast coefficients were adjusted for unequally spaced treatments using the IML procedure of SAS (version 9.3; SAS Inst. Inc., Cary, NC). All data were considered normally distributed (Shapiro–Wilk test, $W \geq 0.80$) using the UNIVARIATE procedure of SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA). Degrees of freedom were estimated using the Kenward–Roger approach. Results were considered significant at $p < 0.05$.

Mean data from each experimental unit of the final HCW, BFT, carcass FE, marbling point and proportion of EESBW from each study were pooled and analyzed. The relationships between the final HCW, BFT, carcass FE, and marbling point (FE) with final BW and proportion of EESBW were determined using a regression analysis at 10% probability using the REG procedure of SAS (SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA). Furthermore, Pearson correlation coefficients were calculated using the CORR procedure.

Results

Neither experiment found differences between the DOF for initial BW and HCW ($p > 0.05$; Table 2). The final BW and final HCW increased linearly over DOF ($p < 0.01$) in both studies. In Exp. 1, the ADG, FE, carcass ADG, and carcass FE were not influenced by treatments ($p > 0.05$; an average of 1.19 kg/d, 0.158 kg/kg, 0.799 kg/d, and 0.106, respectively). However, the DMI increased linearly over DOF ($p = 0.001$). On the other hand, there was a linear reduction for the ADG ($p = 0.017$), FE ($p = 0.029$), carcass ADG ($p = 0.027$), and carcass FE ($p = 0.002$) for Exp. 2. No differences between DOF were recorded for DMI in Exp. 2 ($p > 0.05$, an average of 8.3 kg of DM/d). Using more time in the feedlot increased the TCG and DP linearly in both experiments ($p < 0.01$).

Regarding the effect of the DOF over CT, no differences were recorded in both experiments ($p > 0.05$, an average of 67.8% in Exp. 1 and 65.0% in Exp. 2).

Table 2. Performance, intake, carcass gain and feed conversion rate of Nellore heifers that received high supplementation during the growing phase and slaughtered at different feedlot days.

Item	Exp.1						Exp.2					
	DOF			SEM	Effect		DOF			SEM	Effect	
	45	75	105		L	Q	45	90	135		L	Q
Performance: live basis												
Initial BW, kg	325	325	321	19.3	0.102	0.288	361	359	362	14.2	0.328	0.075
Final BW, kg	374	411	442	20.3	< 0.001	0.432	414	462	504	16.7	< 0.001	0.689
ADG, kg/d	1.17	1.21	1.2	0.046	0.652	0.644	1.25	1.19	1.03	0.055	0.017	0.503
DMI, Kg/d	7.1	7.68	7.79	0.212	0.001	0.099	8.20	8.47	8.23	0.300	0.921	0.427
FE, kg/kg	0.164	0.157	0.154	0.006	0.193	0.746	0.148	0.139	0.125	0.006	0.029	0.748
Performance: Carcass basis												
Initial HCW, Kg	173	173	170	5.05	0.991	0.886	195	194	196	9.05	0.612	0.411
Final HCW, Kg	207	229	251	11.7	< 0.001	0.830	229	259	283	9.44	< 0.001	0.564
Carcass gain, Kg/d	0.805	0.792	0.801	0.032	0.232	0.812	0.758	0.716	0.650	0.039	0.027	0.750
TCG, kg	33.8	56.2	80.9	1.79	< 0.001	0.853	33.9	64.47	87.8	3.56	< 0.001	0.428
Carcass FE, kg/kg	0.114	0.103	0.103	0.005	0.086	0.283	0.092	0.084	0.078	0.003	0.002	0.293
CT ¹ , %	69.5	66.7	67.2	1.94	0.405	0.275	66.2	63.9	65.0	2.17	0.719	0.535
DP, %	55.2	55.7	56.8	0.003	0.004	0.434	55.4	56.2	57.1	0.412	0.006	0.895
Carcass Ultrasound measurements												
LMA, cm	64.3	68.5	73.3	2.80	< 0.001	0.852	65.4	82.5	85.5	1.76	< 0.001	0.010
BFT, mm	5.05	5.69	7.04	0.400	< 0.001	0.318	6.33	7.69	9.77	0.620	0.036	0.647
Marbling, points	3.11	3.47	3.44	0.134	0.078	0.210	3.23	3.78	4.03	0.160	0.007	0.463
RFT, mm	8.01	10.0	10.8	0.711	< 0.001	0.284	10.3	12.3	13.3	0.710	0.011	0.533
Body composition												
EE _{EBW} , %	16.4	22.0	27.0	3.34	< 0.001	0.817	21.0	29.7	35.4	2.83	< 0.001	0.481
RE, mcal/kg	5.57	6.03	6.39	0.237	< 0.001	0.620	6.10	6.73	7.31	0.182	< 0.001	0.695
% REp	14.6	13.4	12.8	0.527	< 0.001	0.269	13.2	12.1	11.5	0.252	< 0.001	0.04

L = linear effect; Q = quadratic effect; SEM = standard error of the means; BW = body weight after 16 h of feed and water withdrawal; ADG = average daily gain; DMI = dry matter intake; TCG = total carcass gain; G:F = feed efficiency; DP = dressing percentage; LMA = longissimus muscle area; BFT = backfat thickness; RFT = rump fat thickness. ¹Carcass transfer = [(final HCW – initial HCW)/(final BW – initial BW)] × 100 [18]; ²EE_{EBW}, % = $1.959 \times e^{0.010 \times EBW}$ [19], where EBW = empty body weight; RE (Mcal/kg) = $(0.061 \times EQEBW^{0.75} \times EBG^{1.035})$ [16], where RE = energy retain, EQEBW = equivalent empty body weight and EBG = empty body gain; % REp = $10.1 + 166.7 \times e^{(-0.660 \times RE)}$ [20].

For the carcass ultrasound measurements, the LMA, BFT, and RFT in both experiments and the marbling point in Exp. 2 increased linearly over the DOF ($p < 0.05$). Furthermore, the EE_{EBW} composition and RE (mcal/kg) increased linearly over the DOF

($p < 0.001$), while the protein proportion in the gain decreased linearly in both studies ($p < 0.001$).

Concerning the primal cuts, CCW values increased linearly over the DOF ($p < 0.01$, Table 3) in both experiments. In Exp. 1, a quadratic effect between DOF and the proportion of forequarter and hindquarter was reported ($p = 0.011$ and $p < 0.001$, respectively). The thin flank proportion increased linearly for Exp. 1 ($p = 0.03$). On the other hand, there was a linear increase in the thin flank proportion in Exp. 2. No differences were obtained between treatments in the forequarter and hindquarter proportions ($p > 0.05$; an average of 38.6% and 49%, respectively) in Exp. 2.

Table 3. Primal cuts from carcasses of Nellore heifers that received high supplementation during the growing phase slaughtered at different feedlot days.

Item	Exp.1						Exp.2					
	DOF			SEM	Effect		DOF			SEM	Effect	
	45	75	105		L	Q	45	90	135		L	Q
CCW, kg	206	228	244	11.8	< 0.001	0.830	225	255	278	9.38	<0.001	0.422
Forequarter, %	40.5	36.9	37.6	0.475	< 0.001	0.011	38.6	39.1	38.1	0.290	0.238	0.071
Thin flank, %	11.4	12.7	12.5	0.320	0.030	0.069	12.1	12.8	13.8	0.300	0.002	0.663
Hindquarter, %	48.1	50.4	49.9	0.344	< 0.001	< 0.001	49.4	48.2	49.5	0.690	0.893	0.147

SEM = standard error of the mean; L = Linear effect; Q = Quadratic effects; CCW = Cold carcass weight

The final HCW (Figure 1A) and BFT (Figure 1B) varied according to the heifers' BW ($p < 0.001$); a positive linear relationship was obtained between these variables with a strong correlation coefficient ($p < 0.001$, $r = 0.81$ and $r = 0.77$, respectively).

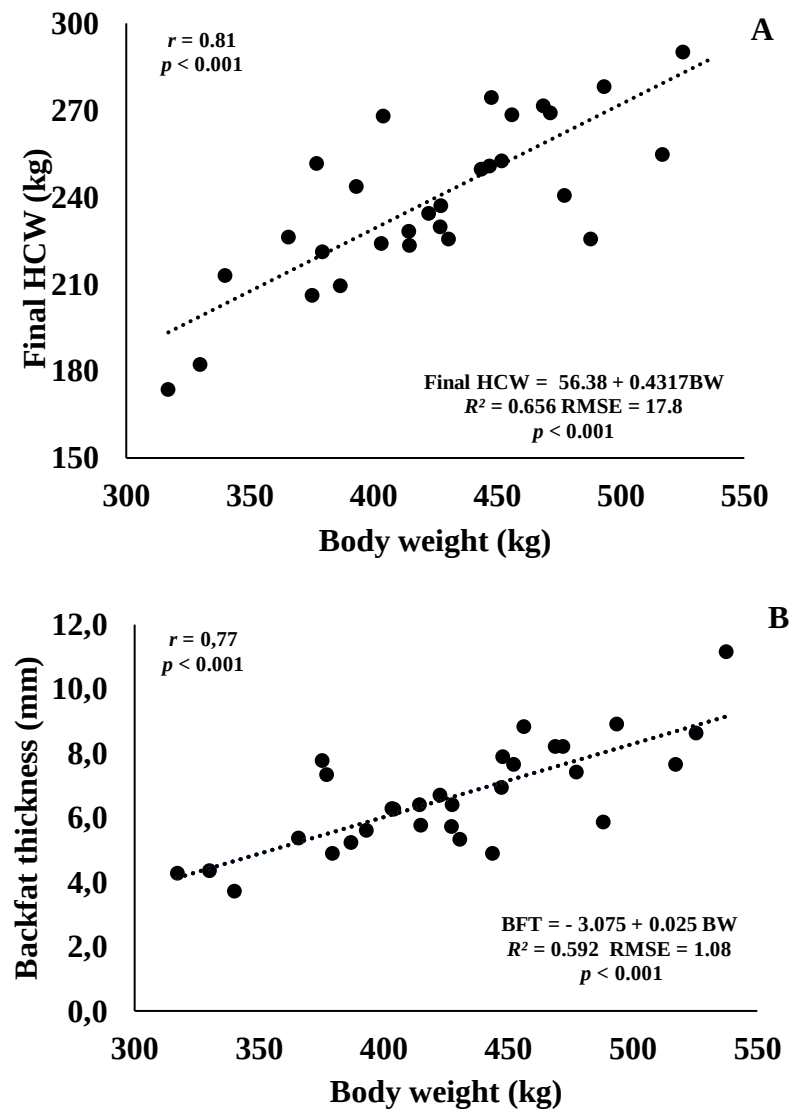


Figure 1. Final hot carcass weight ((A); HCW, kg) and backfat thickness ((B); BFT, mm) as a function of the body weight (BW, kg) of Nellore heifers that received high supplementation during the growing phase slaughtered at different feedlot days.

The carcass FE varied according to BFT (Figure 2A), but a negative linear relationship was obtained ($p < 0.001$; $r = -0.70$). Furthermore, a positive linear relationship was obtained between EE_{SBW} (Figure 2B) and marbling point (Figure 2C) with BFT ($p < 0.001$, $r = 0.84$ and $r = 0.623$, respectively).

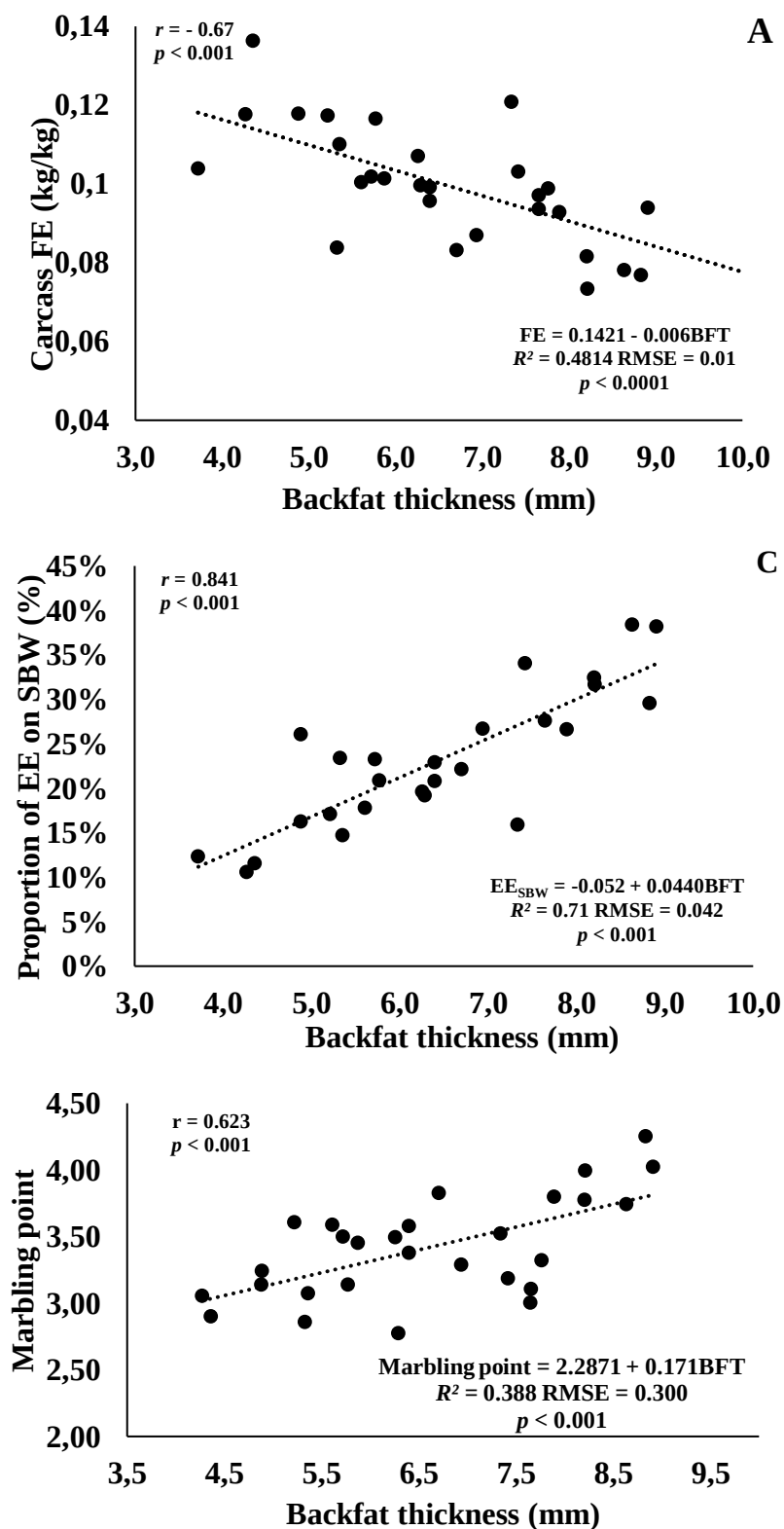


Figure 2. Carcass feed efficiency ((A); G:F, kg/kg), proportion of ether extract on the shrunk body weight ((B); SBW, kg), and marbling point ((C) as a function of the backfat thickness (BFT, mm) of Nellore heifers that received high supplementation during the growing phase slaughtered at different feedlot days.

Discussion

Two consecutive studies were performed to evaluate DOF's effects on the performance, intake, feed efficiency, and carcass characteristic of young Nellore heifers. Some Brazilian research strives to establish the optimal biological slaughter endpoint in feedlots for bulls (based on constant final body weight; [22,23]) and cull heifers older than 24 months of age [24]. However, there is no information for young Nellore heifers (16–18 months of age) who receive high supplementation (1% of BW) during the growing phase.

According to Silvestre and Millen [25], the typical feeding period used in Brazilian feedlots for heifers is 89 days. Based on this information, we determined our treatments. Therefore, we chose three different DOF lengths, since our initial hypothesis was that heifers in Exp. 1 would reduce performance and feed efficiency before 105 days. However, our hypothesis was not confirmed, and we decided to carry out Exp. 2, extending the feeding period. Although we did not achieve a group of animals with the same average initial weight between experiments, the main characteristics of Exp. 1 related to the heifers' background phase were maintained.

It is important to highlight that there is a consensus in the literature about the negative effect of supplementation during the growing phase on the next phase's performance [18,26–29]. According to Lancaster et al. [30], ADG during finishing is negatively correlated with background ADG. On the other hand, supplementation during the growing phase provides that the animals arrive heavier and fatter at the beginning of the feedlot phase, reducing the time required for the slaughter compared to animals that suffered feed restriction [31]. The slaughter of young animals (less than 18 months old) is a viable option for many producers due to increased market demand and higher carcass value from these animals when superior meat quality can be attributed to them [32].

The reduction in feed efficiency with the increase in DOF is associated with a greater energy requirement for gain [33,34], an increase in the energy requirement for maintenance, and a higher energetic cost for adipose tissue deposition [9]. Thus, a possible explanation for the absence of a reduction in the feed efficiency during 105 DOF in Exp. 1 is that the animals maintained their body and carcass weight gain. According to Silva et al. [35], animals that received a high level of supplementation during the growing phase have more metabolically active organs. As a result, effective nutrient utilization occurs in the skeletal muscle rather than the viscera during the feedlot period. Moreover, despite a reduction in the gain protein proportion, the substantial increase in DMI may have contributed to maintaining the gain and FE. The same cannot be assumed for Exp. 2, where an increase in DMI was not observed, and a possible explanation for the lack of effect on DMI in Exp. 2 is that the initial BW was greater in this experiment. Heavier heifers at the beginning of the feedlot negatively affect performance during the finishing phase [36]. However, these initial body weight values fall within the weight range commonly practiced in heifer feedlots in Brazil [25,37].

Brazilian feedlot operators subjectively determine the slaughter endpoint based on a visual assessment of weight and fat content, yet 85% of feeders recognized that their current method of slaughter endpoint identification needs to be improved [12]. Based on this, we used the relationship between carcass variables measured throughout the trial to determine the best time for the biological slaughter endpoint for heifers finished in the feedlot. A positive linear correlation was recorded between the proportion of EE_{SBW} and BFT. Thus, when the heifers obtained 25% of EE in the SBW [38], the animals presented 6.97 mm of BFT. Subsequently, the correlation between BFT and BW indicated that when animals obtained 6.97 mm of BFT, they showed 402 kg of BW and 230 kg of carcass

weight. These points are important and agree with the maturity weight defined by Valadares Filho et al. [16] for Nellore females. Thus, we advise against allowing young heifers who have received high supplementation during the growing phase to exceed 75 days on feed (DOF), 6.97 mm backfat thickness (BFT), or 402 kg body weight (BW) as a biological endpoint for slaughter for the commodity market. These recommendations align with the criteria of the majority of slaughterhouses in Brazil, which typically require a body weight of 180 to 230 kg and a minimum backfat thickness of 3 mm.

On the other hand, in a production system with the objective of increasing meat quality and premium carcass, heifers fed in feedlot for more than 75 DOF may be an option. The linear positive relationship between BFT and marbling point can confirm this. However, the coefficient correlation obtained in the current experiments is lower than the value reported by May et al. [39], who found a value of 0.81 for the correlation between the marbling point and BFT of crossbred Angus $\times$ Hereford. In the same sense, Pflanzner and Felício [40] observed that backfat thickness affected the amount of visible intramuscular fat (marbling) in steaks from Nellore steers, where animals with 4 to 6 mm of BFT showed a higher value of marbling than animals with 1 to 3 mm. Another important point is that animals typically finished in Brazilian feedlots receive almost no starch supplementation during the growing phase and are slaughtered below mature body weight [15]. This is the reason why there is little discussion about the marbling increase and benefits in the meat quality of *Bos taurus indicus* animals in Brazil. Subcutaneous deposits are known to be stored and formed before intramuscular fat deposits, known as marbling [41]. Therefore, the heifers' dietary history, as well as the high value of subcutaneous fat at the beginning of feedlot may have contributed to the differentiation of intramuscular fat deposits in young Nellore heifers.

The heifers increased the thin flank proportion linearly over DOF. Similar results were found by Rezende et al. [24] evaluating the carcass characteristics of Nellore heifers slaughtered at different finishing weights in the feedlot. The increase in thin flank proportion may be due to the greater capacity of females for fat deposition in the ribs [10,23,42]. The values of the primary cuts in the current study are within the range considered ideal postulated by Luchiari Filho et al. [43], in which the proportion of the hindquarters must be greater than 48%, the forequarters up to 39%, and the thin flank up to 13%. Although there was a significant increase in the hindquarter proportion in Exp. 1, the proportion was above 48% in both studies. Increasing the hindquarter proportion is advantageous due to the location of prime cuts with greater commercial value [44]. Furthermore, it is important to highlight the lack of studies evaluating deboning yield for heifers receiving different DOF in the feedlot. Although an increase in carcass weight benefits the industry [45], excessively increasing carcass fat coverage can increase the filleting cost of commercial cuts.

Conclusion

Backfat thickness and body weight can be used as a reference point to decide the biological slaughter endpoint of young Nellore heifers in feedlot. Our results suggest that the biological slaughter endpoint for young Nellore heifers is 6.97 mm of backfat thickness or 402 kg of shrunk body weight, corresponding to around 75 DOF. Additional studies should focus on the cost effectiveness of production systems that use longer feedlot periods to improve meat quality and deboning yield of young Nellore heifers for the industry.

Author Contributions: Conceptualization, I.M.F., K.A.O., G.R.S. and F.D.d.R.; methodology, I.M.F., G.R.S. and F.D.d.R.; software, I.M.F.; validation, I.M.F., K.A.O., I.A.C. M.J.I.d.A., L.M.S., L.H.C.B., B.G.C.H. and L.F.P.; formal analysis, I.M.F., K.A.O., L.F.P., G.R.S. and F.D.d.R.; investigation and resources, I.M.F., K.A.O. and L.F.P.; data curation, I.M.F., K.A.O., I.A.C. M.J.I.d.A., L.M.S., L.H.C.B., L.F.P., G.R.S. and F.D.d.R.; writing—original draft preparation, I.M.F., G.R.S. and F.D.d.R.; writing—review and editing, I.M.F., B.G.C.H., G.R.S. and F.D.d.R.; visualization, I.M.F., K.A.O., I.A.C. M.J.I.d.A., L.M.S., L.H.C.B., B.G.C.H. and L.F.P.; supervision, G.R.S. and F.D.d.R.; project administration, G.R.S. and F.D.d.R.; funding acquisition, G.R.S. and F.D.d.R. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, grant number “2020/02903-1” and the PDIP grant “2017/50339-5”. The scholarship of the first and seventh authors was supported by Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo “2019/24820-3 and 2018/20176-0, respectively”.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved by the Ethics and Animal Welfare Committee of the Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) (protocol number 0003/2020 and 0004/2020 date of approval 24 August 2020).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: Data available on request due to privacy or ethical restrictions.

Acknowledgments: The authors are grateful for the support of Trouw Nutrition®, the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, BRAZIL), the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (Capes) financial code 001.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. McAlpine, C.A.; Etter, A.; Fearnside, P.M.; Seabrook, L.; Laurance, W.F. Increasing World Consumption of Beef as a Driver of Regional and Global Change: A Call for Policy Action Based on Evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil. *Glob. Environ. Chang.* 2009, 19, 21–33.
2. USDA Agricultural Projection to 2028.
3. Millen, D.D.; Pacheco, R.D.L.; Meyer, P.M.; Rodrigues, P.H.M.; De Beni Arrigoni, M. Current Outlook and Future Perspectives of Beef Production in Brazil. *Anim. Front.* 2011, 1, 46–52.

4. Malafaia, G.C.; Mores, G.d.V.; Casagrande, Y.G.; Barcellos, J.O.J.; Costa, F.P. The Brazilian Beef Cattle Supply Chain in the next Decades. *Livest. Sci.* 2021, 253, 1–7.
5. Cappellozza, B.I.; Cooke, R.F.; Guarnieri Filho, T.A.; Bohnert, D.W. Supplementation Based on Protein or Energy Ingredients to Beef Cattle Consuming Low-Quality Cool-Season Forages: I. Forage Disappearance Parameters in Rumen-Fistulaed Steers and Physiological Responses in Pregnant Heifers. *J. Anim. Sci.* 2014, 92, 2716–2724.
6. Moriel, P.; Lancaster, P.; Lamb, G.C.; Vendramini, J.M.B.; Arthington, J.D. Effects of Post-Weaning Growth Rate and Puberty Induction Protocol on Reproductive Performance of -Influenced Beef Heifers. *J. Anim. Sci.* 2017, 95, 3523–3531.
7. Moriel, P.; Cooke, R.F.; Bohnert, D.W.; Vendramini, J.M.B.; Arthington, J.D. Effects of Energy Supplementation Frequency and Forage Quality on Performance, Reproductive, and Physiological Responses of Replacement Beef Heifers. *J. Anim. Sci.* 2012, 90, 2371–2380.
8. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística—Sistema de Recuperação Automática (SIDRA).
9. Zinn, D.; Durham, R.M.; Hedrick, H.B. Feedlot and Carcass Grade Characteristics of Steers and Heifers as Influenced by Days on Feed. *J. Anim. Sci.* 1970, 31, 302–306.
10. Owens, F.N.; Gill, D.R.; Secrist, D.S.; Coleman, S.W. Review of Some Aspects of Growth and Development of Feedlot Cattle. *J. Anim. Sci.* 1995, 73, 3152–3172.
11. Owens, F.N.; Dubeski, P.; Hanson, C.F. Factors That Alter the Growth and Development of Ruminants. *J. Anim. Sci.* 1993, 71, 3138–3150.
12. De Andrade, T.S.; Albertini, T.Z.; Barioni, L.G.; Medeiros, S.R.; Millen, D.D.; dos Santos, A.C.R.; Goulart, R.S.; Lanna, D.P.D. Perception of Consultants, Feedlot Owners, and Packers Regarding the Optimal Economic Slaughter Endpoint in Feedlots (Part I): A National Survey in Brazil. *Can. J. Anim. Sci.* 2020, 100, 745–758.
13. Fox, D.G.; Tedeschi, L.O.; Tylutki, T.P.; Russell, J.B.; Van Amburgh, M.E.; Chase, L.E.; Pell, A.N.; Overton, T.R. The Cornell Net Carbohydrate and Protein System Model for Evaluating Herd Nutrition and Nutrient Excretion. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2004, 112, 29–78.
14. AOAC. *Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists International*, 17th ed.; AOAC International: Arlington, VA, USA, 2000.
15. Van Soest, P.J.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 1991, 74, 3583–3597.
16. Valadares Filho, S.C.; Costa e Silva, L.F.; Gionbelli, M.P.; Rotta, P.P.; Marcondes, M.I.; Chizzotti, M.L.; Prados, L.F. *Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados*, 3rd ed.; UFV, DZO: Viçosa, Brazil, 2016; pp. 1–347.
17. Carvalho, J.R.R.; Chizzotti, M.L.; Schoonmaker, J.P.; Teixeira, P.D.; Lopes, R.C.; Oliveira, C.V.R.; Ladeira, M.M. Performance, Carcass Characteristics, and Ruminal PH of Nellore and Angus Young Bulls Fed a Whole Shelled Corn Diet. *J. Anim. Sci.* 2016, 94, 2451–2459.
18. Sampaio, R.L.; de Resende, F.D.; Reis, R.A.; de Oliveira, I.M.; Custódio, L.; Fernandes, R.M.; Pazdiora, R.D.; Siqueira, G.R. The Nutritional Interrelationship between the Growing and Finishing Phases in Crossbred Cattle Raised in a Tropical System. *Trop. Anim. Health Prod.* 2017, 49, 1015–1024.

19. Marcondes, M.I.; Tedeschi, L.O.; Valadares Filho, S.d.C.; Costa e Silva, L.F.; Silva, A.L. Using Growth and Body Composition to Determine Weight at Maturity in Nellore Cattle. *Anim. Prod. Sci.* 2016, 56, 1121–1129.
20. Chizzotti, M.L.; Tedeschi, L.O.; Valadares Filho, S.C. A Meta-Analysis of Energy and Protein Requirements for Maintenance and Growth of Nellore Cattle. *J. Anim. Sci.* 2008, 86, 1588–1597.
21. Littell, R.C.; Pendergast, J.; Natarajan, R. Modelling Covariance Structure in the Analysis of Repeated Measures Data. *Stat. Med.* 2000, 19, 1793–1819.
22. Mello, R.; de Resende, F.D.; de Queiroz, A.C.; De, M.H.; De Oliveira, A.S.; Siqueira, G.R. Bio-Economicity of the Finishing Phase on Feedlot of Crossbred Young Bulls Slaughtered at Different Body Weights. *Rev. Bras. Zootec.* 2009, 38, 109–121.
23. Pazdiora, R.D.; de Resende, F.D.; de Faria, M.H.; Siqueira, R.; Benedito, G.; Almeida, D.S.; Sampaio, R.L.; Pacheco, S.; Sergio, M.; Prietto, R. Animal Performance and Carcass Characteristics of Nellore Young Bulls Fed Coated or Uncoated Urea Slaughtered at Different Weights. *Rev. Bras. Zootec.* 2013, 42, 273–283.
24. Rezende, P.L.d.P.; Restle, J.; Bilego, U.O.; Fernandes, J.J.d.R.; Missio, R.L.; Guimarães, T.P. Carcass Characteristics of FeedlotFinished Nellore Heifers Slaughtered at Different Weights. *Acta Sci.—Anim. Sci.* 2019, 41, 1–8.
25. Silvestre, A.M.; Millen, D.D. The 2019 Brazilian Survey on Nutritional Practices Provided by Feedlot Cattle Consulting Nutritionists. *Rev. Bras. Zootec.* 2021, 50, 1–25.
26. Ferrari, A.C.; Berça, A.S.; Silva, M.L.C.; Leite, R.G.; Dallantonia, E.E.; Romanzini, E.P.; Barbero, R.P.; da Silva Cardoso, A.; Lage, J.F.; Tedeschi, L.O.; et al. Effects of Supplement Type during the Pre-Finishing Growth Phase on Subsequent Performance of Nellore Bulls Finished in Confinement or on Tropical Pasture. *Appl. Anim. Sci.* 2022, 38, 474–486.
27. Mota, V.A.C.; Fernandes, R.M.; Prados, L.F.; Alves Neto, J.A.; Berti, G.F.; Resende, F.D.; Siqueira, G.R. Relationship between Gain Rate during the Growing Phase and Forage Allowance in the Finishing Phase in Nellore Cattle. *Trop. Anim. Health Prod.* 2020, 52, 1881–1891.
28. Roth, M.T.P.; Resende, F.D.; Oliveira, I.; Fernandes, R.M.; Custódio, L.; Siqueira, G.R. Does Supplementation during Previous Phase Influence Performance during the Growing and Finishing Phase in Nellore Cattle? *Livest. Sci.* 2017, 204, 112–128.
29. Simioni, T.A.; Torrecilhas, J.A.; Messana, J.D.; Granja-salcedo, Y.T.; Vito, E.S.; Lima, A.R.C.; Sanchez, J.M.D.; Reis, R.A.; Berchielli, T.T. Influence of Growing-Phase Supplementation Strategies on Intake and Performance of Different Beef Cattle Genotypes in Finishing Phase on Pasture or Feedlot. *Livest. Sci.* 2021, 251, 1–8.
30. Lancaster, P.A.; Krehbiel, C.R.; Horn, G.W. A Meta-Analysis of Effects of Nutrition and Management during the Stocker and Backgrounding Phase on Subsequent Finishing Performance and Carcass Characteristics. *Prof. Anim. Sci.* 2014, 30, 602–612.
31. Silva, L.H.P.; Paulino, P.V.R.; Assis, G.J.F.; Assis, D.E.F.; Estrada, M.M.; Silva, M.C.; Silva, J.C.; Martins, T.S.; Valadares Filho, S.C.; Paulino, M.F.; et al. Effect of Post-Weaning Growth Rate on Carcass Traits and Meat Quality of Nellore Cattle. *Meat Sci.* 2017, 123, 192–197.

32. Costa e Silva, L.F.; Valadares Filho, S.C.; Detmann, E.; Rotta, P.P.; Zanetti, D.; Villadiego, F.A.C.; Pellizzoni, S.G.; Pereira, R.M.G. Performance, Growth, and Maturity of Nellore Bulls. *Trop. Anim. Health Prod.* 2013, 45, 795–803.
33. Arboitte, M.Z.; Restle, J.; Filho, D.C.A.; Brondani, I.L.; Da Silva, J.H.S.; Nörnberg, J.L.; Kuss, F. Desempenho Em Confinamento de Novilhos 5/8 Nellore-3/8 Charolês Abatidos Em Diferentes Estádios de Desenvolvimento. *Rev. Bras. Zootec.* 2004, 33, 947–958.
34. Costa, E.C.; Restle, J.; Vaz, F.N.; Filho, D.C.A.; Bernardes, R.A.L.C.; Kuss, F. Características Da Carcaça de Novilhos Red Angus Superprecoces Abatidos Com Diferentes Pesos. *Rev. Bras. Zootec.* 2002, 31, 119–128.
35. Silva, L.H.P.; Paulino, P.V.R.; Benedeti, P.D.B.; Estrada, M.M.; Alves, L.C.; Assis, D.E.F.; Assis, G.J.F.; Leonel, F.P.; Valadares Filho, S.C.; Paulino, M.F.; et al. Post-Weaning Growth Rate Effects on Body Composition of Nellore Bulls. *Anim. Prod. Sci.* 2020, 60, 852–862.
36. Mesquita, E.E.; Castagnara, D.D.; De Oliveira, N.T.E.; Figueiredo, A.C.; Da Costa Oliveira, A. Growth Performance and Carcass Characteristics of Nellore Angus and Nellore Angus Guzera Crossbreed Cows Fed with Supplemented Pasture during the Yearling and Feedlot Stages. *Semin. Agrar.* 2016, 37, 2701–2710.
37. Pinto, A.C.J.; Millen, D.D. Nutritional Recommendations and Management Practices Adopted By Feedlot Cattle Nutritionists : The 2016 Brazilian. *Can. J. Anim. Sci.* 2018, 99, 392–407.
38. Williams, C.B.; Jenkins, T.G. A Dynamic Model of Metabolizable Energy Utilization in Growing and Mature Cattle. I. Metabolizable Energy Utilization for Maintenance and Support Metabolism. *J. Anim. Sci.* 2003, 81, 1371–1381.
39. May, S.G.; Dolezal, H.G.; Gill, D.R.; Ray, F.K.; Buchsnsn, D.S. Effects of Days Fed, Carcass Grade Traits, and Subcutaneous Fat Removal on Postmortem Muscle Characteristics and Beef Palatability. *J. Anim. Sci.* 1992, 70, 444–453.
40. Pflanzner, S.B.; Felício, P.E. De Moisture and Fat Content, Marbling Level and Color of Boneless Rib Cut from Nellore Steers Varying in Maturity and Fatness. *Meat Sci.* 2011, 87, 7–11.
41. De Oliveira, I.M.; Paulino, P.V.R.; Marcondes, M.I.; Valadares Filho, S.D.C.; Detmann, E.; Cavali, J.; Duarte, M.D.S.; Mezzomo, R. Pattern of Tissue Deposition, Gain and Body Composition of Nellore, F 1 Simmental × Nellore and F 1 Angus × Nellore Steers Fed at Maintenance or Ad Libitum with Two Levels of Concentrate in the Diet. *Rev. Bras. Zootec.* 2011, 40, 2886–2893.
42. Mueller, L.F.; Balieiro, J.C.C.; Ferrinho, A.M.; Martins, T.d.S.; Corte, R.R.P.d.S.; de Amorim, T.R.; Furlan, J.d.J.M.; Baldi, F.; Pereira, A.S.C. Gender Status Effect on Carcass and Meat Quality Traits of Feedlot Angus × Nellore Cattle. *Anim. Sci.* 2019, 90, 1078–1089.
43. Luchiari Filho, A. *Pecuária Da Carne Bovina*, 1st ed.; Mascardi: São Paulo, Brazil, 2000; pp. 1–134.
44. Pascoal, L.L.; Lobato, J.F.P.; Restle, J.; Vaz, F.N.; Vaz, R.Z.; de Menezes, L.F.G. Beef Cuts Yield of Steer Carcasses Graded According to Conformation and Weight. *Rev. Bras. Zootec.* 2010, 39, 1363–1371.
45. Missio, R.L.; Brondani, I.L.; Celestino, D.; Filho, A.; Restle, J.; Arboitte, M.Z.; Segabinazzi, L.R. Características Da Carcaça e Da Carne de Tourinhos Terminados Em Confinamento, Recebendo Diferentes Níveis de Concentrado Na Dieta. *Rev. Bras. Zootec.* 2010, 39, 1610–1617.