

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL LAVARDA

**AVALIAÇÃO DE FATORES NUTRICIONAIS E NÃO NUTRICIONAIS NA
VARIÇÃO DA PRODUÇÃO E DA COMPOSIÇÃO DO LEITE**

PATO BRANCO

2025

RAFAEL LAVARDA

**AVALIAÇÃO DE FATORES NUTRICIONAIS E NÃO NUTRICIONAIS NA
VARIÇÃO DA PRODUÇÃO E DA COMPOSIÇÃO DO LEITE**

**Assessment of nutritional and non-nutritional factors in the variation of milk
production and composition**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Caio Seiti Takiya

Coorientador: Prof. Dr. André Luis Finkler da
Silveira

PATO BRANCO

2025



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

RAFAEL LAVARDA

**AVALIAÇÃO DE FATORES NUTRICIONAIS E NÃO NUTRICIONAIS NA
VARIAÇÃO DA PRODUÇÃO E DA COMPOSIÇÃO DO LEITE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia do Curso de
Bacharelado em Agronomia da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná.

Data de aprovação: 13/11/2025

Regis Luis Missio
Doutorado em Zootecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Lisiane Fernandes Soares
Doutorado em Zootecnia
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Caio Seiti Takiya
Doutorado em Animal Science
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

André Luis Finkler da Silveira
Doutorado em Zootecnia
Pesquisador IDR Paraná

PATO BRANCO

2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder saúde, força e perseverança em cada etapa desta caminhada iluminando meu caminho.

À minha família, em especial aos meus pais, Ivair e Cerlei, que foram meus maiores incentivadores nesta trajetória, nunca mediram esforços para me fornecer tudo o que precisei para concluir minha formação. Cada conquista é também de vocês, pois todo o esforço e perseverança que sempre demonstraram serviram como inspiração e base para que eu não desistisse. Às minhas irmãs Rafaela e Cheila Paula, por todo o apoio, amor e incentivo ao longo da minha vida. Agradeço também aos meus sobrinhos Henry Mateus e Ítalo Joaquim, que são fontes de alegria e motivação constante. Toda minha formação é por vocês e para vocês.

À minha namorada Micheli, pela compreensão, paciência, carinho e apoio incondicional durante esse período desafiador.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), instituição que me proporcionou aprendizado, oportunidades e crescimento pessoal e profissional.

Ao meu orientador, professor Dr. Caio Seiti Takiya, e ao coorientador, Dr. André Luís Finkler da Silveira, pela dedicação, orientação e paciência em todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Suas contribuições foram fundamentais para a realização deste trabalho de conclusão de curso.

Aos colegas da faculdade, pela amizade construída ao longo do curso, pela troca de conhecimentos e pelas experiências compartilhadas.

"Você tentou, você falhou, não importa. Tente
de novo, falhe de novo, falhe melhor. O mundo
é seu [...]"
(Beckett, 2025)

RESUMO

A composição do leite é influenciada por fatores animais e ambientais, sendo a nutrição um dos mais importantes, por ser passível de controle direto. Este trabalho teve como objetivo avaliar como fatores nutricionais e não nutricionais impactam a produção e a composição do leite, especialmente o teor de gordura, com base na análise de dados de 10 experimentos conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Bovinos de Leite (LPBL) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP). Foram utilizadas 338 vacas da raça Holandesa, incluindo primíparas e múltiparas, em diferentes estágios de lactação, com produção variando de 27,6 a 45,6 kg/dia, com avaliação de diferentes estratégias nutricionais, considerando consumo, digestibilidade e composição bromatológica dos alimentos. Os animais foram alojados em estábulos com baias individuais, cama de areia e ventiladores, recebendo dieta na forma de mistura total e sendo ordenhados mecanicamente duas vezes ao dia. Os dados foram analisados através da correlação de Pearson para entender a associação entre as variáveis, seguida de análise estatística de regressão com modelos lineares mistos, considerando a produção de leite e seus componentes como variáveis dependentes e fatores nutricionais (consumo e digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta e do amido, além da composição bromatológica da dieta) e não nutricionais (peso corporal, escore de condição corporal e dias em lactação) como variáveis independentes. Foram estimados coeficientes de determinação parcial e total (R^2) e níveis de significância ($p < 0,05$) para identificação das variáveis que mais causavam efeito sobre a produção e composição do leite. Os resultados dos fatores não nutricionais indicaram que o peso corporal foi a variável mais explicativa do modelo (R^2 parcial= 17,1%), com escore de condição corporal (ECC) e os dias em lactação (DEL) apresentando efeito negativo (estimativa = -5,18 e -0,0129 respectivamente). Entre as variáveis nutricionais, o consumo de matéria seca (conMS) foi a única variável que apresentou efeito positivo sobre a produção de gordura, enquanto que a produção de leite foi a variável mais explicativa (15,43%) para gordura produzida, já a digestibilidade da matéria seca (digMS) foi a única que mostrou efeito negativo sobre a produção de leite (-0.32476). Os resultados obtidos confirmam as hipóteses propostas, concluindo que tanto os fatores nutricionais quanto não nutricionais exercem influência significativa sobre a produção e a composição do leite

Palavras-chave: produção de leite; gordura; composição da dieta; fatores nutricionais.

ABSTRACT

Milk composition is influenced by both animal and environmental factors, with nutrition being one of the most important since it can be directly controlled. This study aimed to evaluate how nutritional and non-nutritional factors affect milk production and composition, especially milk fat content, based on data analysis from 10 experiments conducted at the Dairy Cattle Research Laboratory (LPBL) of the School of Veterinary Medicine and Animal Science, University of São Paulo (FMVZ/USP). A total of 338 Holstein cows, including primiparous and multiparous animals at different stages of lactation, were evaluated, with milk yield ranging from 27.6 to 45.6 kg/day. Different nutritional strategies were assessed, considering feed intake, nutrient digestibility, and bromatological composition of the diets. The animals were housed in individual sand-bedded stalls equipped with fans, received a total mixed ration (TMR), and were mechanically milked twice daily. Data were analyzed using Pearson's correlation to evaluate the association among variables, followed by regression analysis with mixed linear models. Milk production and its components were considered dependent variables, while nutritional factors (dry matter intake and digestibility, crude protein and starch digestibility, and dietary composition) and non-nutritional factors (body weight, body condition score, and days in milk) were treated as independent variables. Partial and total coefficients of determination (R^2) and significance levels ($p < 0.05$) were estimated to identify the variables that most influenced milk production and composition. The results for non-nutritional factors indicated that body weight was the most explanatory variable in the model (partial $R^2 = 17.1\%$), while body condition score (BCS) and days in milk (DIM) showed negative effects (estimates = -5.18 and -0.0129, respectively). Among the nutritional variables, dry matter intake (DMI) was the only factor with a positive effect on milk fat production, while milk yield was the most explanatory variable (15.43%) for fat yield. On the other hand, dry matter digestibility (DMD) was the only variable showing a negative effect on milk production (-0.32476). It can be concluded that both nutritional and non-nutritional factors exert a significant influence on milk production and composition. Body weight and feed intake were the main determinants of productive performance, while body condition and lactation stage were associated with reduced yield, highlighting the importance of balanced nutrition for optimal milk production and quality.

Keywords: milk production; fat; diet composition; nutritional factors.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais componentes do leite bovino	13
Tabela 2 – Interpretação convencional do coeficiente de correlação de Pearson.....	15
Tabela 3 – Análises da literatura	26
Tabela 4 – Correlação de Pearson.....	28
Tabela 5 – Parâmetros de regressão para a variável dependente “Produção de leite” em função de variáveis nutricionais	29
Tabela 6 – Parâmetros de regressão para a variável dependente “Produção de leite” em função de variáveis não nutricionais	32
Tabela 7 – Parâmetros de regressão para a variável dependente “Gordura produzida” em função de variáveis nutricionais e não nutricional	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Siglas

°C	Grau Celsius
AG	Ácido graxo
AGV	Ácido graxo volátil
AGVs	Ácidos graxos voláteis
amidodieta	Amido da dieta
CBT	Contagem Bacteriana Total
CCS	Contagem de Células Somáticas
Cel	Células
CF	Carboidrato Fibroso
CNE	Carboidrato não estrutural
ComMS	Consumo de matéria seca
ConMS	Consumo de matéria seca
ConPB	Consumo de proteína bruta
DEL	Dias em Lactação
DGL	Depressão de gordura do leite
DigBP	Digestibilidade de proteína bruta
digfdn	Digestibilidade da fibra em detergente neutro
digpb	Digestibilidade de proteína bruta
ECC	Escore de Condição Corporal
ECCP	Escore de Condição Corporal ao Parto
EE	Extrato Etéreo
EEDIETA	Extrato etéreo da dieta
FDA	Fibra em Detergente Ácido

FDN	Fibra em Detergente Neutro
fdndieta	Fibra em detergente neutro da dieta
FDNFe	Fibra em Detergente Neutro
FDNi	Fibra em Detergente Neutro Indigestível
FMVZ/USP	Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo
Gorper	Gordura percebida
Kg	Quilograma
Lacper	Lactose percebida
LPBL	Laboratório de Pesquisa em Bovinos de Leite
ml	Mililitro
mm	Milímetro
MO	Matéria Orgânica
msdieta	Matéria seca da dieta
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
NRC	National Research Council
NUL	Nitrogênio Ureico no Leite
PB	Proteína Bruta
pbdieta	Proteína bruta da dieta
PC	Peso Corporal
PDR	Proteína Degradável no Rúmen
PL	Produção de Leite
Protper	Proteína percebida
P-valor	Significância estatística
r ²	Coefficiente de Determinação
TMR	Ração Mista Total

UTFPR

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivos	12
1.1.1	Objetivo Geral	12
1.1.2	Objetivos Específicos	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1	Fatores não nutricionais	15
2.1.1	Fases de lactação	15
2.1.2	Escore de Condição Corporal (ECC)	17
2.2	Fatores nutricionais	19
2.2.1	Volumoso	20
2.2.2	Concentrado	20
2.2.3	Proporção Volumoso:Concentrado	21
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	Ingestão de matéria seca (MS) e ingredientes	25
3.2	Coleta de fezes para determinação da digestibilidade:	25
3.3	Coletas de leite (composição, produção, perfil de ácidos graxos)	26
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	37
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

A produção de leite é uma atividade de grande relevância no agronegócio do Brasil, figurando entre as principais práticas da pecuária no país. Segundo o Mapa (2025), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento o Brasil se destaca com mais de 34 bilhões de litros por ano, influenciando de maneira significativa o fornecimento do mercado interno, além de proporcionar emprego e renda para milhões de famílias no campo. A cadeia produtiva do leite desempenha um papel fundamental na economia nacional, integrando pequenos, médios e grandes produtores, além de fortalecer a agroindústria e outros setores relacionados.

Diversos fatores afetam a composição do leite, sendo eles, genética, raça, idade, estágio de lactação, dias em lactação, nutrição, estação do ano, temperatura do ambiente, estresse do animal, escore corporal, contagem de células somáticas, mastite, tempo da manifestação do cio (Noro *et al.*, 2006; Andrade *et al.*, 2007; Bondan, 2015; Rodrigues, 2023). Em relação aos fatores não nutricionais, como os dias em lactação, o peso e o escore de condição corporal (ECC), pode-se dizer que no início da lactação as vacas tendem a mobilizar reservas corporais para suprir o balanço energético negativo. Quanto aos sólidos do leite nos estágios iniciais (pico de lactação), o teor de lactose tende a ser maior do que com o avanço da lactação, quando há uma tendência de maiores teores de gordura e proteína, seguida pela queda de produção de leite. O peso corporal e o ECC estão diretamente ligados, vacas com escore menor tendem a mobilizar reserva corporal, do contrário, vacas com escore mais elevado podem apresentar menor eficiência metabólica, ambos interferindo na síntese dos componentes do leite.

De todos os fatores que afetam a composição do leite, a nutrição é a qual pode ser controlada de forma direta e num curto espaço de tempo, todavia, demanda maior conhecimento, visto que afeta desde a fermentação no rúmen até a secreção do leite no úbere. Por isso, é necessário que seja fornecida uma dieta equilibrada, com níveis adequados de proteína, energia, fibras digestíveis e minerais. Esse equilíbrio faz com que o animal tenha um bom funcionamento ruminal, favorecendo a produção dos precursores da síntese do leite, contribuindo para que possa expressar seu máximo potencial produtivo.

Além da composição nutricional, a digestibilidade dos alimentos também deve ser levada em consideração, pois ela determina o quão eficiente os nutrientes são aproveitados pelo animal. Dietas contendo ingredientes de alta digestibilidade aumentam a absorção de energia e nutrientes, conseqüentemente maior a produtividade. Todavia, a baixa digestibilidade da dieta pode afetar o desempenho produtivo, além de alterar a composição do leite.

Neste contexto, a utilização de modelos preditivos têm se mostrado uma ferramenta valiosa para estimar o teor de gordura e outros sólidos no leite com base em variáveis nutricionais e de produção, permitindo ajustes mais rápidos e decisivos na dieta. Diante disso, ao verificar as diferentes dietas e ingestão de nutrientes específicos entre os distintos experimentos, apresentam-se as seguintes hipóteses:

- A composição da dieta influencia diretamente os teores de gordura, proteína e lactose do leite, sendo possíveis pré-versões de variações com base em fatores nutricionais específicos.
- Fatores não nutricionais, como dias em lactação e escores corporais, afetam significativamente a composição do leite, sendo determinantes na predição de gordura e demais sólidos.
- A digestibilidade dos nutrientes influencia a eficiência da síntese da gordura, impactando diretamente na qualidade final do produto.

Portanto, o presente trabalho de conclusão de curso tem como objetivo determinar qual a correlação desses fatores com medidas de produção e composição do leite, com base em diferentes variáveis: Fatores não-nutricionais (dias em lactação, peso, produção de leite, escore corporal); Fatores nutricionais (matéria seca, fibra detergente neutro, proteína bruta, carboidratos não-fibrosos, amido, extrato etéreo); Composição do leite (% de gordura, % de proteína, % de lactose, nitrogênio ureico do leite); Consumo (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra detergente neutro digestível e indigestível) e a Digestibilidade (matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro).

Tendo como justificativa de que essa pesquisa é de suma relevância para a melhoria da eficiência produtiva na pecuária leiteira, uma vez que a compreensão dos fatores nutricionais e não nutricionais que influenciam a composição do leite permite melhorar dietas e práticas de manejo. Além disso, o estudo contribui para a sustentabilidade da produção, pois possibilita a formulação de estratégias alimentares que maximizem a produção de sólidos lácteos sem comprometer a saúde e o bem-estar dos animais. Com a crescente valorização da qualidade do leite e do pagamento baseado em componentes, a predição da gordura do leite pode auxiliar os produtores na tomada de decisões mais assertivas, garantindo maior rentabilidade e competitividade no mercado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Estabelecer a correlação entre variáveis de produção e composição do leite com a composição e digestibilidade aparente total da dieta e com características das vacas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Avaliar a influência de fatores não nutricionais, como dias em lactação, estágio de lactação e produção diária de leite, na composição do leite;
- Estabelecer possíveis relações entre o consumo e digestibilidade dos nutrientes com a variação na composição do leite;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A produção e o teor de sólidos totais do leite são componentes importantes para a indústria leiteira. Diante disso, a valorização da gordura do leite tem estimulado técnicas de modificação das dietas e manejo nutricional objetivando aprimorar a qualidade para atender as necessidades do mercado consumidor.

Alguns estudos relatam que uma das variáveis que mais influenciam na composição e principalmente na gordura do leite, é a composição da dieta fornecida para as vacas, e alterações na dieta podem modificar consideravelmente os níveis de gordura (Palmquist, 2006; Sutton *et al.*, 2003). A nutrição tem um impacto relevante sobre a produção e composição do leite, onde, ingestão de nutrientes e a composição da dieta são os principais fatores.

Aspectos relacionados com manejo e características individuais das vacas como peso, escore corporal e produção de leite também influenciam nos resultados e devem ser considerados ao desenvolver modelos preditivos. Além disso, fatores ambientais, como clima e manejo, influenciam tanto a ingestão alimentar quanto na eficiência metabólica das vacas (Edwards *et al.*, 2019).

O úbere de uma vaca é um órgão que possui as glândulas mamárias, sendo unidades independentes de extrema organização, com capacidade de converter nutrientes contidos na corrente sanguínea em produção e secreção do leite. Sendo o tecido mamário formado por vários lóbulos que em seu interior contém o alvéolo, que são estruturas funcionais que possuem células secretoras responsáveis pela produção do leite, além disso elas recobrem todo o alvéolo sintetizando e excretando os componentes do leite. Seus principais componentes estão apresentados na (Tabela 1).

Tabela 1 – Principais componentes do leite bovino

Componente	Percentual no leite
Água	86,0 a 88,0
Sólidos Totais	12,0 a 14,0
Gordura	3,5 a 4,5
Proteína	3,2 a 3,5
Lactose	4,6 a 5,2
Minerais	0,7 a 0,8

Fonte: Soares (2013).

A água passa para o leite para manter o equilíbrio osmótico deste com o sangue, sendo considerado isotônico no plasma sanguíneo, ou seja, tem equilíbrio na concentração de solutos semelhante ao sangue, não causa desequilíbrio de água nas células (Soares, 2013). O autor ainda descreve que devido a matéria prima para síntese do leite ser proveniente do sangue, alterações tanto nutricionais quanto metabólicas comprometem os constituintes do leite podendo ocasionar alteração na composição do leite. Nos bovinos, para que ocorra a síntese de um litro

de leite, é necessário que 400-500 litros de sangue circulem pelo tecido mamário (Gonzalez, 2001).

Para que ocorra a síntese do leite, é necessário um processo fisiológico complexo, que depende de fatores hormonais, metabólicos e nutricionais. Quando os nutrientes chegam aos alvéolos através dos capilares sanguíneos, são transformados em componentes que fazem parte do leite. As células alveolares captam os precursores do sangue (glicose, aminoácidos, minerais e ácidos graxos) e os convertem em componentes do leite. Segundo Muhlbach *et al.* (2000) a energia necessária para o animal, provém dos ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico) que são produzidos no rúmen quando ocorre a fermentação dos alimentos, conforme a composição da dieta pode ocorrer variação entre a quantidade de ácidos graxos acético e butírico (precursores da gordura do leite) e o propiônico que é precursor da lactose (responsável pelo volume de leite), enquanto que a proteína do leite inclui a caseína, κ -lactoglobulina, α -lactoalbumina, soroalbumina e imunoglobulinas, que são sintetizadas por células epiteliais na glândula mamária a partir de aminoácidos extraídos do sangue.

A Correlação de Pearson é um dos métodos estatísticos amplamente utilizados para verificar a existência de uma relação linear entre duas variáveis quantitativas contínuas, auxiliando quando se deseja entender se duas variáveis numéricas possuem alguma relação entre si (Lima, 2021).

Ela funciona sempre de forma bivariada e bidirecional, ou seja, analisa pares de variáveis. Isso significa que, mesmo quando se tem três ou mais variáveis, a correlação será sempre feita em pares, como por exemplo A com B, depois B com C e, por fim, A com C. Sendo que o resultado não muda se a análise for feita em conjunto (analisando A, B e C simultaneamente), justamente porque a correlação de Pearson trabalha sempre avaliando pares separadamente.

Um ponto importante é que essa técnica não busca estabelecer causa e efeito, não há uma variável dependente e outra independente, mostrando apenas se existe ou não uma associação entre as variáveis e qual a intensidade dessa relação.

Para interpretar uma correlação, três aspectos principais são considerados: a significância estatística, a direção e a força. A significância é avaliada pelo valor de p. Quando o resultado é menor que 0,05, significa que a relação encontrada dificilmente ocorreu por acaso, ou seja, há evidências de que ela é real. A direção pode ser positiva (quando uma variável aumenta e a outra também), negativa (quando uma cresce e a outra diminui) ou nula (quando não há relação) (Lima, 2021).

Já a força da correlação é medida pelo coeficiente de Pearson (r), que varia entre -1 e +1. Valores próximos de +1 indicam uma relação forte e positiva, enquanto valores próximos de -1 representam uma relação forte, porém negativa. Se o resultado estiver próximo de zero, isso sugere que praticamente não há relação entre as variáveis. De forma prática, quando se coloca os dados em um gráfico de dispersão, quanto mais os pontos estiverem próximos da linha de tendência, mais forte será a correlação; quanto mais espalhados, mais fraca será.

Na Tabela 2, podemos interpretar o coeficiente de correlação (r) (Schober; Boer; Schwarte, 2018). Além disso, existe o coeficiente de determinação (r^2), que mostra quanto da variação de uma variável pode ser explicada pela outra. Por exemplo, um r de 0,60 significa que 36% da variação de uma variável está associada à outra ($r^2 = 0,36$). Já um r de 0,10 indica apenas 1% de variação compartilhada, o que representa uma relação inexistente.

Tabela 2 – Interpretação convencional do coeficiente de correlação de Pearson

Valor de r (coeficiente de correlação)	Interpretação da força da associação
0,00 a 0,10	Correlação desprezível / inexistente
0,10 a 0,39	Correlação fraca
0,40 a 0,69	Correlação moderada
0,70 a 0,89	Correlação forte
0,90 a 1,00	Correlação muito forte

Fonte: Schober, Boer e Schwarte (2018).

2.1 Fatores não nutricionais

2.1.1 Fases de lactação

Fatores não nutricionais desempenham papel fundamental na composição do leite. A fase da lactação por exemplo, representada pelos dias em lactação (DEL), tem efeito consistente sobre o teor de gordura do leite, com a concentração de gordura do leite geralmente aumentando após o pico de lactação devido à redução da produção total de leite (Stanton *et al.*, 1992).

O estágio de lactação influencia tanto na produção quanto na composição dos sólidos do leite (Barbosa *et al.*, 2002; Fruscalso, 2007; Cabral *et al.*, 2016). Durante experimento realizado por Oliveira *et al.* (2010), ao longo do período de lactação estudado observaram que os teores de gordura variaram de 2,39% a 7,81%, além disso notaram que quanto maior o período da lactação, maiores eram os teores de gordura encontrados no leite.

Em experimento realizado por Bondan *et al.* (2018) foi detectado que vacas com 6 a 120 dias de lactação tiveram menor teor de gordura e proteína, enquanto que vacas com mais de 200 e 220 dias de lactação tinham maior teor de proteína e gordura, respectivamente. Da mesma forma, Noro *et al.* (2006) que observaram maior teor de gordura (3,71%) após os 220 dias de lactação. Ou seja, alterações nos componentes e produção de leite ocorrem devido ao estágio de lactação, com os níveis de gordura e proteína caindo nos primeiros 3 meses de lactação (pico de lactação) e após, começa a aumentar. Assim como, Aganga, Amarteifio e Nkile (2002) e Prasad e Sengar (2002) em estudos com raças de cabras e ovelhas, relatam que quanto maior o período da lactação, maiores são os teores de gordura encontrados no leite.

Segundo Faria (2011) a lactose é o principal carboidrato do leite, tendo pouca variação na sua concentração, entre de 4,5 a 5,2%. De forma semelhante, Ribas *et al.* (2004) que ao analisar a correlação entre sólidos total com lactose, observaram fator de correlação ($r=0,237$) sendo uma correlação positiva fraca, compreendendo cerca de 5,6% da variação ($r^2=0,056$). Essa característica estável, tende a ocorrer porque a lactose atua como regulador osmótico, permitindo que o volume de leite seja regulado pelos teores de lactose, ou seja, de modo que uma maior produção de lactose leva a um aumento na produção de leite, mantendo o mesmo teor de lactose (Peres, 2001). Além disso, quando se fala em concentração de lactose, o estágio de lactação afeta negativamente, sendo que em vacas entre 61 a 120 dias em lactação a concentração é mais alta e diminui gradualmente dentre 121-220, além de diminuição acima 220 DEL (Bondan *et al.*, 2018). A concentração de lactose é negativamente afetada pelo estágio de lactação, sendo mais alta em vacas entre 61 a 120 dias em lactação, e diminuindo gradualmente entre 121-220 DEL e também acima de 220 dias (Bondan *et al.*, 2018).

Ainda sobre os sólidos do leite, Harzia *et al.* (2013) também identificaram que o teor de gordura diminuiu nos primeiros 100 dias de lactação e aumentou após os 259 dias. Em contrapartida, a produção de leite apresentou uma relação inversa ao teor de gordura, alcançando seu pico no final do segundo mês e diminuindo após os 259 dias de lactação. Além disso, nos primeiros 57 dias, houve uma redução na porcentagem de proteína, seguida por um aumento a partir do 263º dia.

Com relação à idade ao parto, Teixeira, Freitas e Barra (2003) observaram que a média de produção de leite aumentou com o aumento da idade da vaca ao parto de 2 para 4,5 anos. Porém, eles encontraram resultados diferentes quando observaram as porcentagens de gordura e proteína, as quais permaneceram relativamente constantes com o aumento da idade ao parto. Diferentemente de Noro *et al.* (2006) que relataram que o teor de proteína do leite aumentou com vacas tendo partos de 33 a 45 meses, e menor nas vacas com primeiro parto de 20 a 32 meses. Por outro lado, a porcentagem de gordura do leite teve valores mais baixos com vacas de menor idade ao parto.

De acordo com Cobuci *et al.* (2000), com o avanço da idade da vaca as variações que ocorrem são causadas por fatores fisiológicos tendo desempenho máximo com a maturidade do animal. Contudo, à medida que o animal envelhece ocorre uma redução no número de células secretoras do leite, diminuindo a funcionalidade da glândula mamária e consequentemente reduzindo produção de leite. No trabalho realizado por Santos (2021) com vacas primíparas e múltíparas, observou-se que os teores médios de gordura do leite foram semelhantes entre primíparas e múltíparas. Houve diferença para a variável nitrogênio uréico no leite (NUL) onde primíparas apresentaram valores maiores que múltíparas. Enquanto que os valores médios de produção de leite/vaca/dia e proteína, ambos foram superiores em vacas múltíparas. Segundo Soares *et al.* (2009), isto se explica porque em vacas primíparas parte da energia ingerida é destinada para o crescimento e desenvolvimento corporal, por conta disso, a produção é menor do que outras vacas com maior número de partos.

Muitos autores relatam que ocorre aumento da produção em vacas com idade adulta, sendo o pico produtivo na terceira e quarta lactação, depois disso, a produção começa a declinar (Noro *et al.*, 2006; Teixeira; Freitas; Barra, 2003; Freitas *et al.*, 2001; Magalhães *et al.*, 2006). Porém, na segunda e terceira lactação os teores desses sólidos do leite são mais baixos do que a partir da quarta lactação (Queiroga *et al.*, 2007).

2.1.2 Escore de Condição Corporal (ECC)

A avaliação por escores da condição corporal das vacas é um método subjetivo, sendo atribuídos valores numéricos da avaliação do estado nutricional dos animais por meio da observação e palpação da gordura nas costelas (Benedetti; Silva, 1997). Podendo ser analisadas ainda: vértebras lombares, processos espinhosos e transversos das vértebras, pontas de ílio, sacro e base da cauda (Machado *et al.*, 2008). Para a bovinocultura leiteira é comum a avaliação em escala de 5 pontos de escore, tendo pontuação intermediária de 0,5, uma vaca muito magra apresenta escore 1 e o escore 5 representa uma vaca muito gorda (Nrc, 2001).

O ECC é a principal maneira prática de avaliar as reservas energéticas do animal, indicando a quantidade de tecido adiposo que pode ser mobilizada durante períodos de balanço energético negativo. Segundo Butler e Smith (1989), durante a lactação, as demandas energéticas são supridas por uma combinação dos nutrientes presentes na dieta e pela mobilização de reservas corporais. Especialmente o tecido adiposo interno e externo, conhecido como "reservas corporais" (Rennó *et al.*, 2006).

Essa mobilização de lipídios está ligada ao aumento da atividade lipolítica e à redução da atividade lipogênica no tecido adiposo durante esse período (Rennó *et al.*, 2006). Isso reflete o uso direto dessas reservas corporais para a síntese de leite e incorporação de gordura no leite.

Além disso, Rennó *et al.* (2006) descreve que alguns autores constataram que vacas com um ECC ao parto próximo ao 3,5 exibiram um pico de produção mais elevado, sendo que no primeiro mês de lactação as reservas podem representar 33% da produção de leite, além de maior persistência da lactação e aumento na produção de gordura. Assim como Gallo *et al.* (1996), que observou que vacas com maior ECCP (escore condição corporal ao parto) mobilizam maior quantidade de reservas corporais pós-parto, o que contribui para o fornecimento de nutrientes para a produção de leite no início da lactação. Esses resultados demonstram que o ECC funciona como um indicador direto da habilidade do animal em usar suas reservas corporais para manter a produção de leite.

A literatura indica que um ECC entre 3,0 e 3,5 é ideal para a produção de leite em vacas Holandesas. O aumento no ECC tende a reduzir tanto a produção de leite quanto a porcentagem de proteína, embora haja uma associação positiva com o percentual de gordura do leite (Roche *et al.*, 2009).

Geralmente os efeitos do escore corporal no momento do parto são pequenos ou insignificantes na composição do leite (Benedetti; Silva, 1997). Porém, tem-se uma tendência geral que vacas com escore corporal maior no parto, produzem maior quantidade de gordura no leite (Garnsworthy; Topps, 1982). Assim como Araújo (2014), que observou que quanto mais elevado for o ECC ao parto, maiores foram os teores dos constituintes no leite.

Além disso, no experimento de Mota *et al.* (2008) é destacado que vacas muito magras durante lactação apresentam menor produção e também menor concentração de gordura no leite. Sendo assim, o ECC dos animais experimentais pode ter interferido negativamente nos parâmetros estudados.

Para Lago *et al.* (2001) o efeito do ECC sobre produção e teor de gordura do leite foi avaliado nas primeiras 8 semanas, e não houve diferença significativa entre os grupos em relação a esses parâmetros. Enquanto que Araújo (2014) verificou que em animais adultos, houve influência do ECC sobre o teor de gordura do leite, sendo um aumento de 0,25 unidades percentuais no teor de gordura para cada aumento de 0,5 no ECC.

2.2 Fatores nutricionais

O volume de leite produzido e sua composição são altamente influenciados pelos fatores nutricionais. Por ser ruminante, as vacas de leite são capazes de transformar alimentos não essenciais aos não-ruminantes (forragens e forrageiras) em produtos de valor econômico.

Através de uma boa pastagem é possível produzir de 10 a 12 litros de leite/vaca/dia (Carvalho *et al.*, 2021a). Todavia, ao passo que se busca aumentar a produção por animal, somente os alimentos volumosos não são suficientes para suprir as necessidades, sendo necessário a inclusão de alimentos concentrados na dieta. Entre ambos os componentes, se busca o equilíbrio da dieta, pois exercem papel importante na fermentação ruminal e no metabolismo em geral.

2.2.1 Volumoso

Os alimentos volumosos são à base da alimentação dos ruminantes. São considerados todos os que possuem mais de 18% de fibra bruta na matéria seca (fenos, palhas, silagens, pastagens, raízes e tubérculos) e possuem menos de 60% de nutrientes digestíveis totais (NDT) (Rosa, 2019).

Os alimentos volumosos são fundamentais para o funcionamento do sistema digestivo e principalmente para o rúmen. Sendo caracterizados pelo alto teor de fibras e baixa densidade energética, favorecendo a ruminação. Durante o processo de mastigação e regurgitação, ocorre uma produção intensa de saliva, que auxilia na manutenção do pH ruminal, criando um ambiente favorável para fermentação dos alimentos pela ação dos microrganismos. De acordo com Muhlbach *et al.* (2000), um pH superior a 6,0 favorece a fermentação da fibra do volumoso, considerado o alimento mais econômico da dieta, quanto mais eficiente for a fermentação da fibra no rúmen, maior será a quantidade de volumoso (e concentrado) que o animal poderá consumir, resultando em uma melhor produção de leite. Além de que o consumo adequado de volumoso garante o teor de gordura do leite, pois a fermentação da fibra no rúmen através dos microrganismos produz os ácidos acéticos e butíricos (precursores de gordura do leite) que são formados majoritariamente (50%) no úbere da vaca.

2.2.2 Concentrado

Os alimentos concentrados normalmente contêm teor de fibra bruta abaixo de 18% ou mais de 60% de NDT e de água, podendo ter concentrações altas de energia (concentrados ditos energéticos, que possuem teor de proteína bruta (PB) abaixo de 20%, como o milho), de proteína (concentrados ditos protéicos, que possuem teor de PB superior a 20% da matéria seca, como o farelo de algodão) ou ambos (como o grão de soja) (Carvalho *et al.*, 2021b; Rosa, 2019).

A oferta adequada de concentrado na dieta tem forte relação com produtividade de leite, haja visto que quantidades elevadas de concentrado provoca redução na produção, além de diminuir tempo de ruminação, acarretando queda no pH ruminal e também redução da gordura do leite (Carvalho *et al.*, 2021b; Peres, 2001; Macedo, 2012). Assim como Muhlbach *et al.* (2000), que relata que dentro de até 50% de concentrado na matéria seca (MS) total ingerida, ocorre diminuição na porcentagem de gordura, porém não ocorre diminuição na produção de gordura. Já com excesso de concentrado na dieta, o teor de gordura cai expressivamente (abaixo de 2,8%), assim como diminui o consumo e produção de leite (Muhlbach *et al.*, 2000).

A formulação do concentrado se baseia no teor de proteína bruta do volumoso, geralmente, são necessárias 85 gramas de PB para cada kg de leite produzido (Morgan, 2025). Para vacas com produtividade de 25 a 30 litros de leite por dia, deve-se fornecer concentrados con-

tendo fontes de proteína de baixa degradabilidade no rúmen (proteína não-degradada no rúmen – PNDR), como farelo de algodão, soja em grão moída, tostada etc (Carvalho *et al.*, 2021b).

Essa modificação na dieta, com o aumento de proteína e energia ofertada para vacas com altas produtividades, pode-se realizar aumentando a proporção de concentrado para 60% da MS total ingerida e também corrigir o teor de proteína bruta no próprio concentrado, esta opção gera maior peso sobre os custos de produção. Para vários autores, o concentrado compõem a parte mais cara da dieta, por isso, é imprescindível buscar o aperfeiçoamento da relação V:C (volumoso/concentrado) fornecido para as vacas (Rosa, 2019).

2.2.3 Proporção Volumoso:Concentrado

Segundo Muhlbach *et al.* (2000) existe uma regra na dieta da vaca leiteira: a quantidade de concentrado não deve ultrapassar 50% do total de MS ingerida pelo animal. Em outras palavras, a proporção de volumoso:concentrado deve ser, no mínimo, de 50:50. Enquanto que para Morais (2020), a relação percentual entre o consumo de matéria seca de volumoso e concentrado não deve ultrapassar 40:60. Compreender essa relação permite o funcionamento adequado do rúmen, uma vez que essa quantidade mínima de volumoso (fibra vegetal) é essencial para sustentar a ruminação do animal.

A fermentação ruminal é afetada pela inclusão de carboidratos não estruturais e o tipo de carboidrato oferecido (Faria, 2011). Alimentos ricos em fibras ou carboidratos estruturais, por exemplo as gramíneas, possuem menor concentração energética quando comparados aos alimentos com alto teor de carboidratos não-estruturais, como grão de milho (Cardoso, 1996). A concentração de nutrientes como amido e fibra, estão estritamente relacionados à variação que ocorre na produção e composição de gordura do leite.

Segundo Muhlbach *et al.* (2000), a quantidade e qualidade de leite produzido depende do fornecimento de proteína e energia da dieta de uma vaca em lactação. Para os ruminantes, a energia é obtida através dos ácidos graxos voláteis (acético, propiônico e butírico) que são produzidos no rúmen pela fermentação de distintos alimentos. Por isso, dependendo da composição da dieta ocorre variação entre as proporções de tais ácidos graxos voláteis (AGV), sendo os ácidos graxos acético e butírico, os metabólitos precursores da gordura do leite, e o ácido graxo propiônico precursor da lactose do leite e interfere no volume de leite produzido.

Os AG secretados no leite podem ter duas origens: síntese de novo (células epiteliais mamárias ou circulação sanguínea). Maioria dos AG de cadeia curta (4-8 carbonos) e média (10-16 carbonos) são sintetizados pela síntese de novo na glândula mamária, predominantemente pelo acetato (produto da degradação dos carboidratos no rúmen). Por outro lado, os AG de cadeia longa (16 ou mais carbonos) são provenientes exclusivamente da circulação do sangue (alimentação e lipomobilização ou utilização de reservas corporais) (Bauman; Griinari, 2003). À medida que a dieta é alterada, a fermentação ruminal também é impactada, modificando a relação entre os AGV, onde os carboidratos não estruturais (CNE) da alimentação (ou

a proporção de volumoso para concentrado) e o tipo de carboidrato fornecido são as variáveis determinantes.

A maior fonte de energia na dieta de vacas leiteiras obtida através dos carboidratos, estes influenciam na síntese dos principais componentes do leite: lactose, proteína e gordura. O fornecimento de energia para a flora ruminal e para o ruminante varia conforme a composição química e física do carboidrato, afetando o consumo, digestão dos alimentos e a disponibilidade dos nutrientes para a síntese do leite.

Os carboidratos são classificados em fibrosos ou estruturais (podem ser determinados pela análise de FDN e FDA) e não fibrosos ou não-estruturais (amido, pectina e açúcares solúveis). Os carboidratos fibrosos (CF) estão presentes principalmente nos alimentos volumosos (pasto, silagem, feno) e possuem lenta degradabilidade atuando como substrato para o processo de fermentação do rúmen. A fibra em detergente neutro (FDN), composta por celulose, hemicelulose e lignina, representa a porção da parede celular potencialmente digerível pelos microrganismos ruminais (Alves *et al.*, 2016). Além disso, os valores de FDN são importantes porque refletem a quantidade de forragem que o animal pode consumir, ou seja, à medida que a porcentagem de FDN aumenta, a ingestão de matéria seca geralmente diminui (Foss, 2018).

A fibra em detergente ácido (FDA) refere-se às porções da parede celular da forragem, composta apenas da celulose e lignina. Essa porção está relacionada com a capacidade que o animal tem de digerir a forragem, ou seja, à medida que a FDA aumenta, a capacidade de digerir ou a digestibilidade da forragem diminui (Foss, 2018).

Quando o teor de FDN da dieta é baixo e a densidade energética é alta, o consumo é regulado por fatores metabólicos. Em contrapartida, quando o teor de FDN é alto e a densidade energética baixa, o consumo é regulado por fatores físicos. Por isso, vacas com produção mais elevada tem um ponto de consumo maior do que vacas com menor produtividade, porém, precisam de dietas mais energéticas e teor de FDN mais baixo para que tenham um ponto de consumo máximo (Faria, 2011).

Os teores de FDN e de FDN fisicamente efetiva (FDNfe) são responsáveis por estimular a ruminação, além disso, quanto mais o animal mastigar o alimento, mais saliva será produzida, as quais têm substâncias tamponantes e que auxiliam na manutenção do pH ruminal.

Como dito anteriormente, os carboidratos não fibrosos (CNF), estão presentes principalmente nos alimentos concentrados (ração, farelo) que são rapidamente degradados no rúmen, são usados pelos microrganismos na síntese microbiana. Segundo Wattiaux e Armentano (2015) os carboidratos não fibrosos (amido, e açúcares simples), aumentam a densidade da dieta e também a suplementação de energia, determinando a quantidade de proteína bacteriana no rúmen. Todavia, os carboidratos não fibrosos não estimulam a ruminação e produção de saliva, e quando em excesso impedem a fermentação das fibras.

Outro fator importante que está associado na determinação da gordura do leite é o tamanho da fibra, quando muito pequenas podem reduzir o estímulo à ruminação e produção de saliva, o que diminui o pH ruminal e aumenta a concentração de propionato, que leva depressão

da gordura do leite (DGL) (Emery, 1978; Noro *et al.*, 2006). Segundo Fontaneli (2001), cerca de 20% das partículas de fibra precisam ter no mínimo 4 centímetros de comprimento.

Por muitos anos, foi considerado que a DGL era devido a escassez do acetato no rúmen, que é o precursor da síntese da gordura do leite na glândula mamária. Porém, Bauman e Griinari (2003), aboliram essa teoria quando avaliaram o fornecimento de dietas com baixa fibra e os efeitos sobre a produção de leite, gordura do leite e AGVs. Os resultados demonstraram que houve redução na produção de leite e também no teor de gordura do leite, porém, a produção diária de acetato não foi alterada, ao contrário do propionato que teve quantidade bem acima dos níveis da dieta controle.

Segundo Muhlbach *et al.* (2000), à medida que se aumenta a quantidade de concentrado na dieta, substituem-se os carboidratos fibrosos por carboidratos não fibrosos, que são aqueles de mais rápida digestibilidade. Como resultado, aumenta-se a produção total de AGVs e alteram-se as porcentagens dos ácidos acético e propiônico, como consequência, menor teor de gordura.

Os carboidratos, mais precisamente o amido, tem grande influência na produção de ácidos graxos voláteis (AGV) no rúmen, influenciando diretamente na síntese de gordura do leite. Ou seja, uma dieta rica em amido, por exemplo, está associada à maior produção de propionato na fermentação ruminal (Sutton *et al.*, 2003). Dessa maneira, a inclusão de amido na dieta, apresenta relação negativa com teor de gordura do leite, onde Bauman e Griinari (2003), sugerem que a fermentação ruminal desse nutriente pode reduzir a síntese de ácidos graxos de cadeia curta no leite, afetando sua composição final.

Além disso, a passagem de amido para o intestino, acaba estimulando a secreção de insulina, contribuindo para o fornecimento de glicose e até mesmo, produção de lactose. A insulina também estimula a síntese de proteína no leite via mTOR, que é um regulador central do metabolismo e crescimento celular, crucial para a produção de leite. Por isso que para ter síntese de proteína tem que ter digestão/absorção de carboidratos. Dessa forma, fazendo com que aumente o volume do leite produzido, diluindo a gordura do leite (Mackle *et al.*, 1999; Molento *et al.*, 2002).

Por outro lado, segundo Palmquist (2006), dietas ricas em forragem favorecem a fermentação ruminal, como consequência, maior produção de acetato e β -hidroxibutirato, que são precursores para síntese de novo de ácidos graxos pré-formados ou de cadeia curta, tendo correlação positiva para a produção de gordura do leite.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho realizado possui um compilado de dados de 13 experimentos já conduzidos, com trabalhos publicados por diferentes autores, tais dados serviram de base para realização de uma nova análise com intuito de determinar a correlação entre variáveis de produção e composição do leite com a concentração de nutrientes da dieta, consumo e digestibilidade de nutrientes, e fatores relacionados ao animal (dias em lactação, peso vivo e ECC).

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Pesquisa em Bovinos de Leite (LPBL), localizado em Pirassununga-SP, pertencente à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP). Todos os estudos foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da FMVZ/USP, sob diferentes protocolos específicos para cada experimento.

Todos os animais foram mantidos em baias individuais, com cama de areia, ventiladores e acesso livre à água. As dietas foram fornecidas como TMR (Ração Mista Total), preparadas individualmente e fornecidas duas vezes ao dia (07h e 13h) com oferta ajustada para garantir de 5% a 10% de sobra. As dietas foram formuladas com base nas recomendações do Nrc (2001) ou NASEM (2021). A silagem de milho foi o principal volumoso e o conteúdo de matéria seca foi monitorado com frequência (2 a 3 vezes/semana) para ajustes na dieta.

Todos os estudos utilizaram vacas holandesas, tendo um total de 338 vacas, sendo plantéis de primíparas e múltiparas. As médias de dias em lactação (DEL) variaram entre 148 e 216 dias, com produção de leite entre 27,6 a 35,6 kg/dia e peso corporal entre 590 e 696 kg. Algumas vacas foram canuladas no rúmen para coleta de fluido ruminal e incubação de amostras. O número de períodos varia de acordo com o experimento, sendo comum o uso de períodos de 21 dias (14 dias de adaptação + 7 dias de coleta de dados).

Na maioria dos experimentos, foi utilizado delineamento em quadrado latino replicado (4×4 ou 3×3) (Bugoni *et al.*, 2023; Chesini *et al.*, 2023; Vittorazzi *et al.*, 2021; Nunes *et al.*, 2022; Takiya *et al.*, 2024), ideal para estudos com vacas leiteiras e com objetivo de controlar a variabilidade individual. Outros experimentos possuem delineamento com blocos casualizados (Grigoletto *et al.*, 2023; Vittorazzi *et al.*, 2022; Takiya *et al.*, 2024), enquanto que o experimento de Bugoni *et al.* (2022) teve delineamento em crossover. As vacas foram bloqueadas de acordo com DEL, produção de leite, paridade e peso corporal (PC) e aleatoriamente designadas para os diferentes tratamentos. Além disso, a ordem dos tratamentos foi balanceada para reduzir os efeitos de transferência entre os períodos (Seo; Jeon; Ha, 2018).

Dos experimentais conduzidos, as variáveis candidatas selecionadas para análise de correlação com as variáveis de produção e composição do leite foram: Fatores não-nutricionais (dias em lactação, peso, produção de leite, escore corporal); Fatores nutricionais (matéria seca, fibra detergente neutro, proteína bruta, carboidratos não-fibrosos, amido, extrato etéreo); Composição do leite (% de gordura, % de proteína, % de lactose, nitrogênio ureico do leite); Con-

sumo (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra detergente neutro digestível e indigestível) e a Digestibilidade (matéria seca, proteína bruta, fibra em detergente neutro).

Os tratamentos foram incluídos geralmente via mistura no concentrado da TMR, onde foram testados diversos aditivos e ingredientes, como: leveduras (autolisadas e vivas); enzimas (amilolíticas, proteolíticas, xilanase, -glucanase); fitogênicos, taninos condensados, sais de cálcio, gordura encapsulada e substituição de milho por extrato de malte.

Além disso, todos os experimentos envolveram ampla coleta de dados, incluindo:

3.1 Ingestão de matéria seca (MS) e ingredientes

A oferta de alimento para cada vaca foi registrada diariamente. As sobras (recusas) foram coletadas individualmente por vaca, diariamente ou nos últimos 7 dias de cada período experimental, dependendo do experimento.

As amostras de TMR, ingredientes da dieta e sobras foram secas em estufa com ventilação (55 °C por 72h ou 65 °C por 72h). Moídas em moinho de facas rotativas para passar por peneiras de 1 ou 2 mm.

As análises descritas a seguir dos ingredientes da dieta, foram analisadas de acordo com Aoac (2000), quanta as análises químicas realizadas dos teores de MS (método 930.15), cinzas (método 942.05), matéria orgânica (MO, MS-cinzas), PB ($N \times 6,25$; método Kjeldahl 984.13), extrato etéreo (método 920.39). Os ingredientes da ração também foram analisados quanto ao teor de amido usando um método de degradação enzimática (Amyloglicosidase, Novozymes Latin America Ltda.) e absorbâncias medidas por espectrofotômetro (SBA-200, Celm) de acordo com Hendrix (1993). A fibra em detergente neutro foi analisada de acordo com Soest, Robertson e Lewis (1991), usando -amilase e sulfito de sódio (analisador de fibras TE-149; Tecnal Equipamentos para Laboratório), e a fibra em detergente ácido e a lignina (método 973.18).

3.2 Coleta de fezes para determinação da digestibilidade:

Coletas fecais foram feitas por 3 dias consecutivos em intervalos de 9 horas, geralmente sendo 8 coletas totais. As análises incluíram a digestibilidade de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e extrato etéreo (EE).

A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada adicionando -amilase e sulfito de sódio ao detergente neutro, conforme descrito por Soest, Robertson e Lewis (1991). O processo foi executado em um analisador de fibras (TE-149, Tecnal Equipamentos para Laboratório). Para estimar a digestibilidade da FDN e da MS, foi utilizada uma fibra em detergente neutro indigestível incubada por 288 horas no rúmen de vacas canuladas (Huhtanen; Kaustell; Jaakkola, 1994; Casali *et al.*, 2008). As amostras (ração, sobras e fezes moídas a 2 mm) foram colocadas em sacos de tecido não tecido (5×5 cm, 20 mg de MS/cm²). Após a incubação, os sacos foram lava-

dos em água corrente, secos e analisados para teor de FDN, determinando assim o conteúdo de FDN indigestível (FDNi).

A partir da concentração de FDN indigestível nas fezes e na ração, foi estimada a excreção fecal de matéria seca, que serviu como base para o cálculo da digestibilidade aparente total de nutrientes.

3.3 Coletas de leite (composição, produção, perfil de ácidos graxos)

As vacas foram ordenhadas duas vezes ao dia (06:00 e 18:00 h) em uma sala de ordenha dupla espinha de peixe com medidores eletrônicos de leite. A produção de leite foi registrada eletronicamente em cada turno de ordenha e os dados dos últimos 7 dias de cada período experimental foram calculados e então usados em análise estatística. Amostras de leite foram coletadas por 3 dias durante o período de amostragem em cada turno de ordenha e compostas em uma amostra por vaca por dia proporcionalmente à produção de leite de cada turno para avaliar as concentrações de proteína, gordura e lactose através do método do infravermelho médio (Lactoscan, Entelbra). Amostras de leite foram comprovadas por espectroscopia de infravermelho médio, com proporção de proteína, gordura, lactose e nitrogênio ureico no leite (NUL), o leite corrigido para gordura foi calculado de acordo com Sklan *et al.* (1992), como segue: $3,5\% \text{ FCM} = (0,432 + 0,165 \times \% \text{ de gordura do leite} \times \text{produção de leite (kg/d)})$.

Tabela 3 – Análises da literatura

ESTUDO	TRATAMENTO	DELINEAMENTO / PERÍODO	DEL	PRODUÇÃO DE LEITE	PESO CORPORAL	PROTEÍNA	GORDURA
Bugoni <i>et al.</i> (2023)	CON, CT1 (0,06%), CT2 (0,12%), CT3 (0,18%) da MS	Quadrado latino 4x4 replicado 21 dias	171 ± 26	33,8 ± 1,16	661	3,16	3,76
Chesini <i>et al.</i> (2023)	CON (6,0% de RUP e 15,9% de SBM); HTSBM (6,7% RUP e 4,4% de HTSBM); DGS (6,9% RUP e 5,34% de FlexyPro)	Quadrado latino 3x3 replicado 21 dias	200 ± 40	30,0 ± 3,92	599 ± 78	3,43	4,45
Vitorazzi <i>et al.</i> (2021)	CON; (0,5%); (1,0%); (1,5%) g/kg de MS com mistura de Xilanase e B-glicanase	Quadrado latino duplo 4x4 21 dias	182 ± 58,6	27,8 ± 5,31	590 ± 85,9	3,31	3,82
Nunes <i>et al.</i> (2022)	CON; (7 g/d); (14 g/d); (21 g/d) de Biocolina.	Quadrado latino duplo 4x4 21 dias	163 ± 98	27,6 ± 7,14	636 ± 83,2	3,40	4,16
Takiya <i>et al.</i> (2024)	CON; LY (3 g/d); AY (15 g/d); AY2 (20 g/d) que são leveduras vivas e autolisadas	Quadrado latino 4 x 4 / 21 dias	216 ± 30	28,4 ± 4,0	-	3,18	4,12
Grigolletto <i>et al.</i> (2023)	CON; CAP (1,5 g/d) de um aditivo alimentar contendo pimenta encapsulada	Blocos ao acaso / 21 dias	182 ± 86,3	35,4 ± 4,85	671 ± 89,1	3,2	3,9
Vitorazzi <i>et al.</i> (2022)	CAPO (CON); CAP75 (0,75 g/d); CAP150 (1,5 g/d) de um aditivo alimentar contendo pimenta encapsulada	12 blocos casuais / 2 semanas adaptação 9 semanas	150 ± 93	29,3 ± 5,61	660 ± 85,9	3,39	4,38
Vitorazzi <i>et al.</i> (2021)	CON2 (Controle); E0,50 (0,5 g/kg); E0,75 (0,75 g/kg) de MS de produtos enzimáticos com atividades de xilanase e -glucanase	12 blocos casualizados / 21 dias	160 ± 87,9	30,9 ± 7,2	657 ± 81,4	3,41	4,29
Takiya <i>et al.</i> (2024)	CON(controle); AY (15 g/d); LY (3 g/d) de MS com leveduras autolisadas	13 blocos casualizados / 2 semanas de adaptação	171 ± 40	32,6 ± 5,4	-	3,15	4,0
Bugoni <i>et al.</i> (2022)	CON (Controle); DME (2 kg/d) de MS de cevada	Design cruzado / 21 dias	148 ± 78	35,3 ± 5,88	696 ± 80,6	3,16	3,78

Fonte: Autoria própria (2025).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação estatística das variáveis relacionadas à produção de leite possibilitou a identificação de fatores que possuem maior ou menor impacto no desempenho produtivo das vacas. Para entender melhor essas conexões, foi conduzida uma correlação linear para verificar a existência de relações entre as variáveis. Na sequência foi realizada uma análise de regressão, com o objetivo de quantificar a importância de cada variável explicativa no modelo, além de sua relevância estatística.

Para interpretar os resultados, é preciso levar em conta não só os valores numéricos, mas também a fisiologia dos animais. Isso se deve ao fato de que a produção de leite é um processo que envolve vários fatores, sendo afetada por características do animal (peso corporal, escore de condição corporal, estágio de lactação), da alimentação (dieta) e do manejo.

A tabela 4, apresentada a seguir, resume os principais resultados obtidos, destacando o coeficiente de determinação (R^2) e a significância estatística (P-valor). Essa síntese fornece a base para as discussões posteriores, nas quais os resultados serão comparados com achados da literatura e explicados de acordo com os aspectos ligados ao animal.

A análise de correlação evidenciou padrões consistentes com a fisiologia da lactação e com fatores determinantes da produção e composição do leite. Quanto a fatores que não são nutricionais, observou-se que os dias em lactação (DEL) apresentaram correlação negativa e significativa com a produção de leite ($r = -0,41$; $p < 0,0001$), refletindo o declínio natural da produção ao longo da curva de lactação.

Por outro lado, os DEL estiveram positivamente associados ao escore de condição corporal ($r=0,39$; $p < 0,0001$), o que indica a recuperação gradual das reservas energéticas à medida que a lactação avança. O peso corporal (PC) apresentou relação positiva tanto com a produção de leite ($r = 0,07$; $p = 0,0039$) quanto com os teores de gordura ($r = 0,49$; $p < 0,0001$) e proteína ($r = 0,47$; $p < 0,0001$), sugerindo que animais mais pesados possuem maior capacidade de ingestão e suporte metabólico para síntese de constituintes do leite.

No caso do ECC, verificou-se correlação negativa com a produção de leite ($r = -0,26$; $p < 0,0001$), mas positiva com os teores de proteína ($r = 0,45$; $p < 0,0001$) e gordura ($r = 0,43$; $p < 0,0001$). Esse resultado sugere que vacas com maior reserva corporal tendem a direcionar energia para a síntese de sólidos, mesmo que não seja para o aumento do volume produzido.

Do ponto de vista nutricional, a produção de leite esteve associada positivamente ao consumo de matéria seca ($r = 0,42$; $p < 0,0001$) e proteína bruta ($r = 0,419$; $p < 0,0001$), reforçando o papel central da ingestão de nutrientes no desempenho produtivo. (escrever mais um pouco sobre fatores nutricionais). O amido da dieta mostrou correlação positiva mas não significativa, com a produção de leite ($r = 0,04$), sugerindo que fontes energéticas concentradas contribuem para sustentar a síntese de leite. Já a proteína bruta (PB) da dieta apresentou associação significativa com a produção de leite ($r = 0,15$; $p = 0,0027$), reforçando o papel do aporte proteico na manutenção da produção e na qualidade nutricional do leite.

Tabela 4 – Correlação de Pearson

Variáveis	Itens	DEL	Peso	PL	ECC	Gorper	Protper	Lacper	NUL	MS	FDN	PB	Amido	EE	Con	Con	Con	Dig	Dig	Dig
										dieta	dieta	dieta	dieta	dieta	MS	BP	FDN	MS	PB	FDN
DEL	R ² P-valor	1.0000	0.12983	-0.41351	0.39956	0.33318	0.42813	0.38887	0.02464	-0.61164	-0.54494	0.14905	0.29716	0.16768	-0.03318	-0.02024	-0.23671	0.10885	0.14772	-0.13451
			<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.2714	0.5014	<0.0001	0.0003	<0.0001
Peso	R ² P-valor		1.0000	0.07154	0.2005	-0.04998	0.03995	0.04167	-0.02335	-0.00694	-0.01513	-0.02101	0.09513	-0.01813	0.49254	0.47017	0.36160	0.08136	0.13363	0.01602
				<0.0039	<0.001	<0.0438	0.1073	<0.0929	<0.4042	<0.7794	<0.5413	<0.3964	<0.0003	<0.4642	<0.001	<0.001	<0.001	0.0010	<0.001	0.5177
PL	R ² P-valor			1.0000	-0.26546	-0.40292	-0.35540	-0.34658	0.08734	0.21786	0.15282	0.02968	0.04000	-0.05455	0.42102	0.41997	0.42484	-0.21958	-0.16237	-0.15965
					<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0018	<0.0001	<0.0001	0.2313	0.1249	0.0277	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
ECC	R ² P-valor				1.0000	0.16215	0.45882	0.43290	-0.05086	-0.49591	-0.41428	-0.00529	0.06309	0.14375	-0.08811	-0.04535	-0.37507	0.20563	0.30460	-0.17984
						<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0693	<0.0001	<0.0001	0.8311	0.0154	<0.0001	0.0004	0.0673	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
Gorper	R ² P-valor					1.0000	0.36833	0.34542	-0.04144	-0.31181	-0.26936	-0.00385	-0.04441	0.05974	-0.11267	-0.09328	-0.19324	0.06136	0.08396	-0.02059
							<0.0001	<0.0001	0.1392	<0.0001	<0.0001	0.8767	0.0885	0.0159	<0.0001	<0.0002	<0.0001	0.0133	0.0007	
Protper	R ² P-valor						1.0000	0.77234	-0.21770	-0.31644	-0.36239	-0.00545	-0.08373	0.08798	-0.01168	0.01179	-0.30439	0.23842	0.27298	-0.13831
								<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.8261	0.0013	0.0004	0.6378	0.6346	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
Lacper	R ² P-valor							1.0000	-0.23076	-0.29275	-0.31759	-0.03970	-0.06750	0.06213	-0.01148	0.01608	-0.24960	0.19606	-0.23498	-0.11192
									<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.1094	0.0096	0.0122	0.6435	0.5169	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
NUL	R ² P-valor								1.0000	-0.27146	-0.11931	-0.07019	0.22242	0.17311	0.04403	0.03172	-0.18473	-0.22296	-0.15026	-0.04105
										<0.0001	<0.0001	0.0121	<0.0001	<0.0001	0.1160	0.2571	<0.0001	<0.0001	0.1424	
MSdieta	R ² P-valor									1.0000	0.69877	-0.15736	-0.22707	-0.18540	0.14632	0.07712	0.30026	0.13529	-0.07468	0.19879
											<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0018	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
FDNdieta	R ² P-valor										1.0000	-0.02523	-0.00766	0.11074	0.09719	0.04425	0.04425	0.15047	-0.03522	0.24925
												0.3083	0.7687	<0.0001	<0.0001	0.0739	<0.0001	<0.0001	<0.1555	
PBdieta	R ² P-valor											1.0000	0.45181	-0.03882	0.06391	-0.02792	-0.17786	-0.04339	-0.08763	
													<0.0001	<0.0001	0.1174	0.0098	<0.2596	<0.0001	0.0801	
Amidodieta	R ² P-valor												1.0000	0.18893	0.03822	0.08244	0.00782	-0.08849	0.01038	-0.7
														<0.0001	0.1427	0.0015	0.7641	0.0007	0.6905	
EEdieta	R ² P-valor													1.0000	-0.04565	-0.04141	-0.03984	0.04493	0.03935	-0.07344
															0.0656	0.0945	0.1076	0.0696	0.1125	
ComMS	R ² P-valor														1.0000	0.95198	0.82859	-0.14950	-0.12442	-0.15379
																<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	
ConPB	R ² P-valor															1.0000	0.76252	-0.17477	-0.08157	-0.19344
																	<0.0001	<0.0001	0.0010	
ConFDN	R ² P-valor																1.0000	-0.31145	-0.32412	0.08193
																		<0.0001	<0.0001	
DigMS	R ² P-valor																	1.0000	0.80664	0.46535
																			<0.0001	
DigPB	R ² P-valor																		1.0000	0.33682
																				<0.0001
DigFDN	R ² P-valor																			1.0000
																				<0.0001

DEL: Dias em lactação *PL*: Produção de leite *ECC*: Escore de condição corporal *Gorper*: Gordura percebida *Protper*: Proteína percebida *Lacper*: Lactose percebida *NUL*: Nitrogênio ureico no leite *MSdieta*: Matéria seca da dieta *FDNdieta*: Fibra em detergente neutro da dieta *PBdieta*: Proteína bruta da dieta *Amidodieta*: Amido da dieta *EEdieta*: Extrato etéreo da dieta *ConMS*: Consumo de matéria seca *ConBP*: Consumo de proteína bruta *ConFDN*: Consumo de fibra em detergente neutro *DigMS*: Digestibilidade de matéria seca *DigPB*: Digestibilidade de proteína bruta *DigFDN*: Digestibilidade de fibra em detergente neutro

Fonte: Autoria própria (2025).

Foi realizada a correlação de Pearson como etapa inicial, com objetivo de identificar o grau e sentido da associação entre as variáveis avaliadas, por exemplo, se matéria seca e amido da dieta possuem relação negativa com a gordura produzida. Essa correlação serviu para identificar quais variáveis tiveram maior associação para serem estudadas mais profundamente.

Após identificar as variáveis que tiveram maior associação, foi realizada uma análise confirmatória multivariada (análise de regressão linear mista) (procedimento MIXED do software SAS) com o objetivo de quantificar o efeito de cada variável sobre a variável dependente, considerando efeitos fixos (variáveis nutricionais e não nutricionais, além dos efeitos aleatórios que são variações que não interessam diretamente, mas precisam ser considerados (vaca e experimento)).

A tendência das observações da análise de correlação de Pearson foram confirmadas pelos resultados obtidos na análise de regressão, como é possível observar a partir da tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros de regressão para a variável dependente “Produção de leite” em função de variáveis nutricionais

Variável	Estimativa	R ² – parcial	R ² – total	P- valor
Intercepto	42,53	-	-	<.0001
Peso	0,0075	0,1710	0,1710	<.0001
ECC	-5.18766	0,0370	0,2080	<.0001
DEL	-0.01294	0,0140	0,2220	<.0001

ECC- Escore de Condição Corporal DEL- Dias em Lactação

Fonte: Autoria própria (2025).

Intercepto: O conjunto das variáveis (Peso, ECC e DEL) explica 22,2% da variação total da produção de leite. Embora não capture toda a variabilidade, pois isso é comum quando se trata de dados biológicos, o modelo tem boa capacidade explicativa. A estimativa do intercepto foi 42.53259, com p-valor altamente significativo (< 0.0001). Este resultado indica o valor médio esperado da produção de leite quando todas as demais variáveis (Peso, ECC e DEL) são iguais a zero.

De maneira geral, o intercepto não deve ser interpretado literalmente, já que, biologicamente, nenhuma vaca tem peso, ECC e dias em lactação iguais a zero. Ou seja, na prática, essas variáveis nunca serão zero, então o intercepto não representa uma vaca real, e sim um ponto de referência.

O intercepto de 42,5 representa a produção de leite como referência do modelo para os efeitos das outras variáveis. Dessa maneira, o valor de 42,5 não significa que uma vaca que não tem peso, ECC e dias de lactação produziria 42,5 litros/dia, e sim que o modelo ajustou uma linha de regressão cuja origem (no plano matemático) passa por esse valor.

Sendo o ponto inicial de produção de leite, de acordo com os fatores utilizados na equação essa produção pode aumentar ou diminuir. Por exemplo, as vacas do estudo tinham pro-

dução média entre 35 e 45 kg de leite/dia, o intercepto em torno de 42,5 kg é compatível com a realidade. Isso indica que o modelo foi bem ajustado aos dados e reflete a produção média ajustada.

Peso corporal: A variável de peso corporal (PC) foi significativa ($p < 0,0001$), além disso, a mais explicativa do modelo, tendo R^2 parcial de 17,7% e de maneira positiva. Cada aumento de um kg no peso corporal da vaca está associado a um aumento médio de 0,0075 kg na produção de leite. Isso pode estar relacionado com vacas que têm maior peso, possuem maior capacidade de ingestão de alimento, maior reserva (gordura, proteína) corporal, que podem ser mobilizadas nos primeiros dias de lactação, caso a ingestão não for suficiente para suprir o déficit energético inicial.

Quanto à capacidade de ingestão, dietas com proporção 50:50 de volumoso e concentrado favoreceram maior PC, possivelmente em função do maior consumo de matéria seca (CMS) (Rosa, 2019). Reforçando a interpretação de que vacas mais pesadas são capazes de ingerir e metabolizar mais nutrientes, resultando em maior produção.

Resultados semelhantes foram relatados por McMorris e Wilton (1986) cujo aumento do peso causou aumento de todas as variáveis de produção identificadas em seu trabalho. Além disso, recentemente foi identificado que a produção média de leite durante a lactação foi influenciada positivamente pelo PC, para cada quilograma (kg) de PC houve um aumento de 0,012 kg na produção de leite (King *et al.*, 2020). Esse valor é superior ao obtido no presente estudo (0,00750) e no citado anteriormente (0,003).

Escore de condição corporal (ECC): O ECC teve efeito negativo significativo sobre a produção de leite (estimativa = 5,1877), para cada unidade adicional no ECC, há uma redução média de 5,18 kg de leite, explicando 3,7% da variabilidade observada. Esse resultado indica que vacas com ECC elevado produzem menos leite. Entretanto, é importante considerar a relação de causa inversa, onde as vacas produzem menos por estarem com ECC alto, ou estão com ECC alto porque produzem menos.

Uma possível explicação é que animais muito "carregados" priorizam suas reservas energéticas em vez de produzir leite. Vacas super condicionadas no parto tendem a produzir menos e terem maiores problemas reprodutivos e de saúde. Assim como Shaver (1997), que identificou que em vacas obesas (ECC maior que 4,5) maiores são as probabilidades de ocorrer deslocamento de abomaso. Da mesma forma, Corassin (2004) descreve que vacas com grande ECC possuem maior incidência de metrites (inflamação das paredes uterinas), possivelmente pelo fato de vacas gordas possuírem a musculatura uterina fraca.

Quanto à produção de leite, segundo Ferguson, Galligan e Thomsen (1994) vacas com excesso de reserva corporal estão propensas a apresentarem partos distócicos, desenvolver cetose e ter queda na produção de leite. Ainda, Corassin (2004) cita trabalhos em que a relação entre o ECC ao parto e a produção de leite foi variável, porém, vacas com maior ECC ao parto tendem a perder mais unidades de condição corporal durante a lactação, o que pode afetar negativamente a produção de leite.

Dias em lactação (DEL): Também ocorreu efeito negativo e significativo ($p < 0.0001$), para cada dia adicional de lactação, há uma redução média de 0,01294 kg de leite. Esse resultado está em conformidade com o padrão fisiológico da curva de lactação, na qual a produção tende a diminuir à medida que os dias avançam. O DEL teve uma contribuição de 1,4% na variância explicada, somando um total de 22,2% do R^2 no modelo completo.

A lactação e síntese do leite são processos fisiológicos complexos, no qual a glândula mamária desempenha papel fundamental, funcionando como um órgão metabolicamente ativo (Soares, 2013). Desde o início da lactação, inúmeras alterações metabólicas direcionam grande parte dos nutrientes para sustentar a síntese do leite, realizada pelas células secretoras da glândula a partir de nutrientes fornecidos pelo sangue, tanto de origem exógena (da dieta) quanto endógena (mobilização de reservas corporais) (Noro, 2001).

Geralmente, na bovinocultura leiteira um ciclo produtivo compreende um espaço de tempo entre dois partos, sendo dividido em: terço inicial, terço médio e terço final da lactação, além do período seco e de transição (que são as três semanas antes do parto e as três primeiras após o parto) (Rosa, 2019). Com relação ao terço inicial, tem-se a curva de lactação, que não segue um padrão pré-definido, mas sim características que determinam a sua forma, como a persistência e o pico de lactação (Araújo, 2014).

Além disso, Rosa (2019) relata que ambas estão correlacionadas negativamente, ou seja, vacas com pico de produção muito elevado, posteriormente tendem a apresentar maior queda de produção de leite, sendo assim, menor será sua persistência. Do contrário, vacas que atingirem pico de produção mais tardios, tendem a ter persistência por um período maior. Sob o ponto de vista econômico, a curva de lactação desejável seria aquela com picos de produções moderados associados a maior persistência, podendo ser alcançados por meio da seleção genética (Gonçalves *et al.*, 2002).

De forma geral, a curva de lactação não tem um padrão a seguir. Por isso, os relatos de vários autores tendem a ser diferentes quando comparados. Porém, majoritariamente, a curva de lactação apresenta uma fase crescente que se estende até 60 dias, onde aumenta a quantidade de leite produzido após o parto. A fase de pico de produção (máxima produtividade) entre os 30 a 90 dias, que após algumas semanas também o atinge o pico de consumo. Posteriormente, inicia a fase final, em torno dos dez meses após o parto, com declínio da produção até que os animais entrem em período seco. Essa dinâmica confirma que o efeito negativo dos DEL observados neste trabalho reflete o comportamento fisiológico esperado e descrito na literatura.

Essa queda de produção de leite ao longo dos dias em lactação está associado a alterações fisiológicas na glândula mamária e no metabolismo da vaca. No início da lactação, a demanda metabólica é alta, e a glândula possui atividade secretora intensa. Por conta disso, o animal utiliza grande parte da glicose e dos nutrientes ingeridos ou mobilizados do organismo para a síntese de leite (Herdt, 1988). Entretanto, à medida que os dias avançam, ocorre redução na atividade e no número de células secretoras, iniciando um processo natural de involução da glândula mamária (Noro, 2001).

Além disso, Bondan (2015), relata que no início da lactação, vacas de alta produção destinam até 80% da glicose para produção de leite, por isso é comum ocorrerem distúrbios metabólicos que comprometam a saúde do animal, e que no decorrer da curva de lactação, passa a redirecionar os nutrientes para funções de manutenção e reprodução. Essa redistribuição metabólica, fornecendo menor quantidade de nutrientes para a síntese de leite e à perda da persistência da lactação, explica o padrão fisiológico de declínio na curva de lactação. Assim, a redução da produção ao longo da lactação reflete tanto a diminuição da capacidade secretora da glândula mamária quanto à prioridade que os animais possuem para realizar outras funções do organismo.

Tabela 6 – Parâmetros de regressão para a variável dependente “Produção de leite” em função de variáveis não nutricionais

Variável	Estimativa	R ² - parcial	R ² -total	P - valor
Intercepto	2,49477	-	-	0,5289
conms	0,39275	0,1608	0,1608	<.0001
msdieta	0,63216	0,0243	0,1851	<.0001
digms	-0,32476	0,0347	0,2198	<.0001
digpb	0,10619	0,0080	0,2278	<.0001
amidodieta	0,17252	0,0026	0,2304	0,0274

conms- Consumo de matéria seca **msdieta**- matéria seca da dieta **digms**- digestibilidade da matéria seca **digpb**- digestibilidade da proteína bruta **amidodieta**- amido da dieta

Fonte: A autoria própria (2025).

O coeficiente de determinação (R² total) de 0,2304 indica que 23,04% da variação da produção de leite foi explicada pelas variáveis nutricionais avaliadas (**conms**, **digpb**, **digms**, **msdieta** e **amidodieta**), demonstrando a importância no desempenho produtivo. Visto que, apenas com cinco variáveis nutricionais teve mais de 20% da variação total, excluindo variáveis como estado fisiológico, estágio de lactação, ambiente, genética, que são fatores que exercem forte influência no modelo.

Intercepto: O valor estimado do intercepto foi de 2,49477, com um p-valor de 0,5289, indicando que não é estatisticamente significativo, mas isso não compromete o modelo. Logo, seu valor não tem importância prática, especialmente por se tratar de um cenário hipotético, onde a produção de leite com todas as variáveis com valor igual a zero (ponto de referência do modelo).

Consumo de matéria seca (conms): A estimativa positiva (0,39275) e o maior R² parcial (0,1608) indicam que o consumo de matéria seca foi a variável que mais contribuiu para o modelo. O resultado sugere que a produção de leite aumenta 392 ml para cada kg de MS consumida.

O consumo de matéria seca foi significativo com 16,08% da variação do modelo e está associada a maior ingestão de energia, proteína e outros nutrientes. Quanto melhor for adequada a dieta, maior é a eficiência metabólica e saúde ruminal, conseqüentemente melhor desempenho produtivo.

Matéria seca da dieta (msdieta): Também apresentou efeito positivo e significativo ($p < 0.0001$), com R^2 parcial de 2,43%. Ao comparar com o consumo de MS, o impacto foi menor, como dito anteriormente, dietas com maior concentração de matéria seca tendem a melhorar o desempenho leiteiro. Dietas com menor teor de umidade podem concentrar mais nutrientes, dessa maneira, podendo aumentar a quantidade de ração (mais energia) fornecida aos animais. Alimentos com muita umidade limitam o consumo. Ou seja, uma dieta mais seca e balanceada, tende a aumentar a ingestão de nutrientes, a fermentação ruminal e melhorar o aproveitamento energético e proteico, favorecendo a síntese do leite.

Digestibilidade da matéria seca (digms): Diferentemente do esperado, esta variável apresentou efeito negativo e significativo (estimativa = -0.32476). Esse resultado explica 3,47% da variação do modelo, indicando que conforme aumenta a digestibilidade da MS, ocorre queda de 324 ml da produção de leite. Esse achado, por mais contraditório que aparenta ser, pode ser resultado das interações entre os ingredientes da dieta, ocorrendo principalmente com dietas de baixo teor de fibra efetiva e alto teor de concentrado (rapidamente fermentável no rúmen). Neste caso, o pH ruminal tende a cair, levando a redução da fermentação das fibras e diminuindo o tempo de ruminação, resultando em menor volume de leite, indicando um desequilíbrio entre a energia rápida (amido) e a fibra efetiva da dieta.

Digestibilidade da proteína bruta (digpb): Apresentou efeito positivo (0,10619) e significativo, embora com baixa variação (0,8%). Isso indica que, mesmo com impacto reduzido, a maior digestibilidade da proteína bruta está associada a um aumento de 106 ml na produção de leite. A maior digestibilidade da PB pode estar relacionada com melhor aproveitamento proteico no rúmen e maior disponibilidade de aminoácidos para síntese de proteína do leite.

Amido da dieta (amidodieta): A estimativa também foi positiva, com p-valor significativo (0.0274), mas com impacto pequeno (R^2 parcial = 0.26%). Ainda que essa variável explique pouca variação, quanto maior o teor de amido da dieta, a produção de leite aumenta em 0,172 kg.

Dietas com mais amido, quando bem balanceadas, podem melhorar o fornecimento energético e favorecer a produção de leite, por conta do amido ser umas das principais fontes de energia fermentável no rúmen, que vai gerar o propionato, que é precursor da glicose que contribui para síntese de lactose do leite. Todavia, quantidades excessivas de amido da dieta podem reduzir o pH

Tabela 7 – Parâmetros de regressão para a variável dependente “Gordura produzida” em função de variáveis nutricionais e não nutricional

Variável	Estimativa	R ² - parcial	R ² -total	P - valor
Intercepto	8,19964	-	-	<.0001
pl	-0,04009	0,1543	0,1543	<.0001
msdieta	-0,04260	0,0373	0,1916	<.0001
fdndieta	-0,01712	0,0065	0,1981	0,0006
amidodieta	-0,02348	0,0036	0,2017	0,0100
conms	0,00865	0,0038	0,2056	0,0080

Fonte: Aatoria própria (2025).

Conforme a tabela 7, todas as variáveis do modelo foram significativas estatisticamente ($p < 0,05$), que indica que todas as variáveis contribuem de forma relevante para a produção de gordura. O modelo apresenta um R² total de 20,56%, sinalizando que um quinto da variação de gordura produzida é explicada pelas variáveis indicadas na tabela 7, tanto com valores estimados negativos, quanto positivos para produção de gordura.

Uma das principais diferenças que se pode observar está entre o efeito positivo do consumo de matéria seca (ConMS) e o efeito negativo da matéria seca da dieta (MSdieta) é algo que parece contraditório, porém fisiologicamente faz bastante sentido quando analisamos o que cada variável realmente representa.

Logo, pode-se dizer que o ConMS significa a quantidade total de alimento ingerida pela vaca (kg/dia). Quanto maior o consumo, maior a disponibilidade de nutrientes, principalmente de ácidos graxos voláteis (AGV) (acetato e butirato) formados na fermentação ruminal (principais precursores da gordura do leite).

Já a MsDieta representa o teor de matéria seca no alimento oferecido (sem a presença de água). Dietas com mais MS podem ter mais concentrado e menos volumoso, essa relação acaba reduzindo o pH do rúmen, diminuindo a produção de acetato e reduzindo o teor de gordura do leite.

Intercepto: Com resultado significativo, o intercepto representa a produção média de gordura prevista quando todas as variáveis assumem valor zero. Contudo, esse valor não tem interpretação biológica direta, servindo como ponto de referência para o modelo.

Produção de leite (pl): Foi a variável que mais explicou a variância, com um coeficiente de 15,43%, demonstrando efeito negativo e significativo sobre a produção de gordura. Tendo uma queda na produção de gordura de 40 gramas (0,04009) para cada litro de leite produzido.

Corroborando com Muhlbach *et al.* (2000) que relata em seu trabalho, através de tabelas de outros autores, que a queda na produção de leite está associada a maior produção de gordura do leite.

Esse resultado sugere que vacas com maior produção de leite tendem a produzir menos gordura, possivelmente seja pelo efeito de diluição ou direcionamento dos nutrientes da dieta, voltados para produção de volume do leite.

Matéria seca da dieta (MSdieta): Com estimativa negativa (-0,04260) a MS da dieta apresentou efeito significativo sobre a gordura do leite, tendo uma variação de 3,73%. Essa queda de 42 unidades de gordura pode indicar que dietas secas (com maior proporção de concentrado) com desequilíbrio entre fibra e carboidratos não fibrosos, reduziu a gordura produzida, possivelmente pelo efeito da queda do pH ruminal e redução dos AGVs, que são os precursores da síntese de gordura do leite (acetato e butirato).

Fibra em detergente neutro da dieta (FDNdieta): Com relação ao teor de fibra, a FDN da dieta teve menor impacto mas foi significativo. Com coeficiente menor que 1% (0,65) teve uma redução de 17 unidades de gordura, indicando que mesmo que pequenas, as variações de fibra na dieta interferem na produção de gordura, provavelmente está associado pela fermentação ruminal e a síntese de precursores lipídicos.

Assim como Oliveira *et al.* (2007) que ao realizar estudo com cabras, identificaram que o aumento no teor de FDNf (Fibra em Detergente Neutro da forragem) reduziu o teor de gordura (0,031% de gordura para cada 1% de FDNf). Corroborando com Muhlbach *et al.* (2000), caso o volumoso seja de baixa qualidade (teor de FDN acima de 60%), sua fermentação no rúmen é muito lenta e tem menor consumo, caso tenham altos níveis de concentrado na dieta (em relação ao baixo consumo do volumoso) passa a ser nocivo à saúde do rúmen (acidose), resulta numa queda do teor de gordura. Ao contrário de Shi *et al.* (2023) identificou que com o aumento dos níveis de FDN, a porcentagem de gordura do leite e a concentração de nitrogênio da ureia no leite aumentaram.

Amido da dieta (amidodieta): como as variáveis anteriores, o amido fornecido na dieta também apresentou associação negativa com redução de 23 gramas de gordura produzida conforme é aumentado o amido da dieta. Com coeficiente de determinação de 0,3% indica que dietas ricas em amido podem acabar reduzindo o pH do rúmen gerando queda na produção de gordura. Corroborando com Bauman e Griinari (2003) que explicam que dietas ricas em amido reduzem a produção de gordura por alterar a fermentação ruminal e a biohidrogenação de ácidos graxos.

O efeito negativo sobre a produção de gordura está de acordo com a literatura, já que altas proporções de amido (rapidamente fermentável no rúmen) aumentam a produção de propionato, reduzindo produção de acetato (principal precursor de gordura do leite) no rúmen. Ou seja, dietas com alto teor de amido irá favorecer o volume de leite (lactose), porém com redução dos teores de gordura.

Consumo de matéria seca (conms): Sendo a única variável com efeito positivo, o consumo de matéria seca teve efeito significativo, com aumento de 8 (0,00865) unidades de gordura para cada aumento de 1 kg de matéria seca ingerida. Apesar de o coeficiente de determinação ser pequeno, apenas 0,8%, esse resultado indica que a ingestão de alimentos com MS na dieta favorecem a produção de gordura do leite, visto que nesses alimentos tem maior quantidade de energia e AG precursores da gordura do leite.

Resultado que está de acordo com Muhlbach *et al.* (2000) que relata que o aumento do consumo de MS (FDN<60%) promove o aumento na produção de gordura. Assim como Oliveira *et al.* (2007) que observou tendência de queda ($P=0,08$) quando se reduziu a quantidade de forragem da dieta, ou seja, a diminuição da fração fibrosa e do consumo de matéria seca total comprometeu a fermentação ruminal afetando a síntese dos componentes do leite.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo mostraram que a produção e a composição do leite de vacas são significativamente afetadas pela interação entre fatores nutricionais e não nutricionais, que nos demonstra o quão complexo é um sistema de produção de leite.

Dentre as variáveis não nutricionais, constatou-se que o peso corporal teve um efeito positivo e extremamente significativo na produção de leite, sendo a variável com maior poder explicativo do modelo. Isso sugere que vacas de maior peso têm maior capacidade de ingestão e suporte metabólico, resultando em melhor desempenho produtivo. Em contrapartida, o escore de condição corporal (ECC) teve um efeito negativo na produção, indicando que as vacas com maiores reservas corporais tendem a priorizar o metabolismo energético e reprodutivo em vez da síntese de leite. O estágio de lactação (DEL) também exerceu um impacto considerável, com uma diminuição na produção à medida que a lactação avançava, um comportamento previsto de acordo com a fisiologia da glândula mamária e a continuidade da curva de lactação.

Em relação aos fatores nutricionais, o consumo de matéria seca (CMS) se destacou como a variável mais importante, indicando que o aumento na ingestão de nutrientes está diretamente ligado ao crescimento da produção de leite. Além disso, fatores como a matéria seca da dieta, a digestibilidade da proteína bruta e do amido também tiveram um papel importante, destacando a importância do equilíbrio energético e proteico na eficiência metabólica das vacas. Entretanto, observou-se que níveis altos de digestibilidade da matéria seca e do amido podem provocar desequilíbrios ruminais e redução do desempenho. No que diz respeito à produção de gordura do leite, observou-se um efeito inverso entre a quantidade produzida e o volume de leite, provavelmente devido ao efeito de diluição e à competição metabólica pelos nutrientes disponíveis.

As variáveis matéria seca da dieta, fibra em detergente neutro (FDN) e amido da dieta mostraram uma relação negativa com a gordura produzida. Isso indica que dietas com maior proporção de concentrado e amido diminuem a produção de ácidos graxos voláteis, que são precursores da gordura do leite. Por outro lado, o consumo de matéria seca apresentou um efeito positivo, indicando que as vacas com maior ingestão total de alimentos produzem mais gordura devido ao aumento na oferta de energia e substratos lipídicos.

Assim, os objetivos estabelecidos neste estudo foram atingidos, pois foi possível analisar o impacto de fatores não nutricionais — como dias e estágio de lactação, peso e produção diária — na composição do leite. Além disso, foi possível determinar as relações entre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes e as variações notadas na produção e composição. De maneira geral, os resultados indicam que a eficiência produtiva e a qualidade do leite são consequências diretas da interação entre nutrição, fisiologia e manejo. Entender essas relações possibilita a implementação de estratégias nutricionais e de manejo mais eficientes. Dessa forma, esta pesquisa contribui para o aprofundamento do conhecimento técnico acerca dos fatores que influenciam a produção de leite.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A. S. d. **Fatores nutricionais e não nutricionais que afetam a produção e composição do leite bovino**. 2015. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/132810>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- AGANGA, A.; AMARTEIFIO, J.; NKILE, N. Effect of stage of lactation on nutrient composition of tswana sheep and goat's milk. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, n. 5, p. 533–543, oct 2002. ISSN 0889-1575. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0889157502910616>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- ALVES, A. R. *et al.* Fibra para ruminantes: Aspecto nutricional, metodológico e funcional. **Pubvet**, Editora MV Valero, v. 10, n. 07, jun 2016. ISSN 1982-1263. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1453>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- ANDRADE, L. M. d. *et al.* Efeitos genéticos e de ambiente sobre a produção de leite e a contagem de células somáticas em vacas holandesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 343–349, apr 2007. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/MWW6Yps4x3jRxrPxvGLZZMs/>. Acesso em: 29 mar. 2025.
- AOAC. **Official Methods of Analysis, 22nd Edition (2023)**. 2000. AOAC INTERNATIONAL. Disponível em: <https://www.aoac.org/official-methods-of-analysis/>. Acesso em: 25 mar. 2025.
- ARAÚJO, T. P. M. **Desempenho produtivo de vacas zebuínas em características de importância à produção de leite**. 2014. Dissertação (Mestrado em Produção Animal) — Universidade Federal do Rio Grande Do Norte, Natal, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/items/ba01e9a1-a641-4b1b-82ce-fd056c143f2c>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- BARBOSA, P. F. *et al.* **Embrapa Gado de Leite Sistema de Produção. Alimentação**. [S.l.], 2002. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteSudeste/alimentacao/lactacao.html>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, Annual Reviews, v. 23, n. 1, p. 203–227, jul 2003. ISSN 1545-4312. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408>. Acesso em: 29 jan. 2025.
- BECKETT, S. **Tente de novo, falhe novamente. Falhe melhor**. 2025. Pensador. Disponível em: <https://www.pensador.com/frase/NzQ0NjQ0/>. Acesso em: 10 set. 2025.
- BENEDETTI, E.; SILVA, H. S. da. Influência da condição corporal na produção de leite, consumo e desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Veterinária Notícias**, v. 3, n. 1, p. 175–183, 1997. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/vetnot/article/view/27616>. Acesso em: 14 mar. 2025.
- BONDAN, C. **Fatores que afetam a composição do leite bovino em rebanhos sob controle leiteiro: enfoque epidemiológico e metabólico**. 2015. Tese (Doutorado) — Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/132810>.

//lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/122435/000970592.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
Acesso em: 29 mar. 2025.

BONDAN, C. *et al.* Milk composition of holstein cows: a retrospective study. **Ciência Rural**, v. 48, n. 12, dec 2018. ISSN 0103-8478. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/GWCRtNMnhcxk3LDYV8Zst7z/?lang=en>. Acesso em: 22 abr. 2025.

BUENO, V. F. F. *et al.* Contagem celular somática: relação com a composição centesimal do leite e período do ano no estado de goiás. **Ciência Rural**, v. 35, n. 4, p. 848–854, aug 2005. ISSN 0103-8478. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/qMJqVBWmhcrMbXPQ37Nf9gp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 13 mar. 2025.

BUGONI, M. *et al.* Dry malt extract from barley partially replacing ground corn in diets of dairy cows: Nutrient digestibility, ruminal fermentation, and milk composition. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 105, n. 7, p. 5714–5722, jul 2022. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(22\)00264-8/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(22)00264-8/fulltext). Acesso em: 26 mar. 2025.

BUGONI, M. *et al.* Feeding amylolytic and proteolytic exogenous enzymes: Effects on nutrient digestibility, ruminal fermentation, and performance in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 106, n. 5, p. 3192–3202, may 2023. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(23\)00117-0/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(23)00117-0/fulltext). Acesso em: 24 jan. 2025.

BUTLER, W.; SMITH, R. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 72, n. 3, p. 767–783, mar 1989. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030289791694>. Acesso em: 25 set. 2025.

CABRAL, J. F. *et al.* Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, v. 71, n. 4, sep 2016. ISSN 0100-3674. Disponível em: <https://www.revistadoilct.com.br/rilct/article/view/536>. Acesso em: 16 abr. 2025.

CARDOSO, E. G. **Engorda de bovinos em confinamento (Aspectos gerais)**. Campo Grande, MS, 1996. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/317195/engorda-de-bovinos-em-confinamento-aspectos-gerais>. Acesso em: 19 out. 2025.

CARVALHO, L. de A. *et al.* **Agronegócio do Leite: Alimentação**. 2021. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao. Acesso em: 18 ago. 2025.

CARVALHO, L. de A. *et al.* **Agronegócio do Leite: Concentrado**. 2021. Embrapa Gado de Leite. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/producao/sistemas-de-producao/alimentacao/vacas-leiteiras/concentrado. Acesso em: 16 ago. 2025.

CASALI, A. O. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 2, p. 335–342, feb 2008. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/4KFXF46DfzMMpg9WD4XTwKF/?lang=pt>. Acesso em: 27 mar. 2025.

- CHEGINI, R. G. *et al.* Dietary replacement of soybean meal with heat-treated soybean meal or high-protein corn distillers grains on nutrient digestibility and milk composition in mid-lactation cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 106, n. 1, p. 233–244, jan 2023. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(22\)00625-7/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(22)00625-7/fulltext). Acesso em: 26 mar. 2025.
- COBUCI, J. A. *et al.* Curva de lactação na raça guzerá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 5, p. 1332–1339, oct 2000. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/SWwqyw4NdXpqXDv3FZMF7zK/>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- CORASSIN, C. H. **Determinação e avaliação de fatores que afetam a produtividade de vacas leiteiras: aspectos sanitários e reprodutivos**. 2004. Tese (Doutorado) — Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), Piracicaba, SP, 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-27092004-144119/pt-br.php>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- EDWARDS, J. *et al.* Short communication: Milk fat payment affects the relative profitability of jersey and holstein-friesian cows at optimal comparative stocking rate. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 102, n. 10, p. 9463–9467, oct 2019. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030219306654>. Acesso em: 13 mar. 2025.
- EMERY, R. Feeding for increased milk protein. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 61, n. 6, p. 825–828, jun 1978. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203027883656X>. Acesso em: 14 mar. 2025.
- FARIA, R. A. **Fatores nutricionais que interferem na composição de leite**. 2011. Universidade Federal De Goiás. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/186/o/Renata_Andrade_Faria_-_Fatores_Nutricionais_que_Interferem_na_Composiç~ao_do_Leite.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.
- FERGUSON, J. D.; GALLIGAN, D. T.; THOMSEN, N. Principal descriptors of body condition score in holstein cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 77, n. 9, p. 2695–2703, sep 1994. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203029477212X>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- FONTANELI, R. S. Fatores que afetam a composição e as características físico-químicas do leite. *In*: UFRGS. **Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal**. Rio Grande Do Sul, 2001. Disponível em: <https://docs.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/composicao leite.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2025.
- FOSS. **Análise de fibras em rações animais Fibra bruta, fibra detergente neutra e fibra detergente ácida – as normas e as opções de automação**. 2018. Disponível em: <https://www.fossanalytics.com/-/media/files/documents/papers/laboratories-segment/ebook-fibre-analysis-of-animal-feed-br.ashx>. Acesso em: 28 fev. 2025.
- FREITAS, M. *et al.* Comparação da produção de leite e de gordura e da duração da lactação entre cinco “graus de sangue” originados de cruzamentos entre holandês e gir em minas gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 53, n. 6, p. 708–713, dec 2001. ISSN 0102-0935. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/j8ZSrTCrC5jQGrYdVzV9wDd/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2025.

FRUSCALSO, V. **Influência da oferta da dieta, ordem e estágio de lactação sobre as propriedades físico-químicas e microbiológicas do leite bovino e a ocorrência de leite instável não ácido**. 2007. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, 2007. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/12440>. Acesso em: 14 abr. 2025.

GALLO, L. *et al.* Change in body condition score of holstein cows as affected by parity and mature equivalent milk yield. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 79, n. 6, p. 1009–1015, jun 1996. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030296764524>. Acesso em: 25 set. 2025.

GARNSWORTHY, P. C.; TOPPS, J. H. The effect of body condition of dairy cows at calving on their food intake and performance when given complete diets. **Animal Science**, Cambridge University Press (CUP), v. 35, n. 1, p. 113–119, aug 1982. ISSN 1748-748X. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/232024418_The_effect_of_body_condition_score_at_calving_on_their_food_intake_and_performance_when_given_complete_diets. Acesso em: 14 mar. 2025.

GONZALEZ, F. H. D. Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo em vacas leiteiras. *In*: _____. Porto Alegre: UFRGS, 2001. cap. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação., p. 5–21. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/26682>. Acesso em: 10 set. 2025.

GONÇALVES, T. d. M. *et al.* Curvas de lactação em rebanhos da raça holandesa no estado de minas gerais: Escolha do modelo de melhor ajuste. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 4, p. 1689–1694, jul 2002. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/qZBRSFNfD3w57DhkJmvsPty/?lang=pt>. Acesso em: 15 ago. 2025.

GRIGOLETTO, N. T. S. *et al.* Influence of encapsulated pepper on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and performance in dairy cows. **Livestock Science**, v. 267, p. 105140, jan 2023. ISSN 1871-1413. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141322003134?via=ihub>. Acesso em: 26 mar. 2025.

HARZIA, H. *et al.* Alterations in milk metabolome and coagulation ability during the lactation of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 96, n. 10, p. 6440–6448, oct 2013. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213005675>. Acesso em: 26 jun. 2025.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Wiley, v. 33, n. 6, p. 1306–1311, nov 1993. ISSN 1435-0653. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2135/cropsci1993.0011183X003300060037x>. Acesso em: 26 mar. 2025.

HERDT, T. H. Fuel homeostasis in the ruminant. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, Elsevier BV, v. 4, n. 2, p. 213–231, jul 1988. ISSN 0749-0720. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0749072015310458>. Acesso em: 15 ago. 2025.

HUHTANEN, P.; KAUSTELL, K.; JAAKKOLA, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 48, n. 3–4, p. 211–227, aug 1994. ISSN 0377-8401. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0377840194901732?via=ihub>. Acesso em: 27 mar. 2025.

- KING, T. M. *et al.* Impact of cow milk production on cow–calf performance in the nebraska sandhills. **Translational Animal Science**, Oxford University Press (OUP), v. 4, p. S145–S148, dec 2020. ISSN 2573-2102. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7754227/>. Acesso em: 15 ago. 2025.
- KOZERSKI, N. D. *et al.* Aspectos que influenciam a qualidade do leite. *In: Anais da x mostra científica fomez / ufms*,. Campo Grande: [s.n.], 2017. Disponível em: <https://fomez.ufms.br/files/2015/09/ASPECTOS-QUE-INFLUENCIAM-A-QUALIDADE-DO-LEITE.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2025.
- LAGO, E. P. d. *et al.* Efeito da condição corporal ao parto sobre alguns parâmetros do metabolismo energético, produção de leite e incidência de doenças no pós-parto de vacas leiteiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1544–1549, oct 2001. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/XBRkMXVvqWqfKGmGBL9XfDN/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 24 jul. 2025.
- LIMA, M. **O que é correlação de Pearson?** 2021. Blog Psicometria Online. Disponível em: <https://www.blog.psicometriaonline.com.br/o-que-e-correlacao-de-pearson/>. Acesso em: 15 set. 2025.
- MACEDO, F. L. **Doses de concentrado com ou sem gordura inerte na dieta de vacas em lactação mantidas em pastagens tropicais.** 2012. Dissertação (Mestre em Ciências) — Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), Piracicaba, SP, 2012. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-16042012-160840/publico/Fernanda_Lopes_Macedo_versao_revisada.pdf. Acesso em: 16 ago. 2025.
- MACHADO, R. *et al.* **Escore de condição corporal e sua aplicação no manejo reprodutivo de ruminantes.** [S.l.], 2008. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/48744/1/CircularTecnica57.pdf>. Acesso em: 01 ago. 2025.
- MACKLE, T. *et al.* Effects of insulin and amino acids on milk protein concentration and yield from dairy cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 82, n. 7, p. 1512–1524, jul 1999. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10416166/>. Acesso em: 28 jan. 2025.
- MAGALHÃES, H. R. *et al.* Influência de fatores de ambiente sobre a contagem de células somáticas e sua relação com perdas na produção de leite de vacas da raça holandesa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 2, p. 415–421, apr 2006. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/3QQFwRfYQfGC5D6PZBYhNHF/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 25 jul. 2025.

MAPA. **MAPA DO LEITE: Políticas Públicas e Privadas para o Leite**. 2025. Ministério da Agricultura e Pecuária. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/producao-animal/portal-do-leite/mapa-do-leite/>. Acesso em: 29 mar. 2025.

MCMORRIS, M. R.; WILTON, J. W. Breeding system, cow weight and milk yield effects on various biological variables in beef production1. **Journal of Animal Science**, Oxford University Press (OUP), v. 63, n. 5, p. 1361–1372, nov 1986. ISSN 1525-3163. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/63/5/1361/4662128>. Acesso em: 15 ago. 2025.

MOLENTO, C. *et al.* Effects of insulin, recombinant bovine somatotropin, and their interaction on insulin-like growth factor-i secretion and milk protein production in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 85, n. 4, p. 738–747, apr 2002. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12018418/>. Acesso em: 28 jan. 2025.

MORAIS, M. L. P. **Nutrição e Manejo Alimentar para Bovinos Leiteiros**. Belo Horizonte, MG, 2020. Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=53082>. Acesso em: 10 set. 2025.

MORGAN, A. **Alimentos concentrados são discutidos no Dia Mundial do Leite**. 2025. CPT. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/noticias/alimentos-concentrados-dia-mundial-do-leite>. Acesso em: 19 out. 2025.

MOTA, M. F. *et al.* Desempenho produtivo e composição do leite de vacas da raça holandesa no final da lactação, manejadas em pastagem e suplementadas com diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, Editora Cubo, v. 15, n. 2, p. 82–87, 2008. ISSN 1984-7130. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/596464>. Acesso em: 14 mar. 2025.

MUHLBACH, P. *et al.* Aspectos nutricionais que interferem na qualidade do leite. *In*: DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA DA UFRGS. **Encontro anual da ufrgs sobre nutrição de ruminantes**. Porto Alegre, 2000. p. 73–102. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/fagro/materiais/\[000273330\]%20p.%2073-1020001.pdf](https://www.ufrgs.br/fagro/materiais/[000273330]%20p.%2073-1020001.pdf). Acesso em: 15 set. 2025.

NASEM. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition**. National Academies Press, 2021. ISBN 9780309677776. Disponível em: <https://nap.nationalacademies.org/read/25806/chapter/1#ii>. Acesso em: 15 ago. 2025.

NORO, G. **Síntese e secreção do leite**. [S.l.], 2001. Disponível em: https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2020/11/sintese_leite.pdf. Acesso em: 15 ago. 2025.

NORO, G. *et al.* Fatores ambientais que afetam a produção e a composição do leite em rebanhos assistidos por cooperativas no rio grande do sul. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3 suppl, p. 1129–1135, jun 2006. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/GYT8wbfKsRJgd3yrC6GSSCp/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 11 mar. 2025.

NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001**. Washington: National Academies Press, 2001. Description based on publisher supplied metadata and other sources. ISBN 9780309515214. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=EgWw2Kd9mb4C&oi=fnd&pg=PT16&ots=pRDUFTcQrj&sig=8OnONeh4vTm4ScT15vqFFq9Gt6Y&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 14 mar. 2025.

- NUNES, A. T. *et al.* Increasing doses of biocholine on apparent digestibility, ruminal fermentation, and performance in dairy cows. **Livestock Science**, v. 260, p. 104927, jun 2022. ISSN 1871-1413. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1871141322001019?via=ihub>. Acesso em: 26 mar. 2025.
- OLIVEIRA, E. Neto Alves de *et al.* Composição físico-química de leites em diferentes fases de lactação. **Revista Acadêmica: Ciência Animal**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná - PUCPR, v. 8, n. 4, p. 409, oct 2010. ISSN 0103-989X. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/cienciaanimal/article/view/10982>. Acesso em: 15 abr. 2025.
- OLIVEIRA, M. *et al.* Produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas com diferentes proporções de forragem e teores de lipídeos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, FapUNIFESP (SciELO), v. 59, n. 3, p. 759–766, jun 2007. ISSN 0102-0935. Acesso em: 29 mar. 2025.
- PALMQUIST, D. L. Milk fat: Origin of fatty acids and influence of nutritional factors thereon. *In: _____*. **Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids**. Boston MA: Springer US, 2006. v. 2, cap. 2, p. 43–92. ISBN 9780387263649. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-28813-9_2. Acesso em: 27 jan. 2025.
- PERES, J. O leite como ferramenta de monitoramento nutricional. *In: In: uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul., 2001. p. 43. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26656/000308502.pdf>. Acesso em: 03 out. 2025.
- PRASAD, H.; SENGAR, O. Milk yield and composition of the barbari goat breed and its crosses with jamunapari, beetal and black bengal. **Small Ruminant Research**, v. 45, n. 1, p. 79–83, jul 2002. ISSN 0921-4488. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448802001128>. Acesso em: 12 abr. 2025.
- QUEIROGA, R. d. C. R. d. E. *et al.* Influência do manejo do rebanho, das condições higiênicas da ordenha e da fase de lactação na composição química do leite de cabras saanen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 2, p. 430–437, apr 2007. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/hGMLvQCgrXM8NJ5syRGDJgP/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- RENNÓ, F. *et al.* Efeito da condição corporal ao parto sobre a produção e composição do leite, a curva de lactação e a mobilização de reservas corporais em vacas da raça holandesa. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 2, p. 220–233, apr 2006. ISSN 0102-0935. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/XBRkMXVvqWqfKGmGBL9XfDN/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 25 set. 2025.
- RIBAS, N. P. *et al.* Sólidos totais do leite em amostras de tanque nos estados do paraná, santa catarina e são paulo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6 suppl 3, p. 2343–2350, dec 2004. ISSN 1516-3598. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/hFGpWghVYhbZn5bm93z4LRg/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2025.
- ROCHE, J. *et al.* Invited review: Body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 92, n. 12, p. 5769–5801, dec 2009. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030209712998>. Acesso em: 24 jul. 2025.

RODRIGUES, N. J. L. **Ciência Animal E Veterinária: Tópicos Atuais Em Pesquisa**. Editora Científica Digital, 2023. ISBN 9786553603226. Disponível em: <https://www.editoracientifica.com.br/books/ciencia-animal-e-veterinaria-topicos-atuais-em-pesquisa>. Acesso em: 29 mar. 2025.

ROSA, F. D. d. **Proporção de volumoso na dieta de vacas Holandesas e sua influência na produção e composição do leite em diferentes períodos de lactação**. 2019. Universidade Federal do Pampa. Trabalho de conclusão de curso. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/server/api/core/bitstreams/85f6ab6b-61fb-40d0-8cc2-7fe0f7b92eca/content>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SANTOS, F. A. B. D. **Produção e composição do leite e sua relação com os parâmetros reprodutivos de vacas primíparas e múltiparas. Trabalho de conclusão de curso**. 2021. Universidade Estadual De Ponta Grossa. Disponível em: https://www2.uepg.br/zootecnia/wp-content/uploads/sites/98/2022/07/TCC-Flavio_Correcao-Final-V3-1.pdf. Acesso em: 22 jul. 2025.

SCHOBER, P.; BOER, C.; SCHWARTE, L. A. Correlation coefficients: Appropriate use and interpretation. **Anesthesia amp; Analgesia**, Ovid Technologies (Wolters Kluwer Health), v. 126, n. 5, p. 1763–1768, may 2018. ISSN 0003-2999. Disponível em: https://journals.lww.com/anesthesia-analgesia/fulltext/2018/05000/correlation_coefficients_appropriate_use_and.50.aspx. Acesso em: 15 set. 2025.

SEO, S.; JEON, S.; HA, J. K. — editorial — guidelines for experimental design and statistical analyses in animal studies submitted for publication in the asian-australasian journal of animal sciences. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Asian Australasian Association of Animal Production Societies, v. 31, n. 9, p. 1381–1386, sep 2018. ISSN 1976-5517. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30056648/>. Acesso em: 25 mar. 2025.

SHAYER, R. Nutritional risk factors in the etiology of left displaced abomasum in dairy cows: A review. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 80, n. 10, p. 2449–2453, oct 1997. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030297761976>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SHI, R. *et al.* Dietary neutral detergent fiber levels impacting dairy cows' feeding behavior, rumen fermentation, and production performance during the period of peak-lactation. **Animals**, MDPI AG, v. 13, n. 18, p. 2876, sep 2023. ISSN 2076-2615. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10525722/>. Acesso em: 29 mar. 2025.

SKLAN, D. *et al.* Fatty acids, calcium soaps of fatty acids, and cottonseeds fed to high yielding cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 75, n. 9, p. 2463–2472, sep 1992. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(92\)78008-4/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(92)78008-4/pdf). Acesso em: 27 mar. 2025.

SOARES, F. A. C. **Composição do leite: fatores que alteram a qualidade química**. [S.l.], 2013. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/lacvet/site/wp-content/uploads/2013/10/leiteFred.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2025.

SOARES, G. V. de M. *et al.* Influência da ordem de parto sobre a produção de leite de vacas zebuínas. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 3, n. 2, p. 106–110, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/acta/article/view/1298/717>. Acesso em: 13 mar. 2025.

SOEST, P. V.; ROBERTSON, J.; LEWIS, B. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 74, n. 10, p. 3583–3597, oct 1991. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/pdf). Acesso em: 26 mar. 2025.

STANTON, T. *et al.* Estimating milk, fat, and protein lactation curves with a test day model. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 75, n. 6, p. 1691–1700, jun 1992. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030292779260>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SUTTON, J. *et al.* Rates of production of acetate, propionate, and butyrate in the rumen of lactating dairy cows given normal and low-roughage diets. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 86, n. 11, p. 3620–3633, nov. 2003. ISSN 0022-0302. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203020373968X>. Acesso em: 28 jan. 2025.

TAKIYA, C. S. *et al.* Dietary supplementation with live or autolyzed yeast: Effects on performance, nutrient digestibility, and ruminal fermentation in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 107, n. 7, p. 4495–4508, jul 2024. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(24\)00490-9/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(24)00490-9/fulltext). Acesso em: 26 mar. 2025.

TEIXEIRA, N.; FREITAS, A.; BARRA, R. Influência de fatores de meio ambiente na variação mensal da composição e contagem de células somáticas do leite em rebanhos no estado de minas gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 55, n. 4, p. 491–499, aug 2003. ISSN 0102-0935. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/DCG7MkVBhst7T5HQxQvJp5C/?lang=pt>. Acesso em: 12 mar. 2025.

VITTORAZZI, P. C. *et al.* Increasing doses of carbohydrases: Effects on rumen fermentation, nutrient digestibility, and performance of mid-lactation cows. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 104, n. 12, p. 12508–12519, dec 2021. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00917-6/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00917-6/fulltext). Acesso em: 26 mar. 2025.

VITTORAZZI, P. C. *et al.* Feeding encapsulated pepper to dairy cows during the hot season improves performance without affecting core and skin temperature. **Journal of Dairy Science**, American Dairy Science Association, v. 105, n. 12, p. 9542–9551, dec 2022. ISSN 0022-0302. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(22\)00612-9/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(22)00612-9/fulltext). Acesso em: 26 mar. 2025.

WATTIAUX, M. A.; ARMENTANO, L. E. Dairy essentials. *In*: _____. UW Madison Department of Dairy Science, 2015. cap. Capítulo 3. O metabolismo dos carboidratos em bovinos de leite, p. 4. Disponível em: <https://kb.wisc.edu/dairynutrient/page.php?id=52745>. Acesso em: 15 ago. 2025.