

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS-
CAMPUS JABOTICABAL**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO NOS TERÇOS MÉDIO E
FINAL DA GESTAÇÃO DE NOVILHAS NELORE COM SAIS
DE CÁLCIO DE ÓLEO DE SOJA SOBRE O DESEMPENHO
PRODUTIVO NO PAR MÃE/PROLE**

Amanda Caroliny Marques de Queiroz

Zootecnista

2024

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA
FILHO” FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS-
CAMPUS JABOTICABAL**

**EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO NOS TERÇOS MÉDIO E
FINAL DA GESTAÇÃO DE NOVILHAS NELORE COM SAIS
DE CÁLCIO DE ÓLEO DE SOJA SOBRE O DESEMPENHO
PRODUTIVO NO PAR MÃE/PROLE**

Discente: Amanda Caroliny Marques de Queiroz

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Rezende Siqueira

Coorientadora: Dra. Laura Franco Prados

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

Q3e

Queiroz, Amanda Caroliny Marques de Queiroz de

Efeitos da suplementação nos terços médio e final da gestação de novilhas Nelore com sais de cálcio de óleo de soja sobre o desempenho produtivo no par mãe/prole / Amanda Caroliny Marques de Queiroz de Queiroz. -- Jaboticabal, 2024

52 p. : il., tabs.

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

Orientador: Gustavo Rezende Siqueira

Coorientadora: Laura Franco Prados

1. Zootecnia. 2. Produção Animal. 3. Nutrição Animal. 4. Bovinos de Corte. 5. Programação Fetal. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.

Impacto potencial desta Pesquisa

Conforme a portaria Unesp nº 117, de 21 de dezembro de 2022

A presente pesquisa evidência os efeitos da nutrição materna sobre a prole, denominados de programação fetal, que consistem em mudanças no desenvolvimento fetal ou do neonato em função de um estímulo materno, positivo ou negativo, que podem causar efeitos no desempenho a longo prazo na vida da progênie. Neste contexto, é possível adotar estratégias nutricionais na fase de cria, como a utilização de ômega 6 na suplementação de novilhas gestante, para maximizar a eficiência produtiva. Essas estratégias podem ser utilizadas como alternativas viáveis para otimizar a produtividade da prole, e conseqüentemente, reduzir o ciclo de produção em sistema criação de bovinos de corte. O uso de tecnologias inovadoras, como a programação fetal, torna-se indispensável para gerar melhorias econômicas e sociais, diante de um mercado consumidor de carne cada vez mais exigente, além de contribuir para redução dos impactos ambientais.

Potential impact of this Research

According to Unesp ordinance No. 117, dated December 21, 2022

The present research highlights the effects of maternal nutrition on the offspring, called fetal programming, which consist of changes in fetal development due to a maternal stimulus, positive or negative, which can cause effects on long-term performance in life of the progeny. In this context, it is possible to adopt nutritional strategies during the breeding phase, such as the use of omega-6 in supplementation of pregnant heifers, to maximize production efficiency. These strategies can be used as viable alternatives to optimize offspring productivity, and consequently, reduce the production cycle in a beef cattle breeding system. The use of innovative technologies, such as fetal programming, becomes essential to generate economic and social improvements, in the face of an increasingly demanding meat consumer market, in addition to contributing to reducing environmental impacts.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO NOS TERÇOS MÉDIO E FINAL DA GESTAÇÃO DE NOVILHAS NELORE COM SAIS DE CÁLCIO DE ÓLEO DE SOJA SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO NO PAR MÃE/PROLE

AUTORA: AMANDA CAROLINY MARQUES DE QUEIROZ

ORIENTADOR: GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA

COORIENTADORA: LAURA FRANCO PRADOS

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

 Documento assinado digitalmente
GUSTAVO REZENDE SIQUEIRA
Data: 14/06/2024 18:15:10-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

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

Prof. Dr. RODRIGO DA SILVA MARQUES (Participação Virtual)
Departamento de Ciência Animal / Virginia Tech - Blacksburg/VA

 Documento assinado digitalmente
RODRIGO DA SILVA MARQUES
Data: 18/06/2024 15:22:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dr. FERNANDO ROSSI CAMILO (Participação Virtual)
Vaccinar Nutrição Animal / Belo Horizonte/MG

 Documento assinado digitalmente
FERNANDO ROSSI CAMILO
Data: 18/06/2024 23:14:05-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. FELIPE NOGUEIRA DOMINGUES (Participação Virtual)
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) / Unaí/MG

 Documento assinado digitalmente
FELIPE NOGUEIRA DOMINGUES
Data: 18/06/2024 11:05:30-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

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

 Documento assinado digitalmente
SIDNEI ANTONIO LOPES
Data: 17/06/2024 09:17:01-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Jaboticabal, 14 de junho de 2024

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Amanda Caroliny Marques de Queiroz, filha de Paulo Sérgio Lima de Queiroz e Marialda Mata Marques de Queiroz, nasceu em 10 de março de 1995 no município de Ananindeua-PA. Em março de 2013, ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus de BelémPA. Realizou estágio no canil/gatil da UFRA na área de nutrição no período de outubro de 2014 a janeiro de 2016. Foi membro do Núcleo de Pesquisa em Animais Não-Ruminantes de outubro de 2014 a janeiro de 2016. Foi bolsista de extensão/UFRA (agosto de 2015 a janeiro 2016) no canil/gatil da UFRA; PIBIC/ CNPq (agosto de 2016 a julho 2017) e PIBIC/UFRA (agosto de 2017 a janeiro de 2018), tendo desenvolvido suas atividades na área de conservação de forragens. Foi integrante do Grupo Estudo em Ruminantes e Forragicultura da Amazônia (GERFAM) no período de março de 2016 a março de 2020. Recebeu o título de Bacharel em Zootecnia em 28 de março de 2018 pela UFRA. Em 28 de fevereiro de 2020 obteve o título de Mestra em Saúde e Produção Animal da Amazônia pela UFRA, campus de Belém – PA, sob orientação do Prof. Dr. Aníbal Coutinho do Rêgo e coorientação do Prof. Dr. Thiago Carvalho da Silva. Em abril de 2020 ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Gustavo Rezende Siqueira e coorientação da Dra. Laura Franco Prados. No período de março a outubro de 2023 fez Doutorado Sanduíche como bolsista CNPq na *Montana State University* sob supervisão do Prof. Dr. Rodrigo da Silva Marques.

A figueira sem fruto

“Cedo de manhã, ao voltar para a cidade, teve fome; e vendo uma figueira à beira do caminho, aproximou-se dela; e, não tendo achado senão folhas, disse lhe: Nunca mais nasça fruto de ti! E a figueira secou imediatamente.

Vendo isto os discípulos, admiraram-se e exclamaram: Como secou depressa a figueira! Jesus, porém, lhes respondeu: Em verdade vos digo, que se tiverdes fé e não duvidares, não somente fareis o que foi feito à figueira, mas até mesmo, se a este monte disserdes: Ergue-te e lança-te no mar, tal sucederá; e tudo quanto pedirdes em oração, crendo, recebereis”.

Mateus 21:18-22

DEDICO

Aos meus pais, Paulo e Marialda, por me incentivarem incondicionalmente em todos os momentos da minha trajetória acadêmica.

OFEREÇO

A todos os funcionários da APTA/Colina do setor gado de corte, por todos os ensinamentos e ajuda na construção deste trabalho, vocês foram parte fundamental desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por ser tão bom comigo, por ter me dado direção e capacidade para estar aqui, por se fazer presente em todos os momentos, por me dotar de saúde, sabedoria e disposição para alcançar mais uma vitória em minha vida. *“Tua doce voz que me guia em meio ao fogo. Na escuridão, tua presença me conforta. Eu sei que és meu pai, que amigo és”* (Trecho da música Bondade de Deus).

Ao papai e a mamãe, Paulo e Marialda, por serem os pilares da minha vida, os meus bens mais preciosos. Procuo as melhores palavras para descrever o que sinto pelos senhores, mas simplesmente elas não vêm, porque é um amor inexplicável e incondicional, nada que eu faça, fale ou escreva será suficiente para agradecer tudo que os senhores fazem por mim. Obrigada por me criarem com tanto amor, carinho e dedicação... Obrigada por todas as orações. AMO VOCÊS, essa vitória é nossa.

À minha família, avó, avô, tio, tia, primo, prima, madrinha, padrinho, meu afilhado Adam que me acompanharam durante essa trajetória, não citarei nome de todos, porque são muitas pessoas, meu muito obrigada a todos!!!

Ao meu noivo Wisley, que sempre me incentiva, se preocupa, cuida de mim com tanto amor, recarrega minha bateria, faz a jornada ser mais leve. Te agradeço por estar presente segurando a minha mão ao longo dessa caminhada. Te amo!

A Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP – Jaboticabal, pela oportunidade de realizar o curso de doutorado em Zootecnia.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de doutorado vinculada a UNESP – Jaboticabal e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos no doutorado sanduíche.

Ao meu orientador, professor Dr. Gustavo Rezende Siqueira, por me aceitar como sua orientada e me receber na APTA/Colina, por todo o suporte na presente pesquisa, por todos os ensinamentos repassados, por todas as oportunidades, pelos conselhos, pela paciência e compreensão que teve para comigo. Muito obrigada!

Ao professor Dr. Flávio Dutra de Resende, por me receber na APTA/Colina, por todo o suporte na presente pesquisa, por todos os ensinamentos repassados e por todas as oportunidades.

À minha coorientadora, Dra. Laura Franco Prados, pelos ensinamentos repassados, pela contribuição com a pesquisa e pelos incentivos.

Ao professor Dr. Rodrigo Marques, por aceitar ser meu supervisor no doutorado sanduíche na *Montana State University*, por me receber no seu grupo de pesquisa “*Ruminant Insight*”, pelos ensinamentos repassados, pelo acolhimento, incentivo e receptividade durante o intercâmbio.

Ao Polo Regional da Alta Mogiana da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA/Colina), pela oportunidade da realização da pesquisa e infraestrutura concedida ao projeto.

A todos os funcionários da APTA/Colina que estavam comigo diariamente na lida do campo. Meu muito OBRIGADA a todos vocês, Luizinho, Roberto, Toinzinho, Lourival, Antônio Carlos, Chico, Juninho, Rogério, Miltinho, Adenilson, Luizão, Toga, Alê, Chica, Suely, Néia e Regina, que sempre me ensinaram e ajudaram muito na construção dessa pesquisa. Vocês foram fundamentais!

À empresa Vaccinar Nutrição Animal, através do Dr. Fernando Camilo, pelo apoio e parceria a esta pesquisa.

A todos os membros e colegas do Grupo de Estudos em Produção de Ruminante GEPROR, Aline, Anna Lídia, Fernanda Rigon, Fernanda Scheeren, Gabriel, Henrique, Hiam, Igor, Iorrano, Irene, Jessica, José Maria, Karla, Keuven, Laylles, Luciana, Luis Henrique, Mailsa, Mariana, Mateus, Saulo, e os estagiários Matheus e Gustavo, por todas as conversas, apoio, churrascos, ensinamentos e principalmente pela ajuda na realização dos experimentos. Desculpe se esqueci o nome de alguém, mas estendo meus agradecimentos a TODOS. Vocês foram fundamentais!

Aos meus “casca de bala”, Keuven Santos e Aline Naime, parceiros de experimento, que se tornaram meus amigos. Éguaaa, que sorte a minha ter encontrado vocês nessa caminhada, agradeço imensamente por toda ajuda nesse experimento, pela amizade, risos, choros, abraços, brigas, puxões de orelha, conversas, ensinamentos, trocas de conhecimento...Vocês foram meus braços e minhas pernas, sem vocês nada disso seria possível. Muitas bênçãos na vida vocês, merecem um universo de coisas boas!!!

Aos meus amigos (as) do Pará, Anna Jessica, Luanny, Branca, Lene, Mayara, Roberta, Jessica Monique, Cardoso, Melany, Juliana Pitirini, Juliana Ferreira e Rita, por estarem presente em minha vida durante todos esses anos e mesmo na distância sempre me incentivarem e apoiarem. Amo vocês!!

Enfim, agradeço a todos os meus familiares, professores, empresas, instituições, amigos e colegas que de uma forma direta ou indireta contribuíram para que mais essa etapa da minha vida fosse concluída. MUITO OBRIGADA!

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

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Mecanismo de utilização de nutrientes materno-fetal em ruminantes.....	3
2.2. Exigências nutricionais de novilhas gestantes	5
2.3. Programação fetal	10
2.4. Metabolismo lipídico	14
2.5. Mecanismo de absorção dos ácidos graxos na placenta	17
2.6. Uso de gordura protegida na programação fetal	19
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1. Localização, clima e área experimental.....	22
3.2. Procedência e caracterização dos animais, delineamento, cronograma experimental e manejo alimentar	23
3.3. Avaliações experimentais.....	27
3.3.1. Massa de forragem e valor nutritivo do pasto	27
3.3.2. Tempo de gestação, desempenho e escore de condição corporal das novilhas e prole.....	30
3.3.3. Ultrassonografia de carcaça	30
3.3.4. Estação de monta e desempenho reprodutivo das novilhas.....	31
3.3.5. Doppler Espectral	32
3.3.6. Produção e qualidade do leite.....	33
3.3.7. Coleta de sangue.....	34
3.4. Análises estatísticas	35
4. RESULTADOS	36
5. DISCUSSÃO.....	47
6. CONCLUSÃO	52
7. REFERÊNCIAS	53

CERTIFICADO Nº 0008/2020 - CEUA

Certificamos que o projeto apresentado dia nove de setembro de 2020 intitulado: “EFEITO DA SUPLEMENTAÇÃO COM GORDURA PROTEGIDA DE ÓLEO DE SOJA DURANTE A GESTAÇÃO SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO E REPRODUTIVO DE PRIMÍPARAS PRECOSES DA RAÇA NELORE E SUAS PROLES”, registrado com o **Protocolo nº 0008/2020**, 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)**, na X Reunião Ordinária realizada no dia **16 de setembro de 2020**.

Finalidade: (X) Pesquisa científica – () Ensino	
Vigência da autorização	01/12/2020 a 31/08/2023
Espécie/linhagem e/ou raça	Bovinos Nelore
Nº de animais	172
Sexo	F (129) / M (43)
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, Bauru, 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

EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO NOS TERÇOS MÉDIO E FINAL DA GESTAÇÃO DE NOVILHAS NELORE COM SAIS DE CÁLCIO DE ÓLEO DE SOJA SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO NO PAR MÃE/PROLE

RESUMO – Objetivamos avaliar o efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja nos terços médio e final da gestação de novilhas Nelore sobre o desempenho produtivo e reprodutivo, e os efeitos de programação fetal em suas proles até o desmame. Novilhas Nelore ($n = 82$), com peso corporal (PC) médio $385 \pm 49,0$ kg, que emprenharam aos 14 e 24 meses por meio de inseminação artificial em tempo fixo (IATF), foram designadas para este experimento aos 123 ± 13 dias de gestação. O delineamento foi em blocos casualizados, PC inicial das novilhas como critério de blocagem. Todas as novilhas foram suplementadas, e os tratamentos consistiram na utilização de suplemento constituído com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) e outro sem SCOS (controle) que foi fornecido a 0,3%PV, com 41 repetições por tratamento. As novilhas foram consideradas as unidades experimentais. Cada grupo de 41 novilhas foi distribuído para 1 de 2 pastos lado a lado composto por *Urochloa brizantha* cv.Marandu. Após o nascimento, término da aplicação dos tratamentos, todos os animais ficaram nas mesmas condições até o desmame. Para a análise dos dados foi utilizado o PROC MIXED do SAS. Não houve efeito ($P > 0,05$) da suplementação com SCOS sobre o PC, escore de condição corporal (ECC), parâmetros sanguíneos, características de carcaça, composição do leite e doppler das novilhas. No 3º período de avaliação (D -87 a D -29), novilhas que receberam SCOS no suplemento ganharam 0,125 kg a mais ($P = 0,01$) em comparação as que não receberam. Houve tendência ($P = 0,08$) para a concentração de glicose, sendo 5,50 mg/dL maior nas novilhas do tratamento com SCOS. A produção de leite de novilhas que receberam suplementação com SCOS foi 0,380 kg/dia maior ($P = 0,02$) em comparação as que não receberam. A produção de leite corrigida para 4% de gordura das novilhas suplementadas com SCOS foi 0,340 kg/dia maior ($P = 0,04$) do que das não suplementadas com SCOS. Não houve efeito ($P > 0,05$) da suplementação com SCOS nos terços média e final da gestação de novilhas nelore sobre o ganho médio diário, características de carcaça e concentração de triglicerídeos no plasma sanguíneo dos bezerros. Os bezerros filhos de novilhas que receberam suplemento com SCOS foram 3,4 kg mais pesados ($P = 0,01$) do que os bezerros filhos de mães não suplementadas. A AOL dos bezerros filhos de novilhas que receberam suplementação com SCOS tendeu a ser 2,20 cm² maior ($P = 0,08$) em comparação os bezerros que as mães não receberam SCOS. Os bezerros filhos de novilhas que receberam SCOS no suplemento apresentaram tendência em ter 5,09 mg/dL a mais ($P = 0,08$) de glicose no plasma sanguíneo do que os bezerros filhos de mães que não receberam SCOS. A concentração de colesterol no plasma sanguíneo foi 9,39 mg/dL maior ($P = 0,05$) em bezerros filhos de novilhas que foram suplementas com SCOS do que as proles das não suplementadas. A suplementação com SCOS para novilhas Nelore durante a gestação não altera peso e ECC das matrizes, mas melhora a produção de leite e aumenta o aporte de glicose para o feto. O peso corporal da prole até o desmame melhorou com o fornecimento de SCOS às novilhas.

Palavras-chave: bezerros, programação fetal, ácido graxo poli-insaturado

EFFECTS OF SUPPLEMENTATION DURING SECOND AND THIRD TRIMESTER OF GESTATION OF NELORE HEIFERS WITH CALCIUM SALTS OF SOYBEAN OIL ON PRODUCTION PERFORMANCE OF THE DAM AND OFFSPRING

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the effects of supplementing calcium salts of soybean oil to Nelore heifers during the second and third trimesters of gestation on productive and reproductive performance, and the effects of fetal programming in their offspring until weaning. Eighty-two pregnant Nelore heifers (body weight [BW] = 385 ± 49.0 kg) were assigned to this experiment at day 123 ± 13 of gestation. All heifers were conceived during the same fixed-time artificial insemination protocol at 14 and 24 months of age. All heifers were supplemented. Treatments consisted in the use of a supplement composed by calcium salts of soybean oil (CSSO) and another without CSSO (control) which was supplied at 0.3% BW, with forty-one reps per treatment. Each group (41 heifers) was allocated to 1 of 2 side-by-side pastures of *Urochloa brizantha* cv. Marandu. After birth, at the end of treatments, all animals received the same conditions until weaning. Data were analyzed using the MIXED procedure of SAS and heifer as the experimental unit. There was no effect ($P > 0.05$) of CSSO supplementation on BW, BCS, blood parameters, carcass parameters, milk composition and Doppler of heifers. In the 3rd evaluation period (87 to 29 days of gestation), heifers that received CSSO in the supplement gained 0.125 kg more ($P = 0.01$) compared to those that did not receive it. The blood plasma glucose concentration of heifers supplemented with CSSO tended to be 5.50 mg/dL higher ($P = 0.08$) compared to control. The milk yield of heifers that received CSSO supplementation was 0.380 kg/day higher ($P = 0.02$) compared to control. Milk yield corrected for 4% fat of heifers supplemented with CSSO was 0.340 kg/day higher ($P = 0.04$) than those not supplemented with CSSO. There was no effect ($P > 0.05$) of CSSO supplementation during second and third trimester of gestation of Nelore heifers on ADG, carcass characteristics and triglyceride concentration in the calves' blood plasma. Calves born from heifers supplemented with CSSO were 3.4 kg heavier ($P = 0.01$) than calves born to dams not supplemented. The rib eye area of calves born from heifers that received supplementation with CSSO tended to be 2.20 cm² higher ($P = 0.10$) compared to calves whose dam did not receive CSSO. Calves born from heifers that received CSSO in the supplement showed a tendency ($P = 0.08$) to have 5.09 mg/dL more glucose in their blood plasma than calves born from heifers that did not receive CSSO. The concentration of cholesterol in blood plasma was 9.39 mg/dL higher ($P = 0.05$) in calves born from heifers that were supplemented with CSSO than the offspring of those not supplemented. Supplementation with CSSO for Nelore heifers during the second and third trimester of gestation does not alter BW and BCS but improves milk yield and increases the transport of glucose to the fetus. Offspring body weight until weaning improved with SCOS supplementation for heifers.

Keywords: calves, fetal programming, polyunsaturated fatty acid

1. INTRODUÇÃO

Na maioria das regiões brasileiras, normalmente, fêmeas prenhas são mantidas a pasto (Paulino e Duarte, 2014), e os terços médio e final da gestação, períodos de maiores exigências nutricionais em função do pico de crescimento fetal, coincidem com a estação seca, o que pode causar restrição de nutrientes para os animais. Essa limitação da qualidade e quantidade de forragem pode ser mais impactante em novilhas gestantes, visto que, esses animais são mais exigentes nutricionalmente do que as vacas por necessitarem de nutrientes para seu crescimento e o desenvolvimento do feto (Larson, 2007). Entretanto, atingir essas exigências somente a pasto é ainda mais desafiador em novilhas, já que é necessária uma maior concentração de nutrientes ingeridos para atingirem suas demandas nutricionais em comparação a vacas maduras que apresentam um maior consumo em kg de matéria seca com base no peso corporal.

Nessas condições, com o intuito de reduzir impactos negativos no desempenho futuro da novilha e de sua prole, atribuídos a possíveis restrições nutricionais durante gestação, essa categoria exigirá suplementação adicional (Linden et al., 2014). Esse efeito da nutrição materna sobre a prole é denominado de programação fetal, e consiste em mudanças no desenvolvimento fetal ou do neonato em função de um estímulo materno, positivo ou negativo, que podem causar efeitos no desempenho a longo prazo na vida da progênie (Funston et al., 2010).

Com base no conceito de programação fetal várias pesquisas foram realizadas nos últimos anos com foco na suplementação energética e/ou proteica, e existem informações limitadas sobre os impactos da suplementação com nutracêuticos específicos, como os ácidos graxos poli-insaturados, sobre as vacas gestantes e sua prole (Brandão et al., 2020). Estudos recentes com suplementação com ácidos graxos poli-insaturados para vacas prenhas têm demonstrado efeitos benéficos nas proles, sem alterações no desempenho da matriz (Marques et al., 2017; Ricks et al., 2020; Brandão et al., 2020). Os ácidos graxos poli-insaturados podem modular a expressão gênica no tecido muscular relacionados ao metabolismo lipídico, modulando genes que regulam a miogênese e adipogênese (Ladeira et al., 2018; Brandão et al., 2020).

Entretanto, esses estudos foram realizados com vacas taurinas múltíparas no terço final da gestação (Marques et al., 2017; Ricks et al., 2020; Brandão et al., 2020), sendo necessários esclarecimentos do efeito da nutrição materna com sais de cálcio de óleo de soja nos terços médio e final da gestação, período crítico para o desenvolvimento do tecido muscular fetal, sobre as novilhas zebuínas e suas proles. Vale ressaltar, que pesquisas em bovinos de corte com genética *Bos indicus* são limitadas (Moriel et al., 2021), e diferenças entre vários parâmetros gestacionais já foram evidenciados entre bovinos *Bos indicus* e *Bos taurus*. Pesquisas demonstram que a genética *B. indicus* altera o tamanho fetal no início da gestação, onde os fetos foram menores (dias 53 a 62 de gestação) em comparação aos *B.taurus* (Mercadante et al., 2013), identificando atrasos no crescimento fetal em *B.indicus* (O'rourke et al., 1991). De acordo com Mercadante et al., (2013), bovinos da genética *B.indicus* parecem compensar os atrasos no desenvolvimento fetal estendendo o período gestacional. Os fetos *B.indicus* tem crescimento mais lento no início e metade da gestação, seguido de um crescimento compensatório no último trimestre, tendo pesos ao nascimento semelhante ao de bezerros *B.taurus* (Fontes et al., 2019).

Assim, temos como hipótese que a utilização de sais de cálcio de óleo de soja durante os terços médio e final da gestação promoverá modificações metabólicas em novilhas Nelore gestantes, promovendo maior aporte de nutrientes para o feto, principalmente ácidos graxos poli-insaturados. Esses ácidos graxos irão modular a expressão gênica durante o desenvolvimento muscular fetal, melhorando o desempenho produtivo da prole. Desta forma, objetivamos com este estudo avaliar o efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja nos terços médio e final da gestação sobre o desempenho produtivo e perfil metabólico das novilhas e os efeitos de programação fetal em suas proles até o desmame.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Mecanismo de utilização de nutrientes materno-fetal em ruminantes

A ideia de que animais gestantes partilham os nutrientes disponíveis para promover o desenvolvimento fetal foi publicada por Hammond (1947), que teorizou a ocorrência desse mecanismo a partir da competição entre os tecidos por nutrientes circulantes com base em suas taxas metabólicas relativas. No entanto, segundo Baumann e Currie (1980), a divisão de nutrientes na gestação é realizada via regulação endócrina, e não por competição entre os tecidos. Esses autores explicam que a partição de nutrientes entre os tecidos corporais envolve dois tipos de regulação, homeostático e homeorrese. O controle homeostático compreende a habilidade em manter o equilíbrio fisiológico ou condições do ambiente interno constantes. A homeorrese é a transformação orquestrada ou coordenada no metabolismo dos tecidos corporais necessárias, que ocorre devido novas condições impostas por modificações acentuadas no meio para suportar um estado fisiológico (Bauman e Currie, 1980). Nesse contexto, interações materno-fetal na divisão de nutrientes é relacionada a possíveis controles homeostáticos e homeorréticos.

A interação materno-fetal, se inicia com a implantação do embrião no útero, entre 7^o e o 12^o dia de gestação, esse processo permite estabelecer uma ligação materno-fetal, o que possibilita a troca de nutrientes e outras substâncias essenciais para o desenvolvimento fetal. Essa interação é intensificada com o máximo crescimento placentário, que ocorre durante a fase inicial do desenvolvimento fetal. Em ruminantes, a placenta se fixa no endométrio em áreas especializadas chamadas de carúnculas (Funston et al., 2010). Essas carúnculas são regiões aglandulares que aparecem como protuberâncias ao longo da superfície uterina. As membranas placentárias fixam-se nas regiões carunculares através de vilosidade coriônicas em áreas denominadas de cotilédones. A região caruncular-cotiledonar é chamada de placentoma, principal área funcional das trocas fisiológicas materno-fetal (Funston et

al., 2010). A eficiência dessas trocas de nutrientes placentários está diretamente relacionada ao fluxo sanguíneo útero-placenta (Reynolds e Redmer, 1995).

O feto, placenta, membranas fetais e tecidos uterinos demandam de forma extensa e direta de suprimentos maternos, principalmente aminoácidos e glicose. Essa demanda é intensificada no terço final da gestação devido ao máximo crescimento fetal, neste período 35-40% da energia fetal é fornecida como glicose e lactato, 55% são absorvidos como aminoácidos e a maioria dos 5-10% restantes é contribuída pelo acetato (Bell e Ehrhardt, 2000).

O transporte de glicose pela placenta das circulações materna para a fetal ocorre por difusão facilitada, seguindo um gradiente de concentração, carregado por transportadores de glicose (GLUT). As isoformas predominantes de proteínas transportadoras de glicose no placentoma de ruminantes (ovelhas, cabras, vacas e veados) são GLUT-1 e GLUT-3 (Wooding et al, 2005). O GLUT-1 é expresso nas membranas internas e externas da placenta, nos lados basolaterais do epitélio uterino e da camada trofoblástica. O GLUT-3 está localizado apenas nas microvilosidades trofoblásticas, as quais são projeções da superfície da placenta voltadas para o feto. A glicose escapa pelo endotélio materno por difusão simples e depois é transportada pelo GLUT-1 na membrana basolateral do epitélio uterino. Nas microvilosidades, as moléculas de glicose entram nas células trofoblásticas via GLUT-3, depois atravessam a lâmina basal do trofoblasto pelo GLUT-1 e finalmente entram no endotélio fetal atravessando o mesmo por difusão simples (Wooding et al., 2005). Desta forma, essas isoformas de glicose devem ser utilizadas sequencialmente para que o transporte de glicose da mãe para o feto seja eficaz (Dunlap et al., 2015). A transferência e utilização de vários nutrientes é complexo porque a placenta é um órgão ativo metabolicamente por si só. Entretanto, transporte de glicose depende da disponibilidade de transportadores para transportar glicose através da placenta, do gradiente de concentração de glicose materno fetal e das demandas metabólicas da placenta (Tanner et al., 2022).

Os aminoácidos também são importantes substratos oxidativos essenciais para o crescimento e desenvolvimento adequado da placenta e do feto. O transporte de aminoácidos através do trofoblasto envolve a captação pela circulação materna através da membrana microvilosa, transporte pelo citoplasma trofoblástico, e

transferência dos aminoácidos através da membrana basal para a circulação umbilical, esse mecanismo de transporte é regulado por proteínas transportadoras (Regnault et al., 2005). Contudo, ao contrário da glicose, que tem um sistema de transporte relativamente simples, os mecanismos de transporte de aminoácidos placentários são complexos por existirem múltiplos sistemas de transporte para aminoácidos neutros, aniônicos e catiônicos, o que resulta em pelo menos 15 proteínas transportadoras diferentes (Regnault et al., 2005).

2.2. Exigências nutricionais de novilhas gestantes

Entender os requerimentos nutricionais das matrizes gestantes permite aplicar estratégias alimentares que reduzam os impactos negativos sobre a saúde e a longevidade das vacas, bem como no desempenho da progênie ao longo de sua vida, o que contribui para a eficiência produtiva de bovinos de corte. Em sistemas de cria, a eficiência da produção de bovinos de corte pode ser medida pela capacidade da vaca em converter o alimento que consome em peso (kg) de bezerro desmamado (Fontes et al., 2008). Contudo, atender as exigências nutricionais das matrizes gestantes para que tal eficiência produtiva seja alcançada é desafiador. Visto que, além de considerar os requerimentos nutricionais para manutenção da condição corporal das matrizes, também devem entrar nesta conta as exigências do desenvolvimento fetal e do crescimento das membranas fetais, útero gravídico e glândula mamária (Gionbelli et al., 2015). Desta forma, como discutido no tópico anterior, a vaca gestante passa a alterar a forma de utilização dos nutrientes para suprir as exigências (Bauman e Currie, 1980). Segundo Short et al. (1990), o metabolismo animal utiliza os nutrientes da seguinte forma: 1) manutenção, 2) atividades físicas, 3) crescimento, 4) reservas energéticas basais, 5) manutenção da gestação, 6) lactação, 7) reservas energéticas adicionais, 8) ciclos estrais e início da gestação e 9) reservas excedentes de energia. Essa utilização dos nutrientes é mais preocupante e desafiadora em novilhas gestantes, por haver ainda as exigências para dar continuidade ao seu crescimento.

A redução da idade reprodutiva de novilhas para 14-15 meses, parindo um bezerro em aproximadamente 2 anos de idade, é importante em sistemas intensivos. A antecipação do ciclo reprodutivo visa aumentar a quantidade de fêmeas em reprodução, eliminar categorias improdutivas, diminuir o intervalo de geração (Barcellos et al., 2014), e aumentar conseqüentemente o giro de capital. Para que se obtenha a lucratividade esperada é imprescindível que as novilhas emprenhem logo na primeira época de reprodução, mantenham-se prenhas, apresentem distocia mínima, gerem proles saudáveis, apresentem condições de aleitarem bem o bezerro, tenham intervalo entre partos dentro de 365 dias e, finalmente, tenham vida longa (>8 lactações) e produtiva dentro do rebanho (Diskin e Kenny, 2014). E para isso, as novilhas prenhas com 65% do peso corporal adulto devem atingir 80% a 85% da sua maturidade de peso no momento do primeiro parto (Larson, 2007). Além disso, as novilhas devem apresentar um escore de condição corporal de no mínimo 3 ao parto e ao início do segundo acasalamento ao menos 3,5 a 4 em uma escala de 1 a 5 (Lobato et al., 2010). Nesse sentido, é crucial conhecer com precisão os requisitos nutricionais das novilhas gestantes.

Ferrell et al. (1976) descreveu os requisitos de energia para novilhas primíparas Hereford em diferentes fases de gestação (Figura 1). Para isso, a técnica de abate comparativo foi utilizada para avaliar o consumo de energia e a eficiência de utilização da energia metabolizável durante a gestação. As novilhas foram alimentadas com feno de alfafa (45%), cevada (40,5%), polpa de beterraba (7%), melão (6%), sal (1%) e fosfato dicálcico (0,5%) em níveis baixos e altos da exigência de manutenção, calculados para ser aproximadamente 1,2 e 1,8 vezes, respectivamente, a necessidade de manutenção. O nível baixo foi ajustado para 1,3 vezes aos 190 dias e para 1,4 vezes a necessidade de manutenção aos 240 dias para as novilhas prenhas. As novilhas prenhas e não prenhas de cada nível de alimentação foram abatidas aos 134, 189, 237 ou 264 dias de gestação. As estimativas do conteúdo de energia metabolizável da dieta foram determinadas em um estudo de metabolismo. Os requisitos de energia metabolizável para a gravidez foram estimados pela divisão dos requisitos estimados da necessidade líquida de energia da gravidez, em diferentes estágios de gestação, por 0,14 (eficiência média de utilização de energia metabolizável para retenção no útero grávido). Por fim, os autores concluíram que o requerimento de energia

metabolizável passa a ser significativo a partir do segundo terço gestacional, e mais expressivo no final da gestação em função do crescimento fetal.

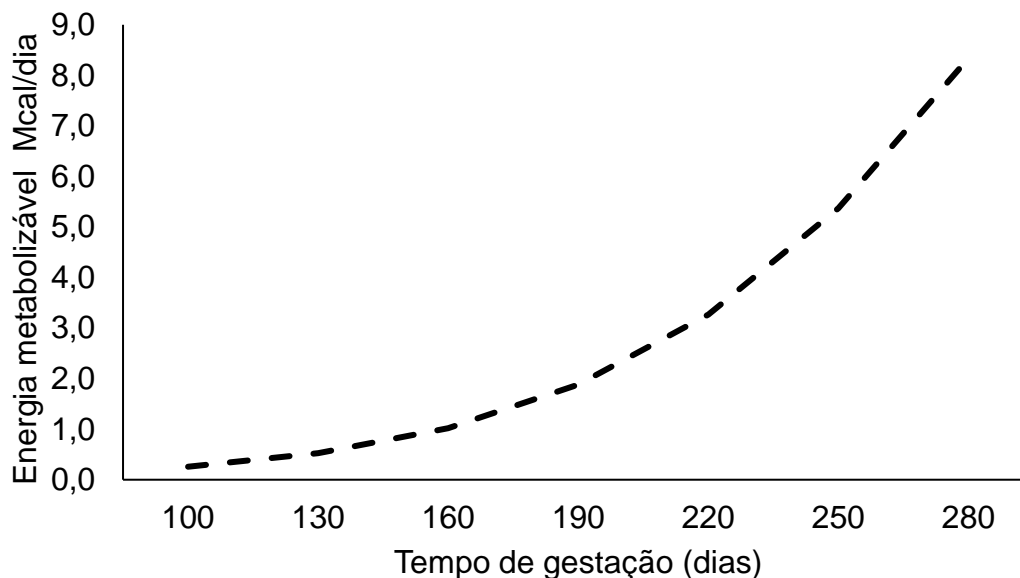


Figura 1 - Estimativas dos requerimentos de energia metabolizável para novilhas Hereford gestantes. Fonte: Adaptado de Ferrell et al. (1976).

Gionbelli et al. (2023) propôs considerar as exigências gestacionais para vacas zebuínas (considerando uma vaca de 500 kg de peso corporal e gestando um bezerro de 32kg) a partir de 135 dias de gestação, momento em que representam uma porcentagem expressiva da exigência das vacas. Neste ponto, é observado um aumento nas exigências de manutenção de 4,5% para energia e 10% de proteína. Antes deste momento, as exigências para suportar o crescimento do útero grávido podem ser consideradas insignificantes e não precisam ser contabilizadas. Os requerimentos de energia e proteína para a gestação são considerados mais representativos nos últimos 155 dias gestação, período que coincide com o início do crescimento exponencial do feto, precedido pelo desenvolvimento do útero e dos tecidos placentários.

Em sistemas de criação majoritariamente a pasto, atender estas exigências das matrizes durante os terços médios e finais da gestação, não é uma tarefa fácil devido à variação sazonal na quantidade e qualidade das pastagens, principalmente na época seca do ano. A partir da predição das exigências de vacas e novilhas no terço final da gestação, período que coincide com a estação seca do ano em grande parte

do Brasil, pode-se concluir que ambas as categorias estariam com algum déficit de proteína bruta (PB) quando mantidas somente a pasto (Tabela 1). A baixa ingestão PB prejudica o crescimento bacteriano no rúmen e, conseqüentemente, a digestão da fibra em detergente neutro e matéria orgânica do pasto. Diante disso, a vaca não estará apenas com restrição nutricional de proteína bruta, mas também de energia. Em uma situação hipotética, considerando que no período mencionado o pasto estivesse com 6% de proteína bruta e o consumo de matéria seca do pasto fosse de 1,8% do peso corporal para vacas zebuínas (Peso = 450 e ganho médio diário de 200 g/d) e novilhas (Peso = 318 e ganho médio diário de 500 g/d). Esses animais estariam ingerindo 486 g proteína bruta/dia (vaca) e 343 g proteína bruta/dia (novilhas) advindas do pasto, o que não atingiria as exigências diárias (Tabela 1). E em se tratando das novilhas os danos seriam ainda maiores, pois a ingestão de nutrientes seria bem abaixo do recomendado. Assim, novilhas apresentam um menor consumo em kg de matéria seca/dia com base no peso corporal, o que leva a uma maior concentração de nutrientes ingerida para atingirem suas demandas nutricionais. Contudo, há redução no consumo nas semanas finais de gestação de bovinos relacionado a fatores físicos, metabólicos, comportamentais e fisiológicos.

Tabela 1 – Exigências nutricionais de vacas múltíparas e novilhas de primeira cria.

Exigências diárias	Vaca (Peso = 450 kg)	Novilha (Peso = 318 kg)
	Terço médio (150 dias de gestação)	
MS (kg/dia)	8,87	6,27
NDT (kg/dia)	4,15	4,12
PB (g/dia)	699	656
Cálcio (g/dia)	13,6	15,3
Fósforo (g/dia)	12,0	11,2
	Terço final (240 dias de gestação)	
MS (kg/dia)	8,08	5,72
NDT (kg/dia)	4,72	4,65
PB (g/dia)	950	892
Cálcio (g/dia)	13,6	15,3
Fósforo (g/dia)	12,0	11,2

NDT = nutrientes digestíveis totais; PB = proteína bruta. Exigências nutricionais de vacas múltíparas com peso = 450 kg; consumo de matéria seca (MS) em % de peso vivo (PV) no 1/3 médio = 2,0 e final = 1,8 da gestação; escore de condição corporal = 4; GMD = 200 g/dia; peso estimado de nascimento da progênie = 32 kg. Exigências nutricionais de novilhas com peso = 318 kg; consumo de matéria seca (MS) em % PV no 1/3 médio = 2,0 e final da gestação = 1,8; escore de condição corporal = 4; GMD = 500 g/dia; peso estimado de nascimento da progênie = 30 kg. Fonte: A tabela foi gerada a partir de cálculos realizados no [BR-Corte 5.0 \(brcorte.com.br\)](http://BR-Corte 5.0 (brcorte.com.br)).

De acordo com Linden et al. (2014), novilhas gestantes apresentam um pequeno declínio no consumo somente na última semana antes do parto em comparação as vacas adultas prenhas que mantêm o consumo de matéria seca relativamente estável nas últimas 7 semanas de gestação (Figura 2). E essa redução na última semana é devido ao impacto físico no volume ruminal em função do crescimento fetal. As novilhas têm uma tendência a aumentarem o consumo de matéria seca de 7 a 2 semanas antes do parto. Os autores discutem que o aumento na ingestão de matéria seca pode ser atribuído a maior exigência nutricional pelas novilhas nestas semanas que antecedem o parto, devido ao pico do crescimento fetal. Porém, mesmo com esse maior consumo, os nutrientes ingeridos são insuficientes para atender às necessidades de crescimento e produção pelas novilhas, evidenciado pela diminuição do peso corporal e escore de condição corporal no estudo de Linden et al. (2014). O estudo mostra a importância do estabelecimento nutricional específico que atenda as exigências de novilhas de primeira cria. Desta forma, os autores

concluem que as novilhas exigirão suplementação adicional para manter o crescimento, lactação e reprodução e para manter um ciclo de produção de 12 meses.

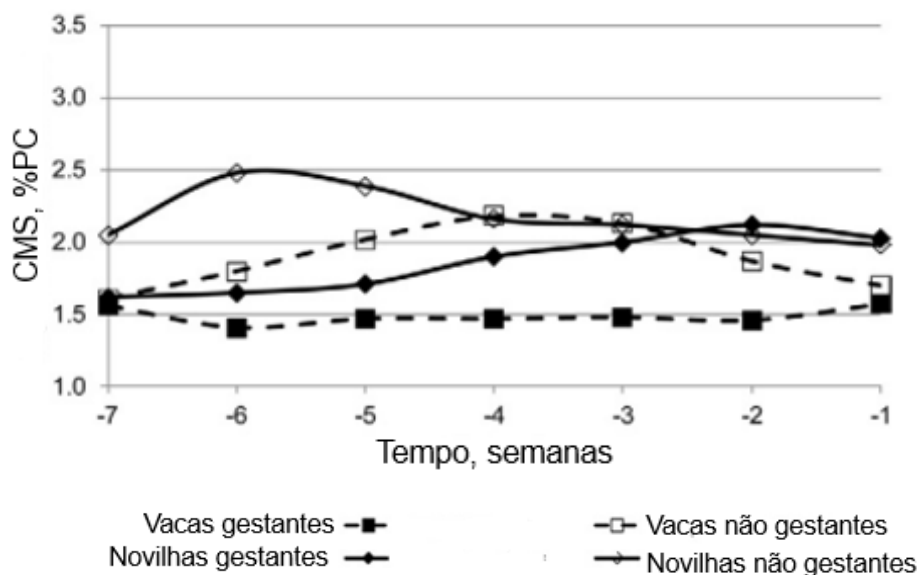


Figura 2 – Consumo de matéria seca (CMS) em porcentagem do peso corporal (PC) de vacas e novilhas gestantes ou não da 7ª a 1ª semana antes do parto. Idade (novilha vs. vaca), $P = 0,34$; *status* gestacional, $P = 0,29$; idade x gravidez, $P = 0,88$; tempo, $P = 0,33$; idade x tempo, $P = 0,86$; gravidez x tempo, $P = 0,03$; idade x gravidez x tempo, $P = 0,06$. Fonte: Adaptado de Linden et al. (2014).

2.3. Programação fetal

A programação fetal consiste em mudanças que podem ocorrer no desenvolvimento fetal ou do neonato em função de um estímulo materno, positivo ou negativo, e que podem causar efeitos no desempenho a longo prazo na vida da progênie (Funston et al., 2010). Assim, o crescimento e produção da prole após o nascimento é sensível aos impactos diretos ou indiretos da nutrição materna (Du et al., 2013; Duarte et al., 2014; Marques et al., 2017; Lopes et al., 2020), visto que parte importante do crescimento e desenvolvimento de tecidos irá ocorrer durante a fase fetal. A fase intrauterina é determinante no desenvolvimento do músculo esquelético, principal componente da carcaça. As fibras musculares, tecido adiposo e conjuntivo,

principais estruturas do músculo esquelético, são formados pelos processos denominados de miogênese, adipogênese e fibrogênese, respectivamente (Du et al., 2010).

As fibras musculares são formadas na fase pré-natal, e pode ser separada em miogênese primária e secundária (Figura 3). A primeira miogênese acontece no período embrionário. E entre 2º ao 7º mês gestacional, ocorre a segunda miogênese no feto (Du et al., 2010), que representa a formação da maioria das fibras musculares. O aumento no número de fibras musculares cessa ao nascimento, a partir de então o desenvolvimento muscular ocorre principalmente pelo aumento no tamanho e comprimento das fibras musculares (Du et al., 2017). O número de fibras musculares é determinado no nascimento, já que a hiperplasia ocorre durante a gestação, contudo a hipertrofia, aumento do tamanho da fibra muscular, se estende até o final da puberdade (Figura 4). Durante a miogênese, também ocorre a formação das células satélites, células miogênicas progenitoras que não se diferenciaram e permaneceram ao redor das fibras musculares maduras. A hipertrofia das fibras musculares após o nascimento é relacionada com a proliferação e fusão de células satélites com fibras musculares existentes (Kuang et al., 2007). A maioria dos núcleos nas fibras musculares adultas são oriundos de células satélites musculares. Quando a fibra muscular cresce ou se regenera após uma lesão, são necessários mais núcleos, fornecidos pelas células satélites, para suportar o aumento do volume celular. Ao serem ativadas, as células satélites começam a se dividir e a se diferenciar em mioblastos, que se fundem com a fibra muscular existente, adicionando seus núcleos. Assim, alterações nutricionais que levem a redução no número de fibras e de células satélites, podem reduzir permanentemente a massa muscular e o desempenho da progênie (Du et al., 2010).

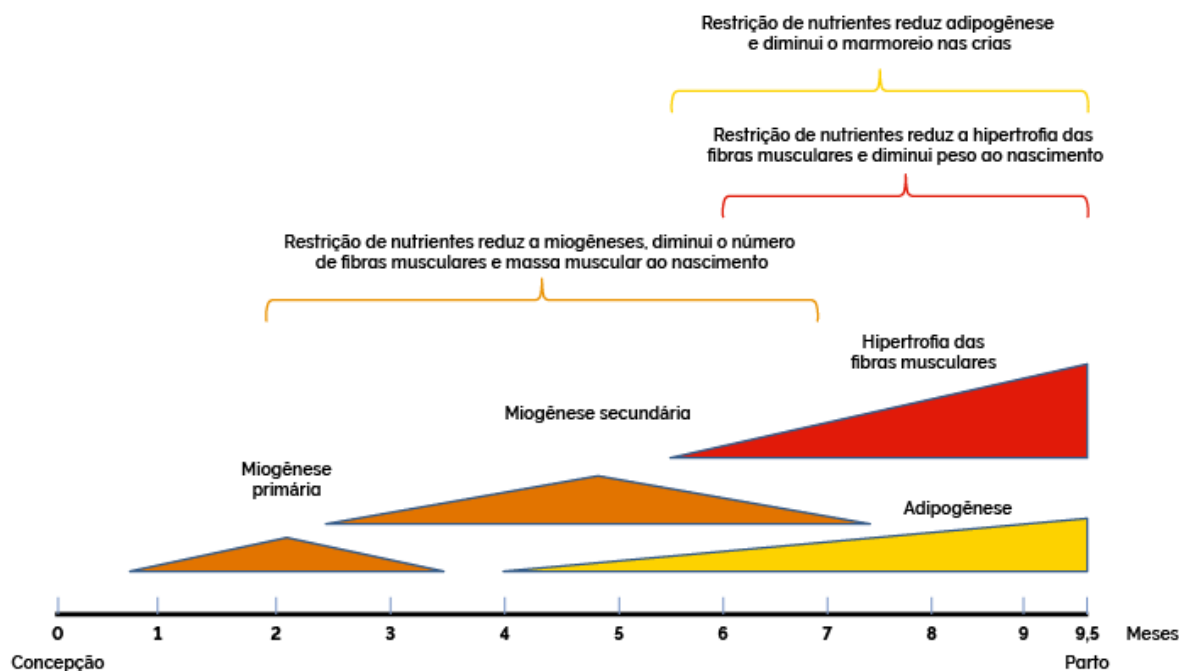


Figura 3 - Efeitos da nutrição materna no desenvolvimento do músculo esquelético fetal bovino. Fonte: Adaptado de Du et al. (2010).

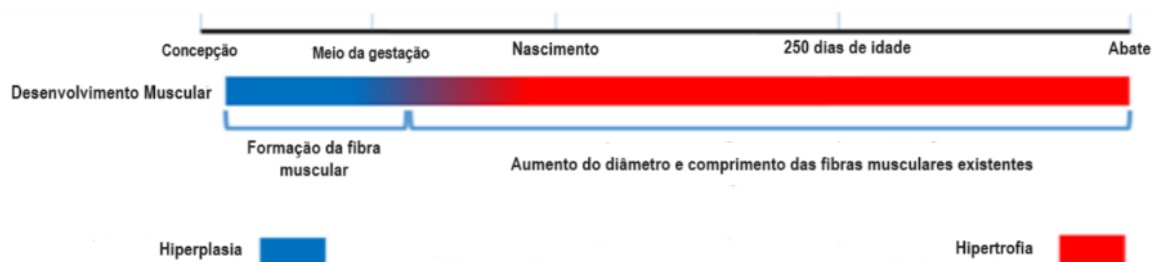


Figura 4 – Linha do tempo do desenvolvimento do tecido muscular. Fonte: Adaptado de Du et al. (2017).

A adipogênese é iniciada durante o terço médio de gestação, se sobrepondo ao início da miogênese secundária (Figura 3), enquanto ambos se sobrepõem ao início da fibrogênese no terço final (Du et al., 2013). A adipogênese, formação de células de gordura, não se limita ao período fetal, porém o aumento no número de células (hiperplasia) desse tecido é reduzido com o tempo (Du et al., 2013), sendo principalmente definido durante a fase fetal e no início do período pós-nascimento, atingindo o máximo número de adipócitos na adolescência (Goessling et al., 2009; Spalging et al., 2008). Em bovinos, existem 4 tipos de depósitos de gordura em tecidos adiposos (Figura 5): o visceral, subcutâneo, intermusculares e intramusculares (Du et

al., 2013). A formação de gordura visceral acontece principalmente a partir do meio da gestação e se estende até o período neonatal (Robelin et al., 1981). Os adipócitos subcutâneos se formam um pouco mais tarde, entre o terço médio gestacional e início do período de desmame (Hood e Allen, 1973). E o desenvolvimento da gordura intramuscular, ainda não foi sistemicamente estudado, mas estima-se que ocorra no final da gestação e até por volta dos 250 dias de idade. Desta forma, a nutrição materna aliada a uma suplementação dos bezerros pós-natal que coincida com a chamada janela de marmoreio (Figura 5), proporcionará em um aumento de células de gordura intramuscular, resultando em aumento do grau de marmoreio na carcaça (Costa et al., 2021). Portanto, a partir da nutrição das matrizes durante a gestação é possível modificar a composição da fibra muscular e na relação massa magra: gordura, obtendo como produto uma prole com composição corporal desejável ao longo da cadeia produtiva.

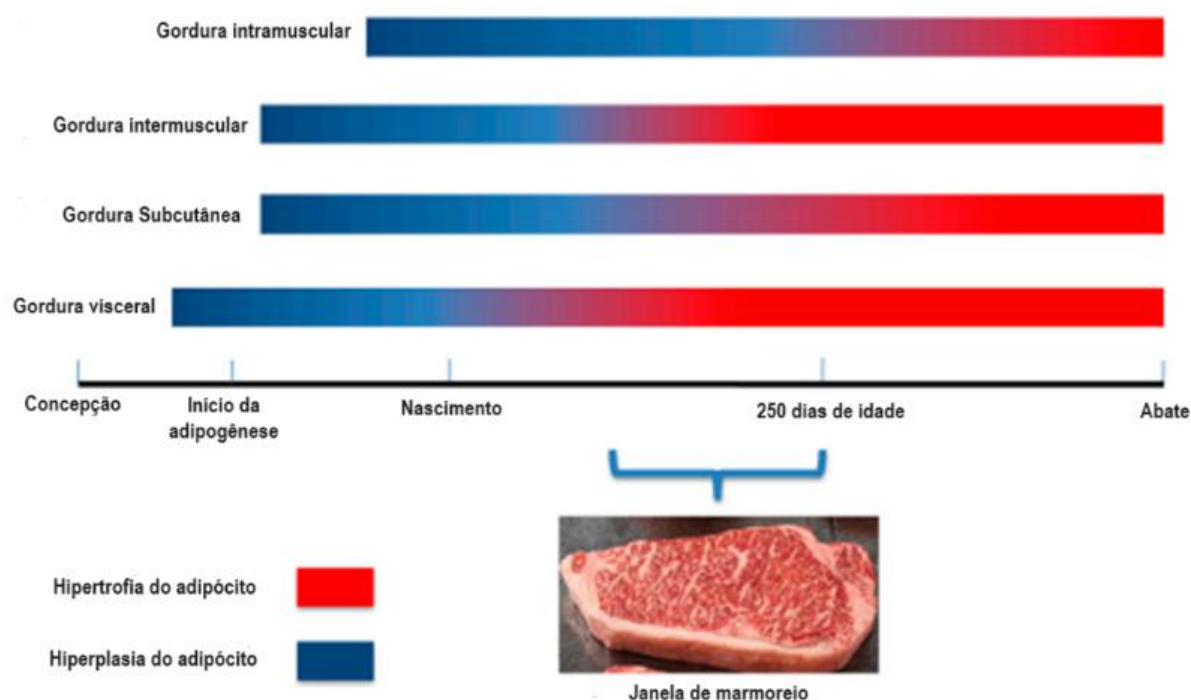


Figura 5 – Linha do tempo do desenvolvimento do tecido muscular adiposo. Fonte: Adaptado de Du et al. (2013).

2.4. Metabolismo lipídico

Os ácidos graxos são uma categoria de compostos orgânicos conhecidos como ácidos carboxílicos, caracterizados por possuírem longas cadeias de hidrocarbonetos, conhecidas como cadeias de acila, normalmente compostas por até 22 átomos de carbono (Palmquist e Mattos, 2006). Os ácidos graxos, de acordo com sua estrutura química, podem ser divididos em três categorias principais: saturados, nenhuma dupla ligação; monoinsaturados, somente uma dupla ligação; e os poli-insaturados, com duas duplas ligações ou mais (Roque-Jiménez et al., 2021). Ácidos graxos de cadeia longa podem ser divididos em três principais famílias, dependendo da posição da primeira ligação dupla a partir do lado metil: n-3 e n-6, que são ácidos graxos poli-insaturados; e n-9; que são ácidos graxos monoinsaturados (Palmquist, 2009). O ácido linolênico (n-3; *cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 18:3; ω -3) contém três duplas ligações em conformação *cis* entre o carbono 9-10, 12-13, e 15 e 16. E o ácido linoleico (n-6; *cis*-9, *cis*-12 18:2; ω -6) apresenta duas duplas ligações em conformação *cis* entre o carbono 9-10, e 12-13. Os ácidos graxos pertencentes as famílias n-3 e n-6 são considerados essenciais, porque não podem ser sintetizados nos organismos, pois as células dos mamíferos não expressam o gene para desaturases capazes de adicionar ligações duplas além do carbono 9, por isso são obtidos através da dieta (Palmquist e Mattos, 2006).

A inclusão de gorduras na dieta de ruminantes deve considerar suas interações com o ambiente ruminal, ou seja, a extensão com que a fonte de gordura inibe o crescimento e a função da população microbiana; e a extensão na qual o lipídio é transformado pela população microbiana (Jenkins, 2002). Para que essas interações aconteçam adequadamente a inclusão lipídica nas dietas de ruminantes não deve ultrapassar 6% da ingestão de matéria seca (IMS) para dietas ricas em concentrados e de 2 a 4% IMS para dietas com alta inclusão de forragem (Hess et al., 2008). Visto que, alguns ácidos graxos, especialmente os poli-insaturados, são considerados tóxicos para os microrganismos ruminais, sendo as bactérias Gram (+), metanogênicas e protozoários os mais afetados, o que prejudica a interação com o ambiente ruminal. A toxicidade está ligada as características anfifílica dos ácidos graxos, ou seja, aqueles que apresentam em sua estrutura uma parte hidrofílica

(solúvel em água) e outra hidrofóbica (não solúveis em água) são mais nocivos (Palmquist e Mattos, 2006). Portanto, a toxicidade parece estar relacionada aos ácidos graxos que têm maior solubilidade em água e membranas celulares, com capacidade de romper a estrutura das membranas.

Como mecanismo de defesa a toxicidade dos ácidos graxos, alguns microrganismos presentes no rúmen desenvolveram a capacidade de converterem ácidos graxos insaturados em ácidos saturados (menos tóxicos), a partir da biohidrogenação, que consiste na adição de hidrogênio à cadeia carbônica nos locais das duplas ligações por enzimas chamadas redutases. Esse processo inclui várias reações de isomerase, que produzem vários isômeros como produtos, que por sua vez, podem se tornar substratos para reação subsequente (Lanier e Corl, 2015). Como, por exemplo, a biohidrogenação do ácido linoleico (*cis*-9, *cis*-12 18:2) e ácido linolênico (*cis*-9, *cis*-12, *cis*-15 18:3) até ácido esteárico (18:0) (Harfoot e Hazlewood, 1997; Bauman et al., 2003; Palmquist e Mattos, 2006). A primeira etapa desse mecanismo envolve uma isomerase que converte o ácido linoleico em ácido linoleico conjugado (*cis*-9, *trans*-11 18:2), ou seja, a dupla ligação na conformação *cis*-12 é convertida a *trans*-11. Na segunda etapa o ácido linoleico conjugado é hidrogenado em ácido vacênico (*trans*-11 18:1), a partir da redução da ligação dupla *cis*-9. Posteriormente, o ácido vacênico, que foi liberado no ambiente ruminal, é hidrogenado na sua ligação dupla *trans*-11 por microrganismos secundários, o que resulta na formação do ácido esteárico. O ácido graxo linolênico é biohidrogenado através de um processo semelhante, onde a isomerização produz um ácido trienóico conjugado (*cis*-9, *trans*-11, *cis*-15 18:3), com seguida redução da ligação dupla *cis*-9, com produção final do ácido esteárico ou *trans*-15 18:1. Vale ressaltar, que para ocorrer a biohidrogenação os ácidos graxos devem estar na forma não esterificada (“livres”).

A hidrogenação dos ácidos graxos poli-insaturados é realizada por bactérias divididas em dois grupos: A, que contém muitas bactérias capazes de hidrogenar os ácidos graxos poli-insaturados a ácido vacênico, como as do gênero *Butyrivibrio*; e as do grupo B, como as do gênero *Fusocillus*, que podem converter o ácido vacênico a ácido esteárico (Kemp e Lander, 1984; Harfoot e Hazlewood, 1997). Em relação ao ácido linolênico, o grupo A e B são responsáveis pela isomerização e as etapas de redução na biohidrogenação. Para a maioria das dietas, a maior parte dos ácidos

graxos insaturados ingeridos, linoleico e linolênico, são biohidrogenados ao redor de 70-95% e 85-100%, respectivamente (Doreau e Ferlay, 1994; Beam et al., 2000).

Contudo, os ácidos graxos essenciais, após absorção no intestino, além de serem armazenados nos tecidos como triglicerídeos, apresentam como funções principais no metabolismo a incorporação em fosfolipídios de membrana, regulação da expressão gênica e a conversão em ácidos graxos de cadeia muito longa e eicosanóides (Palmquist, 2010). O ácido linoleico é convertido em ácido araquidônico e o linolênico em ácido eicosapentaenóico, por meio de dessaturação, alongamento da cadeia e nova dessaturação, esses são percussores de compostos chamados eicosanóides, que têm funções fisiológicas e regulatórias importantes (Palmquist e Mattos, 2006). Desta forma, com objetivo de preservar a composição química dos lipídios ingeridos através da dieta rica em gordura, e aumentar conseqüentemente a absorção dos ácidos graxos essenciais, foram desenvolvidos métodos que protegem a fonte de gordura da biohidrogenação ruminal e que também evitam efeitos negativos na fermentação microbiana. Alguns desses métodos são utilizados em formas comerciais de suplementos de gordura, e o mais comum deles contém sais de cálcio (sabões), que são resultantes da reação de íons cálcio com grupamento carboxil dos ácidos graxos (Jenkins e Palmquist, 1984). Assim, a gordura protegida é produzida quando ácidos graxos de cadeia longa, liberados durante a quebra dos triglicerídeos de óleo vegetais, reagem com sais de cálcio. Isso resulta na formação de um composto conhecido popularmente como sabão de cálcio. Devido à alta estabilidade dos sabões de cálcio em água e temperatura, somente são digeridos no organismo animal em meio ácido.

Entretanto, os sais de cálcio podem se dissociar no rúmen, porém a concentração aumentada de ácidos graxos não esterificados (livres) não é suficiente para prejudicar os metabolismos microbianos, por isso, devem ser chamados de “inertes”. Neste caso, inércia simplesmente significa que a gordura ou suplemento de ácido graxo tem efeitos mínimos na fermentação ruminal (Bauman et al., 2003). Embora esse método de proteção de fato aumentem o fluxo total de ácido graxo poli-insaturado para o intestino delgado dos ruminantes na maioria dos cenários de alimentação, não previne totalmente a biohidrogenação (Palmquist e Mattos, 2006). Comercialmente os sais de cálcio de ácidos graxos podem ser formados a partir de

óleo vegetais, sendo que a susceptibilidade a biohidrogenação ruminal dependerá do pK dos ácidos graxos, grau de insaturação e comprimento da cadeia de carbono, dieta consumida e pH ruminal (Sukhija e Palmquist, 1990). Os sais de cálcio se dissociam até certo ponto no rúmen, pois o ambiente ruminal é apenas ligeiramente ácido (pH = 6,2). A proteção da gordura se rompe no abomaso, devido ao ambiente ácido (pH = 2-3), os sais de ácido graxo são dissociados e ocorre a liberação para o intestino dos ácidos graxos livres e íons de cálcio, que são absorvidos e levados pela corrente sanguínea (Behan et al., 2019).

A chave para absorção no intestino delgado de ácidos graxos em ruminantes e não ruminantes é a formação de micelas (Doreau e Ferlay, 1994), pois essa estrutura tem a função de mover os ácidos graxos para a superfície das células intestinais, onde podem ser absorvidos. Em ruminantes, as micelas são formadas pelas secreções da bile e suco pancreático (Demeyer e Doreua, 1999). A vesícula biliar provê sais biliares e lecitina; e o suco pancreático a enzima chamada fosfolipase para converter a lecitina em lisolecitinas (Doreau e Ferlay, 1994). As lisolecitinas em conjunto com os sais biliares, removem os ácidos graxos das partículas de alimento e bactérias, e isso permite a formação de micelas, que são absorvidas pelas células epiteliais do jejuno. Nestas células, os ácidos graxos são reesterificados em triglicerídeos e depois embalados em quilomícrons e lipoproteínas que prosseguem pelo duto linfático torácico, para adentrar a veia jugular anterior ao coração, e chegarem na circulação geral (Palmquist e Mattos, 2006).

2.5. Mecanismo de absorção dos ácidos graxos na placenta

Durante a gestação as fontes de ácidos graxos essenciais, triglicerídeos e lipoproteínas chegam ao feto através da placenta por meio de transportadores especiais. O transporte de ácido graxo poli-insaturado fisicamente importantes depende da necessidade fetal, ocorrendo de maneira direcional e preferencial (Haggarty, 2010), o que pode ser atribuído a diferenças na afinidade dos ácidos graxos por essas proteínas transportadoras. As concentrações totais de ácidos graxos

circulantes maternos aumentam durante o final da gravidez (Gil-Sánchez et al. 2012). Isto acontece por uma mudança do armazenamento de lipídios no início da gravidez para o catabolismo de lipídios no final da gravidez impulsionado por mudanças na sensibilidade à insulina, que acontece em parte devido ao aumento dos níveis de estrogênio (Duttaroy, 2009). No início da gestação uma captação de triacilgliceróis circulantes pelo tecido adiposo seria facilitada, incluindo ácidos graxos poli-insaturados oriundos da dieta, onde permanecem armazenados até serem liberados no final da gestação para se tornarem disponíveis ao feto (Duttaroy, 2009; Herrera e Ortega-Senovilla, 2023). No final da gestação os triacilgliceróis presentes no tecido adiposo são quebrados em ácidos graxos livres e glicerol por ação da enzima lipase, e são transferidos para o fígado materno onde são reesterificados para formar triacilgliceróis. Esses triacilgliceróis são liberados de volta para a circulação como componentes de lipoproteínas de muito baixa densidade (Herrera e Ortega-Senovilla, 2023). Por isso, os ácidos graxos poli-insaturados na grande maioria estão presentes na circulação materna em sua forma esterificada associada a lipoproteínas.

Desta forma, as lipoproteínas ricas em triacilgliceróis mediante ação da lipase lipoproteica placentária e a lipase epitelial, que estão presentes na membrana microvilosa voltada para a mãe do sinciotrofoblasto, liberam ácidos graxos não esterificados para serem captados via placenta (Gil-Sánchez et al. 2012). A incorporação dos ácidos graxos não esterificados pode ocorrer no sincício placentário por difusão passiva ou por meio de várias proteínas transportadoras ligadas à membrana, incluindo translocase de ácido graxo (FAT/CD36), proteínas transportadoras de ácido graxo (FATP1-6), proteína de ligação a ácido graxo de membrana plasmática (FABPpm) ou FABP de membrana plasmática placentária (p-FABPpm) (Hanebutt et al. 2008). Ao adentrarem nas células, os ácidos graxos não esterificados se ligam aos FABP, presentes no citosol, que facilitam o movimento intracelular de ácidos graxos e interações com organelas subcelulares (Hanebutt et al. 2008, Gil-Sánchez et al. 2012). Vale ressaltar, que os mecanismos específicos das proteínas na captação, metabolismo e transferência de ácidos graxos placentários não são totalmente compreendidos.

2.6. Uso de gordura protegida na programação fetal

A utilização de gordura protegida na dieta constituída de ácidos graxos específicos e provenientes de fontes de óleos vegetais pode melhorar o desempenho produtivo da prole devido à atuação na expressão gênica em alguns tecidos (Marques et al., 2017; Brandão et al., 2020; Shao et al., 2023). A programação do desenvolvimento é baseada em eventos epigenéticos, definidos como modificações no genoma, e podem ser herdadas no momento da divisão celular, mas sem ocorrer alteração na sequência do DNA. Estas modificações podem ocorrer devido à reestruturação da cromatina por meio da metilação do DNA, modificação de histonas, regulação da expressão gênica por RNA não-codificante, instabilidade do genoma (González-Recio et al., 2015), entre outros.

Com base nesses mecanismos epigenéticos, a gordura protegida pode aumentar a quantidade de ácidos graxos poli-insaturados absorvidos no intestino, modulando a síntese de RNAm de genes ligados ao metabolismo lipídico, que podem estimular ou inibir genes que codificam enzimas específicas (Ladeira et al., 2016; Bionaz et al., 2020). Contudo, os mecanismos epigenéticos pelos quais os ácidos graxos poli-insaturados exercem ação em modular a expressão gênica em determinados tecidos ainda não estão claros. Entretanto, acredita-se que os ácidos graxos poli-insaturados atuem tanto no tecido adipogênico quanto nas vias miogênicas na fase intra-uterina (Brandão et al., 2020).

Nesse contexto, a utilização de gordura protegida durante a gestação pode afetar diretamente no desempenho da prole, modulando a expressão gênica, e obtendo-se animais com melhores índices produtivos ao desmame, o que pode refletir nas fases subsequentes de criação. Marques et al. (2017) observaram que suplementar vacas de corte com sais de cálcio de ácidos graxos poli-insaturados durante o final do segundo trimestre de gestação melhorou o ganho diário no confinamento, e aumentou o peso de carcaça quente, marmoreio e área do olho de lombo (Tabela 2). E os autores especularam que essa melhora no desempenho tenha sido em função do maior acúmulo de ácidos graxos poli-insaturados nos tecidos fetais, onde o ácido graxo n-3 pode ter regulado positivamente a expressão de genes

associados ao desenvolvimento muscular. Enquanto o ácido graxo n-6 possivelmente teve efeitos adipogênicos por aumentar a expressão do proliferador de peroxissomos gama (PPAR γ) nos tecidos musculares.

Tabela 2 – Efeito da suplementação com ácidos graxos de sais de cálcio durante o terço final da gestação de vacas e os efeitos na prole.

Artigo	Tratamentos	PN (kg)	PD (kg)	PFT (kg)	PCQ (kg)	Marmoreio
Marques et al., 2017	CON = 190 g/vaca de sais de Ca a base de ácido palmítico e oleico	40,9	241	621	391	489
	PUFA = 190 g/vaca de sais de Ca a base de ácido eicosapentaenoico, docosahexaenoico e linoléico (95 g Prequel + 95g Strata)	41,7	242	646*	407*	539*
Brandao et al, 2020	CON= 170 g/vaca de gordura saturada + 25g/vaca de calcário	37	262	553	349	526
	PUFA = 195 g/vaca de sais de Ca de óleo de soja	37,7	264	579*	365*	510
Shao et al, 2021 a	CON = 155 g/vaca de sais de Ca a base de ácido palmítico e oleico	37,5	206*			
	PUFA = 160 g/vaca de sais de Ca a base de ácido eicosapentaenoico, docosahexaenoico e linoléico (80 g Prequel + 80 g Strata)	37,3	195			
Shao et al, 2021 b	CON = 155 g/vaca de sais de Ca a base de ácido palmítico e oleico			631	385	510
	PUFA = 160 g/vaca de sais de Ca a base de ácido eicosapentaenoico, docosahexaenoico e linoléico (80 g Prequel + 80 g Strata)			628	386	525
Shao et al, 2023	CON= suplemento com casca de soja e grão inteiro de milho	33,7	183			
	MUFA= 155 g/vaca de sais de Ca a base de ácido palmítico e oleico	34,1	186			
	PUFA = 160 g/vaca de sais de Ca a base de ácido eicosapentaenoico, docosahexaenoico e linoléico (40 g Strata + 120 g Prequel)	32,7	190			

PN – Peso ao nascimento; PD – Peso ao desmame; PFT – Peso ao final da terminação; PCQ – Peso de carcaça quente; PUFA – Ácido graxo poli-insaturado; MUFA – Ácido graxo monoinsaturado. Houve efeito estatístico entre os tratamentos para variáveis onde as medias estão com “*” no maior valor médio.

De acordo com Ricks et al. (2020), as progênie filhas de vacas primíparas e múltíparas (*Bos taurus*) suplementadas com ácidos graxos insaturados durante o último trimestre de gestação tiveram maior crescimento pré-desmame do que os filhos de mães não suplementadas. Segundo Brandão et al. (2020), ao suplementar vacas (*Bos taurus*) com sais de cálcio de óleo de soja no terço final da gestação, as proles

demonstraram melhoria na saúde (menor incidência de doença respiratória bovina) e melhor desempenho das proles machos no confinamento (ganho médio diário, peso corporal e de carcaça). Além disso, o aumento no suprimento de ômega-6 para o feto resultou na maior expressão de genes do músculo *longissimus*, ácido graxo de adipócitos (FABP4) e esteroil-CoA dessaturase (SCD), dentro da via do receptor ativado PPAR γ lipogênica no nascimento, e tiveram maior expressão de RNAm de diferenciação miogênica (MyoD) e miogenina.

O PPAR γ regula a expressão de vários genes que codificam proteínas envolvidas na diferenciação de adipócitos e deposição de gordura. Isso ocorre, pois o PPAR γ se liga aos genes associados ao metabolismo lipídico, como a lipase lipoproteína (LPL), a proteína de transporte de ácidos graxos (FABP) e a enzima acil-CoA sintetase de cadeia longa membro da família 1 (ACSL1) (Ladeira et al., 2018). Desta forma, o PPAR γ é importante para a produção de carne devido à sua relação com a gordura intramuscular e seu efeito no marmoreio (Bionaz et al., 2013) e pode ser usado como um marcador celular de crescimento muscular e tecido adiposo (DU et al., 2013). A MyoD e miogenina, estão relacionadas à diferenciação de células satélites em fibras musculares, o que pode resultar em maior proporção de massa muscular magra, já que a muscularidade final dependerá não apenas da hiperplasia, mas também da hipertrofia (Du et al., 2010).

Shao et al. (2021a) observaram que as proles masculinas de mães suplementadas com ácido graxo saturado e monoinsaturado tiveram maior peso ao pré-desmame em comparação os filhos de mães que receberam ácidos graxos poli-insaturados no final da gestação (Tabela 2). Em virtude dos resultados inesperados deste experimento, visto que investigações anteriores mostraram que até o desmame não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos (Marques et al., 2017), foi proposto um segundo estudo (Shao et al., 2023). Nesta segunda investigação os autores aumentaram a inclusão de sais de cálcio de ácidos graxos enriquecidos com ômega-6, e adicionaram um tratamento sem a suplementação de gordura para comparar a utilização ou não da gordura (Shao et al., 2023). Os autores observaram que houve modificação da expressão do RNAm do gene miogênico e adipogênico no músculo *longissimus* e no tecido adiposo em função da suplementação materna e pelo diferente perfil de ácidos graxos. Entretanto, isto não

foi expresso em melhor desempenho de crescimento da progênie nos períodos pré-desmame ou de recria. Shao et al. (2021b), ainda avaliou os mesmos animais do primeiro estudo (Shao et al.; 2021a) na fase de terminação, e não observou efeito da suplementação materna com ácidos graxos poli-insaturados sobre o peso corporal, consumo de matéria seca e ganho médio diário, nem sobre a expressão de genes associados à miogênese ou adipogênese.

A partir desses estudos reportados na literatura podemos observar que a suplementação com ácidos graxos poli-insaturados pode ter diferentes respostas, e essas dependerão do cenário em que estes nutracêuticos são testados. Por isso, pesquisas futuras são necessárias para validar os resultados em diferentes cenários da produção de bovinos de corte (Shao et al., 2021b), o que esclarecerá o potencial da suplementação de ácidos graxos durante a gestação. Com base nisso, há necessidade de investigar como a suplementação de ácidos graxos poli-insaturado agirá em novilhas Nelore (*Bos indicus*) e suas proles em clima tropical.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi conduzido 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), registrado com o protocolo nº 0008/2020, do Departamento de Descentralização do Desenvolvimento (CEUA-DDD).

3.1. Localização, clima e área experimental

O experimento foi conduzido a partir do dia 29/06/2020 até 16/08/2021 na unidade de pesquisa do Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios da Alta Mogiana (PRDTA – Alta Mogiana), em Colina – SP, órgão da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), da Secretaria de

Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. O clima da região é do tipo Aw (segundo a classificação de Köppen) e o solo classificado como latossolo vermelho-escuro, fase arenosa, com topografia quase plana e de boa drenagem.

3.2. Procedência e caracterização dos animais, delineamento, cronograma experimental e manejo alimentar

Foram utilizadas 82 novilhas Nelore com 123 ± 13 dias de gestação, peso corporal (PC) médio $385 \pm 49,0$ kg, e que ficaram prenhas aos 14 (64 novilhas) e 24 (18 novilhas) meses de idade. As novilhas foram provenientes da própria unidade de pesquisa. Todas as novilhas foram inseminadas com sêmen do mesmo touro (Paint Triunfo, CRV, Ribeirão Preto, SP, Brasil) em protocolo de inseminação artificial em tempo fixo (IATF) com 2 inseminações. O período experimental antes do parto teve duração de 173 dias; e após o parto (D0) a duração até o desmame foi de 240 dias (Figura 6).

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados. As novilhas foram blocadas pelo peso (D -207; 89 ± 15 dias de gestação), distribuídas em função da idade, e designadas para 1 de 2 tratamentos no D -173 (123 ± 13 dias de gestação). Todas as novilhas foram suplementadas a 0,3% PC, e os tratamentos consistiram na utilização de suplemento constituído com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) e outro sem SCOS (controle) (Tabela 3), com 41 repetições por tratamento. Os animais foram mantidos em dois piquetes lado a lado compostos por *Urochloa brizantha* cv. Marandu, área total de 51 ha, com trocas dos grupos de animais entre os piquetes a cada 21 dias para retirar possíveis diferenças de pasto.

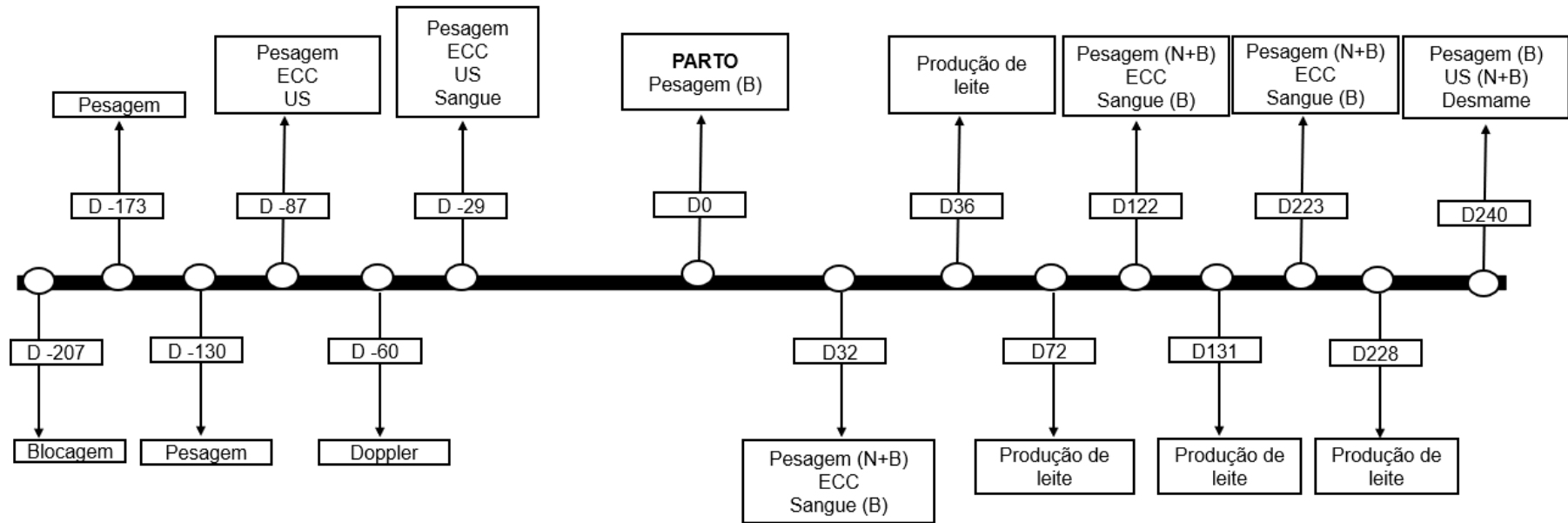


Figura 6 - Cronograma de atividades experimentais.

ECC – Escore de condição corporal; US – Ultrassonografia de carcaça; B- Bezerro; N- Novilhas. os períodos de avaliação que antecedem o parto foram estipulados com base na contagem regressiva para as novilhas parirem, considerando o tempo de gestação de 296 dias. O D -173 (início da aplicação dos tratamentos) indica que restavam 173 dias para os animais parirem.

O suplemento foi fornecido três vezes por semana (segunda, quarta e sexta; Cook et al., 2017; Moura et al., 2020), às 8h (Barbero et al., 2020). Para cálculo do fornecimento foi considerado o consumo semanal dividido por 3. Todos os piquetes possuíam bebedouros e 3 cochos não cobertos (4 m x 1,10 m x 40 cm) para suplementação.

A aplicação dos tratamentos finalizou ao parto (D0), e o par novilha/bezerro foram deslocados para outra área com a mesma forragem, onde permaneceram até que todas as matrizes tivessem parido. Após o parto, foi atribuído o mesmo manejo para todos os animais. Todas as novilhas receberam o suplemento sem sais de cálcio de óleo de soja na quantidade de 0,3% PC do parto até o desmame. Para facilitar as avaliações, foram formados dois lotes (primeira e segunda inseminações), divididos nos dois piquetes experimentais utilizados antes do parto. Ao final da estação de parição, foram totalizados 59 bezerros (Macho = 25 e Fêmea = 34), que estavam distribuídos dentro dos tratamentos da seguinte forma: controle (Macho = 12 e Fêmea = 17); sais de cálcio de óleo de soja (Macho = 13 e Fêmea = 17).

Após 24 h do nascimento, todos os bezerros foram pesados, identificados e tratados para parasitas internos e externos com Dectomax 1% (Zoetis, Parsippany, NJ, U.S), 1 mL para cada 50 kg de PC. Os bezerros foram novamente vermifugados aos 90 e 223 (desmame) dias de idade com Solution 3,5% (MSD saúde animal global, Rahway, NJ, USA), 1 mL para cada 50 kg de PC. As matrizes foram vermifugadas no início do experimento e aos 90 e 223 dias após o parto com Avotan - abamectina a 1% p/v (MSD saúde animal global, Rahway, NJ, USA), administrado por via intramuscular a 1mL para 50 kg de PV.

Tabela 3 - Ingredientes e composição do suplemento

	CON	SCOS
Ingredientes, % MN		
Milho moído	34,0	30,0
Sorgo	33,5	27,5
Farelo de trigo	10,5	12,0
Farelo de soja	1,5	3,0
Premix ¹	20,5	19,5
Beef fat	0,0	8,0
Composição nutricional		
Proteína, g/kg	201	212
NDT, g/kg	600	670
EE, g/kg	35	95
Cálcio, g	2,0	2,0
Fosforo, g	0,7	0,7
Sódio, g	3,1	3,1
Magnésio, g	0,1	0,1
Enxofre, g	0,3	0,3
Cobalto, mg	0,5	0,5
Cobre, mg	7,5	7,5
Iodo, mg	0,5	0,5
Manganês, mg	13,3	13,3
Selênio, mg	0,3	0,3
Zinco, mg	33,3	33,3
Vitamina A, UI	1.666,67	1.666,67
Nutrientes ingeridos, kg/dia¹		
Proteína	0,241	0,254
NDT	0,720	0,804
EE	0,042	0,114

CON- Controle; SCOS – Sais de cálcio de óleo de soja; MN – matéria natural. O conteúdo de macro e microminerais é garantido para 100g de suplemento. ¹De acordo com a ingestão total de suplemento (1,20 kg/dia) e composição dos tratamentos dietéticos.

Tabela 4 - Composição nutricional do “Beef fat”

Nutrientes	Concentração
Nutrientes digestíveis totais, %	160,0
Extrato etéreo, %	82,0
Energia bruta, Kcal/kg	7730,0
Ácido Mirístico (C14:0), %	0,2
Ácido Palmítico (C16:0), %	14,9
Ácido Palmitoléico (C16:1), %	0,1
Ácido Esteárico (C18:0), %	3,3
Ácido Oleico (C18:1), %	16,9
Ácido Linoléico (C18:2), %	46,6
Ácido linolênico (C18:3), %	4,9

3.3. Avaliações experimentais

3.3.1. Massa de forragem e valor nutritivo do pasto

Adotou-se o método de pastejo em lotação contínua. As coletas de pasto para quantificar a massa de forragem e o pastejo simulado foram realizadas a cada 43 ± 4 dias (antes do parto) e 35 ± 5 dias (após o parto). Antes da coleta de pasto foram mensurados 50 pontos de altura normal e comprimida (*raising plating*), por piquete, para obtenção da altura média e o desvio padrão. Em cada piquete foram coletados, ao nível do solo, nove pontos de massa na altura média. A área de amostragem para a coleta foi de $0,25 \text{ m}^2$ em cada ponto selecionado. As estimativas da massa de forragem (kg/ha) foram determinadas pelo método de dupla amostragem (Sollenberger e Cherney, 1995). A massa coletada foi pesada e retirou-se uma subamostra para determinação da matéria seca (MS) parcial. Para avaliação dos componentes quantitativos e estruturais do dossel forrageiro, foram coletadas amostras na altura média de cada piquete, como explicado anteriormente, e divididas em quatro frações: caule verde, folha verde, caule morto/senescente e folha morta/senescente. Após separação, os componentes e a subamostra da massa de forragem foram pesados e parcialmente secos em estufa de 55°C por 72 horas para a obtenção da MS parcial e proporção de cada componente no dossel forrageiro.

Para estimar o valor nutricional do pasto, foi realizado o pastejo simulado. 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 peneira de 2 mm e 1 mm. As amostras de 1 mm foram usadas para determinação dos teores de MS (método 984.13), matéria mineral (MM; método 938.08), proteína bruta (método 984.13 de acordo com a AOAC (2006)). O conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) foi determinado por análise sequencial (Robertson e Van Soest, 1981). A celulose foi solubilizada com ácido sulfúrico 72% e conteúdo de lignina obtido por diferença (Goering e Van Soest, 1970). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca foi determinada como descrito por Van Soest e Robertson (1985). As amostras moídas a 2 mm foram usadas para determinar a FDN indigestível através da incubação no rúmen por 264 horas (11 dias, Valente et al., 2011).

Tabela 5- Características quantitativas do pasto (*Urochloa brizantha* cv. Marandu).

Variáveis	-116 (24/08/2020)	-74 (05/10/2020)	-36 (12/11/2020)	0 (30/12/2020)	49 (05/02/2021)	80 (08/03/2021)	115 (12/04/2021)	161 (28/05/2021)	192 (28/06/2021)	220 (26/07/2021)
Altura normal, cm	38,7	35,4	30,0	20,7	43,6	50,1	51,4	43,8	33,2	36,2
Massa de forragem, kg MS/ha	6836	4983	4955	2752	6426	9028	8518	9450	4764	8124
Matéria verde seca, kg MS/ha	97,9	82,4	1069	2488	6197	4735	6813	3955	2053	1619
Folha verde, kg MS/há	0,00	38,4	765	1804	3175	3928	1771	994	555	142
Densidade, kg MS/m ³	1,60	1,60	1,70	1,10	1,52	1,90	1,60	2,58	1,73	2,30
Folha verde, %	0,00	0,70	15,5	66,4	49,6	43,4	23,0	9,40	10,9	1,70
Colmo verde, %	1,40	0,90	5,90	24,7	46,7	9,30	57,1	28,1	29,2	17,7
Folha seca, %	28,0	24,1	10,1	0,90	2,57	42,2	16,9	22,5	33,8	30,1
Colmo seco, %	70,6	74,3	68,5	7,90	1,05	5,10	2,90	39,9	26,1	50,4
Folha:Colmo	0,40	0,30	0,30	2,20	1,10	6,10	0,70	0,50	0,80	0,50
Oferta de forragem, kgMS/kgPV	11,0	7,9	7,7	4,5	13,3	20,8	21,0	20,9	10,9	19,1
Oferta de folha verde, kgMSFV/kgPV	0,00	0,1	1,19	2,90	6,45	7,40	3,70	1,90	1,40	0,3
Oferta de folha verde + folha seca, kgMSFV+ kgMSFS/kgPV	3,00	2,00	2,00	3,00	6,75	8,50	7,10	6,70	4,60	5,70
TL, UA/ha	1,40	1,20	1,40	1,40	1,67	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70

TL- Taxa de lotação. Os meses de agosto a novembro correspondem ao período antes do parto; os meses de fevereiro a julho correspondem ao período após o parto, onde os animais estão na mesma condição de manejo alimentar.

Tabela 6- Composição bromatológica do pastejo simulado.

Variáveis (%MS)	-116 (24/08/2020)	-74 (05/10/2020)	-36 (12/11/2020)	0 (30/12/2020)	49 (05/02/2021)	80 (08/03/2021)	115 (12/04/2021)	161 (28/05/2021)	192 (28/06/2021)	220 (26/07/2021)
MS (%MN)	89,4	88,3	26,5	26,3	27,3	16,9	35,1	55,1	68,7	59,2
PB	3,59	3,28	14,50	12,31	8,59	8,08	7,12	5,81	3,54	3,32
MM	7,83	7,28	7,32	7,80	6,87	6,59	7,68	7,70	7,32	6,50
FDN	76,1	78,9	60,4	65,9	74,0	73,2	73,7	78,6	81,2	82,6
FDA	42,9	46,4	22,9	32,8	36,3	35,1	35,8	40,7	44,8	46,5
LIG	4,53	6,13	5,76	4,83	4,76	5,33	5,64	6,32	6,98	5,72
FDNi	39,3	41,3	13,1	19,9	21,4	23,7	23,5	35,7	39,8	32,6
DIVMS	31,5	24,2	71,4	61,4	56,0	50,9	50,4	35,7	34,8	42,0

MM- Matéria Natural; MS- Matéria seca; PB- Proteína bruta; MM- Material mineral; EE- Extrato etéreo; FDN- Fibra insolúvel em detergente neutro; FDA- Fibra insolúvel em detergente ácido; LIG- Lignina; FDNi- Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível; DIVMS- Digestibilidade in vitro da matéria seca. Os meses de agosto a novembro correspondem ao período antes do parto; os meses de fevereiro a julho correspondem ao período após o parto, onde os animais estão na mesma condição de manejo alimentar.

3.3.2. Tempo de gestação, desempenho e escore de condição corporal das novilhas e prole

O tempo de gestação (TG) foi calculado a partir da subtração entre a data de parição e inseminação (1 e 2º IATF) de cada novilha.

Durante a gestação as novilhas foram pesadas no D -173, D -130, D -87 e D -29 (Figura 6). Após o parto, os bezerros foram pesados no D0 e foi posteriormente feita a pesagem do par (novilha/bezerro) no D32, D122 e D223, sem jejum em todas as pesagens. O peso corporal (PC) dos bezerros foi ajustado para 30, 120 e 210 dias de idade. Para ajustar o peso dos bezerros multiplicou-se o ganho médio diário (GMD) pelo número dias que foi feito o ajuste, e o resultado foi somado com a pesagem anterior. Para obter o número exato de dias entre as pesagens utilizado no cálculo do GMD, foi feita a subtração entre a data da pesagem e de nascimento. As pesagens foram realizadas para ajuste do suplemento das novilhas e acompanhamento GMD do par. O GMD sem jejum das novilhas e bezerros foi calculado pela diferença entre o PC final e inicial, dividido pelo total de dias entre uma pesagem e outra.

O escore de condição corporal (ECC) das novilhas foi avaliado no D -87, D -29, D32, D122 e D223 (Figura 5). A avaliação foi feita por dois avaliadores treinados, sendo usado uma escala de 1 a 5 (1 = emaciada e 5 = obesa), com incremento de nota de 0,25 (Ayres et al., 2009). A pontuação final foi obtida de forma independente, a partir da média de ECC dos dois avaliadores.

3.3.3. Ultrassonografia de carcaça

A ultrassonografia de carcaça (USC) das novilhas foi feita no D -87, D -29 e D240. Nos bezerros foi feita apenas no D240 (Figura 6). Para a avaliação de carcaça foi usado o *Software* BIA / DGT Brasil. Todas as medidas foram obtidas, após limpeza da pele e uso de óleo vegetal como acoplante acústico, por técnico capacitado utilizando ultrassom (Aloka SSD 500 V, sonda de 17 cm 3,5 MHz, UST-5049-3.5). As

mensurações foram: área de olho de lombo (AOL; cm² e cm²/100 kg de PC), espessura de gordura subcutânea (EGS; mm), espessura de gordura na picanha (mm), grau de marmoreio (escore de 1 a 10) 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 fosse medida no terço médio distal da área de olho de lombo, assim como na altura da garupa (P8).

3.3.4. Estação de monta e desempenho reprodutivo das novilhas

Aos 37 ± 3 dias após o parto, todas as novilhas foram manejadas da mesma forma e em conjunto para sincronização do cio e inseminação (Figura 7). O protocolo de IATF (Figura 7) utilizou a combinação de estrógeno (benzoato de estradiol) e progestágenos para suprimir o desenvolvimento do folículo dominante e assim sincronizar o desenvolvimento da nova onda folicular. Foram realizados dois protocolos de IATF (1^a IATF D0-D11; 2^a IATF D33-D44). No D0 foi introduzido o dispositivo intravaginal de 1^o uso contendo 1,9 g de progesterona (CIDR®, Zoetis, Guarulhos-SP, Brasil) e aplicação intramuscular de 2 mL de benzoato de estradiol (Gonadiol®, Zoetis, Guarulhos-SP, Brasil), para sincronização da onda folicular. No D7 foi aplicado 2,5 mL via intramuscular de dinoprost tometamina de 12,5 mg (Lutalyse®, Zoetis, Guarulhos-SP, Brasil). No D9 o dispositivo de progesterona foi retirado e administrou-se 0,3 mL de cipionato de estradiol de 0,6 mg (ECP®, Zoetis, Guarulhos-SP, Brasil), para indução da ovulação, e mais 1,5 mL de gonadotrofina coriônica equina (eCG) (Novormon®, Zoetis, Guarulhos-SP, Brasil). No D11 do protocolo, 48 horas após a retirada do dispositivo de progesterona, as novilhas foram inseminadas. A 1^a inseminação ocorreu 48 ± 3 dias após o parto. O diagnóstico de prenhez foi realizado no D33 do protocolo (78 ± 3 dias após o parto), bem como, a ressincronização do cio das novilhas vazias. Após ressincronização foi feita a 2^a IATF (80 ± 3 dias após o parto) e posteriormente o diagnóstico de gestação final em todos os animais (D74; 110 ± 3 dias após o parto).

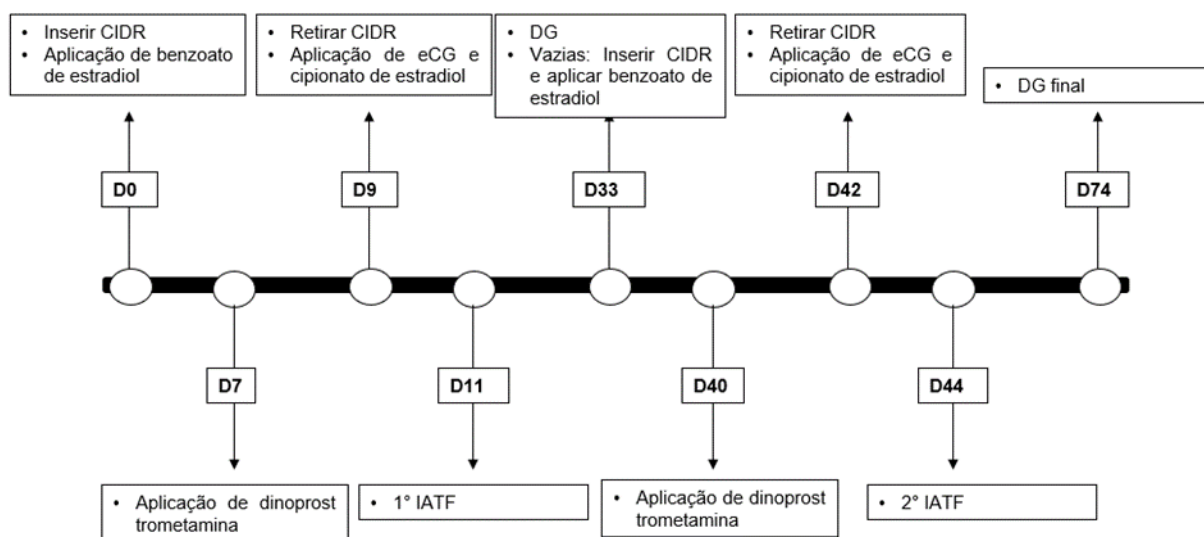


Figura 7- Cronograma de atividades do protocolo de sincronização de cio e estação de monta.

O desempenho reprodutivo foi medido pela taxa de prenhez final, % das novilhas gestantes em função do número de animais protocolados, que foi obtida através do diagnóstico de gestação por ultrassonografia. Além disso, foi avaliada a ocorrência, ou não, de abortos após 60 dias (D74) do diagnóstico de gestação para a obtenção da taxa de prenhez final do experimento.

3.3.5. Doppler Espectral

A ultrassonografia doppler ocorreu aos 7 meses e meio de gestação (D -60) em doze novilhas prenhas de 1º IATF, 6 animais de cada tratamento (Figura 6). Utilizou-se a ultrassonografia Doppler modo espectral para observação da perfusão sanguínea. No modo espectral a diferença de frequência captada pelo equipamento é permitida, projetando um gráfico bidimensional em função do tempo, e a onda Doppler é formada no decorrer do ciclo cardíaco na análise do fluxo sanguíneo das artérias (Ginther, 2007). As variáveis obtidas a partir da avaliação Doppler foram: diâmetro da

artéria; índice de resistência (RI), velocidade média do fluxo sanguíneo e volume do fluxo (L/min).

3.3.6. Produção e qualidade do leite

A produção e qualidade do leite foi determinada em todas as novilhas aos 36, 72, 131 e aos 228 dias pós-parto (Figura 6), segundo a metodologia descrita por Lopes et al. (2022). As novilhas foram separadas de suas proles às 17h30min no curral e a ordenha foi iniciada no dia seguinte às 05h30min (12h após a separação). As novilhas foram presas no tronco de contenção e suas pernas amarradas para facilitar o manejo. O horário inicial da ordenha de cada animal foi registrado para correção da produção de leite em 24 horas (Equação 1). A ordenha foi realizada mecanicamente (Ordeneira Móvel-USI 320 com 1 unidade de ordenha). A secreção de leite foi estimulada com 2 mL de ocitocina (10 UI/mL, Ocitovet®, Brasil) na veia mamária, iniciando a ordenha imediatamente após a administração da ocitocina.

Após ordenha completa das novilhas, o leite foi pesado e devidamente registrado para cálculo da produção. E para análise da qualidade, o leite foi homogeneizado e foram coletados 50 mL de amostra de cada animal, que foi acondicionado em frascos contendo conservante (bromonata). O leite foi armazenado sob refrigeração e encaminhado para laboratório comercial (Clínica do Leite, Piracicaba – SP). As amostras foram analisadas para teor gordura (GORD), proteína (PROT), lactose (LACT), sólidos totais (ST), extrato seco desengordurado (ESD), nitrogênio ureico (NU) e análise de caseína (CAS) pela técnica do infravermelho MilkoScan FT1 (método ISO 9622/IDF 141 ancorado por calibração aos métodos de referência) e contagem de células somáticas (CCS) pelo método citométrico em fluxo Bentley Combo System 2300 (método ISO 13366-2/IDF 148-2 ancorado por calibração ao método de referência).

A produção de leite ajustada para 24h (PROD) foi calculada pela equação proposta por Restle et al. (2003):

$$\text{Equação 1: } \text{PROD} = \text{ORD} \times (60 / T) \times 24$$

Onde PROD = produção de leite estimada em 24h (kg/dia), ORD = produção de leite observada na ordenha (kg), T = intervalo de tempo entre a última mamada e a ordenha (minutos).

O leite produzido foi corrigido para 4% de gordura (PROD4), calculado pela seguinte equação (NRC, 2001):

$$\text{Equação 2: PROD4} = 0,4 \times (\text{PROD}) + [15 \times (\text{GORD} \times \text{PROD} / 100)]$$

3.3.7. Coleta de sangue

O sangue das novilhas foi colhido ao D -29 (Figura 5). O sangue dos bezerros foi colhido D32, D122 e D223 (Figura 5). O sangue foi colhido através de punção venosa direta da jugular, com contenção suave, em dois tubos de 10 mL, sem anticoagulante, e devidamente identificado. Posteriormente, para obtenção do plasma sanguíneo, as amostras foram centrifugadas a 2500 rpm por 15 minutos a 4°C, e em seguida transferiu-se 1,5 mL de plasma para o eppendorf. Após pipetação as amostras foram imediatamente congeladas a -80°C para posteriores análises.

As análises do perfil metabólico sanguíneo (glicose, colesterol e triglicerídeos) das novilhas e bezerros foram realizadas no Laboratório de Pesquisa em Bovinos de Leite da Universidade de São Paulo – USP (Pirassununga – SP). Para as análises foram utilizados kits comerciais da empresa Bioclin® para glicose (cód K-082), colesterol (cód K-083) e triglicerídeos (cód K-117), sendo as leituras realizadas em analisador automático de bioquímica (Sistema de Bioquímica Automático SBA-200; CELM®).

3.4. Análises estatísticas

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados. As novilhas foram blocadas pelo peso e distribuídas em função da idade. Os animais (n=82) foram considerados as unidades experimentais. O tratamento (ausência ou presença de sais de cálcio de óleo de soja no suplemento) foi considerado efeito fixo e o bloco efeito aleatório.

As análises estatísticas das variáveis (Peso, GMD, ECC, USC, produção e composição do leite, doppler e parâmetros sanguíneos), foram realizadas utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC), com prévia comprovação dos supostos matemáticos de distribuição normal pelo teste de Shapiro-Wilk. Para as variáveis medidas na mesma unidade experimental no decorrer do tempo (Peso, GMD, ECC, USC, produção e composição do leite, e parâmetros sanguíneos) foram analisadas como medidas repetidas no tempo utilizando o procedimento REPEATED. A simetria da estrutura de covariância das análises de medida repetida no tempo foi escolhida com base no menor BIC (Bayesian Information criterion). Como no experimento tinham animais de 1ª e 2ª inseminação, e bezerros machos e fêmeas, essas variáveis foram adicionadas ao modelo como fatores de ajuste. O modelo das variáveis respostas das novilhas e dos bezerros apresentou o efeito do bloco, tratamento, sexo dos bezerros, IATF, interação tratamento x período e tratamento x sexo. Para as variáveis TG, ECC, taxa de prenhez, parâmetro sanguíneos, USC, doppler, composição do leite avaliada nas novilhas, o sexo dos bezerros foi retirado do modelo ($P > 0,13$). Para as variáveis características de carcaça, glicose e triglicerídeos avaliados nos bezerros o sexo foi retirado do modelo ($P > 0,27$). As análises dos dados binários de taxa de prenhez foram feitas utilizando o PROC GLIMMIX do SAS (SAS Institute, Inc. Cary, NC). Para todas as comparações foi utilizado teste F, 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.

4. RESULTADOS

Não houve interação entre tratamento x período sobre o peso corporal ($P = 0,62$) e escore de condição corporal das novilhas ($P = 0,12$). A suplementação com SCOS não afetou o tempo de gestação ($P = 0,84$), taxa de prenhez ($P = 0,88$), peso corporal das novilhas ($P = 0,53$) e escore de condição corporal ($P = 0,49$; Tabela 7). Houve efeito do período ($P < 0,001$) sobre o peso corporal das novilhas, tendo um aumento de 20 kg durante a gestação (D -173 até D -29); após o parto do D32 até D122 houve um aumento de 38 kg e redução do D122 até D223 de 40 kg. Houve efeito do período ($P < 0,001$) sobre o escore de condição corporal das novilhas, com incremento de 0,26 pontos na gestação (D -87 até D -29), redução de 0,12 pontos do D -29 até D32 e depois voltou a subir no D122.

Houve tendência ($P = 0,08$) para a concentração de glicose, sendo 5,50 mg/ dL maior nas novilhas do tratamento com SCOS. A suplementação com SCOS não afetou a concentração de colesterol ($P = 0,15$) e triglicerídeos ($P = 0,62$) no plasma sanguíneo das novilhas no D -29 (Tabela 7).

Houve interação ($P = 0,03$) entre o tratamento x período sobre o ganho médio diário das novilhas (Figura 8). No 3º período de avaliação (-87 a -29 dias de gestação), novilhas que receberam SCOS no suplemento ganharam 0,125 kg a mais ($P = 0,01$) em comparação as que não receberam.

Tabela 7. Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre o peso corporal (PC), escore de condição corporal (ECC) e parâmetros sanguíneos de novilhas Nelore.

Variáveis e períodos de coleta	Tratamentos		EPM	P-valor		
	CON	SCOS		TRAT ¹	PER	TRAT×PER ²
Tempo de gestação, dias	295	296	0,97	0,84	.	.
Taxa de prenhez, %	58,6 (17/29)	56,7 (17/30)	-	0,88		
PC inicial, kg ³	381	381	1,84	0,98	.	.
PC -173 ± 11 dias, kg ⁴	380	381				
PC -130 ± 11 dias, kg	386	385				
PC -87 ± 11 dias, kg	389	388				
PC -29 ± 11 dias, kg	398	404	5,28	0,53	<0,001	0,62
PC 32 ± 4 dias, kg	394	396				
PC 122 ± 3 dias, kg	436	430				
PC 223 ± 11 dias, kg	398	387				
ECC -87 ± 11 dias	2,99	2,95				
ECC -29 ± 11 dias	3,11	3,34				
ECC 32 ± 4 dias	3,12	3,09	0,05	0,49	<0,001	0,12
ECC 122 ± 3 dias	3,22	3,18				
ECC 223 ± 11 dias	3,10	3,09				
Glicose -29 ± 11 dias, mg/dL	66,2	71,7	2,47	0,08	.	.
Colesterol -29 ± 11 dias, mg/dL	122	132	4,86	0,15	.	.
Triglicerídeos -29 ± 11 dias, mg/dL	35,6	36,5	1,54	0,62	.	.

CON- Controle; EMP- Erro padrão da média; TRAT- Tratamento; PER- Período. ¹Para variáveis (tempo de gestação, PC e ECC inicial, e parâmetros sanguíneos) que não foram medidas no tempo, as médias que constam na tabela são somente do tratamento. ²Para variáveis medidas no tempo, as médias que constam na tabela são referentes a interação entre TRAT×PER. ³Peso de blocagem (D -207). ⁴As avaliações do dia -173 (início da aplicação de tratamentos) até -29 foram realizadas antes do parto.

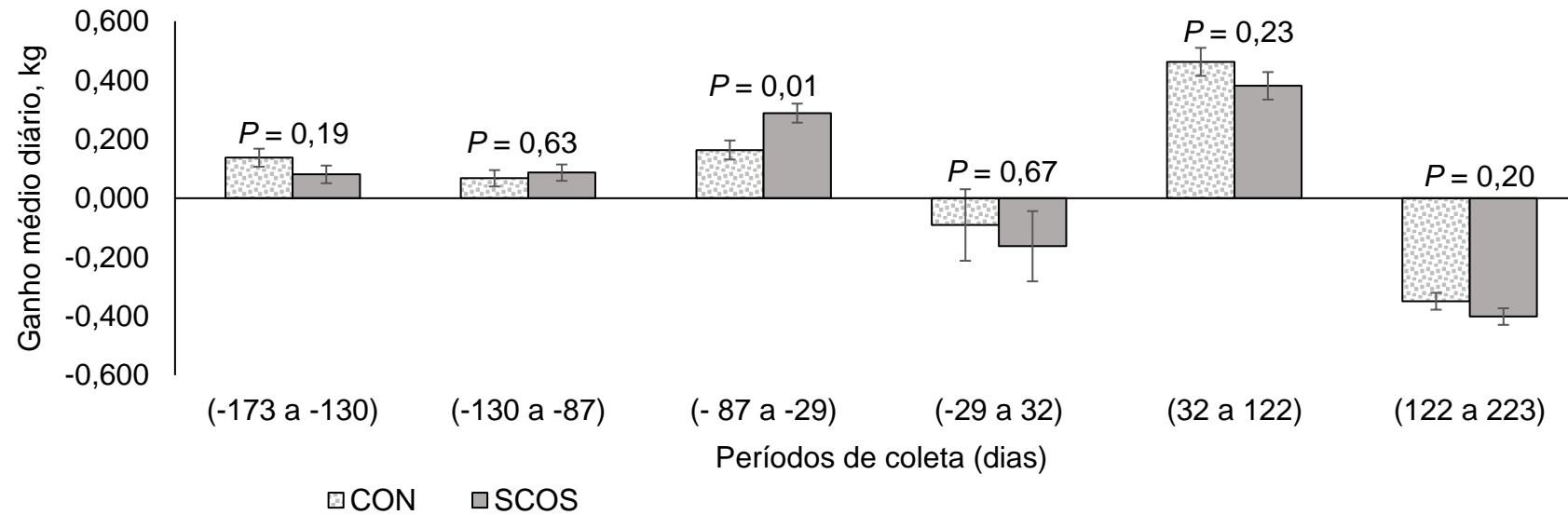


Figura 8. Efeito suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação e do período de avaliação sobre o ganho médio diário (GMD) das Novilhas Nelore.

CON – controle. P -valor do tratamento (TRAT) = 0,56; P -valor do período (PER) = <0,001; P -valor da interação TRAT×PER = 0,03.

Não houve interação ($P \geq 0,29$) entre tratamento x período e nem efeito isolado da suplementação com SCOS ($P \geq 0,80$) sobre as características de carcaça (Tabela 8). Houve efeito do período para todas as características de carcaça ($P \leq 0,03$), exceto AOL ($P = 0,12$) e AOL/100kg ($P = 0,48$). O ratio, EGS, EGS/100kgPV e picanha reduziram ao longo do período experimental. O marmoreio aumentou do D -87 ao D -29 e reduziu no D240.

Tabela 8 - Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre as características de carcaça de novilhas Nelore.

Variáveis e coleta	períodos de	Tratamentos		EPM	P-valor		
		CON	SCOS		TRAT	PER	TRATxPER
AOL -87 ± 11 dias ¹ , cm ²		53,6	53,5				
AOL -29 ± 11 dias, cm ²		54,5	55,9	1,18	0,84	0,12	0,60
AOL 240 ± 15 dias, cm ²		53,3	52,5				
AOL -87 ± 11 dias, 100 kg		13,8	13,8				
AOL -29 ± 11 dias, 100 kg		13,7	13,8	0,29	0,83	0,48	0,93
AOL 240 ± 15 dias, 100 kg		13,5	13,5				
Ratio -87 ± 11 dias		0,479	0,482				
Ratio -29 ± 11 dias		0,473	0,475	0,01	0,95	0,03	0,82
Ratio 240 ± 15 dias		0,464	0,458				
Marmoreio -87 ± 11 dias, %		2,68	2,72				
Marmoreio -29 ± 11 dias, %		3,58	3,53	0,13	0,80	<0,001	0,89
Marmoreio 240 ± 15 dias, %		3,28	3,21				
EGS -87 ± 11 dias, mm		3,65	3,77				
EGS -29 ± 11 dias, mm		3,57	3,54	0,17	0,92	<0,001	0,76
EGS 240 ± 15 dias, mm		3,06	2,93				
EGS -87 ± 11 dias, 100 kg		0,930	0,967				
EGS -29 ± 11 dias, 100 kg		0,890	0,870	0,04	0,94	<0,001	0,69
EGS 240 ± 15 dias, 100 kg		0,777	0,754				
Picanha -87 ± 11 dias, kg		5,27	5,36				
Picanha -29 ± 11 dias, kg		4,70	5,01	0,25	0,95	<0,001	0,29
Picanha 240 ± 15 dias, kg		4,45	4,00				

CON- Controle; EMP- Erro padrão da média; TRAT- Tratamento; PER- Período. AOL- Área de olho de lombo; AOL/100kg- Área de olho de lombo por 100 kg de peso vivo; Ratio- Razão entre altura e largura da área de olho de lombo; EGS- Espessura de gordura subcutânea; EGS/100kg- Espessura de gordura subcutânea por 100kg de peso vivo. ¹ As avaliações do dia - 87 (início da aplicação de tratamentos) ao -29 foram realizadas antes do parto.

Não houve interação ($P = 0,34$) entre tratamento x período sobre a produção de leite (Figura 9). A produção de leite (PROD) de novilhas que receberam

suplementação com SCOS foi 0,380 kg/dia maior ($P = 0,02$) em comparação as que não receberam SCOS. A produção de leite reduziu ($P < 0,001$) ao longo dos períodos de coleta.

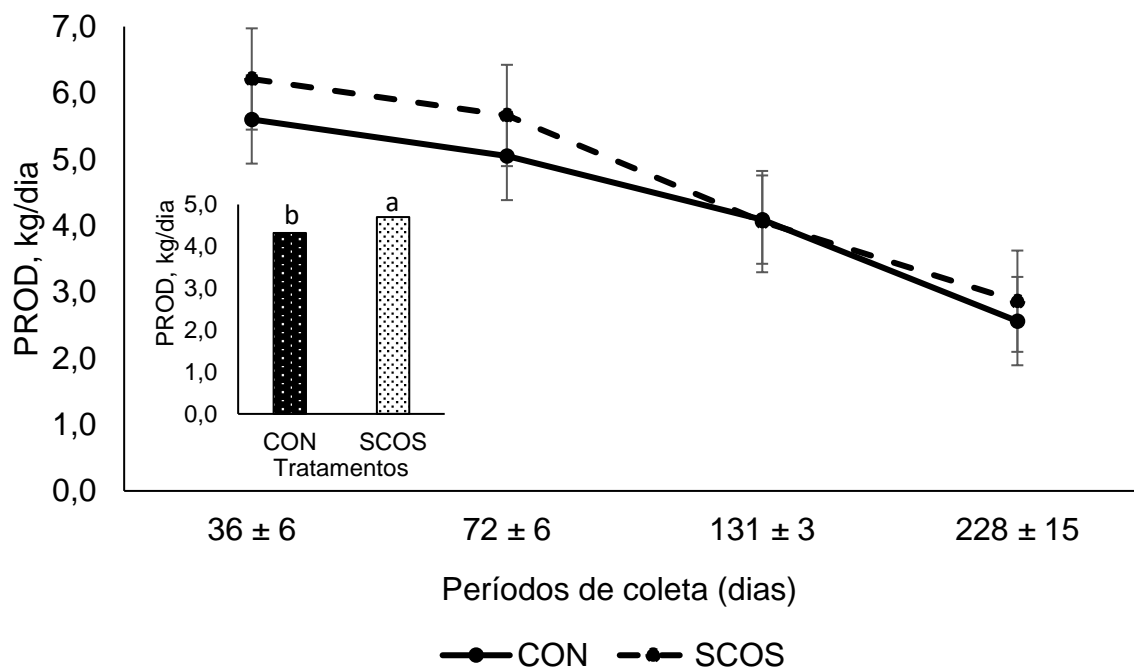


Figura 9. Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre a produção de leite (PROD) de novilhas Nelore. CON- Controle. P -valor do tratamento (TRAT) = 0,02; P -valor do período (PER) = <0,001; P -valor da interação TRAT×PER = 0,34.

Houve interação entre tratamento × sexo sobre a produção de leite ($P = 0,05$), as novilhas que tiveram bezerros machos e não receberam SCOS no suplemento produziram menos 0,708 kg/dia e 0,580 kg/dia de leite do que as mães de machos (PROD = 4,76 kg/dia; $P = 0,005$) e de fêmeas (PROD = 4,63 kg/dia; $P = 0,02$), respectivamente, que receberam suplemento com SCOS (Figura 10). Essas novilhas mães de machos e que não receberam SCOS também produziram menos ($P = 0,03$) 0,530 kg/dia de leite do que as mães de fêmeas (PROD = 4,58 kg/dia) não suplementadas com SCOS, não houve diferença do desdobramento da interação sobre a produção de leite ao comparar os outros grupos ($P \geq 0,44$).

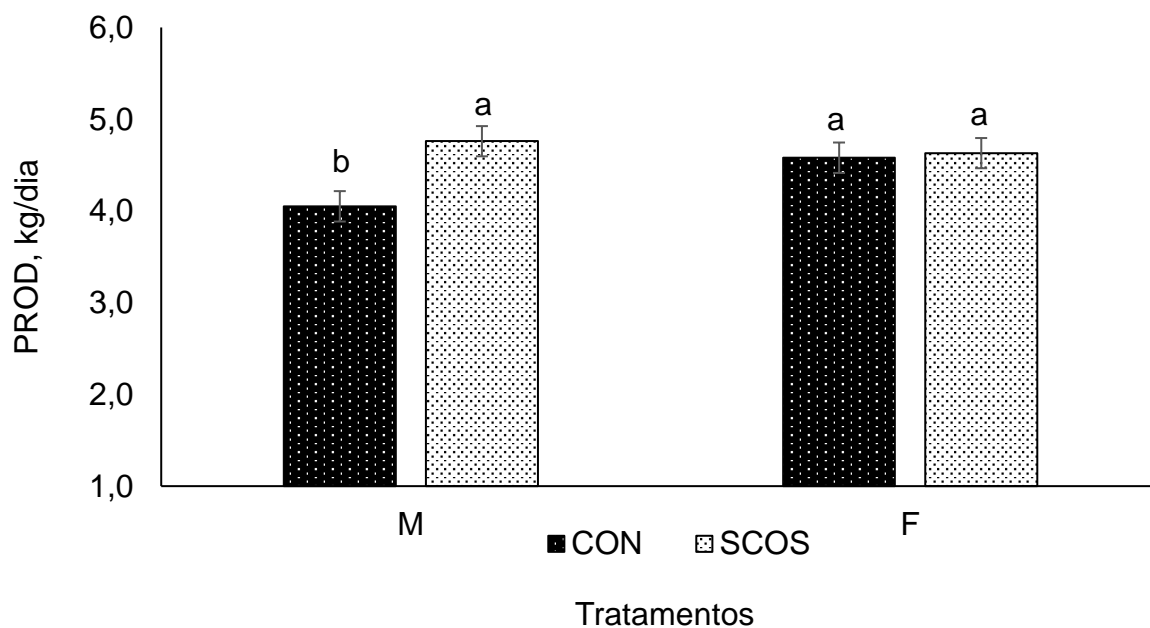


Figura 10. Efeito do sexo dos bezerros e da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre a produção de leite (PROD) das novilhas.

CON- Controle. P -valor da interação Tratamento \times Sexo = 0,05

Não houve interação ($P = 0,59$) entre tratamento \times período sobre a produção de leite corrigida para 4% de gordura (Figura 11). A produção de leite corrigida para 4% de gordura das novilhas suplementadas com SCOS foi 0,340 kg/dia maior ($P = 0,04$) do que das não suplementadas com SCOS.

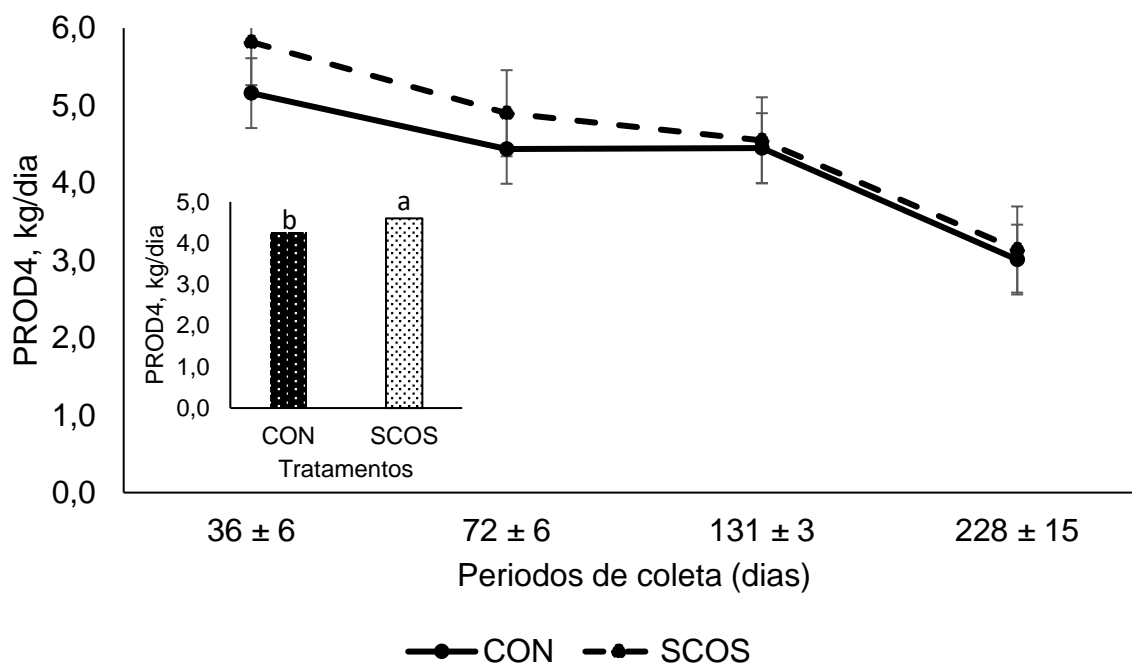


Figura 11. Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre a produção de leite corrigida para 4% de gordura (PROD4) de novilhas Nelore.

CON- Controle. P -valor do tratamento (TRAT) = 0,04; P -valor do período (PER) = <0,001; P -valor da interação TRAT×PER = 0,59.

Não houve interação ($P \geq 0,81$) entre tratamento x período e nem efeito isolado de tratamento ($P \geq 0,32$) sobre a composição química do leite (Tabela 9). Houve efeito do período para a composição do leite ($P \leq 0,01$), no qual, o teor de gordura, proteína, ST e CAS aumentaram do D36 ao D131 e reduziram no D228. O teor de lactose, ESD, PCAS aumentaram do D36 ao D72 e depois reduziram do D131 ao D228. O teor de NU reduziu do D36 ao D72 e depois voltou a subir no D131 ao D228.

Tabela 9 - Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre a composição do leite de novilhas Nelore.

Variáveis e períodos de coleta	Tratamentos		EPM	P-valor		
	CON	SCOS		TRAT	PER	TRAT×PER
GORD 36 ± 6 dias, g/100g	3,57	3,68	0,21	0,72	<0,001	0,91
GORD 72 ± 6 dias, g/100g	3,20	3,22				
GORD 131 ± 3 dias, g/100g	4,80	4,98				
GORD 228 ± 15 dias, g/100g	4,67	4,57				
PROT 36 ± 6 dias, g/100g	3,52	3,59	0,07	0,58	<0,001	0,88
PROT 72 ± 6 dias, g/100g	3,72	3,69				
PROT 131 ± 3 dias, g/100g	3,89	3,94				
PROT 228 ± 15 dias, g/100g	3,70	3,72				
LACT 36 ± 6 dias, g/100g	4,34	4,38	0,10	0,40	<0,001	1,00
LACT 72 ± 6 dias, g/100g	4,57	4,63				
LACT 131 ± 3 dias, g/100g	4,36	4,40				
LACT 228 ± 15 dias, g/100g	4,16	4,24				
ST 36 ± 6 dias, g/100g	12,6	12,8	0,23	0,47	<0,001	0,93
ST 72 ± 6 dias, g/100g	12,6	12,6				
ST 131 ± 3 dias, g/100g	14,1	14,4				
ST 228 ± 15 dias, g/100g	13,6	13,6				
ESD 36 ± 6 dias, g/100g	8,99	9,12	0,10	0,32	<0,001	0,93
ESD 72 ± 6 dias, g/100g	9,38	9,39				
ESD 131 ± 3 dias, g/100g	9,34	9,39				
ESD 228 ± 15 dias, g/100g	8,96	9,06				
NU 36 ± 6 dias, mg/dL	10,4	10,3	0,38	0,94	<0,001	0,92
NU 72 ± 6 dias, mg/dL	9,55	9,85				
NU 131 ± 3 dias, mg/dL	10,8	10,8				
NU 228 ± 15 dias, mg/dL	12,5	12,3				
CAS 36 ± 6 dias, g/100g	2,78	2,83	0,06	0,66	<0,001	0,81
CAS 72 ± 6 dias, g/100g	2,98	2,94				
CAS 131 ± 3 dias, g/100g	3,09	3,11				
CAS 228 ± 15 dias, g/100g	3,91	2,94				
PCAS 36 ± 6 dias, % proteína	78,8	79,2	0,33	0,38	0,01	0,89
PCAS 72 ± 6 dias, % proteína	79,9	79,9				
PCAS 131 ± 3 dias, % proteína	79,6	79,7				
PCAS 228 ± 15 dias, % proteína	78,7	79,1				

CON- Controle; EMP- Erro padrão da média; TRAT- Tratamento; PER- Período. GOR- Teor de gordura; PROT- Teor de proteína; LACT- Teor de lactose; ST- Teor de sólidos totais; ESD- Teor de extrato seco desengordurado; CCS- Contagem de células somáticas; NU- Teor de nitrogênio ureico; CAS- Análise de caseína; PCAS- % de caseína em relação a proteína total.

A suplementação com SCOS durante o terço médio e final da gestação de novilhas não afetou ($P \geq 0,18$) o diâmetro da artéria uterina, índice resistivo, velocidade média e volume do fluxo sanguíneo (Tabela 10).

Tabela 10 - Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação sobre perfusão sanguínea uterina das novilhas Nelore.

Variáveis	Tratamentos		EPM	P-valor
	CON	SCOS		
Diâmetro da artéria, mm				
IPSI	9,78	9,58	0,48	0,74
Contra	6,04	6,44	0,41	0,86
Índice resistivo				
IPSI	0,457	0,449	0,03	0,83
Contra	0,551	0,540	0,04	0,83
Velocidade média, cm/s				
IPSI	176	148	19,1	0,30
Contra	121	75,0	23,7	0,18
Volume do fluxo, L/min				
IPSI	28,4	20,8	4,32	0,22
Contra	5,46	5,47	1,64	1,00

CON- Controle; EMP- Erro padrão da média.

Não houve interação entre o tratamento \times período ($P = 0,54$) sobre o PC dos bezerros (Tabela 11). Os bezerros filhos de novilhas que receberam suplemento com SCOS foram 3,4 kg mais pesados ($P = 0,01$) do que os bezerros filhos de mães não suplementadas com SCOS. O peso dos bezerros aumentou ao longo do período experimental ($P < 0,001$). Não houve interação entre o tratamento \times período ($P = 0,26$) e nem efeito isolado de tratamento ($P = 0,37$) sobre o GMD dos bezerros. Houve efeito do período ($P < 0,001$) sobre o GMD dos bezerros, no qual, o GMD aumentou do D0 (nascimento) ao D120 e diminuiu do D120 ao D210. Não houve efeito da suplementação com SCOS ($P \geq 0,08$) para as características de carcaça avaliadas. Houve tendência ($P = 0,08$) para a AOL, sendo 2,20 cm² maior nos bezerros filhos de novilhas que receberam suplementação com SCOS (Tabela 11).

Tabela 11 - Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação de novilhas Nelore sobre o desempenho e características de carcaça da prole.

Variáveis e períodos de coleta	Tratamentos		EPM	TRAT ¹	P-valor	
	CON	SCOS			PER	TRATxPER ²
PC 0 dias, kg ³	30,8	32,1				
PC 30 dias, kg	53,1	55,0	1,68	0,01	< 0,001	0,54
PC 120 dias, kg	125	131				
PC 210 dias, kg	175	180				
GMD (0 - 30), kg/dia	0,751	0,769				
GMD (30-120), kg/dia	0,806	0,859	0,03	0,37	< 0,001	0,26
GMD (120-210), kg/dia	0,561	0,546				
AOL 240 ± 15 dias, cm ²	39,7	41,9	0,96	0,08	.	.
AOL 240 ± 15 dias, 100 kg	20,8	21,5	0,42	0,20	.	.
Ratio 240 ± 15 dias	0,457	0,461	0,01	0,67	.	.
Marmoreio 240 ± 15 dias, %	2,25	2,25	0,11	0,97	.	.
EGS 240 ± 15 dias, mm	2,09	2,12	0,06	0,61	.	.
EGS 240 ± 15 dias, 100 kg	1,10	1,10	0,04	0,90	.	.
Picanha 240 ± 15 dias, kg	3,59	3,72	0,11	0,38	.	.

CON- Controle; EMP- Erro padrão da média; TRAT- Tratamento; PER- Período. ¹Para variáveis (PC desmame e características de carcaça) que não foram medidas no tempo, as médias que constam na tabela são somente do tratamento. ²Para variáveis medidas no tempo, as médias que constam na tabela são referentes a interação entre TRAT x PER. ³O peso de 0 dias é referente ao nascimento.

Não houve interação entre o tratamento x período ($P = 0,97$) sobre a concentração de glicose no plasma sanguíneo dos bezerros (Tabela 12). Houve tendência ($P = 0,08$) para a concentração de glicose, sendo 5,09 mg/dL maior em bezerros filhos de novilhas que receberam SCOS no suplemento. A concentração de glicose diminuiu ao longo do período experimental ($P < 0,001$).

Não houve interação entre o tratamento x período ($P = 0,16$) sobre a concentração de colesterol no plasma sanguíneo (Tabela 12). A concentração de colesterol no plasma sanguíneo foi 9,39 mg/dL maior ($P = 0,05$) em bezerros filhos de novilhas que foram suplementadas com SCOS do que nas proles das mães não suplementadas com SCOS. A concentração de colesterol aumentou ao longo do período experimental ($P < 0,001$).

Houve tendência a ter interação entre tratamento x período ($P = 0,10$) sobre a concentração de triglicerídeos (Tabela 12), porém no desdobramento das interações não se observou efeito entre os tratamentos dentro do mesmo período de avaliação

($P \geq 0,19$). Não houve efeito isolado de tratamento ($P = 0,35$). A concentração de triglicerídeos reduziu ao longo do período experimental ($P < 0,001$).

Houve interação entre o tratamento x sexo ($P = 0,04$) sobre a concentração de colesterol no plasma sanguíneo, bezerros machos proles de novilhas suplementadas com SCOS apresentaram 20,3 mg/dL a mais de colesterol no plasma sanguíneo do que os filhos machos de mães não suplementadas ($P = 0,005$; Figura 12). As fêmeas filhas de mães que foram suplementadas ou não com SCOS apresentaram 14,2 mg/dL ($P = 0,05$) e 15,7 mg/dL ($P = 0,04$), respectivamente, a mais de colesterol que os bezerros machos proles de novilhas não suplementadas. Não houve diferença do desdobramento da interação sobre o colesterol ao comparar os outros grupos ($P \geq 0,42$).

Tabela 12- Efeito da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação de novilhas Nelore sobre os parâmetros sanguíneos da prole.

Variáveis e períodos de coleta	Tratamentos		EPM	TRAT	P-valor	
	CON	SCOS			PER	TRATxPER
Glicose 32 ± 4 dias, mg/dL	117	123	3,42	0,08	<0,001	0,97
Glicose 122 ± 4 dias, mg/dL	105	111				
Glicose 223 ± 4 dias, mg/dL	93,0	97,3				
Colesterol 32 ± 4 dias, mg/dL	94,9	112	5,93	0,05	<0,001	0,22
Colesterol 122 ± 4 dias, mg/dL	173	185				
Colesterol 223 ± 4 dias, mg/dL	190	189				
Triglicerídeos 32 ± 4 dias, mg/dL	40,6	48,8	3,14	0,35	<0,001	0,10
Triglicerídeos 122 ± 4 dias, mg/dL	44,1	39,5				
Triglicerídeos 223 ± 4 dias, mg/dL	25,7	29,5				

CON- Controle; EMP- Erro padrão da média; TRAT- Tratamento; PER- Período.

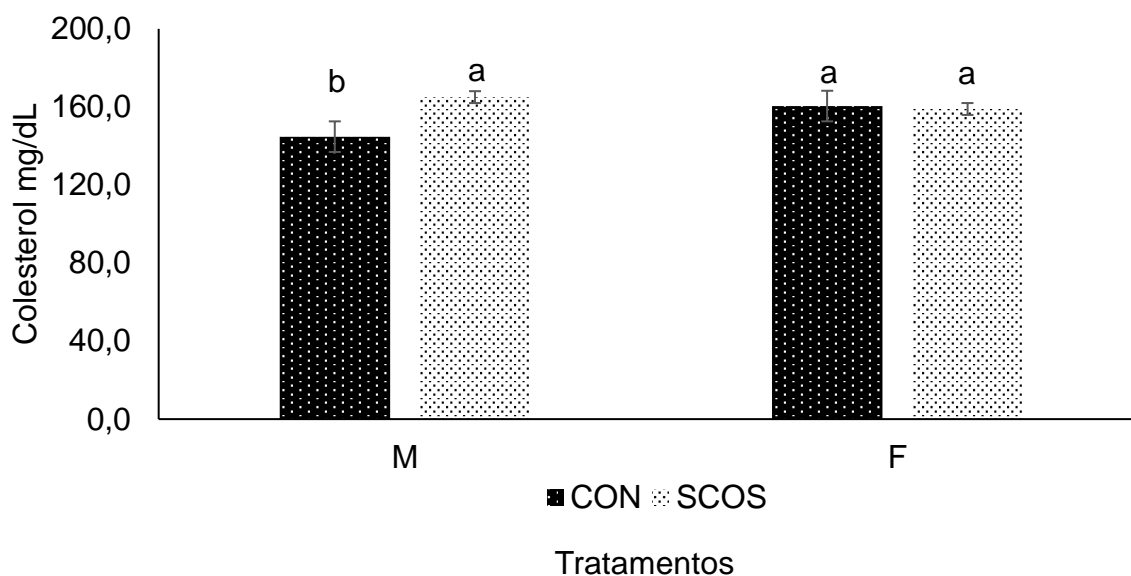


Figura 12 – Efeito do sexo dos bezerros e da suplementação com sais de cálcio de óleo de soja (SCOS) nos terços médio e final da gestação de novilhas Nelore sobre a concentração de colesterol no plasma sanguíneo da prole. CON- Controle. *P*-valor da interação Tratamento × Sexo = 0,04.

5. DISCUSSÃO

Os resultados para o peso corporal, escore de condição corporal e características de carcaça das novilhas estão dentro do esperado, uma vez que não prevíamos um efeito significativo nessas variáveis devido os tratamentos dietéticos aplicados durante a gestação. Outras pesquisas com vacas de corte gestantes recebendo suplemento contendo SCOS também relataram efeitos semelhantes de peso corporal e escore de condição corporal (Marques et al., 2017; Brandão et al., 2020; Shao et al., 2023). Em nosso estudo, na maior parte das vezes, a disponibilidade de forragem não foi um fator limitante para as novilhas. Durante o experimento, para ambos os tratamentos, o pasto apresentou em média 6584 kg MS/ha e 13,1 kg MS/kg PV de massa e oferta de forragem, respectivamente (Tabela 5), o que também contribuiu para a ausência de efeito no desempenho das matrizes. O suplemento com SCOS proporcionou uma ingestão 0,80 kg/dia de NDT, enquanto o suplemento sem SCOS forneceu 0,72 kg/dia de NDT, essa diferença de 0,08 kg/dia de NDT advindas

do tratamento com SCOS não foi suficiente ao ponto de alterar o desempenho das matrizes. De acordo com Valadares filho et al. (2023), a exigência das novilhas para NDT foram de 4,07 kg/dia. Desta forma, a suplementação com SCOS representa apenas 1,97% a mais das exigências de NDT das novilhas em comparação ao tratamento controle, o que possivelmente não foi suficiente para alterar o desempenho das matrizes (Tabela 7). Além disso, as matrizes foram mantidas como um único grupo do parto ao desmame, onde receberam o mesmo manejo alimentar. Portanto, como a principal diferença entre os tratamentos dietéticos é o perfil de ácidos graxos, temos como hipótese que a suplementação com SCOS altera o metabolismo da matriz, o que aumenta o aporte de nutrientes para o feto, e conseqüentemente influencia positivamente o desempenho da prole.

O maior ganho médio diário no final da gestação (D -87 a D -29) das novilhas que receberam suplemento com SCOS, é em função dos seus bezerros serem mais pesados ao nascimento (Tabela 11). E o fato dos bezerros filhos das matrizes que receberam suplemento com SCOS serem mais pesados pode estar relacionado com a maior concentração de glicose no plasma sanguíneo das novilhas aos 29 dias antes do parto (Tabela 7). No terço final gestacional, a demanda de energia fetal corresponde a 30-40% de glicose devido ao máximo crescimento do feto (Bell e Ehrhardt, 2000). A concentração de glicose pode ter aumentado no plasma sanguíneo da matriz devido a modificações metabólicas para atender as necessidades fetais. Essas alterações metabólicas para suprir as necessidades de glicose e aminoácidos do feto envolve tanto mudanças no metabolismo de carboidratos e proteínas, como no lipídico (Bell, 1995). O aumento de fontes lipídicas do metabolismo materno serve para poupar a utilização glicose nos próprios tecidos, direcionando-a para o feto, levando os tecidos maternos a dependerem dos ácidos graxos não esterificados para o metabolismo oxidativo (Bell, 1995). Vale mencionar, que o transporte de ácido graxos de cadeia curta e longa pode ser limitado na placenta (Bell, 1995), o que poderia influenciar na entrega desse substrato para o feto. Desta forma, os ácidos graxos, provenientes da suplementação com SCOS, podem ter sido utilizados prioritariamente pelos tecidos maternos como fonte de energia, poupando glicose para o feto. Os ácidos graxos poli-insaturados funcionam como particionadores de energia, direcionando a glicose para armazenamento do glicogênio e os ácidos graxos para

oxidação, e não mais para a síntese e assimilação dos triglicerídeos (Clarke, 2000). O principal mecanismo de produção de glicose para os tecidos é a gliconeogênese hepática, e essa aumenta em função do avanço gestacional, o que também pode justificar os níveis mais altos de glicose no plasma das matrizes. Assim, esse possível maior aporte de glicose para o feto pode ter contribuído para aumentar a hipertrofia das fibras musculares e massa muscular, o que influenciou positivamente o peso corporal dos bezerros. Estudos adicionais são necessários para investigar os efeitos da suplementação materna com SCOS no metabolismo da glicose.

A maior ingestão de leite dos bezerros filhos de matrizes suplementadas com SCOS, contribuiu para essas progênes serem 3,4 kg mais pesadas (Tabela 11), visto que, suas mães produziram mais leite (Figura 9 e 11). Segundo Moriel et al., (2021) um dos entraves em estudos com programação fetal é distinguir os efeitos entre a nutrição materna e a produção de leite para explicar o melhor desempenho dos bezerros antes do desmame. Ricks et al. (2020) relataram maior peso corporal em bezerros filhos de vacas que receberam sais de cálcio essencial durante a gestação, esse efeito foi associado as possíveis melhoria da produção de leite pela suplementação com gordura protegida, entretanto essa variável não foi medida no estudo. De acordo com Jolazadeh et al. (2018), a suplementação de vacas de leite com ácidos graxos poli-insaturados (140 g/vaca/dia), independentemente da família de ômega, nas últimas 3 semanas pré-parto melhorou a produção leite em 2,70 kg/dia durante toda a lactação (300 dias) em comparação as vacas não suplementadas. Esses achados demonstram que pode ocorrer efeito residual da suplementação com ácidos graxos poli-insaturados durante toda a lactação subsequente. Em contraste, Coleman et al. (2018) relataram que a suplementação com 7,82 g/dia de ácido graxo ômega-3 durante o final da gestação em ovelhas, não resultou em efeitos residuais na produção de leite. Esses autores discutem que são necessários estudos que investiguem os efeitos residuais sobre a produção de leite quando doses mais altas e outras fontes de gorduras são suplementadas no pré-parto. Shao et al. (2021), relataram que a suplementação com ácidos graxos poli-insaturados (ômega-3 e 6; 160 g/vaca/dia) durante os últimos 77 dias pré-parto não altera a produção de leite. Assim os efeitos da suplementação de ácidos graxos poli-insaturados durante a gestação sobre a produção de leite subsequente apresentam respostas variadas. A

suplementação com SCOS pode aumentar o fornecimento de ácidos graxos pré-formados, o que pode levar a uma maior produção de leite. Isso possibilita maior aproveitamento dos ácidos graxos de cadeia longa pela glândula mamária, liberando mais glicose para células produtoras de leite (Nornberg et al., 2006). A glicose influencia indiretamente a síntese de ácidos graxos de cadeias curta e média, por fornecer agentes redutores de NADPH através do ciclo das pentoses (Palmquist e Jenkins, 1980). Assim, possivelmente a glicose não necessária para gerar equivalentes redutores possa ser desviada para outros processos sintéticos do leite. Além disso, em nosso estudo a maior concentração de glicose no plasma sanguíneo das matrizes que receberam SCOS no suplemento (Tabela 7) pode ter favorecido uma maior captação desse substrato pela glândula mamária, favorecendo a síntese do leite.

Ressaltamos, que embora a expressão de gênica não tenha sido avaliada, outra possível explicação para o melhor desempenho dos bezerros até o desmame pode ser devido à modulação de genes relacionados a miogênese e adipogênese em função do aporte de ácido graxo poli-insaturado ao feto (Brandão et al., 2020). A diferença de 1,30 kg no peso ao nascimento (Tabela 11) dos bezerros filhos de novilhas que receberam SCOS na gestação pode ser um indicativo de que houve modulação gênica. Mesmo com o transporte limitado de ácidos graxos não esterificados (Bell, 1995), esses são entregues ao feto via placenta (Marques et al., 2017; Brandão et al., 2020). A suplementação das novilhas iniciou a partir 4° mês gestacional, período que coincide com a segunda miogênese, momento que representa a formação da maioria das fibras musculares. Durante a miogênese, as células satélites também são formadas, essas são células progenitoras que não se diferenciaram e permaneceram ao redor das fibras musculares. A hipertrofia das fibras musculares após o nascimento acontece a partir da proliferação e fusão das células satélites com as fibras musculares existentes (Kuang et al., 2007). De acordo com Brandão et al. (2020), o maior suprimento de ômega-6 para o feto resulta em maior expressão de RNAm de diferenciação miogênica e miogenina, genes relacionados à diferenciação de células satélites em fibras musculares, o que contribui para a hipertrofia pós-natal das fibras musculares. Assim, a suplementação com SCOS a

partir do terço médio gestacional pode ter modulado genes relacionados tanto à hiperplasia quanto à hipertrofia das fibras musculares.

No 4º mês gestacional também se inicia a adipogênese, responsável pela formação das células de gordura, esse processo não é limitado somente ao período fetal, porém o aumento no número de células é reduzido com o tempo (Du et al., 2013). Desta forma, o período fetal é crucial para aumentar o grau de marmoreio da carcaça, pois se estima que o desenvolvimento da gordura intramuscular (hiperplasia) ocorra no final da gestação e até por volta dos 250 dias de idade após o nascimento dos bezerros (Costa et al., 2021). Brandão et al. (2020), relataram que o maior aporte de ômega-6 para o feto resultou na maior expressão de genes ácido graxo de adipócitos (FABP4) e esteroil-CoA dessaturase (SCD) dentro da via do receptor ativado por proliferador de peroxissomos gama (PPAR γ) lipogênica no nascimento. O PPAR γ regula a expressão de vários genes que codificam proteínas envolvidas na diferenciação de adipócitos (Ladeira et al., 2018). Esses achados na literatura demonstram o papel dos ácidos graxos poli-insaturados em modular a expressão de genes relacionados à miogênese e adipogênese no músculo e reforçam nossa especulação de que o melhor desempenho dos bezerros no desmame tenha sido em função desses efeitos. Entretanto, mesmo com diferenças observadas na expressão de RNAm de genes no músculo *longissimus*, Brandão et al. (2020) não encontraram efeito no peso corporal dos bezerros do nascimento até o pré-condicionamento. Esses autores relataram que o melhor desempenho das proles de vacas suplementadas no terço final de gestação com ômega-6 foi observado somente no confinamento (ganho médio diário, peso corporal e de carcaça). Marques et al. (2017), também relataram que ao suplementar vacas com ômega-3 e ômega-6 encontraram melhoras no desempenho da prole somente no confinamento, sendo observado maior peso corporal, maior ganho médio diária, e aumento do peso de carcaça quente, marmoreio e área de olho de lombo. Marques et al. (2017) especularam que essa melhora no desempenho tenha sido em função do maior acúmulo de ácidos graxos poli-insaturados nos tecidos fetais. Os autores explicam que o ácido graxo n-3 pode ter regulado positivamente a expressão de genes associados ao desenvolvimento muscular, enquanto o ácido graxo n-6 possivelmente teve efeitos adipogênicos por aumentar a expressão do PPAR γ nos tecidos musculares.

As pesquisas anteriormente relatadas, não observaram efeito ao desmame (Brandão et al., 2020; Marques et al., 2017), porém nesses estudos a suplementação com ácidos graxos poli-insaturados foi iniciada no terço final da gestação, o que contribuiu mais para a hipertrofia das células musculares e deposição de gordura. Entretanto, em nosso estudo os efeitos sobre o desempenho da progênie foram observados do nascimento ao desmame, possivelmente por termos iniciado a suplementação no terço médio de gestação. Isso pode ter contribuído para o desenvolvimento do maior número de fibras musculares influenciando diretamente na massa muscular do animal, potencializando os efeitos da nutrição materna na prole.

6. CONCLUSÃO

A suplementação com SCOS durante o terço médio e final da gestação de novilhas Nelore não altera o peso, escore corporal, taxa de prenhez das matrizes até o desmame dos bezerros, mas aumenta a concentração de glicose no plasma sanguíneo e a produção de leite. A suplementação materna com SCOS altera o peso corporal dos bezerros do nascimento até o desmame, sugerindo efeitos programação fetal.

7. REFERÊNCIAS

Ayres H, Ferreira RM, Torres-Júnior JRS, Demétrio CGB, Lima CG, Baruselli P S (2009) Validation of body condition score as a predictor of subcutaneous fat in Nelore (*Bos indicus*) cows. **Livestock Science** 123:175–179.

AOAC. Official methods of analysis (2006) Association of Official Analytical Chemist: Gaithersburgs, MD.

Barbero RP, Malheiros EB, Aguiar NM, Romanzini EP, Ferrari AC, Nave RLG, Mullinks JT, Reis RA (2020) Supplementation level increasing dry matter intake of beef cattle grazing low herbage height. **Journal of Applied Animal Research** 48:28–33.

Barcellos JOJ, Pereira GR, Dias EA, McManus C, Canellas L, Bernardi ML, Tarouco A, Prates ER (2014) Higher feeding diets effects on age and liveweight gain at puberty in crossbred Nelore × Hereford heifers. **Tropical Animal Health and Production** 46:953-960.

Bauman DE, Currie WB (1980) Partitioning of nutrientes during pregnancy and lactation: A review of mechanisms involving homeostasis and homeorhesis. **Journal of Dairy Science** 63:1514-1529.

Bauman DE, Perfield II JW, Veth MJ, Lock AL (2003) New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. **Proceeding of Cornell Nutrition Conference**, p. 175-189.

Beam TM, Jenkins TC, Moate P J, Kohn RA, Palmquist DL (2000) Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation of fatty acids in ruminal contents. **Journal Dairy Science** 83:2564-2573.

Behan AA, Loh TC, Fakurazi S, Kaka U, Kaka A, Samsudin AA (2019) Effects of supplementation of rumen protected fats on rumen ecology and digestibility of nutrients in sheep. **Animals** 9:400.

Bell AW (1995) Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. **Journal Animal Science** 73:2804-19.

Bell AW, Ehrhardt RA (2000) Regulation of macronutrient partitioning between maternal and conceptus tissues in the pregnant ruminant. In.: **Ruminant physiology: Digestion, metabolism, growth and reproduction**, p. 275-293.

Bionaz M, Chen S, Khan MJ, Looor JJ. (2013) Functional role of PPARs in ruminants: potential targets for fine-tuning metabolism during growth and lactation. **PPAR Research** 2013:684159.

Bionaz M, Vargas-Bello-Pérez E, Busato S (2020) Advances in fatty acids nutrition in dairy cows: from gut to cells and effects on performance. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 11:110.

Brandão AP, Cooke RF, Schubach KM, Rett B, Souza OA, Schachtschneider CL, Perry GA, Arispe SA, Jump DB, Pohler KG, Bohnert DW, Marques RS (2020) Supplementing Ca salts of soybean oil to late-gestating beef cows: Impacts on performance and physiological responses of the offspring. **Journal of Animal Science** 98:skaa247.

Clarke SD (2000) Polyunsaturated fatty acid regulation of gene transcription: a mechanism to improve energy balance and insulin resistance. **British Journal of Nutrition** Suppl 1:S59-66.

Coleman DN, Rivera-Acevedo KC, Relling AE (2018) Prepartum fatty acid supplementation in sheep I. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid

supplementation do not modify ewe and lamb metabolic status and performance through weaning. **Journal Animal Science** 96:364-374.

Cook EK, Garcia-Ascolani ME, Ricks RE, Duckett SK, Lamb GC, DiLorenzo N, Long NM. The effect of frequency of supplementing rumen-protected unsaturated fatty acids on blood serum fatty acid profiles in beef heifers and lactating cows. **Journal Animal Science** 95:2977-2985.

Costa TC, Gionbelli MP, Duarte MS (2021) Fetal programming in ruminant animals: understanding the skeletal muscle development to improve meat quality. **Animal Frontiers** 11:66-73.

Demeyer D, Doreau M (1999) Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society** 58:593-607.

Diskin MG, Kenny DA (2014) Optimising reproductive performance of beef cows and replacement heifers. **Animal** 8:27-39.

Doreau M, Ferlay A (1994) Digestion and utilization of fatty-acids by ruminants. **Animal Feed Science and Technology** 45:379-396.

Duarte MS, Gionbelli MP, Paulino PV, Serão NV, Nascimento CS, Botelho ME, Martins TS, Filho SC, Dodson MV, Guimarães SE, 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.

Du M, Tong J, Zhao J, Underwood KR, Zhu M, Ford SP, Nathanielsz PW (2010) Fetal programming of skeletal muscle development in ruminant animals. **Journal of Animal Science** 88: E51–E60.

DU M, HUANG Y, DAS A (2013) Manipulating mesenchymal progenitor cell differentiation to optimize performance and carcass value of beef cattle. **Journal of Animal Science** 91:1419–1427.

Du M, Ford SP, Zhu MJ (2017) Optimizing livestock production efficiency through maternal nutritional management and fetal developmental programming. **Animal Frontiers** 7:5-11.

Dunlap KA, Brown JD, Keith AB, Satterfield MC (2015) Factors controlling nutrient availability to the developing fetus in ruminants. **Journal Animal Science and Biotechnology**. 6:16.

Duttaroy AK (2009) Transport of fatty acids across the human placenta: A review. **Progress in Lipid Research** 48:52–61.

Ferrell CL, Garrett WN, Hinman N, Grichting G. Energy utilization by pregnant and non-pregnant heifers (1976) **Journal of Animal Science** 42:937-50.

Fontes CAA, Oliveira VC, Siqueira JG, Fernandes AM, Sant'ana NF, Melo TV (2008) Eficiência na utilização da energia alimentar para a produção de bezerros em vacas Nelore e mestiças. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37:1950-1959.

Fontes PLP, Oosthuizen N, Ciriaco FM, Sanford CD, Canal LB, Pohler KG, Henry DD, Mercadante VRG, Timlin CL, Ealy AD, Johnson SE, DiLorenzo N, Lamb GC (2019) Impact of fetal vs. maternal contributions of *Bos indicus* and *Bos taurus* genetics on embryonic and fetal development. **Journal of Animal Science** 97:1645-1655.

Funston RN, Larson DM, Vonnahme KA (2010) Effects of maternal nutrition on conceptus growth and offspring performance: implications for beef cattle production. **Journal of Animal Science** 88:E205-215.

Gil-Sánchez A, Koletzko B, Larqué E (2012) Current understanding of placental fatty acid transport. **Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care** 15:265-72.

Ginther OJ. (2007) *Ultrasonic Imaging and Animal Reproduction: Color-Doppler Ultrasonography*. Cross. Plains, WI: Equiservices Publishing, 258p

Gionbelli MP, Duarte MS, Valadares Filho SC, Detmann E, Chizzotti ML, Rodrigues FC, Zanetti D, Gionbelli TRS, Machado MG (2015) Achieving body weight adjustments for feeding status and pregnant or non-pregnant condition in beef cows. **Plos One** 10:1–19.

Gionbelli MP, Valadares Filho SC, Duarte MS (2023) Exigências nutricionais para vacas de corte vazias e gestantes. In: Valadares Filho SC. **Exigências Nutricionais de Zebuínos Puros e Cruzados – BR CORTE**. 4d

Goering HK, Van Soest PJ (1970) *Forage fiber analysis (Apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Washington, DC: USDA

Goessling W, North TE, Loewer S, Lord AM, Lee S, Stoick-Cooper CL, Weidinger G, Puder M, Daley GQ, Moon RT, Zon LI (2009) Genetic interaction of PGE2 and Wnt signaling regulates developmental specification of stem cells and regeneration. **Cell** 136:1136-1147.

González-Recio O, Toro MA, Bach A (2015). Past, present, and future of epigenetics applied to livestock breeding. **Frontiers in Genetics** 6:1–5.

Haggarty P (2010) Fatty acid supply to the human fetus. **Annual Review of Nutrition** 30:237-55.

Hammond J (1947) Animal breeding in relation to nutrition and environmental conditions. **Biological Reviews** 22:195-213.

Hanebutt FL, Demmelmair H, Schiessl B, Larqué E, Koletzko B (2008) Long-chain polyunsaturated fatty acid (LC-PUFA) transfer across the placenta. **Clinical Nutrition** 27:685-93.

Harfoot CG, Hazlewood GP (1997) Lipid metabolism in the rumen. In.: Hobson PN, Stewart CS (Eds.) **The Rumen Microbial Ecosystem**, p. 382-426.

Herrera E, Ortega-Senovilla H (2023) Dietary Implications of Polyunsaturated Fatty Acids during Pregnancy and in Neonates. **Life** 13:1656.

Hess BW, Moss GE, Rule DC (2008) A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal Animal Science**. 86:E188-204.

Hood RL, Allen CE. (1973) Cellularity of bovine adipose tissue. **Journal of Lipid Research** 14:605-10.

Jenkins TC, Palmquist DL (1984) Effect of Fatty Acids or Calcium Soaps on Rumen and Total Nutrient Digestibility of Dairy Rations. **Journal of Dairy Science** 67:978-986.

Jenkins TC (2002) Fats and Protected Fats FEED. In.: Roginski H (Eds.) **Supplements |Encyclopedia of Dairy Sciences**, Elsevier, p.997-1003.

Jolazadeh AR, Mohammadabadi T, Dehghan-banadaky M, Chaji M, Garcia M (2018) Effect of supplementing calcium salts of n-3 and n-6 fatty acid to pregnant nonlactating cows on colostrum composition, milk yield, and reproductive performance of dairy cows. **Animal Feed Science and Technology** 247:127-140.

Kemp P, Lander D J (1984) Hydrogenation in vitro of D-linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. **Journal of General Microbiology** 130:527-533.

Kuang S, Kuroda K, Le Grand F, Rudnicki MA (2007) Asymmetric self-renewal and commitment of satellite stem cells in muscle. **Cell** 129:999-1010.

Ladeira MM, Schoonmaker JP, Gionbelli MP, Dias JC, Gionbelli TR, Carvalho JR, Teixeira PD (2016) Nutrigenomics and beef quality: a review about lipogenesis. **International Journal of Molecular Sciences**, 17:918.

Ladeira MM, Schoonmaker JP, Swanson KC, Duckett SK, Gionbelli MP, Rodrigues LM, Teixeira PD (2018) Review: Nutrigenomics of marbling and fatty acid profile in ruminant meat. **Animal** 12:s282-s294.

Lanier JS, Corl BA (2015) Challenges in enriching milk fat with polyunsaturated fatty acids. **Journal Animal Science Biotechnology** 6:26.

Larson RL (2007) Heifer development: reproduction and nutrition. **The Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, 23: 53–68.

Linden DR, Titgemeyer EC, Olson KC, Anderson DE (2014) Effects of gestation and lactation on forage intake, digestion, and passage rates of primiparous beef heifers and multiparous beef. **Journal Animal Science** 92:2141–2151.

Lobato JFP, Menegaz AL, Pereira ACG (2010) Pre- and post-calving forage systems and reproductive performance of primiparous cows. **Revista Brasileira de Zootecnia** 39: 2081-2090.

Lopes SA, Ferreira MF, Silva LF, Prados LF, Rodrigues II, Rennó LN, Siqueira GR, Filho SD (2022) Evaluation of nonlinear models to predict milk yield and composition of beef cows: a meta-analysis. **Animal Feed Science and Technology** 294:115455

Lopes RC, Sampaio CB, Trece AS, Teixeira PD, Gionbelli TRS, Santos LR, Costa TC, Duarte MS, Gionbelli MP (2020) Impacts of protein supplementation during late gestation of beef cows on maternal skeletal muscle and liver tissues metabolism. **Animal**. 14:1867-1875.

Marques RS, Cooke RF, Rodrigues MC, Brandão AP, Schubach KM, Lippolis KD, Moriel P, Perry GA, Lock A, Bohnert DW (2017) Effects of supplementing calcium salts of polyunsaturated fatty acids to late-gestating beef cows on performance and physiological responses of the offspring. **Journal of Animal Science** 95:5347-5357.

Mercadante P, Waters KM, Mercadante VRG, Lamb GC, Elzo M, Johnson SE, Era DO, Yelich JV, Ealy A (2013) Subspecies differences in early fetal development and plasma pregnancy-associated glycoprotein concentrations in cattle. **Journal of Animal Science** 91:3693-3701.

Moriel P, Palmer EA, Harvey KM and Cooke RF (2021) Improving Beef Progeny Performance Through Developmental Programming. **Frontiers in Animal Science** 2:728635.

Moura FH, Costa TC, Trece AS, Melo LP, Manso MR, Paulino MF, Rennó LN, Fonseca MA, Detmann E, Gionbelli MP, Duarte MS (2020) Effects of energy-protein supplementation frequency on performance of primiparous grazing beef cows during pre and postpartum. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences** 33:1430-1443.

Nörnberg JL, López J, Júnior WS, Costa P, Júnior JS (2006) Desempenho de vacas Jersey suplementadas com diferentes fontes lipídicas na fase inicial da lactação. **Revista Brasileira de Zootecnia** 35:1431-1438.

NRC - National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle 7.ed. National Academic Press. Washington, D.C., 2001.

O'rourke PK, Entwistle KW, Arman C, Esdale CR, Burns BM (1991) Fetal development and gestational changes in *Bos taurus* and *Bos indicus* genotypes in the tropics. **Theriogenology** 36:839–853.

Palmquist DL, Jenkins TC (1980) Fat in lactation rations: review. **Journal Dairy Science** 63:1-14.

Palmquist DL, Mattos WRS (2006) Metabolismo lipídico. In.: Berchielli TT, Pires AV, Oliveira SG (Eds.) **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, p. 287-309.

Palmquist DL (2009) Omega-3 Fatty Acids in Metabolism, Health, and Nutrition and for Modified Animal Product Foods. **The Professional Animal Scientist** 25:207–249.

Palmquist DL (2010) Essential fatty acids in ruminant diets. In.: **Proceedings of the 21nd Annual Ruminant Nutrition Symposium**, p. 127-141.

Paulino PVR, Duarte MS (2014) Brazilian beef production. In.: Cottle D, Lewis K (Eds.) **Beef cattle production and trade**. Clayton, Australia: CSIRO Publisher, p.584.

Regnault TR, Friedman JE, Wilkening RB, Anthony RV, Hay WW Jr (2005) Fetoplacental transport and utilization of amino acids in IUGR--a review. **Placenta** 26 Suppl A:S52-62.

Restle J, Pacheco PS, Moletta JL, Brondani IL, Cerdótes L (2003) Genetic group and postpartum nutritional level on the milk yield and composition of beef cows. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 32:585–597.

Reynolds LP, Redmer DA (1995) Utero-placental vascular development and placental function. **Journal of Animal Science** 73:1839-51.

Ricks RE, COOK EK, LONG NM (2020) Effects of supplementing ruminal-bypass unsaturated fatty acids during late gestation on beef cow and calf serum and colostrum

fatty acids, transfer of passive immunity, and cow and calf performance. **Applied Animal Science**, 36:271-284.

Robelin J. Cellularity of bovine adipose tissues: developmental changes from 15 to 65 percent mature weight (1981) **Journal of Lipid Research** 22:452-457.

Robertson JB, Van Soest PJ (1981) The detergent system of analysis and its application to human foods. In.: James WPT, Theander O (Eds.) **The analysis of dietary fiber in food**. New York: Marcel Dekker, p. 123.

Roque-Jiménez JA, Rosa-Velázquez M, Pinos-Rodríguez JM, Vicente-Martínez JG, Mendoza-Cervantes G, Flores-Primo A, Lee-Rangel HA, Relling AE (2021) Role of Long Chain Fatty Acids in Developmental Programming in Ruminants. **Animals** (Basel) 11:762.

Shao T, Ireland FA, McCann JC, Shike DW (2021a) Effects of supplements differing in fatty acid profile to late gestational beef cows on cow performance, calf growth performance, and mRNA expression of genes associated with myogenesis and adipogenesis. **Journal of Animal Science and Biotechnology** 12:67.

Shao T, McCann JC, Shike DW (2021b) Effects of supplements differing in fatty acid profile to late gestational beef cows on steer progeny finishing phase growth performance, carcass characteristics, and mRNA expression of myogenic and adipogenic genes. **Animals** 11:1904.

Shao T, McCann JC, Shike DW (2023) Effects of late gestation supplements differing in fatty acid amount and profile to beef cows on cow performance, steer progeny growth performance through weaning, and relative mRNA expression of genes associated with muscle and adipose tissue development. **Animals**. 13:437.

Short RE, Bellows RA, Staigmiller RB, Berardinelli JG, Custer EE (1990) Physiological mechanisms controlling anestrus and infertility in postpartum beef cattle. **Journal of Animal Science**. 68:799-816, 1990.

Sollenberger LE, Cherney DJR. Evaluating forage production and quality. In.: Barnes RF, MILLER DA, NELSON CJ (Eds.) **Forages: The science of grassland agriculture**. Ames: Iowa State University, p.97-110.

Spalding KL, Arner E, Westermark PO, Bernard S, Buchholz BA, Bergmann O, Blomqvist L, Hoffstedt J, Näslund E, Britton T, Concha H, Hassan M, Rydén M, Frisén J, Arner P (2008) Dynamics of fat cell turnover in humans. **Nature** 453:783-787.

Sukhija PS, Palmquist DL (1990) Dissociation of calcium soaps of long-chain fatty acids in rumen fluid. **Journal of Dairy Science** 73:1784-7.

Tanner AR, Kennedy VC, Lynch CS, Hord TK, Winger QA, Rozance PJ, Anthony RV (2022) In vivo investigation of ruminant placenta function and physiology-a review. **Journal Animal Science** 100:skac045.

Valadares Filho SC, Lopes SA, Chizzotti ML. et al. BR-CORTE 5.0. Formulação de dietas, predição de desempenho e análise econômica de zebuínos puros e cruzados. 2023. Disponível em www.brcorte.com.br.

Valente TNP, Detmann E, Sebastião CVF, Cunha M, Queiroz AC, Sampaio, CB (2011) In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia** 40:666–675.

Valente EE, Paulino MF, Detmann E, de Filho SC, Barros LV, de Paula NF, Lopes SA, de Almeida DM, Martins LS (2013) Effect of calves' supplementation on performance, nutritional and behavioral characteristics of their dams. **Tropical Animal Health and Production** 45:487-95.

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

Wooding FB, Fowden AL, Bell AW, Ehrhardt RA, Limesand SW, Hay WW (2005) Localisation of glucose transport in the ruminant placenta: implications for sequential use of transporter isoforms. **Placenta** 26:626-40.