

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE ENGENHARIAS, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EDUARDA CARNEIRO ARAUJO

IMPACTO DO FLUXO DE TRÁFEGO E DO MANEJO ALIMENTAR DE VACAS DA
RAÇA HOLANDESA E JERSEY SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO DO
LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

PONTA GROSSA
2026

EDUARDA CARNEIRO ARAUJO

IMPACTO DO FLUXO DE TRÁFEGO E DO MANEJO ALIMENTAR DE VACAS DA
RAÇA HOLANDESA E JERSEY SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO DO
LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

Dissertação apresentada para a obtenção do
título de mestre em Zootecnia na Universidade
Estadual de Ponta Grossa, Área de Produção e
Nutrição de Ruminantes.

Orientador (a): Dr^a Adriana de Souza Martins

PONTA GROSSA

2026

Araujo, Eduarda Carneiro

A663 Impacto do fluxo de tráfego e do manejo alimentar de vacas da raça
Holandesa e Jersey sobre a produção e a composição do leite em sistema de
ordenha robotizada / Eduarda Carneiro Araujo. Ponta Grossa, 2026.
70 f.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia - Área de Concentração: Produção
Animal), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana de Souza Martins.

1. Ácidos graxos leite. 2. CCS. 3. Multíparas. 4. Primíparas. 5. Tamanho de
partículas. I. Martins, Adriana de Souza. II. Universidade Estadual de
Ponta Grossa. Produção Animal. III.T.

CDD: 636.2412



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

TERMO DE APROVAÇÃO

EDUARDA CARNEIRO ARAUJO

IMPACTO DO FLUXO DE TRÁFEGO E DO MANEJO ALIMENTAR DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA E JERSEY SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia – Mestrado em Zootecnia, Setor de Engenharias, Ciências Agrárias e de Tecnologia da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Ponta Grossa, 01 de julho de 2026.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA:

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANA DE SOUZA MARTINS**
Data: 04/07/2026 18:34:19-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Adriana de Souza Martins – UEPG
Presidente

Documento assinado digitalmente
 **JOAO RICARDO ALVES PEREIRA**
Data: 08/07/2026 17:29:28-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. João Ricardo Alves Pereira – UEPG
Membro Interno

Documento assinado digitalmente
 **CARLA MARIS MACHADO BITTAR**
Data: 09/07/2026 09:41:33-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Carla Maris Machado Bittar – ESALQ/USP
Membro Externo

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e à Nossa Senhora Aparecida pelo dom da vida, pelas inúmeras oportunidades concedidas e por me permitirem concluir mais esta importante etapa da minha trajetória.

À minha mãe, Elvira, expresso minha mais profunda gratidão por estar ao meu lado em todos os momentos, compartilhando comigo cada desafio, conquista e aprendizado vivenciados ao longo desta caminhada.

Ao meu pai, Edson, agradeço pelo apoio incondicional e por sempre me encorajar a seguir e realizar meus sonhos.

Às minhas irmãs e aos meus sobrinhos, obrigada pela torcida, pelo amor que me fortalece e pelo incentivo ao longo dessa jornada.

Ao meu namorado, Diego, agradeço por todo o auxílio, compreensão e companheirismo durante este período. Sua presença tornou esta caminhada mais leve e especial.

À professora Adriana, minha sincera gratidão pela orientação pautada na gentileza, paciência e dedicação. Agradeço a confiança depositada em mim desde o início desta trajetória e por ter contribuído de forma tão significativa para que este sonho se tornasse realidade.

À professora Rafaela Martins, que gentilmente auxiliou nas análises estatísticas.

Aos alunos de graduação Giovanna e João Pedro, agradeço imensamente pela dedicação e pelo apoio durante a execução deste projeto. A participação de vocês foi fundamental para a realização deste trabalho.

Agradeço a todos os produtores que prontamente aceitaram participar do experimento e disponibilizaram os dados, tornando possível a condução desta pesquisa.

Às equipes das empresas de ordenha robotizada, Lely e De Laval, expresso minha gratidão por toda a colaboração, disponibilidade e auxílio prestados.

À Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), pela realização das análises de leite.

A todos, meu muito obrigada!

RESUMO

O sistema de ordenha robotizada vem sendo cada vez mais utilizado na pecuária leiteira devido a fatores como monitoramento rigoroso dos animais, maior autonomia e flexibilidade de tempo e redução de mão de obra manual, higienização padrão dos tetos com a automação, entre outros. No entanto, a eficiência do sistema robotizado requer cuidados diários no manejo, precisão na amostragem do leite e na nutrição do rebanho. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção e a composição do leite de vacas das raças Holandesa e Jersey, primíparas e multíparas, em sistema de ordenha robotizada, considerando o fluxo de movimentação e o manejo nutricional. O estudo foi conduzido em seis propriedades leiteiras, em sistema de confinamento *Free Stall* e *Compost Barn*, sendo 293 vacas da raça Holandesa e 134 vacas da raça Jersey. Em cada propriedade realizou-se a coleta individual do leite em três períodos do dia: das 5:00 às 13 h; das 13:00 às 21:00 h e das 21:00 às 5:00 horas. Foram coletadas amostras da dieta e das sobras e realizada a avaliação do tamanho de partículas. Avaliou-se a composição do leite, a contagem de células somáticas (CCS) e o perfil de ácidos graxos (AG) do leite. Para a análise estatística utilizou-se o Modelo Linear Misto e aplicação do teste de hipóteses, considerando o nível de significância de 5%. As análises de correlação de Pearson foram realizadas por meio do *software* R. Observou-se que o percentual de partículas da dieta retido na peneira de 19mm (8,1%), contribuiu com os valores elevados de gordura no leite da raça Jersey. O teor médio de gordura, proteína, lactose e CCS da raça Holandesa foi de 3,33%, 3,31%, 4,75% e 224.000 cels/mL, respectivamente. As concentrações de AG pré-formados, mistos e *de novo* foram, respectivamente, 1,15, 1,06 e 0,72 g/100g de leite. Para a raça Jersey, os níveis médios de gordura, proteína, lactose e CCS foram, respectivamente, 4,70%, 3,95%, 4,73% e 219.000 cels/mL. A concentração de AG pré-formados, mistos e da síntese *de novo* foi de 1,47; 1,53 e 1,19 g/100g de leite, respectivamente. O fluxo de movimentação das vacas em sistema de ordenha robotizada teve influência sobre a produção e a composição do leite, incluindo o perfil de ácidos graxos, em ambas as raças. As temperaturas do inverno não comprometeram o número de visitas e nem a produção de leite por visita ao robô.

Palavras-chave: ácidos graxos do leite; contagem de células somáticas; multíparas; primíparas; tamanho de partículas; temperatura.

ABSTRACT

Robotic milking systems have been increasingly adopted in dairy farming due to factors such as rigorous animal monitoring, greater autonomy and time flexibility, reduced manual labor requirements, and standardized teat hygiene through automation, among others. However, the efficiency of robotic milking systems requires daily management practices, precision in milk sampling, and proper herd nutritional management. The objective of this study was to evaluate milk yield and composition of primiparous and multiparous Holstein and Jersey cows in robotic milking systems, considering cow traffic flow and nutritional management. The study was conducted on six dairy farms operating under Free Stall and Compost Barn housing systems and included 293 Holstein cows and 134 Jersey cows. Individual milk samples were collected in three periods throughout the day: from 5:00 a.m. to 1:00 p.m., from 1:00 p.m. to 9:00 p.m., and from 9:00 p.m. to 5:00 a.m. Diet and feed refusal samples were collected, and particle size distribution was evaluated. Milk composition, somatic cell count (SCC), and milk fatty acid (FA) profile were analyzed. Statistical analyses were performed using a Linear Mixed Model and hypothesis testing procedures, considering a significance level of 5%. Pearson correlation analyses were conducted using R software. The proportion of dietary particles retained on the 19-mm sieve (8.1%) contributed to the elevated milk fat values observed in Jersey cows. Mean milk fat, protein, lactose, and SCC values for Holstein cows were 3.33%, 3.31%, 4.75%, and 224,000 cells/mL, respectively. Concentrations of preformed, mixed, and de novo fatty acids were 1.15, 1.06, and 0.72 g/100 g of milk, respectively. For Jersey cows, average milk fat, protein, lactose, and SCC values were 4.70%, 3.95%, 4.73%, and 219,000 cells/mL, respectively. Concentrations of preformed, mixed, and de novo fatty acids were 1.47, 1.53, and 1.19 g/100 g of milk, respectively. Cow traffic flow in robotic milking systems influenced milk production and composition, including the milk fatty acid profile, in both breeds. Winter temperatures did not negatively affect the number of visits to the robot or milk yield per robot visit.

Keywords: milk fatty acids; multiparous cows; particle size; primiparous cows somatic cell count; temperature.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Amostrador de leite das empresas de ordenha robotizada	26
Figura 2- Avaliação do tamanho de partículas com as peneiras Penn State Particle Separator.....	27
Figura 3- Correlações de Person entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita, dias em lactação, número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas da raça Holandesa em sistema de ordenha robotizado. * Significativo ($p < 0,05$)	43
Figura 4- Correlações de Person entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita, dias em lactação, número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas da raça Jersey em sistema de ordenha robotizado. *Significativo ($p < 0,05$).....	44
Figura 5- Correlações de Pearson entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite por visita, dias em lactação, número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas primíparas de ambas as raças em sistema de ordenha robotizado. *Significativo ($p < 0,05$)	46
Figura 6- Correlações de Person entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite por visita, dias em lactação número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas multíparas de ambas as raças em sistema de ordenha robotizada. *Significativo ($p < 0,05$)	47
Figura 7- Correlação de cada período avaliado com a média geral de 24 horas de ambas as raças para as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita da raça. *Correlação significativa ($p < 0,05$).....	48

Figura 8- Análise do período (manhã, tarde e noite) mais representativo para cada variável (composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita). *Correlação49

Figura 9- Correlação geral de ambas as raças entre os períodos avaliados (manhã, tarde e noite) para as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência, produção de leite por visita da raça *Correlação significativa ($p < 0,05$)50

LISTA DE TABELA

Tabela 1- Ingredientes das dietas de cada propriedade kg de MS/vaca/	28
Tabela 2- Proporção média do tamanho de partículas das dietas e das sobras em cada peneira, das raças Holandesa e Jersey, das seis propriedades, avaliadas por meio da Penn State Particle Separator	30
Tabela 3- Análise descritiva da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, da temperatura lateral e frontal, do peso corporal, dos dias em leite (DEL), da produção (PL), leite corrigido para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS esperado), eficiência alimentar, composição do leite, número de visitas (ordenhas no robô) e produção de leite (PL) por visitas (ordenhas ao robô) de vacas da raça Holandesa em ordenha robotizada.....	31
Tabela 4- Análise descritiva da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, da temperatura frontal e lateral, do peso corporal, dos dias em leite (DEL), da produção de leite (PL), leite corrigido para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, número de visitas (ordenhas robô) e composição do leite de vacas da raça Jersey em ordenha robotizada.	33
Tabela 5- Produção média de leite (PL, kg/vaca/dia), produção de leite por visita (L/vaca/dia), número de visitas, fluxo de leite (L/minuto), tempo de ordenha (minutos), teores médios de gordura (%), proteína (%), lactose (%), sólidos totais (%), contagem de células somáticas (CCs, log ₁₀), nitrogênio ureico no leite (NUL, mg/dL) e dos ácidos graxos (AG, g/100g) do leite, do peso corporal (kg), da temperatura frontal e lateral (°C) de vacas das raças Holandesa e Jersey dos rebanhos avaliados em sistema de ordenha robotizada com fluxo livre e fluxo guiado.	35
Tabela 6- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas ao robô (ordenhas no robô), composição química, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas da raça Holandesa em sistema de ordenha robotizada.	36
Tabela 7- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas ao robô (ordenhas no robô), composição química, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas da raça Jersey em sistema de ordenha robotizada.	37

Tabela 8- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas primíparas da raça Holandesa coletados no período da manhã, tarde e noite.	39
Tabela 9- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química, contagem de célula somáticas (CCS) do leite de vacas multíparas da raça Holandes coletados no período da manhã, tarde e noite.	40
Tabela 10- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), Eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química do leite, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas primíparas da raça Jersey da manhã, tarde e noite.	41
Tabela 11- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química do leite, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas multíparas da raça Jersey coletados no período da manhã, tarde e noite em ordenha robotizada.	42

LISTA DE ABREVIATURAS

AG – Ácidos Graxos
AGV – Ácidos Graxos Voláteis
BEN – Balanço Energético Negativo
CCS – Contagem de Células Somáticas
CMS esp – Consumo de Matéria Seca Esperado
C16:0 – Ácido Palmítico
C 18:0 – Ácido Esteárico
C 18:1 – Ácido Oleico
DEL – Dias em Leite
EA – Eficiência Alimentar
FDNfe – Fibra em Detergente Neutro fisicamente efetiva
IDR – Instituto de Desenvolvimento Rural
KG – Kilogramas
LCE – Leite Corrigido para Energia
mm – milímetros
MS – Matéria Seca
MM – Matéria Mineral
NUL – Nitrogênio Ureico no Leite
pH – Potencial de Hidrogênio
PL – Produção de Leite
PLCE – Produção de Leite Corrigida para Energia
PMR – Partial Mixed Ration
SIMEPAR – Sistema Meteorológico
TMR – Total Mixed Ration
UR – Umidade Relativa
VMS – Voluntary Milking System

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA	12
1.1 INTRODUÇÃO	12
1.2 HIPÓTESES	13
1.3 OBJETIVO GERAL	14
1.3.1 Objetivos Específicos	14
1.4 ORDENHA ROBOTIZADA	14
1.4.1 Frequência de Ordenha.....	16
1.4.2 Manejo Nutricional em Sistemas de Ordenha Robotizada	17
1.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE.....	19
REFERÊNCIAS.....	20
CAPÍTULO 2: IMPACTO DO FLUXO DE TRÁFEGO E DO MANEJO ALIMENTAR DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA E JERSEY SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA	23
2.1 INTRODUÇÃO	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	24
2.2.1 Caracterização dos rebanhos.....	25
2.2.2 Amostragem e análise da composição do leite e do perfil de ácidos graxos....	26
2.2.3 Coleta de amostras da dieta e análise do tamanho de partículas	27
2.2.4 Análises bromatológicas, consumo de MS e eficiência alimentar	28
2.2.5 Análise Estatística	29
2.3 RESULTADOS	30
2.4 DISCUSSÃO	50
2.5 CONCLUSÕES	64
REFERÊNCIAS.....	65

CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

1.1 INTRODUÇÃO

Os sistemas automatizados de ordenha, de acordo com Neupane *et al.* (2026), têm apresentado crescimento mundial significativo, desde sua concepção, na década de 1990. Em 1980 foi criado o primeiro robô ordenhador na Universidade de *Hohenheim*, na Alemanha. De Koning (2010) destaca que o principal objetivo da criação da tecnologia foi minimizar os problemas relacionados à falta de mão de obra nas propriedades leiteiras, e que os primeiros modelos passaram a ser comercializados em 1992, desde então, a ordenha robotizada vem sendo considerada uma tecnologia inovadora e sua adoção pelos produtores de leite tem aumentado progressivamente.

Entre as principais vantagens proporcionadas aos produtores estão a diminuição da dependência de mão de obra, a redução dos custos operacionais, o monitoramento automatizado de informações e a melhoria da eficiência nas propriedades leiteiras. Apesar desses benefícios, a adoção desses sistemas também envolve alguns desafios, como o alto investimento inicial para aquisição dos equipamentos e a necessidade de profissionais capacitados para realizar o manejo e a manutenção da tecnologia (Rodenburg, 2017).

Por ser um sistema automatizado, seu funcionamento depende de diferentes fatores, incluindo o comportamento das vacas e a organização das atividades dentro da fazenda (De Koning, 2010). O funcionamento do sistema de ordenha robotizada ocorre por meio da automação das etapas da ordenha, integrando diferentes componentes tecnológicos, como a unidade de ordenha, sensores responsáveis pela identificação e posicionamento dos tetos, um braço robótico que realiza a colocação e retirada das teteiras, além de um sistema de seleção que organiza a movimentação das vacas na entrada e saída do box de ordenha (Neupane *et al.*, 2026).

Segundo De Koning (2010), entre 1992 e 2011 foram instalados mais de 10 mil sistemas de ordenha robotizada no mundo, chegando a 25 mil propriedades leiteiras utilizando essa tecnologia no ano de 2015.

Localizado na mesorregião Centro-Oriental paranaense, o município de Castro destacou-se como o principal produtor de leite do país. Segundo dados do IBGE (2020), a cidade liderou o ranking nacional de produção leiteira, alcançando uma

produção de 280 milhões de litros de leite no referido ano. A região é caracterizada por propriedades leiteiras altamente tecnificadas e animais de alto potencial genético. O primeiro robô de ordenha da América Latina foi implantado em Castro no ano de 2011.

A aquisição de robôs nas propriedades leiteiras da região vem aumentando a cada ano e, conseqüentemente, a demanda por informações sobre o manejo nutricional, trânsito dos animais e resultados de produtividade alcançados com o robô, tem se tornado cada vez maior. Neste sentido, a compreensão dos fatores relacionados com o fluxo dos animais em sistema robotizado é fundamental para alcançar os índices de produção desejados.

1.2 HIPÓTESES

O fluxo de movimentação das vacas no robô influencia a produção e a composição do leite, havendo diferenças em função da raça (Holandesa e Jersey);

O período de amostragem do leite interfere nos resultados de composição do leite, especialmente na concentração de ácidos graxos;

O número de visitas ao robô, a produção de leite por visita e o período de ordenha alteram a eficiência alimentar, os sólidos totais do leite, a CCS, o NUL e o perfil de ácidos graxos;

A representatividade dos resultados de composição do leite distingue-se em função do período do dia (manhã, tarde ou noite) em relação à média diária;

O manejo alimentar e o tamanho de partículas da dieta e das sobras influenciam a composição do leite, especialmente o perfil de ácidos graxos;

As raças Holandesa e Jersey respondem de forma diferente ao sistema de ordenha robotizada, impactando na produção de leite por visita, composição do leite e eficiência alimentar;

A ordem de parto das vacas promove comportamentos diferentes no fluxo de movimentação no robô devido a diferenças fisiológicas e metabólicas e, conseqüentemente, altera a composição do leite;

Durante o inverno, as condições climáticas não comprometem de forma relevante o fluxo de visitas ao robô e a produção por visita.

1.3 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do manejo nutricional e do fluxo de movimentação de vacas em sistema de ordenha robotizada, das raças Holandesa e Jersey, sobre a produção, composição do leite e a saúde da glândula mamária.

1.3.1 Objetivos Específicos

- a) Avaliar o tamanho de partículas da dieta fornecida e das sobras dos animais da raça Holandesa e Jersey e verificar seu impacto sobre o teor de gordura e o perfil de ácidos graxos no leite;
- b) Avaliar as diferenças no período de amostragem do leite (manhã, tarde e noite) e sua representatividade em termos de composição, em relação à média diária;
- c) Correlacionar as variáveis de eficiência alimentar, temperatura corporal, produção de leite, dias em leite, número de visitas ao robô e composição do leite de vacas da raça Holandesa e Jersey;
- d) Avaliar o efeito comportamental e o fluxo de movimentação de vacas primíparas e multíparas das raças Holandesa e Jersey sobre a produção e composição do leite em sistema de ordenha robotizada.
- e) Definir um período mais representativo do dia para amostragem e análise da composição do leite, em sistema de ordenha robotizada.

1.4 ORDENHA ROBOTIZADA

A ordenha robotizada ou ordenha voluntária automática (*Voluntary Milking System* - VMS) é um sistema que permite que a vaca expresse seu comportamento natural, decidindo quando quer se alimentar, o que pode coincidir com o momento da ordenha. Logo, o comportamento de ordenha também se baseia na necessidade de o animal se alimentar com concentrado, uma vez que a dieta é fornecida de forma parcial por meio do robô (Córdova *et al.*, 2020).

A utilização da ordenha robotizada em propriedades leiteiras vem apresentando aumento expressivo nos últimos anos. No Canadá, cerca de 15% das propriedades leiteiras já estão inseridas neste tipo de sistema. Segundo Matson *et al.* (2021), a crescente demanda por este tipo de sistema está relacionada principalmente com a redução da mão de obra e melhora na qualidade de vida das famílias. Os autores também relataram que a adoção da ordenha robotizada traz aumento na

produção de leite e melhora na saúde das vacas. Pesquisas mostram que a ordenha robotizada altera os manejos de ordenha convencionais e o gerenciamento dos dados dentro da propriedade (Castro *et al.*, 2022).

A alimentação das vacas em sistema VMS é composta da dieta fornecida na pista de alimentação e do concentrado fornecido no robô. É importante ressaltar que além do suprimento nutricional, o concentrado apresenta-se como um estímulo para as vacas procurarem o robô e, conseqüentemente, serem ordenhadas (Córdova *et al.*, 2020).

Neste tipo de sistema, é possível extrair diversos dados, que ficam armazenados como relatórios no software do robô. Alguns exemplos de relatórios são: eficiência de ordenha/vaca, tempo de ordenha, fluxo do leite, número de recusas da vaca no robô, número de visitas ao robô, etc. Esses dados geram um conjunto de informações sobre o desempenho e eficiência de produção dos animais, podendo auxiliar o produtor nas tomadas de decisões dentro da propriedade (Córdova *et al.*, 2020). O sistema de ordenha robotizada requer um elevado investimento e, diante disso, deve-se trabalhar com o objetivo de maximizar o retorno econômico (Castro *et al.*, 2014).

A principal característica da ordenha robotizada é respeitar a natureza e o comportamento da vaca, ou seja, seus momentos de descanso, ruminação e alimentação. O manejo nutricional neste sistema de ordenha consiste na alimentação da vaca com concentrado, uma vez que o animal irá se alimentar enquanto é ordenhado. Esta estratégia é baseada na regulação fisiológica de nutrientes pela vaca, com o objetivo de suprir a demanda energética necessária para atingir todo seu potencial de produção. Ressalta-se que a permissão da ordenha pelo robô é previamente definida e depende da quantidade de leite produzido diariamente bem como do tempo transcorrido até a última ordenha, devendo ser configurada de acordo com a ordem de parto e os dias em lactação (DEL) da vaca (Córdova *et al.*, 2020).

Com relação ao acesso da vaca ao robô, o sistema de ordenha robotizada apresenta alguns formatos distintos, podendo ser de fluxo livre ou fluxo guiado. Nos robôs onde o fluxo é livre, os animais têm acesso a todas as áreas do galpão, sem restrições de locais e portões que limitem sua circulação. Este tipo de fluxo é o modelo mais simples, e as vacas possuem livre acesso às áreas de alimentação, descanso e ordenha (Matson *et al.*, 2021).

Por outro lado, o fluxo guiado apresenta portões de seleção e corredores específicos para controlar o deslocamento dos animais. Esse sistema é normalmente dividido em *feed-first* e *milk first*. No sistema *feed-first*, as vacas devem atravessar um portão de seleção para retornar da área de alimentação à área de descanso. Já no sistema *milk-first*, o acesso ao corredor de alimentação ocorre somente após a passagem pela unidade de ordenha automática. Embora os sistemas de fluxo guiado contribuam para a diminuição do número de vacas de busca – animais que não se deslocam espontaneamente até o robô de ordenha –, eles podem favorecer a formação de filas mais longas e interferir no bem-estar dos animais, quando comparados aos sistemas de fluxo livre (Neupane *et al.*, 2026).

1.4.1 Frequência de Ordenha

A frequência de ordenha é uma das principais responsáveis pela eficiência da ordenha robotizada e está relacionada com o número de vezes (visitas ao robô) que a vaca é ordenhada dentro de 24 horas. No decorrer da lactação, há aumento nos teores de gordura e proteína do leite e isto está relacionado com a menor frequência de ordenha, devido à menor produção de leite. Desta forma, o maior número de ordenhas ocorre do início da lactação até o pico de produção de leite (Castro *et al.*, 2014).

Atualmente, uma das principais metas na ordenha robotizada é aumentar a frequência de ordenha, já que ela é responsável por aumentar a produção de leite devido a síntese de leite nos alvéolos da glândula mamária. Sabe-se que em sistemas de ordenha convencional, o aumento de duas para três ordenhas, promove um incremento na produção de leite por vaca. Já em sistemas de ordenha robotizada, o aumento na frequência de ordenha pode gerar um acréscimo de 3 a 4 litros de leite por vaca (Rodenburg, 2017). Segundo Rodenburg (2017), a ordenha robotizada tem como princípio promover ordenhas mais frequentes, com intervalos uniformes. Ainda, de acordo com este autor, é evidenciado uma redução na produção de leite de 9% em vacas que são ordenhadas com menor frequência.

Outro fator amplamente relacionado com a frequência de ordenha é o conforto da vaca na unidade de ordenha. O box deve ter espaço adequado, sendo recomendado piso de borracha, ventiladores, ausência de parasitas e concentrado de boa qualidade (Rodenburg, 2017).

1.4.2 Manejo Nutricional em Sistemas de Ordenha Robotizada

Devido ao aumento na produção de leite em função do progresso no melhoramento genético de bovinos leiteiros, é necessário cada vez mais atender às exigências nutricionais de vacas em lactação, sendo essencial fornecer aos animais alimentos de qualidade (Bales; Santos Neto; Lock, 2024). Vários fatores devem ser considerados no momento da formulação de uma dieta, entre eles o estágio da lactação. Vacas em lactação apresentam maiores exigências nutricionais quando comparadas às outras categorias do rebanho. Quando essas exigências são atendidas há um resultado positivo sobre o volume e a qualidade do leite produzido (Leira *et al.*, 2018).

Para que haja sucesso no sistema de ordenha robotizada, é necessário que as vacas procurem o robô de forma voluntária para serem ordenhadas, indicando que se adaptaram à tecnologia. Um fator que está altamente relacionado com a livre procura pelos animais é o concentrado fornecido na unidade de ordenha. A quantidade de concentrado fornecido por vaca depende do estágio de lactação, paridade, produção, e outros fatores. Com relação às características do concentrado fornecido no robô, é importante destacar que as vacas têm preferência pela forma peletizada. Além disso, deve ser palatável e os *pellets* resistentes para não esfarelar, comprometendo o consumo (Matson *et al.*, 2024).

Tendo em vista que os animais recebem concentrado também na unidade de ordenha, a alimentação das vacas nos sistemas robotizados é baseada na PMR (Parcial Mixed Ration), que consiste no fornecimento estratégico da dieta, considerando o fornecimento do concentrado no robô. Esta dieta visa suprir as exigências dos animais, porém, é oferecida de forma distinta a TMR (Total Mixed Ration). A principal diferença é que na TMR os nutrientes são fornecidos por completo no comedouro, enquanto na PMR, uma fração dos nutrientes é fornecida na unidade de ordenha (Matson *et al.*, 2024). É importante ressaltar que a PMR não constitui uma fonte extra de alimento aos animais, mas sim a complementação da TMR, de modo a atender aos requerimentos nutricionais de cada vaca.

Como estratégia, em muitas propriedades, o pós-parto é iniciado com baixos níveis de concentrado. Durante as primeiras semanas de lactação o fornecimento do concentrado aumenta linearmente e é reduzido nas semanas finais, de acordo com a produção de cada vaca. Outro fator importante é a quantidade, pois quando se

aumenta a oferta de concentrado no robô (acima de 4kg/vaca/dia), visando aumentar o número de visitas e, conseqüentemente, a produção de leite, o consumo da dieta no comedouro tende a diminuir. Esta estratégia não é interessante, uma vez que a diminuição no consumo pode acarretar conseqüências como menor produção de leite, desordens metabólicas e o não atendimento dos requerimentos nutricionais (Bach; Cebrera, 2017).

Em função do impacto da dieta sobre a saúde do animal e sobre a produção e composição do leite, é fundamental realizar seu monitoramento, que pode ser feito por meio da análise do tamanho de partículas do alimento fornecido, da composição do leite, do escore de condição corporal das vacas, da consistência das fezes, entre outros (Leira *et al.*, 2018).

A análise do tamanho de partículas da dieta é realizada por meio do método “*Penn State Particle Separator*”, que representa um indicador da qualidade da dieta fornecida. Por meio desta análise é possível conhecer o que foi realmente ingerido pelo animal em relação ao fornecido, se houve seleção da dieta e, conseqüentemente, se houve maior ingestão de amido, fator que pode prejudicar a fermentação ruminal. A partir dos resultados obtidos por meio da análise do tamanho de partículas, é possível realizar ajustes na dieta, levando em consideração o que é ofertado diariamente aos animais, a disponibilidade dos alimentos na propriedade e os resultados produtivos do rebanho (Heinrichs *et al.*, 2022).

A avaliação do tamanho de partículas da dieta é uma forma de analisar a qualidade da mistura dos ingredientes pelo vagão misturador. A ordem que os ingredientes da dieta são adicionados ao vagão deve ser considerada, assim como a eficácia da mistura realizada por ele (Heinrichs *et al.*, 2022). De acordo com Diniz (2023), é recomendável carregar primeiro os alimentos secos (concentrados e minerais) e depois os úmidos (forragens secas, forragens úmidas e por último os subprodutos úmidos). Respeitando-se essa ordem, os ingredientes da dieta misturam-se de maneira uniforme e homogênea, possibilitando que os animais aproveitem ao máximo todos os ingredientes da dieta. É válido ressaltar que uma mistura excessiva leva à redução do tamanho das partículas, o que torna os animais mais predisponentes à acidose ruminal (Heinrichs *et al.*, 2022).

1.5 PERFIL DE ÁCIDOS GRAXOS DO LEITE

O teor de gordura no leite pode ser usado como ferramenta na avaliação da nutrição, bem como na predição da saúde e conforto das vacas. Além disso, é um indicativo da ocorrência de doenças em rebanhos leiteiros (Martins; Santos, 2019). Adicionalmente, a análise do perfil de ácidos graxos (AG) constitui uma importante fonte de informação, pois auxilia na identificação da origem dos AG presentes no leite, sendo essencial para detectar possíveis causas de redução do teor de gordura do leite e na ocorrência de doenças metabólicas como a cetose. Sendo assim, torna-se importante avaliar a influência que a dieta apresenta sobre o teor de gordura e o perfil de AG e dos demais componentes do leite.

Com relação à composição do leite, a gordura é o componente com maior potencial de variação, que varia em função de diversos fatores, entre eles, a dieta. A gordura do leite, em sua maioria, é composta por AG saturados, entre os quais o ácido palmítico (C16:0) e o esteárico (C18:0) são predominantes. Essa gordura é derivada da dieta (AG absorvidos no intestino delgado), da mobilização da gordura corporal e da síntese *de novo* (betahidroxibutirato e acetato – principais fontes de carbono para a síntese de ácidos graxos na glândula mamária) (Pinheiro, *et al.*, 2022).

A gordura do leite pode ser sintetizada a partir de ácidos graxos (AG) provenientes da dieta, denominados ácidos graxos pré-formados, da mobilização das reservas corporais dos animais e de AG produzidos na própria glândula mamária a partir do acetato e do β -hidroxibutirato gerados durante a fermentação ruminal. Esse processo é conhecido como síntese *de novo* de ácidos graxos (Urrutia *et al.*, 2019).

Basicamente, os AG do leite são caracterizados de três formas distintas: da síntese *de novo*, pré-formados e mistos. Os AG *de novo* são responsáveis pela síntese de AG de cadeia curta (C4 a C14) e compõem de 18 a 30% dos AG no leite. Os pré-formados são provenientes da mobilização corporal de AG e da dieta da vaca. Além disso, são AG de cadeia longa (C18) e representam cerca de 35 a 55% do total de ácidos graxos do leite (Wilms *et al.*, 2022).

Os ácidos graxos oriundos da síntese *de novo* apresentam forte associação com o teor de gordura do leite, de modo que aumentos na concentração desses AG tendem a resultar em maiores concentrações de gordura no leite (Benoit *et al.*, 2024). A concentração de ácidos graxos *de novo* no leite tem sido amplamente utilizada como ferramenta para avaliar o desempenho metabólico e a funcionalidade ruminal de

vacas leiteiras. Além de sua relação direta com a síntese de gordura do leite (Nasem, 2021), esses compostos refletem as condições fermentativas do rúmen e a eficiência da atividade microbiana (Gallardo; Teixeira, 2023). Um ambiente ruminal estável favorece a produção de acetato e butirato, principais precursores da síntese *de novo*, bem como a formação de proteína microbiana, contribuindo para maiores níveis de produção de leite (Tian *et al.*, 2022).

Valores elevados desses ácidos graxos geralmente estão associados a características desejáveis nos sistemas de produção, como maiores teores de gordura e proteína do leite, melhor acesso dos animais ao alimento, menor competição no cocho e estratégias nutricionais que priorizam o fornecimento adequado de fibra efetiva. Além disso, a menor utilização de fontes lipídicas na dieta e a manutenção dos animais em condições de conforto térmico tendem a favorecer a síntese desses compostos (Grille *et al.*, 2023). Dessa forma, os ácidos graxos *de novo* podem ser considerados indicadores integrados das condições nutricionais, de manejo e de bem-estar dos animais em rebanhos leiteiros.

A composição dos AG do leite varia de acordo com o estágio de lactação, raça e dieta. A alteração na composição é mais evidente no início da lactação, devido ao balanço energético negativo. Neste período, o leite apresenta maiores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos pré-formados de cadeia longa e, além disso, menores concentrações dos AG da síntese *de novo* (Nelson; Barbano; Drake, 2025).

REFERÊNCIAS

- BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.
- BALES, A. M.; SANTOS NETO, J. M.; LOCK, A. L. Effect of increasing dietary inclusion of Whole cottonseed on nutrient digestibility and milk production of high-producing Dairy cows. **Journal of Dairy Science**, abr. 2024.
- BENOIT, A. C.; DOS SANTOS NETO, J. M.; LOCK, A. L. Mammary gland responses to altering the supply of *de novo* fatty acid substrates and preformed fatty acids on the yields of milk components and milk fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 108, p. 10653-10666, 2024.
- CASTRO, A. C. Impact of the factors of animal production and welfare on robotic milking frequency. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 49, n. 10, p. 791–800, 2014.

CASTRO, M. M. D. *et al.* Association of housing and management practices with milk yield, milk composition, and fatty acid profile, predicted using Fourier transform mid-infrared spectroscopy, in farms with automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 105, n. 6, p. 5097-5108, 2022.

CÓRDOVA, H.A.; CARDOZO, L.L.; ALESSIO, D.R.M.; THALER NETO, A.. **Comportamento de vacas da raça Holandesa em ordenha robotizada (Behaviour of Holstein cows in robotic milking)**. Arquivo Brasileiro de Medicina veterinária e Zootecnia, v. 72, p. 263-272, 2020.

DE KONING, K. **Automatic milking: common practice on dairy farms. Proceedings of the First North American Conference on Precision Dairy Management**, Toronto, p. 52-67, 2010.

DINIZ, J. *et al.* Processos de ensilagem de milho para produção de volumosos de alta qualidade. **Informe técnico: Infocampo**, ed. 8, jan. 2023.

GALLARDO, W. B.; TEIXEIRA, I. A. Associations between Dietary Fatty Acid Profile and Milk Fat Production and Fatty Acid Composition in Dairy Cows: A Meta Analysis. **Animals**, v.13, 2023.

GRILLE, L. *et al.* Different Conditions during Confinement in Pasture Based Systems and Feeding Systems Affect the Fatty Acid Profile in the Milk and Cheese of Holstein Dairy Cows. **Animals**, v. 13, p. 1426, 2023.

HEINRICHS, J. *et al.* Separador de partículas Penn State. **PennState Extension**, dez. 2022.

IBGE. **PPM 2019: após dois anos de queda, rebanho bovino cresce 0,4%**. Agência IBGE NOTÍCIAS. Ed. Estatísticas Econômicas, 15/10/2020 10h00 | Atualizado em 15/10/2020 12h42, 2020. Disponível em: PPM 2019: após dois anos de queda, rebanho bovino cresce 0,4% | Agência de Notícias. Acesso em: 12 fev. de 2026.

LEIRA, M. H. *et al.* Fatores que alteram a produção e a qualidade do leite: Revisão. **Pubvet**, v. 12, n. 5, p. 1-13, mai. 2018.

MARTINS, C. M. M. R.; SANTOS, M. V. Como aumentar a produção de sólidos do leite. In: **Controle da Mastite e qualidade do leite**, SANTOS, M.V. & FONSECA, L.F.L. (Eds), Pirassununga-SP, Ed dos Autores, 2019, 301p.

MATSON, R. D. *et al.* Benchmarking of farms with automated milking systems in Canada and associations with milk production and quality. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 104, n. 7, p. 7971-7983, 2021.

MATSON, R. D. *et al.* Farm-level nutritional factors associated with milk production and milking behavior on Canadian farms with automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 107, n. 7, p. 4409-4425, 2024.

NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. **8th rev.** ed. Washington DC: The National Academies Press. 2021.

NELSON, C.; BARBANO, D. M.; DRAKE, M.; Interaction of fatty acid composition and temperature cycling on melting properties of milk fat. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 9, 2025.

NEUPANE, R.; CEJA, G.; DAIGLE, C.; TEDESCHI, L. O.; et al. Characterization of failed milking events in a voluntary milking system. **Journal of Dairy Science**, 2026. DOI: 10.3168/jds.2025-28232

PINHEIRO, P. *et al.* Bioactive compounds in butters: carotenoids and fatty acids. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 2, p. 10270-10288, fev. 2022.

RODENBURG, J. Robotic milking: technology, farm design, and effects on work flow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 9, p. 7729-7738, 2017.

TIAN, Z. *et al.* Transcriptional regulation of milk fat synthesis in dairy cattle. **Journal of Functional Foods**, v. 96, p. 105208, 2022.

URRUTIA, N.; BOMBERGER R.; MATAMOROS, C.; HARVATINE, K. J. Effect of dietary supplementation of sodium acetate and calcium butyrate on milk fat synthesis in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 6, p. 5172-5181, 2019.

WILMS, J. N. *et al.* Fatty acid profile characterization in colostrum, transition milk, and mature milk of primi- and multiparous cows during the first week of lactation. **Journal of Dairy Science**, v. 105, 2022.

CAPÍTULO 2: IMPACTO DO FLUXO DE TRÁFEGO E DO MANEJO ALIMENTAR DE VACAS DA RAÇA HOLANDESA E JERSEY SOBRE A PRODUÇÃO E A COMPOSIÇÃO DO LEITE EM SISTEMA DE ORDENHA ROBOTIZADA

2.1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a adoção de sistemas de ordenha robotizada tem crescido de forma expressiva em propriedades leiteiras ao redor do mundo, incluindo o Brasil. Essa tecnologia surgiu como uma estratégia para otimizar o manejo, reduzir a dependência de mão de obra e aumentar a eficiência produtiva dos rebanhos (Bach; Cabrera, 2017). Além de permitirem maior conforto e autonomia aos animais, os sistemas automatizados possibilitam o monitoramento contínuo de variáveis fisiológicas e produtivas, como condutividade do leite, frequência de ordenhas, fluxo de leite, tempo de ocupação no box de ordenha, entre outros (Matson *et al.*, 2024). Tais dados, integrados a *softwares* de gestão, fornecem informações em tempo real que permitem ajustes precisos na nutrição, manejo reprodutivo e sanitário das vacas (Matson *et al.*, 2024).

A eficiência produtiva em sistemas de ordenha robotizada depende profundamente do equilíbrio entre a nutrição e o comportamento das vacas na ordenha voluntária. Em comparação aos sistemas convencionais, as vacas em ordenhas automatizadas apresentam maior variação nos intervalos entre ordenhas, o que pode afetar o rendimento e a composição do leite (Ferraretto *et al.*, 2014). Nesse contexto, o monitoramento da dieta, em especial do tamanho de partícula, torna-se essencial para garantir adequada função ruminal, maximizar o consumo de matéria seca e otimizar a composição do leite (Kononoff; Heinrichs; Buckmaster, 2003).

A estrutura física da dieta é um dos principais determinantes da saúde ruminal e da eficiência alimentar em vacas leiteiras de alta produção. A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNe) influencia diretamente a ruminação, a salivação e a manutenção do pH ruminal. Estes fatores modulam a produção de ácidos graxos voláteis (AGV) e, conseqüentemente, a síntese de gordura do leite (White *et al.*, 2017).

O sistema *Penn State Particle Separator* é amplamente utilizado como ferramenta prática para avaliar o tamanho de partículas e a uniformidade da dieta, auxiliando na detecção de variações relacionadas à mistura, segregação e seleção dos ingredientes da dieta (Caccamo *et al.*, 2014). A interpretação dos resultados permite relacionar o perfil de partículas retidas nas peneiras com indicadores

produtivos, como produção de leite, teor de gordura, proteína e lactose, além de variáveis fisiológicas, como o teor de nitrogênio ureico do leite (NUL) e a contagem de células somáticas (CCS). Estudos têm demonstrado que dietas com excesso de partículas longas podem reduzir o consumo de matéria seca e a frequência de ordenhas em sistemas robotizados, enquanto dietas com predominância de partículas finas elevam o risco de acidose subclínica e depressão de gordura do leite (White *et al.*, 2017).

O monitoramento da composição do leite constitui, portanto, uma ferramenta de diagnóstico indireto do *status* nutricional e metabólico das vacas. Alterações nos teores de gordura e proteína do leite refletem em modificações no ambiente ruminal e na disponibilidade de precursores metabólicos (acetato, propionato e butirato), sendo sensíveis ao tamanho de partícula, à proporção volumoso: concentrado e à frequência de alimentação (Firkins; White; Hall, 2020). Além disso, o perfil de ácidos graxos do leite, incluindo as frações de síntese *de novo*, mistas e pré-formados, fornece informações complementares sobre a origem metabólica dos lipídios e a eficiência do uso da fibra (White *et al.*, 2017).

Em rebanhos compostos por vacas Holandesas e Jersey, essas relações tornam-se ainda mais relevantes, uma vez que as diferenças genéticas entre raças influenciam a digestibilidade da fibra, a mobilização de reservas corporais e a composição final do leite (Bach; Cabrera, 2017).

Dessa forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar a nutrição, a composição e a qualidade do leite de vacas Holandesas e Jersey mantidas em sistema de ordenha robotizada. A compreensão dessas interações é essencial para aprimorar o manejo nutricional de rebanhos automatizados, buscando melhorar a eficiência alimentar, a saúde ruminal e a qualidade final do leite.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética no uso de Animais (CEUA), com o protocolo SEI UEPG 25.000034637-2. O experimento foi conduzido em seis propriedades leiteiras localizadas nos seguintes municípios da região dos Campos Gerais do Paraná: Carambeí (duas propriedades, totalizando 228 vacas em lactação), Castro (55 vacas em lactação), Lapa (duas propriedades, totalizando 97 vacas em lactação) e Piraí do Sul (47 vacas em lactação). Todas as propriedades possuem o

sistema de ordenha robotizada, com os animais em confinamento tipo *Free Stall* e *Compost Barn*. Os robôs instalados nas seis propriedades diferiram quanto a marca, sendo três propriedades com o robô no sistema de fluxo livre e, as outras três, em fluxo guiado.

O clima predominante na região é o Subtropical, segundo a classificação de Köppen o: Cfb, que se caracteriza por estações do ano bem definidas e chuvas bem distribuídas. De acordo com o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR) e o Sistema Meteorológico (SIMEPAR) as regiões apresentam invernos rigorosos, com baixas temperaturas e ocorrência de geadas frequentes. A precipitação anual é de 1.200 a 1.400 mm. A temperatura média anual varia entre 17 a 18 °C, sendo a temperatura mínima média de 12 a 13 °C e a temperatura média máxima de 21 a 22 °C. O experimento foi desenvolvido na estação do inverno, nos meses de julho a setembro.

2.2.1 Caracterização dos rebanhos

O experimento consistiu na avaliação de animais das raças Holandesa (293 vacas) e Jersey (134 vacas), de primeira à quarta ordem de lactação, com peso corporal médio de $437 \pm 46,43$ kg e $674 \pm 83,76$ kg, para as vacas Jersey e Holandesa, respectivamente. Foram avaliados, no mínimo, 40 animais por propriedade/lote, sendo este número definido em função da capacidade do coletor de amostras de leite. Em cada propriedade, no dia da coleta de amostras de leite, realizou-se a pesagem dos animais, utilizando-se a fita torácica.

A temperatura corporal das vacas foi determinada por meio de uma câmera termográfica (modelo FLIR TG165-X) com resolução de 4.800 pixels. As imagens foram capturadas da região da cabeça (frontal) e da lateral do corpo de cada vaca.

Durante o experimento foram registradas as informações obtidas no relatório de cada robô, no dia da amostragem do leite: ordem de parto, dias em lactação, produção de leite diária, produção por visita no robô, horário de cada visita (ordenha) e número de visitas ao robô. Para a amostragem do leite em cada visita (ordenha) da vaca, os robôs foram programados levando-se em consideração os seguintes critérios: ordenha anterior bem-sucedida, tempo mínimo entre ordenhas de pelo menos quatro horas, produção de leite de no mínimo 5 kg. Não foram feitas amostragens de vacas com colostro.

2.2.2 Amostragem e análise da composição do leite e do perfil de ácidos graxos

Nos robôs de cada propriedade foram realizadas três amostragens de leite nos seguintes períodos: das 5:00 h às 12:59 h da manhã; das 13:00 h às 20:59 h e das 21:00 h às 4:59 h. A coleta foi realizada por meio de amostradores de leite (Figura 1).

Figura 1- Amostrador de leite das empresas de ordenha robotizada



Fonte: A autora.

O leite foi coletado nos períodos mencionados, em frascos contendo conservante bronopol, sendo devidamente identificados por propriedade, animal, robô, horário e data da coleta. As amostras de leite foram enviadas ao laboratório da Associação Paranaense dos Criadores de Bovinos da Raça Holandesa (APCBRH), em Curitiba-PR, para análise da composição química (teores de gordura, lactose, proteína, sólidos totais, nitrogênio uréico) e contagem de células somáticas (CCS). Para esta análise utilizou-se o equipamento Bentley Somacount. A análise de CCS foi realizada por citometria de fluxo.

Foram realizadas análises dos seguintes ácidos graxos do leite: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), oleico (C18:1), ácidos graxos saturados, insaturados, monoinsaturados, polinsaturados, ácidos graxos pré-formados, ácidos graxos da síntese *de novo* e ácidos graxos mistos, em g/100g, por citometria de fluxo.

A produção de leite (kg/vaca) foi registrada a cada visita da vaca no robô e a produção de leite corrigida para energia (PLCE) foi estimada de acordo com NASEM (2021):

PLCE (kg/vaca/dia) = (0,3246*kg de leite) + (12,86*kg de gordura) + (7,04*kg de proteína verdadeira)

2.2.3 Coleta de amostras da dieta e análise do tamanho de partículas

Foram coletadas amostras dos ingredientes da dieta de cada propriedade e armazenadas em sacos plásticos devidamente identificados e, posteriormente, armazenados em caixa térmica com gelo para transporte até o laboratório, para análise do teor de matéria seca (MS). As amostras foram mantidas em freezer a -5°C. Os ingredientes coletados foram a silagem de milho, pré secado de azevém, caroço de algodão, farelo de soja, milho moído, snaplage e ração.

O tamanho de partículas da dieta ofertada e das sobras foi analisado por meio do método *Penn State Particle Separator*. Para a análise da dieta, as amostras foram coletadas em oito pontos aleatórios da pista de alimentação, logo após o fornecimento. O procedimento para a coleta de amostras foi realizado conforme a metodologia descrita por Barreta (2020): com a palma da mão para cima, evitando a perda de partículas menores, uma vez que a PMR apresenta partículas de densidades e tamanhos distintos (Figura 2).

Figura 2- Avaliação do tamanho de partículas com as peneiras *Penn State Particle Separator*



Fonte: A autora.

Após a coleta, o material foi distribuído em uma bandeja e cerca de 500 gramas foram separados para a verificação do tamanho das partículas. As peneiras foram colocadas sobre uma superfície plana para a agitação do material, sendo 5 movimentos, girando as peneiras e movimentando-as até completar 40 ciclos.

Posteriormente, o material retido em cada peneira foi pesado e calculada a proporção, seguindo a recomendação de Diniz (2023). No dia seguinte, realizou-se a análise das peneiras com as sobras, seguindo o mesmo procedimento de amostragem.

2.2.4 Análises bromatológicas, consumo de MS e eficiência alimentar

A avaliação do teor de matéria seca dos ingredientes das dietas foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UEPG. Ao final do experimento, as amostras dos ingredientes da dieta foram descongeladas, pesadas e colocadas em bandejas de alumínio para secagem em estufa de ventilação forçada à 65°C durante 72 horas ou até o peso constante, conforme AOAC (2023). As amostras foram pesadas e moídas em peneiras com crivos de 1 mm e analisados os teores de matéria seca (MS) (AOAC, 2023).

Na tabela 1, encontra-se a proporção dos ingredientes das dietas de cada propriedade em %MS (kg/vaca/d).

Tabela 1- Ingredientes das dietas de cada propriedade kg de MS/vaca/

Ingrediente	Prop. 1	Prop.2	Prop. 3	Prop. 4	Prop. 5	Prop. 6
Silagem de milho	8,6	9	10,5	9,8	12,7	10,9
Milho moído	-	-	-	-	1,2	-
Snapple	-	2,2	-	-	-	-
Pré-secado de azevém	2,7	2,7	2,8	3,5	1,2	2,7
Ração Pista	5,44	3,21	-	7,5	-	-
Ração Robô	3,59	3,86	9,45	6,9	6,5	6,1
Farelo de soja	2,7	3,15	-	-	3,6	0,9
Casca de soja	-	-	1,7	1,7	1,6	1,6
Caroço de algodão	0,92	1,38	-	-	-	-
Gordura protegida	-	0,242	-	0,3	0,3	-
Outros ingredientes*	-	0,28	1,02	0,25	1,9	0,36

Nota: As propriedades 2, 3, 4, e 5 são de vacas da raça Holandesa e as propriedades 1 e 6 são de vacas da raça Jersey. *Outros ingredientes: água, metionina, aditivos, tamponantes, farelo de soja soypass, minerais, núcleo mineral vitamínico.

Fonte: A autora.

Devido à impossibilidade de mensurar o consumo individual de matéria seca (MS) em sistemas de ordenha robotizada, calculou-se o consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}) dos animais (kg/vaca/dia), estimado por meio da equação descrita por Roseler *et al.* (1997), e posteriormente incorporada ao sistema CNCPS (FOX *et al.*, 2004):

$$CMS_{esp} \text{ (kg MS/vaca/dia)} = (0,0185 \cdot \text{Peso corporal} + 0,305 \cdot \text{PLCE}) \cdot \text{Lag} \text{ (1)}$$

Em que: *Lag* = fator de ajuste da lactação.

$$Lag = 1 - \exp^{(-0,192 \cdot (\text{DEL}(\text{semanas}) + 3,67)}$$

A Eficiência alimentar (EA) foi calculada em função do CMS_{esp} .

$$EA = PLCE / CMS_{esp}$$

2.2.5 Análise Estatística

Os dados foram analisados por meio de modelos lineares mistos para avaliar o efeito do período de coleta do leite (manhã, tarde e noite) sobre as variáveis estudadas. O modelo incluiu o período de coleta e o sistema de ordenha robotizada como efeitos fixos, enquanto dias em lactação (DEL), número de lactações, peso corporal e produção diária de leite foram utilizados como covariáveis. A vaca foi considerada a unidade experimental e incluída como efeito aleatório, a fim de considerar a repetição de observações realizadas no mesmo animal ao longo do período experimental. Todas as análises estatísticas foram realizadas no software R (R Core Team, 2025).

Quando identificado efeito significativo dos fatores avaliados, as médias ajustadas foram comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se nível de significância de 5% ($P < 0,05$). A contagem de células somáticas (CCS) foi transformada para escala logarítmica de base 10 utilizando a expressão $\log_{10}(CCS + 1)$, com o objetivo de reduzir a assimetria da distribuição dos dados e atender aos pressupostos de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias exigidos pelos modelos estatísticos. As análises estatísticas foram realizadas utilizando os valores transformados. Entretanto, para facilitar a interpretação biológica dos resultados, as médias foram apresentadas nas tabelas na escala original da variável. A transformação logarítmica da CCS é amplamente recomendada em estudos de qualidade do leite devido à distribuição assimétrica dessa variável (Ali; Shook, 1980).

A associação entre os períodos de coleta foi avaliada por meio dos coeficientes de correlação de Pearson, estimados entre os diferentes períodos do dia (manhã, tarde e noite) e entre cada período individual e a média diária. Os coeficientes de correlação foram representados graficamente por mapas de calor (heatmaps), utilizando os pacotes *corrplot* (Wei; Simko, 2024) e *pheatmap* (Korver, 1988) no software R. Adicionalmente, foram gerados *heatmaps* contendo as correlações entre as variáveis avaliadas em cada período de coleta, com o objetivo de identificar o

período de coleta mais representativo para cada variável. Correlações significativas ao nível de 5% foram indicadas por asteriscos nos gráficos.

2.3 RESULTADOS

A tabela 2 apresenta as médias do tamanho de partículas da dieta e das sobras, para as raças Holandesa e Jersey, das seis propriedades estudadas.

Tabela 2- Proporção média do tamanho de partículas das dietas e das sobras em cada peneira, das raças Holandesa e Jersey, das seis propriedades, avaliadas por meio da *Penn State Particle Separator*

Peneira	Holandesas		Jersey	
	Dieta (%)	Sobras (%)	Dieta (%)	Sobras (%)
19mm	13,2	20	8,1	25,58
8mm	39,2	38,9	38,7	46,3
4mm	15,9	12,7	15,2	11,8
Fundo	31,6	28	38	16,3

Fonte: A autora.

De modo geral, observa-se que os valores obtidos para a avaliação das dietas variaram pouco em relação ao recomendado pela literatura, para ambas as raças, evidenciando uma dieta bem misturada e com tamanho de partículas adequado. De acordo com Bach *et al.* (2014) para avaliação da dieta devem ficar retidos nas peneiras de 19mm, 8mm, 4mm e fundo: 2-8%, 30-50%, 10-20%, 30-40%, respectivamente.

Na tabela 3 encontram-se as análises descritivas das variáveis analisadas para a raça Holandesa. A amplitude de variação de temperatura (1 a 26°C) mostrou que os animais estavam praticamente dentro da zona de conforto térmico durante o experimento. Para a raça Holandesa, a zona de conforto térmico está entre 4 e 24°C, dependendo do nível de produção de leite (Armstrong, 1994). Considerando o índice de temperatura e umidade (ITU), verifica-se que sob temperaturas inferiores a 21° C como observado nas temperaturas mínimas do presente estudo, a umidade relativa do ar (UR) média ficou dentro do limite superior da faixa recomendada, de 40 a 75% (Ouellet *et al.*, 2021).

Os animais apresentaram produção de leite média elevada, compatível com animais de alto padrão genético. O número médio de 3,3 ordenhas por dia superou o intervalo de 2,5 a 3,2 ordenhas encontrado para vacas da raça Holandesa (Córdova *et al.*, 2020).

Tabela 3- Análise descritiva da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, da temperatura lateral e frontal, do peso corporal, dos dias em leite (DEL), da produção (PL), leite corrigido para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS esperado), eficiência alimentar, composição do leite, número de visitas (ordenhas no robô) e produção de leite (PL) por visitas (ordenhas ao robô) de vacas da raça Holandesa em ordenha robotizada

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura (°C)	293	12,57	4,81	1,00	26,00
Umidade relativa do ar (%)	293	75,07	0,39	21	100,00
Temperatura frontal (°C)	293	26,40	4,85	14,60	55,00
Temperatura lateral (°C)	293	30,94	3,16	19,10	43,60
Peso corporal (kg)	293	671,19	84,36	402,00	879,00
Dias em lactação (DEL)	293	164,73	101,24	2,00	541,00
PL (kg/vaca/dia)	293	49,79	13,74	14,40	108,37
LCE (kg)*	293	45,01	11,68	13,98	111,29
CMS esperado (kg/vaca/dia)**	293	25,44	4,33	13,45	32,24
Eficiência alimentar***	293	1,75	0,24	0,71	2,48
PL por visita (kg)	293	15,52	4,77	3,56	36,31
Número de visitas	293	3,30	0,88	1,00	6,00
Gordura do leite (%)	293	3,32	0,91	1,28	6,89
Proteína do leite (%)	293	3,30	0,33	2,42	4,95
Lactose (%)	293	4,75	0,22	3,40	5,22
Sólidos totais (%)	293	12,33	1,05	8,78	16,02
CCS (x 1.000 cels/mL)	293	220,5	565,7	2,00	5.418,0
NUL (mg/dL)	293	11,91	2,97	3,10	26,70
AG monoinsaturados (g/100g)	293	0,83	0,22	0,36	2,50
AG poli-insaturados (g/100g)	293	0,12	0,05	0,00	0,30
AG saturados (g/100g)	293	2,04	0,59	0,79	4,47
Índice de AG insaturados (g/100g)	293	0,94	0,25	0,40	2,70
Ácido palmítico (g/100g)	293	1,00	0,27	0,43	2,01
Ácido esteárico (g/100g)	293	0,32	0,10	0,07	1,20
Ácido oleico (g/100g)	293	0,75	0,19	0,34	2,47
AG pré-formados (g/100g)	293	1,14	0,28	0,23	2,60
AG mistos (g/100g)	293	1,05	0,29	0,38	2,13
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	293	0,72	0,26	0,15	1,71
Tempo de ordenha (min)	249	7,24	1,89	3,56	9,57
Fluxo de leite (kg/min)	249	3,02	1,29	0,65	5,70

AG: ácidos graxos. CCS: contagem de células somáticas. NUL: Nitrogênio uréico no leite. *LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). **CMSesperado= (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX *et al.*, 2004). ***EA = LCE/CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

A CCS média dos animais de 220,5 mil cels/mL, caracteriza um rebanho com boa saúde da glândula mamária. Da mesma forma, o NUL mostrou-se dentro da faixa indicada para rebanhos de alta produção (acima de 12.000 kg/ano), de 10 a 16 mg/dL de leite (Xiaowei *et al.*, 2024).

A eficiência alimentar (EA) média de 1,75, chegando a 2,48, foi considerada alta com base no valor sugerido por Goldsmith (2026), acima de 1,7 kg de leite corrigido por kg de MS consumida, como alta eficiência. No entanto, é importante

destacar que no presente trabalho o cálculo da EA foi em função do consumo de MS esperado e não do consumo real.

Na Tabela 4 encontra-se a análise descritiva das variáveis analisadas para a raça Jersey. Houve maior amplitude de variação da temperatura ambiente em relação à raça Holandesa, ultrapassando o limite máximo da zona de conforto térmico. Observou-se maiores médias de temperatura frontal (27,64°C) e lateral (32,04°C), quando comparadas com animais da raça Holandesa (26,40°C e 30,94°C, respectivamente). Isso pode ser explicado principalmente pelas diferenças raciais relacionadas ao metabolismo, produção de calor corporal e tamanho corporal (Martello *et al.*, 2004).

As médias de produção de leite diária apresentaram resultado esperado, em que as vacas da raça holandesa apresentaram maior média (49,79 kg/dia) em comparação a raça Jersey (31,05 kg/dia). Como consequência observou-se maiores teores de gordura (4,68 x 3,41%), proteína (3,95 x 3,30%) e sólidos totais (14,33 x 12,33%) da raça Jersey em relação a holandesa, respectivamente. Em relação à EA, as vacas Jersey apresentaram melhores resultados, com média de 1,96, em relação à raça Holandesa.

Tabela 4- Análise descritiva da temperatura ambiente, da umidade relativa do ar, da temperatura frontal e lateral, do peso corporal, dos dias em leite (DEL), da produção de leite (PL), leite corrigido para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, número de visitas (ordenhas robô) e composição do leite de vacas da raça Jersey em ordenha robotizada

Variável	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Temperatura ambiente (°C)	134	12,38	9,48	-2,00	30,00
Umidade relativa do ar (%)	134	58	0,20	30	1,00
Temperatura frontal (°C)	134	27,64	3,98	17,30	34,20
Temperatura lateral (°C)	134	32,04	3,37	23,40	37,10
Peso corporal (kg)	134	437,58	46,41	304,00	592,00
Dias em lactação (DEL)	134	195,97	99,50	25,00	437,00
PL (kg/vaca/dia)	134	31,05	8,27	2,15	52,00
PL por visita (kg)	134	10,19	3,11	0,63	26,20
LCE (kg)*	134	37,09	9,78	2,25	75,57
CMS esperado (kg/vaca/dia)**	134	18,71	2,49	10,62	27,79
Eficiência alimentar***	134	1,96	0,36	0,21	3,04
Número de visitas	134	3,26	0,81	1,00	6,00
Gordura do leite (%)	134	4,68	0,89	1,91	7,41
Proteína do leite (%)	134	3,95	0,39	2,94	5,54
Lactose (%)	134	4,73	0,24	3,41	5,25
Sólidos totais (%)	134	14,33	1,17	11,27	17,34
CCS (cels/mL)	134	238,8	524,8	2,0	4.924,0
NUL (mg/dL)	134	15,84	4,98	3,70	30,90
AG monoinsaturados (g/100g)	134	0,99	0,26	0,44	2,18
AG poli-insaturados (g/100g)	134	0,16	0,03	0,06	0,36
AG saturados (g/100g)	134	2,95	0,55	1,16	4,39
Índice de AG insaturados (g/100g)	134	1,15	0,28	0,52	2,38
Ácido palmítico (g/100g)	134	1,39	0,25	0,62	1,99
Ácido esteárico (g/100g)	134	0,40	0,19	0,12	3,00
Ácido oleico (g/100g)	134	0,85	0,25	0,37	2,03
AG pré-formados (g/100g)	134	1,47	0,30	0,65	2,60
AG mistos (g/100g)	134	1,53	0,28	0,65	2,35
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	134	1,18	0,24	0,48	1,94
Tempo de ordenha (min)	82	6,31	1,58	4,15	11,50
Fluxo de leite (kg/min)	82	2,67	0,78	0,80	4,40

Nota: AG: ácidos graxos. CCS: contagem de células somáticas. NUL: Nitrogênio uréico no leite. *LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). **CMS_{esp}=(0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX *et al.*, 2004). ****EA = LCE/CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

Da mesma forma das Holandesas, as vacas Jersey em sistema robotizado apresentaram valores discrepantes para gordura e proteína. Nas vacas Jersey, observou-se maior proporção de ácidos graxos da *síntese novo* (1,18 x 0,72%), pré-formados (1,47 x 1,14%) e mistos (1,53 x 1,05%), além de maior índice de ácidos graxos insaturados (1,15 x 0,94%), quando comparadas à Holandesa, respectivamente. Observando os valores médios dos ácidos graxos *de novo*, a raça Holandesa apresentou médias abaixo do recomendado para vacas em lactação (0,8

g/100g), assim como para os ácidos graxos pré-formados, que deve estar entre 1,30 e 1,50g/100g (Woolpert *et al.*, 2016). A EA das vacas Jersey foi alta, devido ao alto teor de sólidos no leite em comparação às holandesas.

Na Tabela 5 encontram-se as médias de produção e composição do leite, bem como as variáveis referentes ao fluxo de leite, número de visitas, produção de leite por visita, temperatura corporal e frontal das vacas em sistema de ordenha com fluxo guiado e fluxo livre.

Observa-se que o número de visitas, os AG monoinsaturados, poli-insaturados, esteárico, oleico e pré-formados foram mais significativos em sistemas de fluxo livre, por outro lado, lactose e NUL apresentaram maior significância em sistemas de fluxo guiado. Produção de leite, produção de leite por visita, tempo de ordenha, gordura, AG mistos e da síntese *de novo*, não diferiram quanto ao tipo de sistema.

Tabela 5- Produção média de leite (PL, kg/vaca/dia), produção de leite por visita (L/vaca/dia), número de visitas, fluxo de leite (L/minuto), tempo de ordenha (minutos), teores médios de gordura (%), proteína (%), lactose (%), sólidos totais (%), contagem de células somáticas (CCs, log₁₀), nitrogênio ureico no leite (NUL, mg/dL) e dos ácidos graxos (AG, g/100g) do leite, do peso corporal (kg), da temperatura frontal e lateral (°C) de vacas das raças Holandesa e Jersey dos rebanhos avaliados em sistema de ordenha robotizada com fluxo livre e fluxo guiado

Variável	N	Fluxo Livre	n	Fluxo Guiado
PL	480	41,37 ± 0,55 A	432	39,85 ± 0,59 A
PL por visita	480	12,71 ± 0,2 A	432	13,02 ± 0,21 A
Número de visitas	480	3,36 ± 0,04 A	432	3,21 ± 0,04 B
Fluxo de leite	257	3,16 ± 0,06 A	74	1,09 ± 0,12 B
Tempo de ordenha	257	6,74 ± 0,12 A	74	6,83 ± 0,25 A
Gordura	480	4,04 ± 0,04 A	432	3,92 ± 0,05 A
Proteína	480	3,65 ± 0,02 A	432	3,59 ± 0,02 B
Lactose	480	4,72 ± 0,01 B	432	4,76 ± 0,01 A
Sólidos totais	480	13,39 ± 0,05 A	432	13,22 ± 0,06 B
Log CCS	480	1,79 ± 0,03 A	432	1,88 ± 0,03 A
NUL	480	12,82 ± 0,17 B	432	15,16 ± 0,18 A
AG monoinsaturados	480	0,95 ± 0,01 A	432	0,86 ± 0,01 B
AG poli-insaturados	480	0,14 ± 0 A	432	0,14 ± 0 B
AG saturados	480	2,5 ± 0,03 A	432	2,48 ± 0,03 A
Ácido palmítico	480	1,18 ± 0,01 A	432	1,21 ± 0,01 A
Ácido esteárico	480	0,38 ± 0,01 A	432	0,33 ± 0,01 B
Ácido oleico	480	0,84 ± 0,01 A	432	0,74 ± 0,01 B
AG pré-formados	480	1,34 ± 0,01 A	432	1,26 ± 0,01 B
AG mistos	480	1,29 ± 0,01 A	432	1,29 ± 0,01 A
AG síntese <i>de novo</i>	480	0,96 ± 0,01 A	432	0,95 ± 0,01 A
Temperatura frontal	480	25,61 ± 0,21 B	432	28,61 ± 0,23 A
Temperatura lateral	480	30,2 ± 0,14 B	432	32,95 ± 0,15 A

Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão. Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: A autora.

Considerando o período de amostragem do leite (manhã, tarde ou noite), a produção de leite por visita ao robô das vacas Holandesa e Jersey apresentou diferenças (Tabelas 6 e 7). Na raça Holandesa, a maior média de produção por visita foi obtida no período da manhã, enquanto o número de ordenhas (visitas ao robô) foi maior no período da noite. Este comportamento também foi observado para os ácidos graxos monoinsaturados, saturados e para o ácido oleico.

Tabela 6- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas ao robô (ordenhas no robô), composição química, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas da raça Holandesa em sistema de ordenha robotizada

Variável	Manhã	Tarde	Noite
LCE (kg)	42,90 ± 0,71 B	43,36 ± 0,69 B	45,85 ± 0,69 A
CMS _{esp} (kg/vaca/dia)	26,45 ± 0,23 B	26,58 ± 0,22 B	27,32 ± 0,22 A
Eficiência alimentar	1,6 ± 0,01 B	1,61 ± 0,01 B	1,66 ± 0,01 A
PL por visita (kg)	16,65 ± 0,32 A	15,09 ± 0,29 B	14,96 ± 0,3 B
Número de visitas*	3,24 ± 0,06 B	3,22 ± 0,06 C	3,43 ± 0,06 A
Gordura (%)	3,29 ± 0,06 A	3,39 ± 0,06 A	3,26 ± 0,06 A
Proteína (%)	3,3 ± 0,02 A	3,31 ± 0,02 A	3,3 ± 0,02 A
Lactose (%)	4,76 ± 0,01 A	4,76 ± 0,01 A	4,73 ± 0,01 A
Sólidos totais (%)	12,3 ± 0,07 A	12,42 ± 0,07 A	12,25 ± 0,07 A
CCS (log10) (cels/mL)	1,75 ± 0,05 A	1,78 ± 0,04 A	1,79 ± 0,04 A
NUL (mg/dL)	12,04 ± 0,21 A	11,97 ± 0,2 A	11,73 ± 0,2 A
AG monoinsaturados (g/100g)	0,83 ± 0,02 B	0,87 ± 0,01 A	0,8 ± 0,01 C
AG poliinsaturados (g/100g)	0,13 ± 0 A	0,13 ± 0 A	0,11 ± 0 B
AG saturados (g/100g)	2,0 ± 0,04 A	2,08 ± 0,04 A	2,04 ± 0,04 A
Índice de AG insaturados (g/100g)	0,94 ± 0,02 B	0,98 ± 0,02 A	0,89 ± 0,02 C
Ácido palmítico (C16:0) (g/100g)	0,97 ± 0,02 A	1,01 ± 0,02 A	1,0 ± 0,02 A
Ácido esteárico (C18:0) (g/100g)	0,31 ± 0,01 B	0,33 ± 0,01 A	0,31 ± 0,01 B
Ácido oleico (C18:1) (g/100g)	0,75 ± 0,01 B	0,78 ± 0,01 A	0,71 ± 0,01 C
AG pré-formados (g/100g)	1,13 ± 0,02 A	1,17 ± 0,02 A	1,12 ± 0,02 A
AG mistos (g/100g)	1,05 ± 0,02 A	1,07 ± 0,02 A	1,03 ± 0,02 A
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	0,72 ± 0,02 A	0,74 ± 0,02 A	0,71 ± 0,02 A
Tempo de ordenha (min)	7,63 ± 0,16 A	7,28 ± 0,15 B	7,13 ± 0,15 B
Fluxo de leite (kg/min)	2,91 ± 0,11 A	2,86 ± 0,11 A	2,89 ± 0,11 A

Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão. Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Número de visitas: média obtida por dia de cada período. Manhã: 5:00h às 12:59h; Tarde: 13:00h às 21:00h; Noite: 21:00h às 4:59h. AG: ácidos graxos. NUL: nitrogênio ureico no leite. LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). CMS_{esp} = (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX et al., 2004). EA = LCE/CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

Diferentemente da raça Holandesa, para a raça Jersey é possível verificar que a produção e a composição do leite e o número de ordenhas (visitas ao robô) não sofreram alterações em função do período de amostragem do leite (Tabela 6). Porém,

o NUL, os AG poli-insaturados e o ácido esteárico apresentaram maiores valores no período da tarde, resultado semelhante ao encontrado para a raça Holandesa.

Tabela 7- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas ao robô (ordenhas no robô), composição química, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas da raça Jersey em sistema de ordenha robotizada

Variável	Manhã	Tarde	Noite
LCE (kg)	36,2 ± 0,9 B	36,04 ± 0,89 B	38,41 ± 1,01 A
CMS _{esp} (kg/vaca/dia)	18,95 ± 0,2 B	18,91 ± 0,2 B	19,43 ± 0,22 A
Eficiência alimentar	1,88 ± 0,03 B	1,88 ± 0,03 B	1,94 ± 0,03 A
PL por visita (kg)	10,52 ± 0,3 A	9,92 ± 0,29 A	10,12 ± 0,4 A
Número de visitas*	3,21 ± 0,08 A	3,23 ± 0,07 A	3,41 ± 0,1 A
Gordura (%)	4,71 ± 0,09 A	4,76 ± 0,08 A	4,46 ± 0,11 A
Proteína (%)	3,96 ± 0,04 A	3,97 ± 0,04 A	3,89 ± 0,05 A
Lactose (%)	4,74 ± 0,02 A	4,72 ± 0,02 A	4,7 ± 0,03 A
Sólidos totais (%)	14,4 ± 0,11 A	14,42 ± 0,11 A	14,04 ± 0,15 A
CCS (log10) (cels/mL)	1,93 ± 0,06 A	1,87 ± 0,06 A	1,89 ± 0,08 A
NUL (mg/dL)	16,17 ± 0,48 B	14,98 ± 0,46 C	16,91 ± 0,63 A
AG monoinsaturados (g/100g)	1,01 ± 0,02 A	1,04 ± 0,02 A	0,89 ± 0,03 B
AG poli-insaturados (g/100g)	0,16 ± 0 B	0,16 ± 0 A	0,15 ± 0 C
AG saturados (g/100g)	2,96 ± 0,05 A	2,98 ± 0,05 A	2,85 ± 0,07 A
Índice de AG insaturados (g/100g)	1,16 ± 0,03 A	1,2 ± 0,02 A	1,04 ± 0,03 B
Ácido palmítico (C16:0) (g/100g)	1,38 ± 0,02 A	1,42 ± 0,02 A	1,37 ± 0,03 A
Ácido esteárico (C18:0) (g/100g)	0,39 ± 0,02 B	0,44 ± 0,02 A	0,34 ± 0,02 C
Ácido oleico (C18:1) (g/100g)	0,86 ± 0,02 A	0,9 ± 0,02 A	0,75 ± 0,03 B
AG pré-formados (g/100g)	1,49 ± 0,03 A	1,51 ± 0,03 A	1,37 ± 0,04 B
AG mistos (g/100g)	1,54 ± 0,03 A	1,55 ± 0,03 A	1,47 ± 0,04 A
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	1,2 ± 0,02 A	1,19 ± 0,02 A	1,13 ± 0,03 A
Tempo de ordenha (min)	6,41 ± 0,21 A	6,43 ± 0,24 A	5,76 ± 0,36 A
Fluxo de leite (kg/min)	2,61 ± 0,11 A	2,64 ± 0,14 A	2,9 ± 0,23 A

Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. AG: ácidos graxos. NUL: nitrogênio ureico no leite. *Número de visitas: média obtida por dia de cada período. Manhã: 5:00h às 12:59h; Tarde: 13:00h às 21:00h; Noite: 21:00h às 3:59h. AG: ácidos graxos. NUL: nitrogênio ureico no leite. LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). CMS_{esp} = (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX et al., 2004). EA = LCE/CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

Em relação a ordem de parto, verificou-se que a composição do leite não apresentou diferença ($P>0,05$) quanto ao período em que as vacas foram ordenhadas, tanto em primíparas quanto em multíparas (Tabelas 8 e 9) da raça Holandesa. Da mesma forma, a CCS e os ácidos graxos de novo e mistos também não sofreram variações ($P>0,05$). Entretanto, observou-se maior EA das vacas no período noturno, em primíparas e multíparas.

Tabela 8- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMSesp), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas primíparas da raça Holandesa coletados no período da manhã, tarde e noite.

Variável	Manhã	Tarde	Noite
LCE (kg)	36,88 ± 0,91 B	37,7 ± 0,86 B	40,61 ± 0,86 A
CMS _{esp} (kg/vaca/dia)	23,31 ± 0,3 B	23,58 ± 0,28 B	24,42 ± 0,28 A
Eficiência alimentar	1,56 ± 0,02 B	1,58 ± 0,02 B	1,64 ± 0,02 A
PL por visita (kg/vaca)	14,94 ± 0,44 A	13,1 ± 0,39 B	13,5 ± 0,4 B
Número de visitas*	3,17 ± 0,11 B	3,13 ± 0,1 C	3,47 ± 0,1 A
Gordura (%)	3,26 ± 0,11 A	3,46 ± 0,1 A	3,23 ± 0,1 A
Proteína (%)	3,29 ± 0,03 A	3,32 ± 0,03 A	3,29 ± 0,03 A
Lactose (%)	4,85 ± 0,02 A	4,83 ± 0,02 A	4,82 ± 0,02 A
Sólidos totais (%)	12,34 ± 0,13 A	12,57 ± 0,11 A	12,3 ± 0,11 A
CCS (cels/mL)	169,3 ± 396,4A	145,55 ± 307,9A	153,6 ± 344,4 ^a
NUL (mg/dL)	13,1 ± 0,3 A	13,08 ± 0,27 A	12,23 ± 0,27 A
AG monoinsaturados (g/100g)	0,83 ± 0,03B	0,9 ± 0,03A	0,81 ± 0,03C
AG poli-insaturados (g/100g)	0,12 ± 0,01 B	0,12 ± 0 A	0,11 ± 0 C
AG saturados (g/100g)	1,98 ± 0,07 A	2,11 ± 0,06 A	2,03 ± 0,06 A
Índice de AG insaturados (g/100g)	0,94 ± 0,03 B	1,01 ± 0,03 A	0,89 ± 0,03 C
Ácido palmítico (C16:0) (g/100g)	0,96 ± 0,03 A	1,01 ± 0,03 A	0,99 ± 0,03 A
Ácido esteárico (C18:0) (g/100g)	0,31 ± 0,01 A	0,35 ± 0,01 A	0,32 ± 0,01 A
Ácido oleico (C18:1) (g/100g)	0,75 ± 0,03 B	0,82 ± 0,02 A	0,72 ± 0,02 C
AG pré-formados (g/100g)	1,12 ± 0,03 A	1,2 ± 0,03 A	1,12 ± 0,03 A
AG mistos (g/100g)	1,04 ± 0,03 A	1,08 ± 0,03 A	1 ± 0,03 A
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	0,68 ± 0,03 A	0,73 ± 0,03 A	0,67 ± 0,03 A
Tempo de ordenha (min)	7,7 ± 0,25 A	7,3 ± 0,22 A	7,21 ± 0,22 A
Fluxo de leite (kg/min)	3,17 ± 0,16 A	3,12 ± 0,15 A	3,16 ± 0,15 A

Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão. Médias seguidas por letras diferentes diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Número de visitas: média por dia obtida de cada período. Manhã: 5:00h às 12:59h; Tarde: 13:00h às 21:00h; Noite: 21:00h às 4:59h. AG: ácidos graxos. NUL: nitrogênio ureico no leite. LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). CMSesperado= (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX *et al.*, 2004). EA = LCE/CMSesperado.

Fonte: A autora.

A produção de leite por visita foi maior no período da manhã (das 5:00 às 13:00h), tanto em primíparas quanto em múltiparas da raça holandesa. Houve diferença quanto ao número de visitas ($P < 0,05$), em que as primíparas holandesas

visitaram mais vezes o robô no período da noite. É possível que este comportamento tenha ocorrido devido a dominância das múltiparas durante o dia.

Tabela 9- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química, contagem de célula somáticas (CCS) do leite de vacas múltiparas da raça Holandês coletados no período da manhã, tarde e noite.

Variável	Manhã	Tarde	Noite
LCE (kg)	47,38 ± 1,02 B	47,48 ± 1 B	49,69 ± 1,01 A
CMS _{esp} (kg/vaca/dia)	28,71 ± 0,31 B	28,78 ± 0,31 B	29,44 ± 0,31 A
Eficiência alimentar	1,63 ± 0,02 B	1,62 ± 0,02 B	1,67 ± 0,02 A
PL por visita (kg)	17,9 ± 0,45 A	16,55 ± 0,43 B	15,94 ± 0,45 C
Número de visitas*	3,29 ± 0,07 A	3,28 ± 0,07 A	3,4 ± 0,07 A
Gordura (%)	3,3 ± 0,08 A	3,35 ± 0,08 A	3,28 ± 0,08 A
Proteína (%)	3,3 ± 0,03 A	3,3 ± 0,03 A	3,32 ± 0,03 A
Lactose (%)	4,7 ± 0,02 A	4,7 ± 0,02 A	4,67 ± 0,02 A
Sólidos totais (%)	12,25 ± 0,09 A	12,31 ± 0,09 A	12,24 ± 0,09 A
CCS (cels/mL)	211,5 ± 485,3 ^a	304,0 ± 792,0A	283,40 ± 708,0A
NUL (mg/dL)	11,32 ± 0,28 A	11,16 ± 0,27 A	11,39 ± 0,27 A
AG monoinsaturados (g/100g)	0,83 ± 0,02 A	0,84 ± 0,02 A	0,8 ± 0,02 A
AG poli-insaturados (g/100g)	0,13 ± 0 A	0,13 ± 0 A	0,11 ± 0 B
AG saturados (g/100g)	2,02 ± 0,05 A	2,06 ± 0,05 A	2,06 ± 0,05 A
Índice de AG insaturados (g/100g)	0,95 ± 0,02 A	0,96 ± 0,02 A	0,9 ± 0,02 A
Ácido palmítico (C16:0) (g/100g)	0,98 ± 0,02 A	1,01 ± 0,02 A	1,02 ± 0,02 A
Ácido esteárico (C18:0) (g/100g)	0,31 ± 0,01 A	0,32 ± 0,01 A	0,31 ± 0,01 A
Ácido oleico (C18:1) (g/100g)	0,74 ± 0,02 A	0,76 ± 0,01 A	0,72 ± 0,02 A
AG pré-formados (g/100g)	1,13 ± 0,02 A	1,15 ± 0,02 A	1,12 ± 0,02 A
AG mistos (g/100g)	1,06 ± 0,03 A	1,07 ± 0,02 A	1,06 ± 0,03 A
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	0,74 ± 0,02 A	0,75 ± 0,02 A	0,74 ± 0,02 A
Tempo de ordenha (min)	7,58 ± 0,22 A	7,27 ± 0,21 B	7,06 ± 0,21 C
Fluxo de leite (kg/min)	2,7 ± 0,17 A	2,66 ± 0,17 A	2,68 ± 0,17 A

Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão. Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Número de visitas: média obtida por dia de cada período. Manhã: 5:00h às 12:59h; Tarde: 13:00h às 21:00h; Noite: 21:00h às 4:59h. AG: ácidos graxos. NUL: nitrogênio ureico no leite. LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). CMS_{esp} = (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX *et al.*, 2004). EA = LCE/ CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

O número de ordenhas (visitas ao robô) não variou em função da ordem de parto dos animais da raça Jersey (Tabelas 10 e 11).

Tabela 10- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}), Eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química do leite, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas primíparas da raça Jersey da manhã, tarde e noite.

Variável	Manhã	Tarde	Noite
LCE (kg)	34,52 ± 1,28A	34,68 ± 1,29A	35,13 ± 1,52 A
CMS _{esp} (kg/vaca/dia)	18,05 ± 0,29 A	18,08 ± 0,29 A	18,21 ± 0,34 A
Eficiência alimentar	1,89 ± 0,05 A	1,9 ± 0,05 A	1,91 ± 0,05 A
PL por visita (kg)	10,31 ± 0,38A	9,21 ± 0,38A	10,36 ± 0,55 A
Número de visitas*	3,01 ± 0,1 A	3,03 ± 0,1 A	3,3 ± 0,15 A
Gordura (%)	4,76 ± 0,14 A	4,9 ± 0,14 A	4,4 ± 0,2 A
Proteína (%)	3,96 ± 0,06 A	3,95 ± 0,06 A	3,91 ± 0,08 A
Lactose (%)	4,81 ± 0,03 A	4,78 ± 0,03 A	4,72 ± 0,04 A
Sólidos totais (%)	14,51 ± 0,17 A	14,62 ± 0,17 A	14,02 ± 0,25 A
CCS (cels/mL)	167,6 ± 309,1 A	147,1 ± 256,1A	193,38 ± 289,3 A
NUL (mg/dL)	15,51 ± 0,73 B	13,83 ± 0,74 C	17,43 ± 1,07 A
AG monoinsaturados (g/100g)	1,04 ± 0,04 B	1,11 ± 0,04 A	0,88 ± 0,06 C
AG poli-insaturados (g/100g)	0,16 ± 0,01 B	0,17 ± 0,01 A	0,15 ± 0,01 C
AG saturados (g/100g)	2,96 ± 0,09 A	3,04 ± 0,09 A	2,8 ± 0,12 A
Índice de AG insaturados (g/100g)	1,2 ± 0,04 B	1,27 ± 0,04 A	1,03 ± 0,06 C
Ácido palmítico (C16:0) (g/100g)	1,37 ± 0,04 A	1,43 ± 0,04 A	1,35 ± 0,06 A
Ácido esteárico (C18:0) (g/100g)	0,41 ± 0,02 A	0,44 ± 0,02 A	0,34 ± 0,02 B
Ácido oleico (C18:1) (g/100g)	0,89 ± 0,04 B	0,97 ± 0,04 A	0,75 ± 0,06 C
AG pré-formados (g/100g)	1,51 ± 0,05 B	1,58 ± 0,05 A	1,35 ± 0,07 C
AG mistos (g/100g)	1,55 ± 0,04 A	1,59 ± 0,04 A	1,46 ± 0,06 A
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	1,22 ± 0,04 A	1,23 ± 0,04 A	1,1 ± 0,05 A
Tempo de ordenha (min)	6,51 ± 0,38 A	6,74 ± 0,56 A	5,96 ± 0,88 A
Fluxo de leite (kg/min)	2,54 ± 0,16 A	2,69 ± 0,24 A	2,05 ± 0,38 A

Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão, médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Número de visitas: média obtida por dia de cada período. AG: ácidos graxos, NUL: nitrogênio ureico no leite. LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). CMS_{esp} = (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX *et al.*, 2004). EA = LCE/CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

Nas vacas primíparas de ambas as raças (Tabelas 8 e 10) é possível visualizar que os AG monoinsaturados, poli-insaturados, insaturados e o ácido oleico apresentaram influência do horário de coleta ($P < 0,05$), sendo as maiores concentrações registradas no período da tarde. Por outro lado, nas multíparas (Tabelas 9 e 11), os ácidos graxos apresentaram pouca ou nenhuma influência do horário da amostragem.

Tabela 11- Médias de produção de leite corrigida para energia (LCE), consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}), eficiência alimentar, produção de leite por visita (ordenha no robô), número de visitas (ordenhas no robô), composição química do leite, contagem de células somáticas (CCS) do leite de vacas multíparas da raça Jersey coletados no período da manhã, tarde e noite em ordenha robotizada.

Variável	Manhã	Tarde	Noite
LCE (kg)	37,31 ± 1,23 B	36,9 ± 1,2 B	40,31 ± 1,34 A
CMS _{esp} (kg/vaca/dia)	19,53 ± 0,27 B	19,44 ± 0,26 B	20,16 ± 0,29 A
Eficiência alimentar	1,88 ± 0,04 B	1,87 ± 0,04 B	1,96 ± 0,05 A
PL por visita (kg/vaca)	10,61 ± 0,44 A	10,35 ± 0,4 A	10,07 ± 0,54 A
Número de visitas*	3,34 ± 0,11 A	3,36 ± 0,1 A	3,46 ± 0,14 A
Gordura (%)	4,69 ± 0,11 A	4,67 ± 0,1 A	4,48 ± 0,13 A
Proteína (%)	3,95 ± 0,05 A	3,98 ± 0,05 A	3,88 ± 0,06 A
Lactose (%)	4,7 ± 0,03 A	4,69 ± 0,03 A	4,69 ± 0,04 A
Sólidos totais (%)	14,35 ± 0,15 A	14,3 ± 0,13 A	14,02 ± 0,18 A
CCS (cels/mL)	401,4 ± 885,5A	215,3 ± 419,9A	238,8 ± 434,7A
NUL (mg/dL)	16,58 ± 0,64 A	15,68 ± 0,58 A	16,72 ± 0,78A
AG monoinsaturados (g/100g)	0,99 ± 0,03 B	1 ± 0,03 A	0,88 ± 0,04 C
AG poli-insaturados (g/100g)	0,16 ± 0 A	0,16 ± 0 A	0,15 ± 0,01 A
AG saturados (g/100g)	2,97 ± 0,07 A	2,95 ± 0,06 A	2,87 ± 0,08 A
Índice de AG insaturados (g/100g)	1,14 ± 0,03 A	1,15 ± 0,03 A	1,03 ± 0,04 A
Ácido palmítico (C16:0) (g/100g)	1,39 ± 0,03A	1,41 ± 0,03A	1,38 ± 0,04A
Ácido esteárico (C18:0) (g/100g)	0,39 ± 0,03A	0,43 ± 0,03A	0,34 ± 0,04A
Ácido oleico (C18:1) (g/100g)	0,84 ± 0,03 B	0,86 ± 0,03 A	0,74 ± 0,04 C
AG pré-formados (g/100g)	1,47 ± 0,04 A	1,47 ± 0,03 A	1,37 ± 0,05 A
AG mistos (g/100g)	1,54 ± 0,04 A	1,53 ± 0,03 A	1,47 ± 0,04 A
AG síntese <i>de novo</i> (g/100g)	1,2 ± 0,03 A	1,17 ± 0,03 A	1,14 ± 0,04 A
Tempo de ordenha (min)	6,26 ± 0,27 A	6,2 ± 0,29 A	5,26 ± 0,49 A
Fluxo de leite (kg/min)	2,67 ± 0,16 A	2,68 ± 0,18 A	3,49 ± 0,32 A

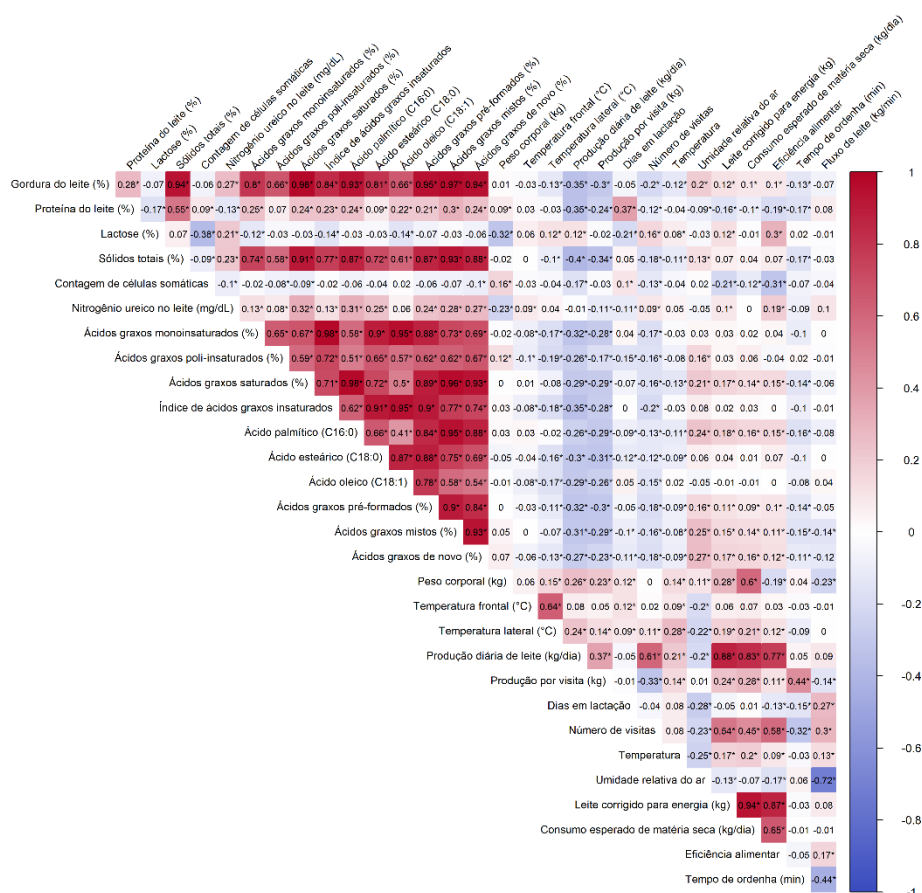
Valores apresentados como médias ajustadas ± erro padrão, médias seguidas por letras diferentes na linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de significância. *Número de visitas: média obtida por dia de cada período. AG: ácidos graxos, NUL: nitrogênio ureico no leite. LCE = LCE 3,5%G e 3,2%P e 4,8% lactose (NASEM, 2021). CMS_{esp} = (0.0185×Peso corporal + 0.305×LCE)×Lag (FOX *et al.*, 2004). EA = LCE/CMS_{esp}.

Fonte: A autora.

A matriz de correlação de Pearson entre as variáveis da raça Holandesa encontra-se na Figura 3, evidenciando as principais associações entre composição do leite, perfil de AG, desempenho produtivo e fatores ambientais. Observou-se forte correlação positiva ($p < 0,05$) entre os sólidos totais e os teores de ácidos graxos monoinsaturados, saturados, pré-formados, mistos e da síntese *de novo* indicando que alterações na composição lipídica do leite estão diretamente relacionadas ao conteúdo total de sólidos.

Os ácidos graxos mistos apresentaram elevada correlação com os ácidos graxos pré-formados, enquanto o ácido palmítico (C16:0) mostrou forte associação com os ácidos graxos mistos.

Figura 3- Correlações de Person entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita, dias em lactação, número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas da raça Holandesa em sistema de ordenha robotizado. * Significativo ($p < 0,05$)



A autora.

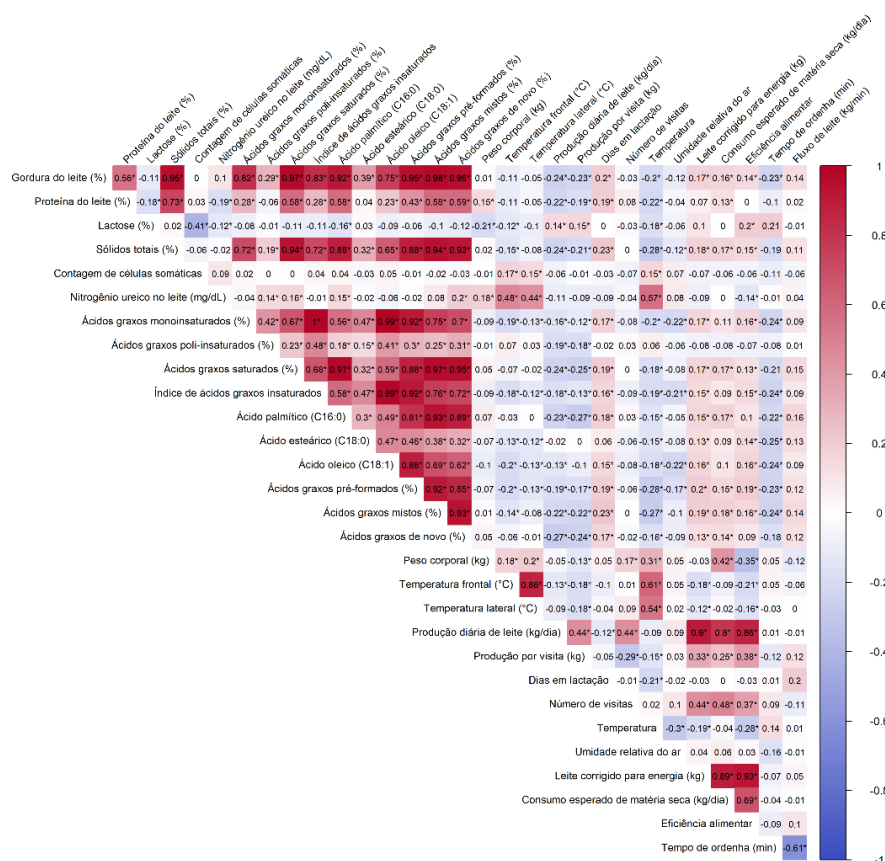
O número de visitas ao robô não apresentou correlação significativa ($p > 0,05$) com o DEL, indicando que o avanço da lactação não impactou na frequência de acesso ao robô. A EA apresentou correlação negativa fraca ($-0,13^*$) com o DEL, indicando que outros fatores tiveram impacto sobre este parâmetro.

A temperatura ambiente não influenciou no número de visitas, apresentando correlação fraca e não significativa ($P > 0,05$), provavelmente devido a ocorrência de baixas temperaturas no inverno. Da mesma forma, a temperatura teve correlação positiva, mas fraca com o consumo de MS. No entanto, a umidade relativa do ar (UR)

teve um leve efeito positivo na síntese de alguns AG do leite, demonstrando a importância do conforto térmico sobre a composição do leite. Ainda, a correlação entre a UR e o número de visitas ao robô foi negativa e fraca (-0,23*), verificando-se que no inverno seu efeito é pequeno sobre o número de visitas. Observou-se correlação negativa ($P < 0,05$) entre a EA e a CCS, evidenciando o efeito da mastite sobre a queda na produção de leite e no teor de sólidos. Em relação ao peso corporal, vacas mais pesadas apresentaram correlação negativa e fraca (-0,19*) com a EA.

Para a raça Jersey, as correlações estão apresentadas na figura 4.

Figura 4- Correlações de Person entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita, dias em lactação, número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas da raça Jersey em sistema de ordenha robotizado. *Significativo ($p < 0,05$)



Fonte: A autora.

De forma semelhante ao observado na raça Holandesa (Figura 3), as maiores correlações ocorreram entre os parâmetros relacionados à composição lipídica do leite, evidenciando a estreita relação entre os grupos de ácidos graxos e os teores de

gordura e sólidos totais. Entretanto, as vacas Jersey apresentaram coeficientes de correlação ligeiramente superiores para algumas dessas associações, especialmente entre gordura do leite, ácidos graxos pré-formados e ácidos graxos mistos. Por outro lado, as correlações envolvendo produção de leite, dias em lactação e variáveis ambientais foram, em ambas as raças, de baixa a moderada magnitude.

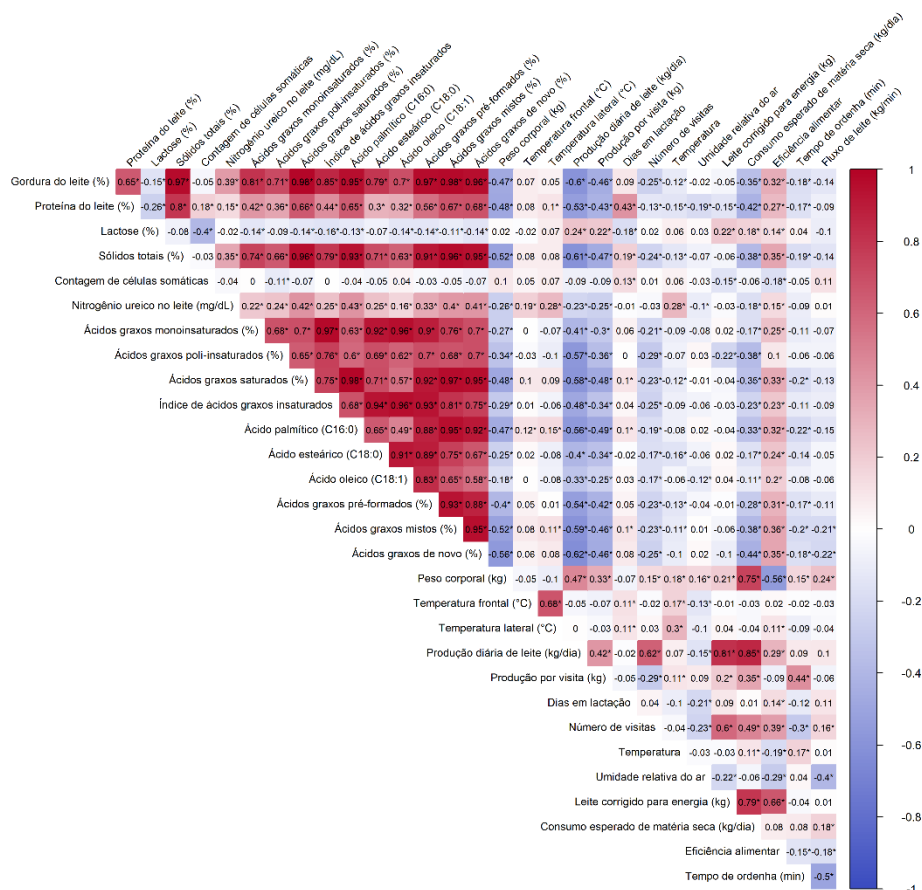
A correlação negativa entre peso corporal e EA nas vacas Jersey foi mais evidente em relação às vacas Holandesas (-0,36*). Diferentemente da raça Holandesa, na raça Jersey não houve correlação ($p < 0,05$) entre EA e a CCS, indicando a maior rusticidade em comparação com a Holandesa. Para os animais da raça Jersey, observou-se maior correlação positiva dos AG com o teor de proteína do leite comparado com os animais da raça Holandesa.

Considerando a ordem de parto em ambas as raças (Figura 5), verificou-se que para as vacas primíparas, a gordura do leite apresentou forte correlação positiva com os sólidos totais, ácido oleico, ácidos graxos pré-formados e ácidos graxos mistos. Entre os grupos lipídicos, observou-se forte associação entre os ácidos graxos monoinsaturados e o ácido palmítico, bem como entre os ácidos graxos pré-formados e mistos.

Em contraste, os ácidos graxos *de novo* apresentaram correlações negativas, de moderadas a fortes, com os sólidos totais, ácidos graxos mistos e ácidos graxos insaturados, evidenciando uma relação inversa com os grupos de ácidos graxos associados à mobilização de reservas corporais e à dieta.

Em relação à síntese de AG *de novo*, observou-se moderada correlação negativa com o peso corporal, tanto em primíparas (-0,56*) quanto em multíparas (-0,57*) (Figura 6), indicando que quanto maior o peso corporal, menor a concentração de AG *de novo*.

Figura 5- Correlações de Pearson entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite por visita, dias em lactação, número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas primíparas de ambas as raças em sistema de ordenha robotizado. *Significativo ($p < 0,05$)

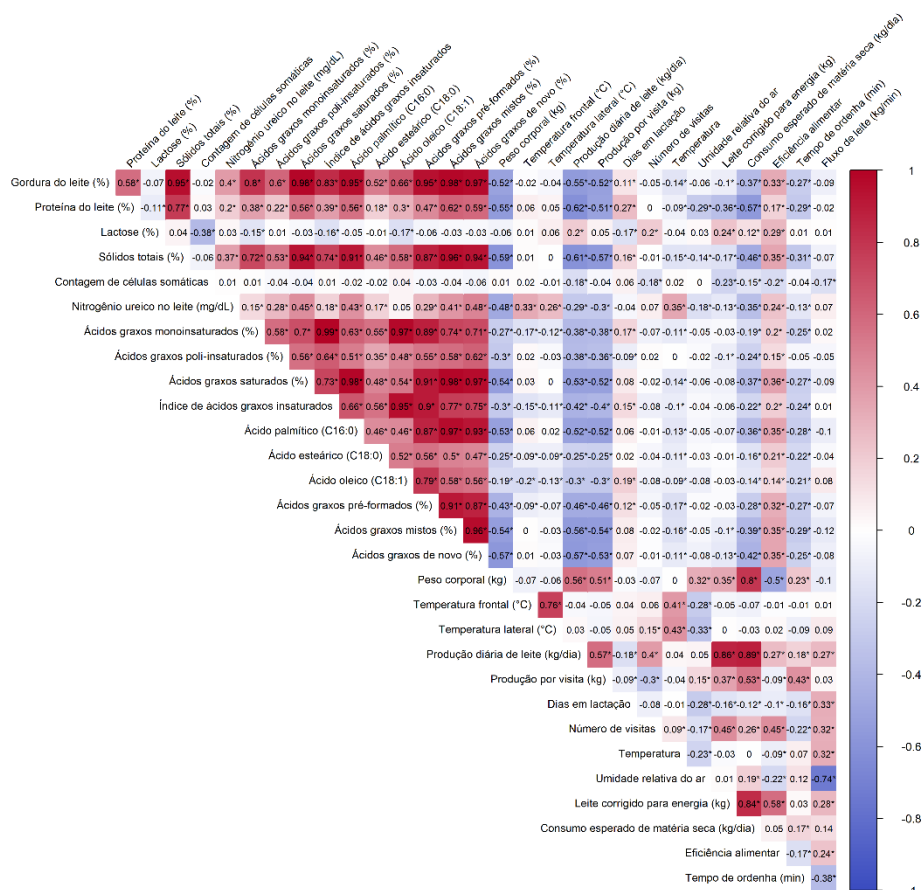


Fonte: A autora

Nas vacas multíparas (Figura 6), as correlações mais fortes também foram observadas entre os componentes do leite e os grupos de ácidos graxos. Também foram observadas correlações moderadas e positivas entre a concentração dos AG e o teor de proteína no leite.

A produção de leite por visita teve correlação negativa e moderada com a concentração da maioria dos AG analisados. Já o número de visitas apresentou correlações negativas mais fracas com os AG do leite, indicando que o consumo de concentrado no robô teve pequeno impacto na redução da síntese dos AG, havendo apenas um efeito de diluição com o aumento da produção de leite por visita. Este resultado foi observado tanto nas vacas primíparas quanto multíparas.

Figura 6- Correlações de Person entre as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite por visita, dias em lactação número de visitas, temperatura ambiente e umidade relativa do ar de vacas múltiparas de ambas as raças em sistema de ordenha robotizada. *Significativo ($p < 0,05$)

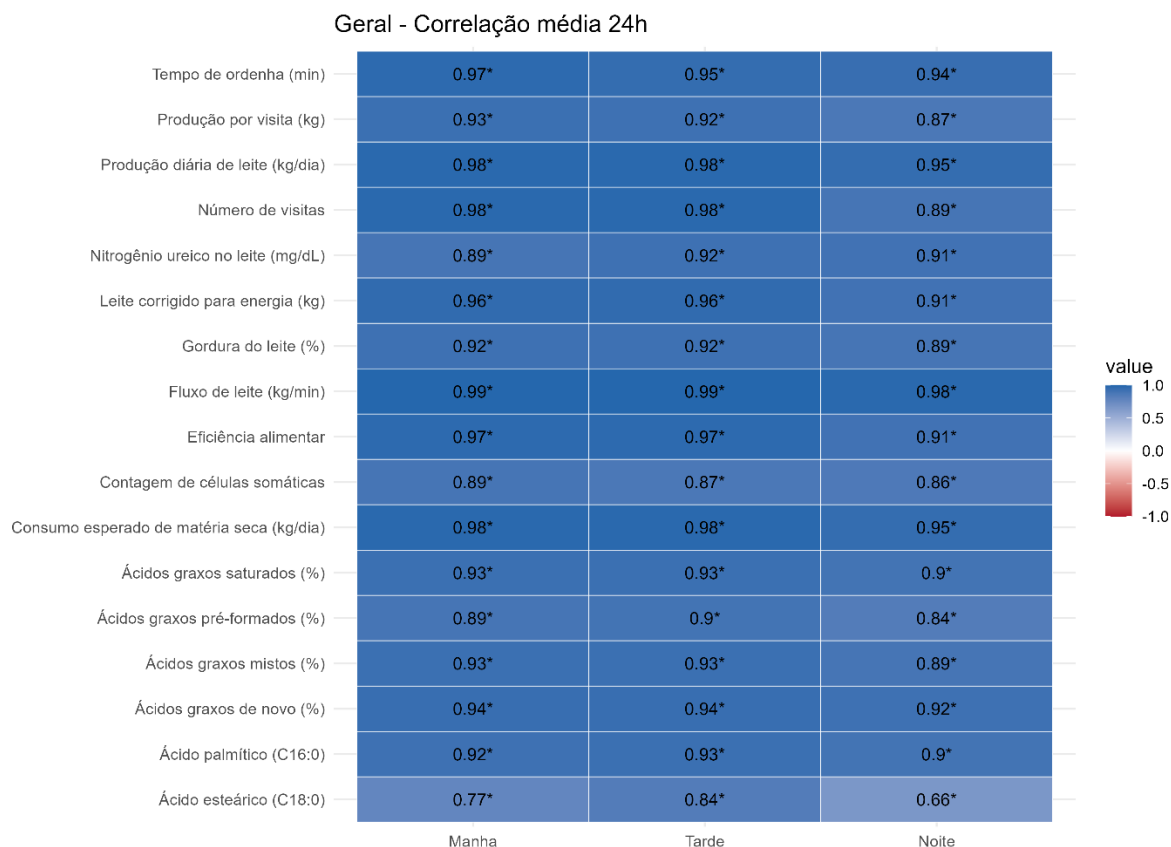


Fonte: A autora

As múltiparas apresentaram correlações mais evidentes entre o peso corporal e as temperaturas corporais, além de uma associação positiva e moderada entre produção diária de leite e produção por visita, indicando maior influência dos parâmetros produtivos e fisiológicos sobre as relações observadas.

Na Figura 7 verifica-se as correlações entre as variáveis para cada período de amostragem do leite (manhã, tarde e noite) em relação à média diária obtida no período de 24 horas. Houve elevada correlação ($r > 0,85$) entre a maioria das variáveis avaliadas nos três períodos de amostragem do leite, indicando forte associação de cada período com a média geral. Destacam-se as altas correlações para a produção de leite por visita, número de visitas e leite corrigido para energia, além dos teores de gordura, proteína, sólidos totais e a maioria dos AG.

Figura 7- Correlação de cada período avaliado com a média geral de 24 horas de ambas as raças para as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita da raça. *Correlação significativa ($p < 0,05$)

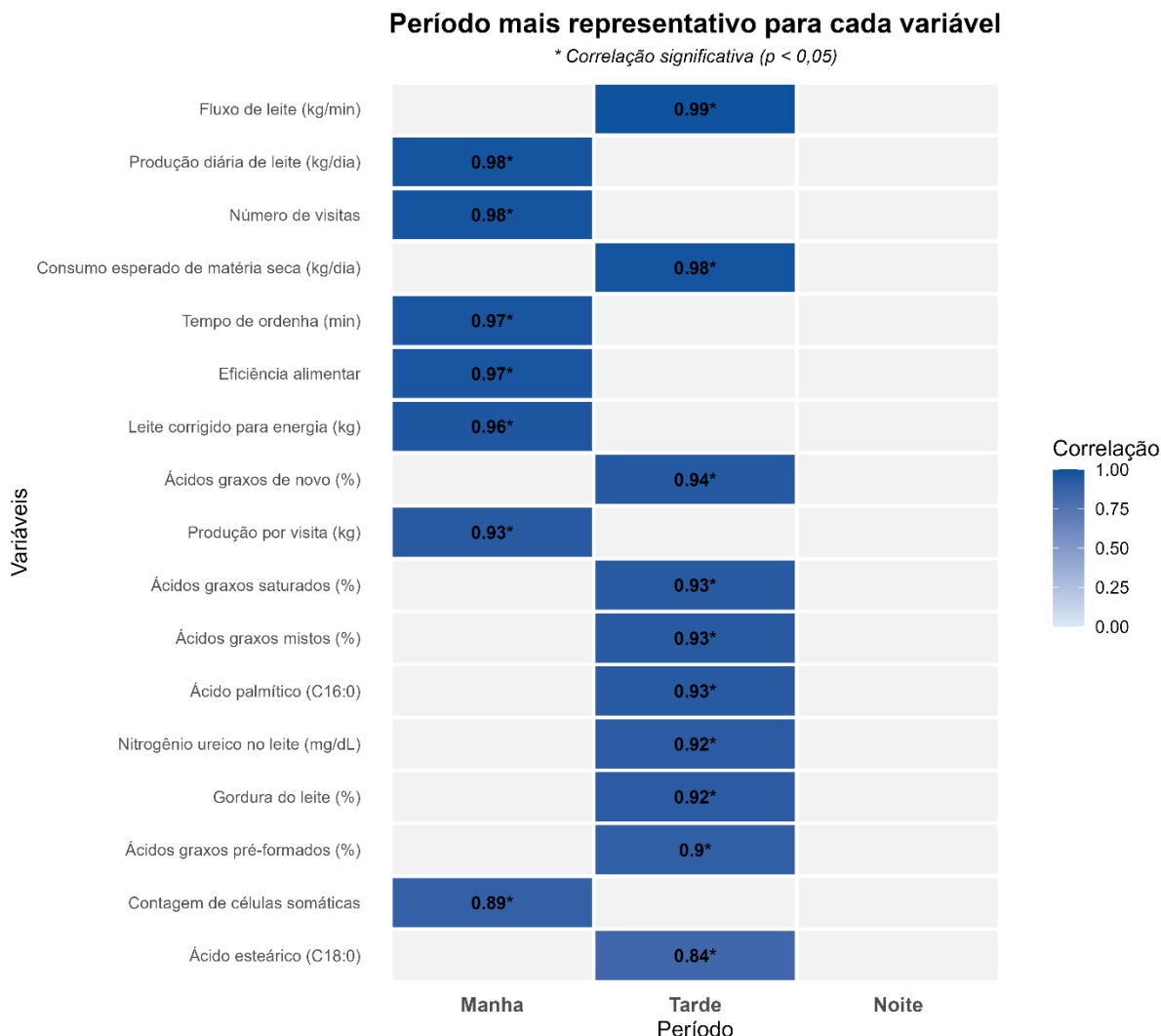


Fonte: A autora.

Por outro lado, alguns componentes, como ácidos graxos específicos (ex.: C18:0), apresentaram correlações altas, porém, um pouco inferiores aos demais AG em cada período, sugerindo maior influência de fatores metabólicos e dietéticos. Apesar da alta correlação das variáveis nos três períodos de coleta, os períodos da manhã e da tarde foram os mais representativos em relação à média geral das variáveis, em 24 horas.

Na Figura 8 encontram-se os resultados do período mais representativo para cada variável analisada, de ambas as raças. No período da manhã, em relação à composição do leite, as variáveis mais representativas foram o teor de proteína, o LCE e a CCS. O período da tarde destaca-se como o mais representativo para as análises de todos os ácidos graxos, além do NUL. Por outro lado, o período da noite não teve nenhuma representação das variáveis analisadas.

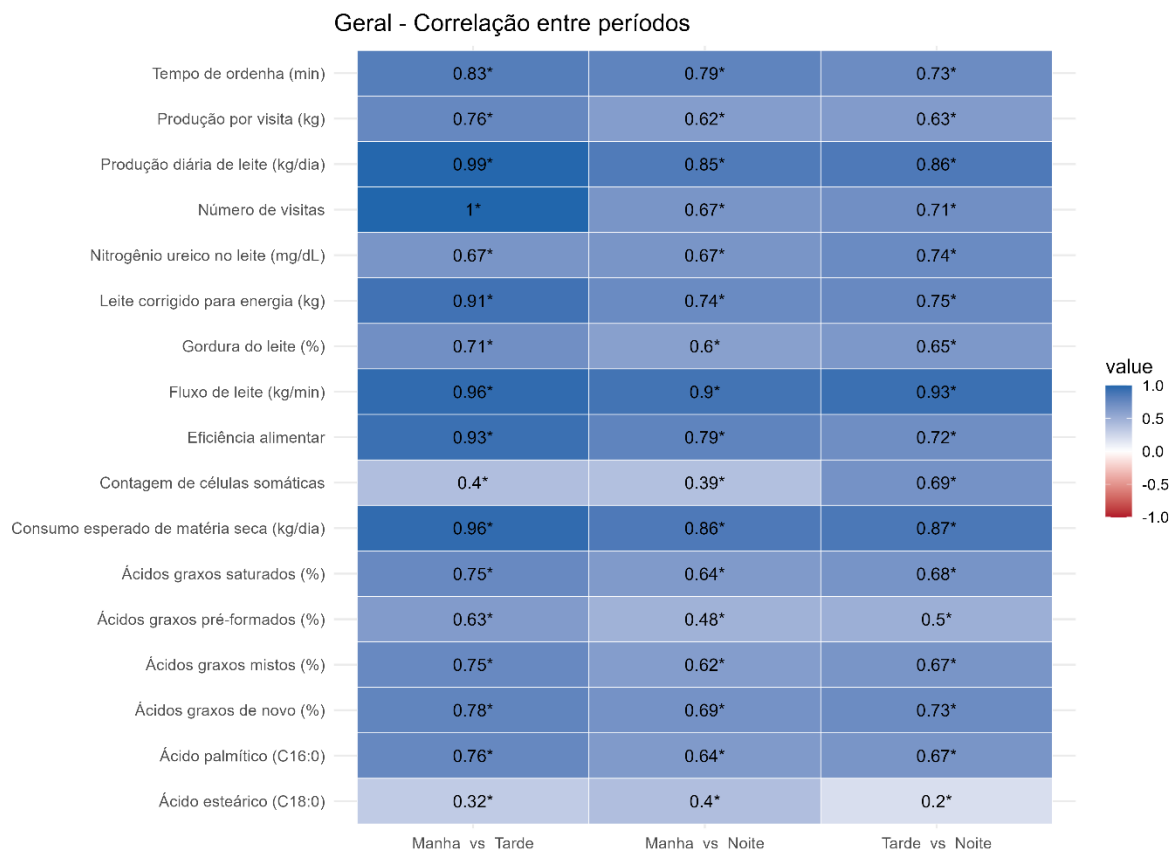
Figura 8- Análise do período (manhã, tarde e noite) mais representativo para cada variável (composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência alimentar, produção de leite por visita). *Correlação



Fonte: A autora

Na Figura 9 estão apresentadas as correlações entre os períodos de coleta (manhã x tarde; tarde x noite; manhã x noite), para cada variável analisada. De modo geral, considerando as variáveis de composição do leite, observou-se correlações mais altas entre os períodos da manhã x tarde e correlações mais baixas entre os períodos da tarde x noite.

Figura 9- Correlação geral de ambas as raças entre os períodos avaliados (manhã, tarde e noite) para as variáveis de composição do leite, contagem de células somáticas, peso corporal, temperatura frontal e lateral dos animais, produção diária de leite, produção de leite corrigida para energia, consumo de matéria seca esperado, eficiência, produção de leite por visita da raça *Correlação significativa ($p < 0,05$)



Fonte: A autora

No entanto, para a CCS, a melhor correlação foi entre os períodos da tarde x noite em relação à manhã x tarde e manhã x noite.

2.4 DISCUSSÃO

A composição física da dieta exerce papel fundamental no desempenho produtivo e na saúde ruminal de vacas leiteiras. O tamanho das partículas influencia diretamente o comportamento ingestivo, a ruminação, a produção de saliva e a manutenção do ambiente ruminal adequado. Dietas com distribuição inadequada do tamanho de partículas podem favorecer a seleção dos alimentos, alterando a composição da dieta efetivamente consumida pelos animais, comprometendo o aporte de nutrientes e de fibra fisicamente efetiva. A comparação entre a distribuição das partículas da dieta e das sobras constitui uma estratégia importante para compreender

padrões de consumo e seus potenciais impactos sobre a produção e a composição do leite (Arzola-álvarez *et al.*, 2010).

A elevada proporção de partículas retidas na peneira de 19mm da dieta para as vacas Holandesas (Tabela 2) pode ter favorecido a maior seleção dos alimentos. Para as vacas Jersey, embora a distribuição dos alimentos fornecidos esteja próxima dos valores recomendados, o aumento expressivo das partículas longas nas sobras sugere rejeição dessas frações e consumo preferencial das partículas menores, alterando a composição da dieta efetivamente ingerida pelos animais. Esses resultados estão alinhados com a composição do leite de cada raça (Tabelas 3 e 4).

Os resultados mostraram que as diferenças na composição do leite entre as raças foram predominantemente determinadas pelas características genéticas da raça Jersey, reconhecida por produzir leite com maior concentração de sólidos (Bach *et al.*, 2014). Por outro lado, as vacas Holandesas apresentaram maior produção diária de leite, porém, com menores concentrações de gordura e proteína, caracterizando o efeito de diluição frequentemente observado em animais de elevada produção. Ressalta-se que tais resultados reforçam que a distribuição física da dieta e o comportamento de seleção alimentar devem ser interpretados em conjunto com os efeitos inerentes à raça, ao estágio de lactação e ao nível de produção dos animais (Bach *et al.*, 2014).

A produção de leite corrigida para gordura (LCE) é um indicador amplamente utilizado para avaliar o desempenho produtivo de vacas leiteiras, uma vez que considera não apenas o volume de leite produzido, mas também seu conteúdo energético, representado principalmente pela gordura. Como este é o componente de maior densidade energética do leite, vacas que produzem menores volumes de leite, mas com maiores concentrações de gordura, podem apresentar desempenho produtivo proporcionalmente semelhante ou até superior ao de animais com elevada produção e menor teor de sólidos (Nasem, 2021).

A utilização da produção corrigida para gordura (LCE) torna-se especialmente importante na comparação entre raças leiteiras, como Holandesa e Jersey (Tabelas 3 e 4). Vacas Holandesas são reconhecidas pelo elevado volume de leite produzido, enquanto vacas Jersey apresentam menor produção diária, porém maiores concentrações de gordura, proteína e sólidos totais no leite (Capper; Cady; Bauman, 2009). Dessa forma, a avaliação baseada exclusivamente na produção de leite pode superestimar o desempenho de animais que produzem grandes volumes, sem

considerar a qualidade nutricional e energética do produto, uma vez que a LCE aproxima a produção real da energia produzida (Peyraud; Delagarde, 2013).

Os valores de LCE apresentados nas Tabelas 3 e 4, de 45,01 kg para vacas da raça Holandesa e 37,09 kg para vacas da raça Jersey, estão de acordo com os resultados reportados por Peyraud e Delagarde (2013). De modo geral, produções de LCE entre 40 e 45 kg/dia são consideradas excelentes para vacas Holandesas, enquanto valores entre 30 e 35 kg/dia são frequentemente observados em rebanhos Jersey de alto desempenho produtivo.

Além disso, a diferença entre produção média de leite (49,79 kg/dia) e produção corrigida para gordura (45,01 kg/dia) encontradas para a raça Holandesa, pode ser atribuída ao teor de gordura do leite (3,32%), considerado moderado para a raça e compatível com rebanhos de alta produção. Em vacas de elevada produtividade, é comum ocorrer o efeito de diluição dos sólidos do leite, resultando em menores concentrações de gordura e proteína quando comparadas a animais de menor produção (Bauman; Griinari, 2003).

Em sistemas que utilizam diferentes raças leiteiras, a interpretação do LCE é particularmente relevante. Embora vacas Jersey normalmente produzam menor volume de leite, os maiores teores de gordura e proteína contribuem para elevar a produção de leite corrigida para energia. Consequentemente, a utilização desse indicador permite uma avaliação mais equilibrada do mérito produtivo entre raças com diferentes características genéticas, produtivas e metabólicas.

O número de visitas (Tabela 5) ao sistema de ordenha foi maior no fluxo livre (3,36 visitas/dia) em comparação ao fluxo guiado (3,21 visitas/dia), enquanto a produção de leite (41,37 x 39,85 kg/dia) e a produção por visita (12,71 x 13,02 kg/visita) não diferiram significativamente. Esses resultados indicam que, nas condições avaliadas, uma maior frequência de visitas ao robô não foi acompanhada por aumento da produção diária de leite. Em sistemas de ordenha robotizada, a frequência de visitas é influenciada pela interação entre o comportamento voluntário das vacas, as regras de permissão de ordenha e o desenho do fluxo de animais dentro da instalação. No fluxo livre, as vacas apresentam acesso voluntário ao robô e podem se deslocar livremente entre as áreas de alimentação, descanso e ordenha, enquanto sistemas guiados utilizam portões de seleção para direcionar o deslocamento dos animais (Rodenburg, 2017).

O maior número de visita observada no fluxo livre é compatível com resultados obtidos em condições comerciais. Em um estudo conduzido em 149 fazendas brasileiras com sistemas de ordenha robotizada, Busanello *et al.* (2026) observaram maior número de visitas nos sistemas de fluxo livre, próxima a três ordenhas por vaca/dia, em comparação aos sistemas de fluxo guiado. Entretanto, essa maior frequência não resultou em maior produção individual de leite, uma vez que a produção por vaca foi semelhante entre o sistema livre e os sistemas guiados. Os autores destacaram que os sistemas guiados permitiram trabalhar com maior número de vacas por unidade de ordenha, resultando em maior produção diária por robô, enquanto o sistema de fluxo livre apresentou maior frequência de ordenha, mas menor número de vacas atendidas por equipamento (Busanello *et al.*, 2026). Dessa forma, os resultados do presente estudo reforçam que a eficiência de um sistema de ordenha robotizada não deve ser avaliada exclusivamente pela frequência de visitas, mas deve considerar também a produção por visita, a capacidade do equipamento e o número de animais atendidos.

Embora a frequência de visitas tenha sido maior no fluxo livre, a produção de leite por visita não diferiu entre os sistemas. Esse resultado é relevante porque demonstra que a maior frequência de acesso ao robô não esteve associada a maior quantidade de leite obtida em cada ordenha. Rodenburg (2017) destaca que a escolha entre sistemas de fluxo livre e guiado envolve diferentes consequências para a utilização do robô, circulação dos animais, necessidade de busca de vacas e aproveitamento da capacidade do equipamento. O autor ressalta que sistemas de fluxo livre e guiado podem apresentar resultados produtivos semelhantes quando o manejo é adequado e o número de animais é compatível com a capacidade do sistema (Rodenburg, 2017). Portanto, os resultados obtidos sugerem que a diferença observada na frequência de visitas não foi suficiente para determinar alterações na produção individual de leite.

O nitrogênio ureico do leite (NUL) foi maior no fluxo guiado (15,16 mg/dL) em comparação ao fluxo livre (12,82 mg/dL). O NUL é utilizado como indicador relacionado ao metabolismo do nitrogênio e à utilização da proteína dietética, apresentando relação com a quantidade e o equilíbrio entre proteína bruta e carboidratos fermentescíveis da dieta (Zhao *et al.*, 2025). Em uma meta-análise envolvendo 48 estudos, Zhao *et al.* (2025) encontraram concentração média de NUL de 12,5 mg/dL e demonstraram que a concentração de NUL é influenciada

principalmente pelas características da dieta, especialmente pelos níveis de proteína bruta e carboidratos não fibrosos. Assim, embora o NUL tenha sido maior no fluxo guiado no presente estudo, essa diferença não deve ser atribuída diretamente ao tipo de fluxo, uma vez que fatores relacionados à dieta, consumo de matéria seca e metabolismo dos animais podem influenciar essa variável (Zhao *et al.*, 2025). Portanto, o resultado deve ser interpretado como uma diferença observada entre os sistemas avaliados, e não como evidência de que o fluxo guiado tenha provocado aumento do NUL.

O perfil de ácidos graxos apresentou diferenças mais específicas entre os sistemas. O fluxo livre apresentou maiores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados (0,95 x 0,86 g/100 g), ácido esteárico (0,38 x 0,33 g/100 g), ácido oleico (0,84 x 0,74 g/100 g) e ácidos graxos pré-formados (1,34 x 1,28 g/100 g), enquanto os ácidos graxos de novo, saturados, poli-insaturados e mistos não diferiram entre os sistemas. Os ácidos graxos do leite apresentam diferentes origens metabólicas, sendo os ácidos graxos de novo sintetizados na glândula mamária a partir de precursores provenientes da fermentação ruminal, enquanto os ácidos graxos pré-formados são derivados principalmente dos ácidos graxos absorvidos da dieta e da mobilização de reservas corporais (Benoit; dos Santos Neto; Lock, 2024). Nesse contexto, a ausência de diferença nos ácidos graxos *de novo*, associada à maior concentração de ácidos graxos pré-formados no fluxo livre, constitui um resultado relevante. Benoit, dos Santos Neto e Lock (2024) demonstraram que alterações na disponibilidade de substratos para síntese de novo e no fornecimento de ácidos graxos pré-formados modificam a síntese de gordura do leite e o perfil de ácidos graxos. Dessa maneira, a maior concentração de ácidos graxos pré-formados observada no fluxo livre pode estar relacionada a diferenças na disponibilidade de ácidos graxos dietéticos ou no metabolismo dos animais. Entretanto, considerando que o presente estudo foi conduzido em condições comerciais, sem controle experimental direto de todos os componentes da dieta e do metabolismo, essa interpretação deve ser considerada como uma possível explicação e não como efeito causal do sistema de fluxo (Benoit; dos Santos Neto; Lock, 2024).

O incremento na LCE em vacas das raças Holandesa e Jersey durante o período noturno (Tabelas 6 e 7) é explicado por fatores fisiológicos, em que essa resposta decorre da interrelação entre variáveis bioclimáticas, aportes nutricionais e o ritmo circadiano (Gilbert; Hargrove; Kroger, 1973).

A análise dos dados evidencia diferenças consistentes no consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca esperado (CMS_{esp}) e eficiência alimentar (EA) entre as raças Holandesa e Jersey (Tabelas 3 e 4), bem como entre categorias de ordem de parto (7, 8, 9 e 10). O maior consumo de MS esperado das vacas da raça Holandesa (25,44 kg/vaca/dia) em comparação às vacas Jersey (18,71 kg/vaca/dia) está associado ao maior peso corporal e maior exigência de manutenção das vacas Holandesas, característica típica de animais de maior porte. Estudos comparativos entre as raças demonstram que vacas Holandesas apresentam maior ingestão absoluta de matéria seca, enquanto vacas Jersey consomem menos em termos absolutos, porém com diferenças reduzidas quando expressas em relação ao peso metabólico (Olijhoek *et al.*, 2022).

Apesar do maior consumo observado nas vacas Holandesas, os dados indicam maior eficiência alimentar das vacas Jersey (1,96 kg leite/kg MS) comparado às Holandesas (1,75 kg/kg). Esse resultado está de acordo com evidências de que a EA pode ser semelhante ou superior em vacas Jersey, especialmente quando expressa em leite corrigido por energia ou sólidos, em função da maior concentração de gordura e proteína no leite. Dessa forma, mesmo com menor ingestão absoluta, vacas Jersey apresentam melhor retorno produtivo por unidade de alimento ingerido (Rios *et al.*, 2018).

Quanto à ordem de parto, a maior EA das múltiparas, tanto da raça Holandesa quanto Jersey, pode ser explicada pela maior capacidade de ingestão e maior desenvolvimento anatômico e funcional do trato digestivo em vacas múltiparas, resultando em melhor aproveitamento da dieta. Estudos demonstram que vacas múltiparas apresentam maior produção de leite e melhor eficiência de utilização da energia ao longo da lactação (Ormston *et al.*, 2025).

Em contrapartida, vacas primíparas ainda se encontram em fase de crescimento, o que resulta na partição de nutrientes entre manutenção, crescimento corporal e produção de leite, reduzindo a eficiência produtiva. Além disso, aspectos comportamentais também influenciam essas diferenças, uma vez que vacas primíparas podem apresentar menor consumo efetivo devido à competição social e ao comportamento ingestivo distinto (Bach *et al.*, 2006).

Outro aspecto relevante evidenciado nos dados é a variação do CMS esperado e da EA ao longo do dia. Observa-se que há flutuação entre manhã, tarde e noite, tanto em vacas primíparas quanto múltiparas. Embora os dados de consumo

tenham sido estimados, verifica-se que as variações podem estar associadas ao manejo alimentar, frequência de ordenhas e dinâmica de acesso ao alimento, fatores que influenciam diretamente o comportamento ingestivo. Além disso, o conforto térmico exerce papel determinante sobre o consumo de matéria seca. Em condições de temperaturas elevadas, há redução no CMS e alterações na eficiência produtiva, especialmente em vacas de alta produção (McClearn *et al.*, 2022).

No presente trabalho, os animais foram avaliados durante o inverno, portanto, de modo geral, não houve impacto do estresse térmico sobre o desempenho produtivo e a composição do leite. Entretanto, as temperaturas ambientais máximas registradas durante as coletas de leite da raça Jersey (Tabela 4) ultrapassaram o limite máximo, indicando possível condição de desconforto térmico, mesmo durante a estação do inverno.

Os resultados deste trabalho reforçam o maior consumo de vacas Holandesas em termos absolutos, enquanto as vacas Jersey apresentam maior eficiência alimentar. Adicionalmente, vacas múltiparas demonstram melhor desempenho produtivo e maior eficiência de utilização dos nutrientes em relação às primíparas. Por fim, a variação ao longo do dia reforça a importância do manejo alimentar e das condições ambientais na modulação do consumo e da eficiência produtiva em sistemas leiteiros (Tabelas 6 e 7).

Em relação à diferença de temperatura corporal entre as raças, vacas da raça Holandesa, reconhecidas mundialmente pelo alto potencial produtivo, geralmente possuem maior produção metabólica de calor, tornando-se mais suscetíveis ao estresse térmico. Entretanto, a temperatura corporal não é homogênea em todo o organismo, variando conforme a região anatômica avaliada devido às diferenças na atividade metabólica e vascularização dos tecidos, o que pode explicar as diferenças observadas entre as temperaturas frontal e lateral (Tabelas 3 e 4) encontradas nas duas raças (Martello *et al.*, 2004). Além disso, fatores ambientais como temperatura do ar, umidade relativa e radiação solar exercem influência direta sobre a termorregulação dos bovinos leiteiros.

As diferenças observadas entre Holandesas e Jersey quanto à temperatura corporal também podem ser atribuídas às características morfológicas de cada raça. Animais da raça Jersey possuem menor porte corporal (Tabela 3) e maior relação superfície, favorecendo a dissipação de calor para o ambiente. Dessa maneira, embora tenham apresentado maiores temperaturas superficiais nas regiões frontal e

lateral, isso pode indicar maior eficiência na perda de calor corporal através da pele. Já vacas Holandesas, por possuírem maior massa corporal (Tabela 2), apresentam menor área relativa de troca térmica, dificultando a dissipação de calor. Além disso, estudos sugerem que a capacidade de manutenção da temperatura corporal possui componente hereditário, indicando potencial para seleção genética de animais mais termotolerantes (Carvalho, 2015).

A maior concentração de nutrientes do leite da raça Jersey em relação à Holandesa pode estar relacionada às particularidades fisiológicas e digestivas da raça Jersey. De acordo com Almeida *et al.* (2026) vacas Jersey passam mais tempo mastigando e ruminando, além de apresentarem maior taxa de passagem pelo trato gastrointestinal quando comparadas às Holandesas. Estes fatores podem influenciar diretamente o consumo de matéria seca, a eficiência alimentar e o aproveitamento de nutrientes.

Em relação à concentração de AG no leite, Almeida *et al.* (2026) afirmaram que há diferenças raciais no metabolismo lipídico do leite. Os AG de cadeia curta e média presentes na gordura do leite são sintetizados na glândula mamária, por meio da síntese *de novo*, a partir de precursores ruminais, como acetato e butirato. Isso pode explicar a maior concentração dos AG na raça Jersey. As menores concentrações de AG da síntese *de novo* na raça Holandesa podem indicar problemas de manejo nutricional. Segundo Grille *et al.* (2023), os ácidos graxos *de novo* estão associados a maiores concentrações de gordura e proteína no leite, além de refletirem melhores condições de manejo alimentar, como maior frequência de alimentação, maior disponibilidade do espaço de cocho, menor lotação animal e maior inclusão de fibra fisicamente efetiva na dieta.

Em um contexto geral, o maior número de visitas noturnas das vacas Holandesas ao robô não resultou em maior produção de leite por visita neste período (Tabela 6 e 8). Isso sugere que as vacas visitam o robô em intervalos mais curtos, reduzindo o acúmulo de leite no úbere entre ordenhas e afirmando ainda mais que a frequência de ordenha e o intervalo entre visitas em ordenhas robotizadas afetam diretamente o volume obtido por ordenha (Franco *et al.*, 2014). Além disso, a maior produção de leite no período da manhã (Tabela 6 e 8) corrobora com o estudo de Teng *et al.* (2021), em que as diferenças entre o leite obtido nas ordenhas matinais e vespertinas podem ocorrer em função da distribuição do consumo alimentar ao longo do dia. Vacas que concentram maior ingestão de alimento entre a ordenha da manhã

e da tarde tendem a apresentar leite vespertino com maior concentração de ácidos graxos insaturados, especialmente os de cadeia longa, em comparação ao leite da manhã.

Estudos comprovam que em sistemas de ordenha automatizada, as vacas têm a capacidade de determinar voluntariamente seus horários de ordenha, desenvolver rotinas de visita aos robôs e apresentar preferências por determinadas estações de ordenha ou padrões de utilização do sistema. A expressão desses comportamentos pode variar entre os indivíduos, sendo modulada pelas condições ambientais às quais os animais estão expostos e por fatores genéticos inerentes a cada animal (Pedrosa *et al.*, 2025). A questão comportamental explica o maior número de visitas de primíparas da raça holandesa, no período da noite (Tabela 8).

Variações do número de ordenhas e da produção e composição do leite por ordenha em função do período de coleta do leite podem ser explicados pela dinâmica de funcionamento dos sistemas de ordenha robotizada, nos quais as vacas apresentam intervalos de ordenha variáveis ao longo do dia. Larsen *et al.* (2012), relataram que a composição do leite está diretamente relacionada tanto ao volume de leite produzido quanto ao intervalo entre ordenhas consecutivas.

Adicionalmente, os maiores teores lipídicos observados no período da tarde (Tabelas 6, 8, 10 e 11) podem ser explicados pela interação entre padrão de consumo alimentar, fermentação ruminal e regulação circadiana do metabolismo dos lipídios na glândula mamária. Teng *et al.* (2021) demonstraram que os níveis de AG no leite são influenciados pela produção de AGV no rúmen, os quais apresentam relação direta com a atividade da microbiota ruminal e intestinal.

Outro aspecto importante envolve o metabolismo lipídico da glândula mamária, uma vez que os ácidos graxos *de novo* são fortemente influenciados pela fermentação ruminal e pela disponibilidade de precursores metabólicos ao longo do dia. Em sistemas de ordenha robotizada, as variações individuais de comportamento alimentar, tempo de descanso e frequência de ordenha podem potencializar diferenças diurnas na composição do leite. Drackley; Beaulieu e Elliott (2001) indicam que vacas com acesso contínuo à alimentação apresentam menor variação na composição dos ácidos graxos.

O perfil de ácidos graxos do leite bovino é influenciado por fatores nutricionais e genéticos. A alimentação, especialmente a suplementação lipídica, pode modificar a composição da gordura do leite ao alterar o metabolismo dos microrganismos

ruminais e a disponibilidade de ácidos graxos para absorção (Bastin *et al.*, 2013). Entretanto, a composição de ácidos graxos observada no leite não reflete diretamente aquela presente na dieta, uma vez que processos metabólicos ruminais e mamários desempenham papel fundamental na sua síntese e modificação. Além disso, existe variabilidade genética para diversos ácidos graxos, tanto entre raças quanto dentro das raças bovinas (Bastin *et al.*, 2013). Sendo assim, as diferenças verificadas nas concentrações dos AG do leite para vacas primíparas em relação às múltiparas podem ser explicadas pelo metabolismo destes animais.

No presente estudo, o tempo de ordenha das vacas Holandesas (Tabela 6) apresentou diferença entre os períodos do dia, sendo maior no período da manhã (7,63 minutos), enquanto o fluxo de leite não apresentou diferença entre os períodos. Esse comportamento pode estar relacionado não somente ao horário da ordenha, mas também ao intervalo entre ordenhas e à quantidade de leite acumulada na glândula mamária. Em sistemas de ordenha robotizada, maiores intervalos entre ordenhas tendem a resultar em maior quantidade de leite disponível no momento da ordenha, influenciando a duração do processo. Em estudo realizado em sistema de ordenha robotizada, Penry *et al.* (2017) demonstraram associação entre o intervalo entre ordenhas e a taxa de produção de leite, destacando que o intervalo anterior à ordenha é um importante determinante da quantidade de leite disponível e das características da ordenha.

A maior duração da ordenha no período da manhã também encontra respaldo em estudos que avaliaram o efeito do horário sobre as características do fluxo de leite. Tancin *et al.* (2006), analisando mais de 75.000 curvas de fluxo de leite em vacas leiteiras, observaram que o período da manhã apresentou maior produção de leite, maior tempo de ordenha, maior fluxo máximo e maior fluxo médio quando comparado à ordenha realizada no período da tarde. Os autores atribuíram essas diferenças principalmente às alterações na quantidade de leite presente no úbere e às características da ejeção do leite entre os horários de ordenha (Tancin *et al.*, 2006).

Quando as vacas Holandesas foram avaliadas de acordo com a ordem de lactação, não foram observadas diferenças entre primíparas (Tabela 8), enquanto nas múltiparas (Tabela 9) o tempo de ordenha foi maior pela manhã e menor à noite. O fluxo de leite, por sua vez, não apresentou diferença entre os períodos para nenhuma das categorias. A ausência de diferenças entre os períodos para as vacas primíparas Holandesas pode estar relacionada à maior variabilidade individual e ao processo de

adaptação à ordenha, enquanto nas multíparas o padrão observado pode refletir maior estabilidade do comportamento de ordenha e das características de ejeção do leite. Entretanto, essa interpretação deve ser considerada como hipótese, uma vez que o presente estudo não avaliou diretamente o processo de adaptação das vacas ao sistema. Muñoz-Boettcher *et al.* (2025) observaram que diferenças entre primíparas e multíparas nas características de ordenha tendem a diminuir ao longo da lactação, o que foi associado ao processo de habituação das primíparas ao manejo da ordenha automatizada (Muñoz-Boettcher *et al.*, 2025).

A ausência de diferença no fluxo de leite entre os períodos, tanto para Holandesas quanto para Jersey, é um resultado importante, pois demonstra que a maior duração de ordenha observada em determinados períodos não necessariamente decorre de menor velocidade de fluxo. O fluxo médio é influenciado por características individuais da vaca, estágio de lactação, ordem de lactação, preparação pré-ordenha, intervalo entre ordenhas e configurações do equipamento. Sandrucci *et al.* (2007), avaliando 2.486 curvas de fluxo de leite provenientes de 82 rebanhos comerciais, demonstraram que o fluxo e o tempo de ordenha são influenciados por número de lactações, dias em lactação, fluxo máximo e, especialmente, pelas condições de preparação pré-ordenha. Os autores verificaram que uma preparação adequada da glândula mamária esteve associada a maior produção por ordenha e menor tempo de ordenha (Sandrucci *et al.*, 2007).

A correlação negativa observada entre EA e CCS nas vacas Holandesas (Figura 3) sugere que animais com maiores níveis de CCS tendem a apresentar menor eficiência na conversão dos nutrientes consumidos em leite. Embora a magnitude da correlação tenha sido baixa, esse resultado possui fundamentação biológica consistente, uma vez que a CCS é amplamente utilizada como indicador indireto da saúde da glândula mamária e da ocorrência de mastite subclínica (Hortet; Seegers, 1998).

Quando ocorre um processo inflamatório na glândula mamária, parte significativa dos nutrientes e da energia ingerida deixa de ser direcionada para a síntese de leite e passa a ser utilizada na ativação e manutenção da resposta imune. Esse redirecionamento de nutrientes aumenta as exigências de manutenção do organismo e reduz a eficiência de utilização da energia metabolizável para produção de leite. Consequentemente, vacas com maiores contagens de células somáticas tendem a apresentar menor eficiência alimentar (Huhtanen; Bayat, 2024).

A correlação negativa observada entre eficiência alimentar e peso corporal (-0,36), na Figura 4, indica que dentro do grupo de vacas Jersey, animais mais pesados tenderam a apresentar menor eficiência alimentar. Entretanto, em comparação com animais da raça Holandesa, que apresentam peso corporal maior, a EA foi maior do que para a raça Jersey. Esse resultado não implica necessariamente que animais mais leves sejam mais eficientes ou que o aumento do peso corporal cause redução da eficiência alimentar. A eficiência em vacas leiteiras é uma característica complexa, influenciada simultaneamente pela produção de leite, consumo de matéria seca, estágio de lactação, composição corporal e exigências energéticas de manutenção (Fischer *et al.*, 2020).

As correlações mais fracas entre o NUL e a concentração de AG no leite observadas na raça Jersey em relação à Holandesa ocorre devido às diferenças fisiológicas, uma vez que a raça Jersey, de modo geral, possui maior eficiência metabólica e um perfil de gordura do leite distinto da holandesa. Em sistemas robotizados, estas diferenças tornam-se mais evidentes. A raça Holandesa é altamente responsiva ao concentrado no robô. O aumento do consumo de concentrado eleva o consumo total de matéria seca e o aporte energético da dieta, favorecendo a produção de leite (Fischer *et al.*, 2020).

A observação de que a associação entre NUL e a concentração de ácidos graxos é menos intensa em vacas Jersey (Figura 4) quando comparadas às Holandesas pode ser atribuída às particularidades fisiológicas e metabólicas características dessa raça. As diferenças na capacidade digestiva, no metabolismo dos nutrientes e na composição do leite fazem com que as vacas Jersey respondam de maneira distinta às variações nutricionais impostas pelos sistemas de ordenha robotizada (Wohlt *et al.*, 2019).

Um dos principais fatores que contribuem para esse comportamento é a maior estabilidade da síntese *de novo* de ácidos graxos na glândula mamária das vacas Jersey. Em vacas Holandesas, a produção de ácidos graxos de cadeia curta e média é altamente dependente da disponibilidade de substratos provenientes da fermentação ruminal, tornando-se mais sensível às variações no fornecimento de concentrado. Dessa forma, aumento no consumo de carboidratos fermentáveis tendem a promover respostas mais evidentes na composição da gordura do leite (Wohlt *et al.*, 2019).

Por outro lado, as vacas Jersey apresentam, por características genéticas inerentes à raça, maior capacidade de síntese e secreção de gordura, produzindo naturalmente um leite com concentrações mais elevadas de ácidos graxos de cadeia curta e média. Como essa característica se mantém relativamente constante mesmo diante de pequenas alterações na ingestão de concentrado, a concentração de gordura do leite tende a apresentar menor variabilidade. Consequentemente, as oscilações observadas nos níveis de NUL não são acompanhadas por mudanças proporcionais na composição lipídica do leite, resultando em correlações mais fracas entre essas variáveis quando comparadas às observadas na raça Holandesa (Wohlt *et al.*, 2019).

Nas vacas Holandesas, as concentrações de NUL e de ácidos graxos variam de forma mais sincronizada, refletindo diretamente as alterações no manejo alimentar e no fornecimento de concentrado pelo sistema de ordenha robotizada. Em contrapartida, nas vacas Jersey, a maior eficiência na utilização dos nutrientes e a elevada capacidade genética para síntese de gordura contribuem para uma produção mais estável de ácidos graxos no leite.

Em sistemas de ordenha automatizada, a associação positiva entre a concentração de proteína e de ácidos graxos no leite (Figura 4) pode ser interpretada como um indicativo de elevada eficiência metabólica, adequado suprimento nutricional e condições favoráveis de fermentação ruminal. Nesse contexto, o aumento de um desses componentes tende a ser acompanhado pelo incremento do outro, refletindo uma utilização mais eficiente dos nutrientes disponíveis para a síntese dos constituintes do leite (Stoop *et al.*, 2008). Essa relação positiva observada em sistemas robotizados pode ser atribuída à interação de diferentes fatores fisiológicos e nutricionais, destacando-se o balanço energético positivo, a maior produção de proteína microbiana no rúmen e o padrão de visitação voluntária dos animais ao robô de ordenha. Em conjunto, esses fatores contribuem para otimizar o aproveitamento dos nutrientes e favorecer a síntese simultânea de gordura e proteína (Stoop *et al.*, 2008).

Embora os mecanismos biológicos que relacionam a concentração de proteína e de ácidos graxos no leite sejam semelhantes entre as categorias animais, a intensidade e a consistência dessa associação podem diferir consideravelmente entre vacas primíparas e multíparas (figuras 5 e 6). Em sistemas de ordenha robotizada, as primíparas apresentam particularidades fisiológicas, comportamentais

e metabólicas que tendem a tornar essa relação menos evidente quando comparada às vacas multíparas (Stoop *et al.*, 2008). Uma das principais razões para essas diferenças está relacionada à forma como os nutrientes são distribuídos pelo organismo. As vacas primíparas ainda não completaram seu desenvolvimento corporal e, portanto, necessitam direcionar parte dos nutrientes absorvidos para processos de crescimento e deposição de tecidos corporais. Dessa forma, uma fração dos aminoácidos provenientes da proteína microbiana e da proteína metabolizável é utilizada para o desenvolvimento muscular e esquelético, reduzindo a quantidade disponível para a síntese de proteína na glândula mamária (Stoop *et al.*, 2008).

Outro ponto relevante é a correlação entre eficiência alimentar e variáveis de composição do leite, como proteína e sólidos totais em primíparas e multíparas de ambas as raças (Figuras 5 e 6). Isso indica que animais mais eficientes não apenas produzem mais leite por unidade de matéria seca consumida, mas também apresentam leite com maior valor nutricional. Esse resultado reforça a importância da eficiência alimentar não apenas sob perspectiva quantitativa, mas também qualitativa, influenciando diretamente a rentabilidade do sistema produtivo (Greenland *et al.*, 2023).

Entretanto, algumas variáveis, como CCS, apresentam correlações mais modestas. A CCS reflete os aspectos sanitários da glândula mamária, sendo menos dependente da ingestão de nutrientes, embora aumentos persistentes possam afetar negativamente a produção e a composição do leite ao longo do tempo.

Observando a ordem de parto em ambas as raças, quanto maior o peso corporal dos animais, menor a concentração de ácidos graxos da síntese *de novo*. As figuras 5 e 6, apresentam a correlação negativa entre o peso corporal e ácidos graxos da síntese *de novo*. De acordo com Woolford *et al.* (2016) vacas com maior peso corporal frequentemente apresentam maior condição corporal e maiores reservas adiposas. Nessas situações, ocorre maior mobilização e circulação de ácidos graxos pré-formados provenientes do tecido adiposo, os quais são incorporados diretamente à gordura do leite. Como consequência, há redução proporcional da participação dos ácidos graxos sintetizados de novo na glândula mamária. O que explica o resultado encontrado tanto para primíparas quanto para multíparas de ambas as raças avaliadas.

A composição do leite pode sofrer alterações ao longo do dia devido a vários fatores, portanto, é fundamental definir um intervalo de amostragem do leite que seja

o mais representativo da composição média em nutrientes ao longo das 24 horas. De acordo com os resultados do presente trabalho (Figura 8), o período de coleta que mais representa a composição do leite de vacas em sistema robotizado foi o da tarde, entre 13:00 e 20:59h. Apesar das altas correlações das variáveis de composição do leite nos períodos da manhã e da noite, verificou-se que o período da tarde foi o mais indicado para a amostragem do leite.

De forma integrada, os resultados demonstram que existe forte associação entre consumo, produção e eficiência alimentar, com elevada consistência ao longo do dia. No entanto, a composição do leite apresenta maior variabilidade temporal, refletindo a influência de fatores metabólicos, ruminais e de manejo. Esses achados reforçam a importância da sincronização entre oferta de dieta, comportamento ingestivo e manejo produtivo para maximizar a eficiência e a qualidade do leite em sistemas automatizados.

2.5 CONCLUSÕES

Em sistemas de ordenha robotizada, as vacas apresentam variações na composição do leite em função do seu fluxo de movimentação. Tais variações também foram influenciadas pela raça e pela ordem de parto. A raça Holandesa apresentou maior produção de leite por visita no período da manhã e maior frequência de visitas durante a noite, em relação à raça Jersey. Em ambas as raças, os maiores teores de AG insaturados foram observados predominantemente no período da tarde, sugerindo influência do ritmo circadiano e da dinâmica alimentar sobre o metabolismo lipídico da glândula mamária. A ordem de parto modificou a resposta dos animais às variações ao longo do dia, sendo que vacas primíparas apresentaram maior sensibilidade às alterações no perfil de ácidos graxos quando comparadas às multíparas. O melhor horário de amostragem do leite mais representativo de sua composição foi no período da tarde, seguido pelo período da manhã. De modo geral, no período da noite, a partir das 21:00hs, ocorrem oscilações na movimentação dos animais que impactam sobre o seu comportamento e a composição do leite.

REFERÊNCIAS

- ALI, A. K. A.; SHOOK, G. E. An optimum transformation for somatic cell concentration in milk. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. 3, p. 487–490, 1980.
- ALMEIDA, K. V.; SACRAMENTO, J. P.; REYES, D. C. *et al.* A meta-analysis and meta-regression to compare the production performance, feed efficiency, and milk N efficiency in Jersey versus Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, 2026.
- AOAC International. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 22nd Edition. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International, 2023.
- ARMSTRONG, D. V. Heat stress interaction with shade and cooling. **Journal of Dairy Science**, v. 77, n. 7, p. 2044-2050, 1994.
- ARZOLA-ÁLVAREZ, C. *et al.* Particle size distribution and chemical composition of total mixed rations for dairy cattle: water addition and feed sampling effects. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 93, n. 9, p. 4180–4188, 2010.
- BACH, A. *et al.* Performance and feeding behavior of primiparous dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 1, p. 337–342, 2006.
- BACH, A.; CABRERA, V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 9, p. 7720-7728, 2017.
- BACH, A.; TERRÉ, M.; DEVANT, M. Association of total mixed ration particle fractions retained on the Penn State Particle Separator with milk, fat, and protein yield lactation curves at the cow level. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 5, p. 2892–2901, 2014.
- BARRETA, D. A. Tamanho médio de partícula da dieta: determinação, interpretação e efeitos para vacas leiteiras. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 18, p. 1-9, 2020.
- BASTIN, C.; SOYEURT, H.; GENGLER, N. Genetic parameters of milk production traits and fatty acid contents in milk for Holstein cows in parity 1–3. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.130, p.118–127, 2013.
- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, v. 23, p. 203–227, 2003.
- BENOIT, A. C.; DOS SANTOS NETO, J. M.; LOCK, A. L. Mammary gland responses to altering the supply of de novo fatty acid substrates and preformed fatty acids on the yields of milk components and milk fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 12, p. 10653-10666, 2024.

BUSANELLO, M.; LINDORFER, M. S.; TOLOI, A. G.; ZOPOLLATTO, M. Comparative analysis of free and smart-gated cow traffic designs in Brazilian automated milking system dairy farms. **Dairy**, v. 7, n. 3, art. 45, 2026.

CACCAMO, M. *et al.* Association of total mixed ration particle fractions retained on the Penn State Particle Separator with milk, fat, and protein yield lactation curves at the cow level. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 97, n. 4, p. 2502-2511, 2014.

CAPPER, J. L.; CADY, R. A.; BAUMAN, D. E. The environmental impact of dairy production: 1944 compared with 2007. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 6, p. 2160–2167, 2009.

CÓRDOVA, H. A.; CARDOZO, L. L.; ALESSIO, D. R. M.; THALER NETO, A. Comportamento de vacas da raça Holandesa em ordenha robotizada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 1, p. 263-272, 2020.

CROCCO, L. *et al.*, Milk yield and quality of dairy cows transitioning from milking parlour to automatic milking system. **Italian Journal of Animal Science**, v. 24, n. 1, p. 1167–1181, 2025.

DIKMEN, S.; COLE, J. B.; NULL, D. J.; HANSEN, P. J. Heritability of rectal temperature and genetic correlations with production and reproduction traits in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3401–3405, 2012. Disponível em: Herdabilidade da temperatura retal e correlações genéticas com características de produção e reprodução em gado leiteiro - ScienceDirect. Acesso em: 12 fev.2026.

FERRARETTO, L. F.; *et al.* Particle size, digestibility, and milk yield responses to corn silage processing and diet formulation. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 485-498, 2014.

FIRKINS, J. L.; WHITE, R. R.; HALL, M. B. Modeling the rumen: Predicting nutrient use efficiency and milk composition. **Journal of Dairy Science**, v. 103, n. 2, p. 1119-1134, 2020.

FISCHER, A.; DELAGARDE, R.; FAVERDIN, P.; FRIGGENS, N. C. Between-cow variation in the components of feed efficiency. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 103, n. 9, p. 7969-7984, 2020.

FOX, D. G. *et al.* The Cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal Feed Science and Technology**, v. 112, p. 29-78, 2004.

FRANCO, A.; LOPES, M. A. Uso da robótica na ordenha de vacas leiteiras: uma revisão. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, Calgary, v. 22, n. 3-4, p. 101–107, 2014.

GILBERT, G. R.; HARGROVE, G. L.; KROGER, M. Diurnal variations in milk yield, fat yield, milk fat percentage, and milk protein percentage of Holstein-Friesian cows. **Journal of Dairy Science**, v. 56, n. 3, p. 409-410, 1973.

GOLDSMITH, K. **What shapes feed efficiency in dairy cows? Dairy extension – University of Wisconsin- Madison**, 16 jan. 2026. Disponível em: <https://dairy.extension.wisc.edu/articles/what-shapes-feed-efficiency-in-dairy-cows/>. Acesso: 28 maio de 2026.

GRAFF, M.; TOTH, V.; MIKO, E. Comparison of milking systems based on milk quality and milk quantity. **Scientific Papers: Animal Science and Biotechnologies**, Timișoara, v. 57, n. 1, p. 226–231, 2024.

GREENLAND, M. S. *et al.* Dry matter intake and feed efficiency of dairy breeds grazing pasture systems. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 6, p. 3918–3931, 2023.

GRILLE, L. *et al.* Different Conditions during Confinement in Pasture Based Systems and Feeding Systems Affect the Fatty Acid Profile in the Milk and Cheese of Holstein Dairy Cows. **Animals**, v. 13, p. 1426, 2023.

GURGEL, A. L. C. *et al.* Mathematical Models to Predict Dry Matter Intake and Milk Production by Dairy Cows Managed under Tropical Conditions. **Agriculture**, 2023.

HAUSER, A. F. *et al.* Efeito do estresse calórico e da insolação sobre consumo e produção em vacas leiteiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, n. 4, 2023.

HORTET, P.; SEEGER, H. Calculated milk production losses associated with elevated somatic cell counts in dairy cows: review and critical discussion. **Veterinary Research**, v. 29, n. 6, p. 497-510, 1998.

HUHTANEN, P.; BAYAT, A. Milk somatic cell count affects feed efficiency through increased heat production of lactating dairy cows. **Livestock Science**, v. 284, p. 105479, 2024.

JACOBS, J. A.; SIEGFORD, J. M. Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 5, p. 2227–2247, 2012. Disponível em: Revisão por convite: O impacto dos sistemas automáticos de ordenha no manejo, comportamento, saúde e bem-estar das vacas leiteiras - ScienceDirect. Acesso em: 12 fev. de 2026.

KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; BUCKMASTER, D. R. Modification of the Penn State Forage and Total Mixed Ration Particle Separator and the effects of moisture content on its measurements. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1858-1863, 2003.

KORVER, S. Genetic aspects of feed intake and feed efficiency in dairy cattle: a review. **Livestock Production Science**, v. 20, n. 1, p. 1–13, 1988. DOI: 10.1016/0301-6226(88)90049-8. Disponível em: Aspectos genéticos da ingestão e eficiência alimentar em gado leiteiro: uma revisão. - Portal de Pesquisa - Universidade e Pesquisa de Wageningen. Acesso em: 12 fev. 2026.

LARSEN, M. K.; WEISBJERG, M. R.; KRISTENSEN, C. B.; MORTENSEN, G. Short communication: Within-day variation in fatty acid composition of milk from cows in an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 10, p. 5608–5611, 2012.

MARTELLO, L. S.; SAVASTANO J. H; SILVA, S. L.; TITTO, E. A. L. Respostas fisiológicas e produtivas de vacas holandesas em lactação submetidas a diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 181-191, 2004.

MATSON, R. D. et al. Farm-level nutritional factors associated with milk production and milking behavior on Canadian farms with automated milking systems. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 107, n. 7, p. 4409-4425, 2024.

MCCLEARN, B. *et al.* Dry matter intake and production efficiencies of dairy cows differing in genotype and parity. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 1, p. 242–254, 2022.

MUÑOZ-BOETTCHER, P.; VELEZ, J.; RODRIGUEZ, N.; KLAAS, I. C.; PINEDO, P. Milking behavior and performance of primiparous and multiparous Holstein, Jersey, and Holstein × Jersey crossbred cows in a batch milking system with automatic milking units. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 4, p. 4248-4262, 2025.

NASEM. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. **Washington DC: The National Academies Press**. 2021.

OLIJHOEK, D. W. *et al.* Feeding high concentrate diets to Holstein and Jersey dairy cows: effects on intake and production. **Journal of Dairy Science**, v. 105, n. 12, 2022.

ORMSTON. S. *et al.* **Efficiency of feed and energy use in primiparous and multiparous dairy cows fed contrasting dietary protein concentrations across lactation**, *animal*, v.19, Issue 3,2025,101426, ISSN 1751-7311. Disponível em: Eficiência do uso de ração e energia em vacas leiteiras primíparas e múltíparas alimentadas com concentrações contrastantes de proteínas dietéticas ao longo da lactação - ScienceDirect. Acesso em: 12 fev. 2026.

OUELLET, V.; TOLEDO, I. M.; DADO-SENN, B.; DAHL, G. E.; LAPORTA, J. Critical Temperature-Humidity Index Thresholds for Dry Cows in a Subtropical Climate. **Frontiers in Animal Science**, v. 2, art. 706636, 2021.

PEDROSA, J. M. *et al.* Investigating the genetic background of novel behavioral indicators of robotic milking efficiency in North American Holstein cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 108, n. 7, p. 7262–7277, 2025.

PENRY, J. F.; CRUMP, P. M.; HERNANDEZ, L. L.; REINEMANN, D. J. Association of milking interval and milk production rate in an automatic milking system. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7420-7428, 2017.

PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Managing variations in dairy cow nutrient supply under grazing. **Animal**, Cambridge, v. 7, supl. 1, p. 57–67, 2013.

POLSKY, L.; VON KEYSERLINGK, M. A. G. Invited review: Effects of heat stress on dairy cattle welfare. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 11, p. 8645–8657, 2017. Disponível em: Revisão por convite: Efeitos do estresse térmico no bem-estar do gado leiteiro - ScienceDirect. Acesso em: 12 Fev.2026.

R CORE TEAM. R: **a language and environment for statistical computing**. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2025. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 14 jun. 2026.

RIOS, C. *et al.* Feed efficiency of Holstein and Jersey dairy cows in the tropics. **Journal of Animal Science**, v. 96, supl. 3, 2018.

RODENBURG, Jack. Robotic milking: Technology, farm design, and effects on workflow. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 9, p. 7729-7738, Sept. 2017.

SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A.; BAVA, L.; ZUCALI, M. Factors affecting milk flow traits in dairy cows: results of a field study. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 3, p. 1159-1167, 2007.

STOOP, W. M.; BOVENHUIS, H.; HECK, J. M. L.; VAN ARENDONK, J. A. M. Milk fatty acids. I. Variation in the concentration of individual fatty acids in bovine milk. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 5, p. 2135–2143, 2008.

TANCIN, V.; IPEMA, A. H.; HOGWERF, P. H.; MACUHOVÁ, J. Sources of variation in milk flow characteristics at udder and quarter levels. **Journal of Dairy Science**, v. 89, n. 3, p. 978-988, 2006.

TENG, Z. W. *et al.* Effects of the circadian rhythm on milk composition in dairy cows: Does day milk differ from night milk? **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 7, p. 8301–8313, 2021.

THORUP, V. M. *et al.* The relationship between feed efficiency and behaviour differs between lactating Holstein and Jersey cows. **Journal of Dairy Research**, v. 90, n. 3, 2023.

WEI, T.; SIMKO, V. corrplot: **Visualization of a Correlation Matrix**. R package version 0.95, 2024. Disponível em: <https://github.com/taiyun/corrplot>.

WHITE, R. R.; HALL, M. B.; FIRKINS, J. L.; KONONOFF, P. J. Physically adjusted neutral detergent fiber system for lactating dairy cow rations. I: Deriving equations that identify factors that influence effectiveness of fiber. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 100, n. 12, p. 9551-9568, dez. 2017.

WOHLT, J. E.; LEHMAN, H. A.; JONES C. M.; HEINRICHS, J. H. Management practices, DHI milk urea nitrogen and de novo fatty acid composition of milk from comercial dairy herds. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 8, p. 7619-7632, 2019.

WOOLFORD, M. W.; ARIOLA, K. G.; HARVATINE, K. J. Milk fat depression and the biology of de novo fatty acid synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 99, n. 12, p. 9987-9998, 2016.

WOOLPERT, M. E.; DANN, H. M.; COTANCH, K. W.; MELILLI, C.; CHASE, L. E.; GRANT, R. J.; BARBANO, D. M. Management, nutrition, and lactation performance are related to bulk tank milk de novo fatty acid concentration on northeastern US dairy farms. **Journal of Dairy Science**, v. 99, p. 8486-8497, 2016.

XIAOWEI, Z.; ZHENG, N. ZHANG, Y.; WANG, J. The role of milk urea nitrogen in nutritional assessment and its relationship with phenotype of dairy cows: A review. **Animal Nutrition**, v.20, p.33-41, 2025.

ZHAO, X.; ZANG, C.; ZHAO, S.; ZHENG, N.; ZHANG, Y.; WANG, J. Assessing milk urea nitrogen as an indicator of protein nutrition and nitrogen utilization efficiency: a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 108, n. 5, p. 4851-4862, 2025.