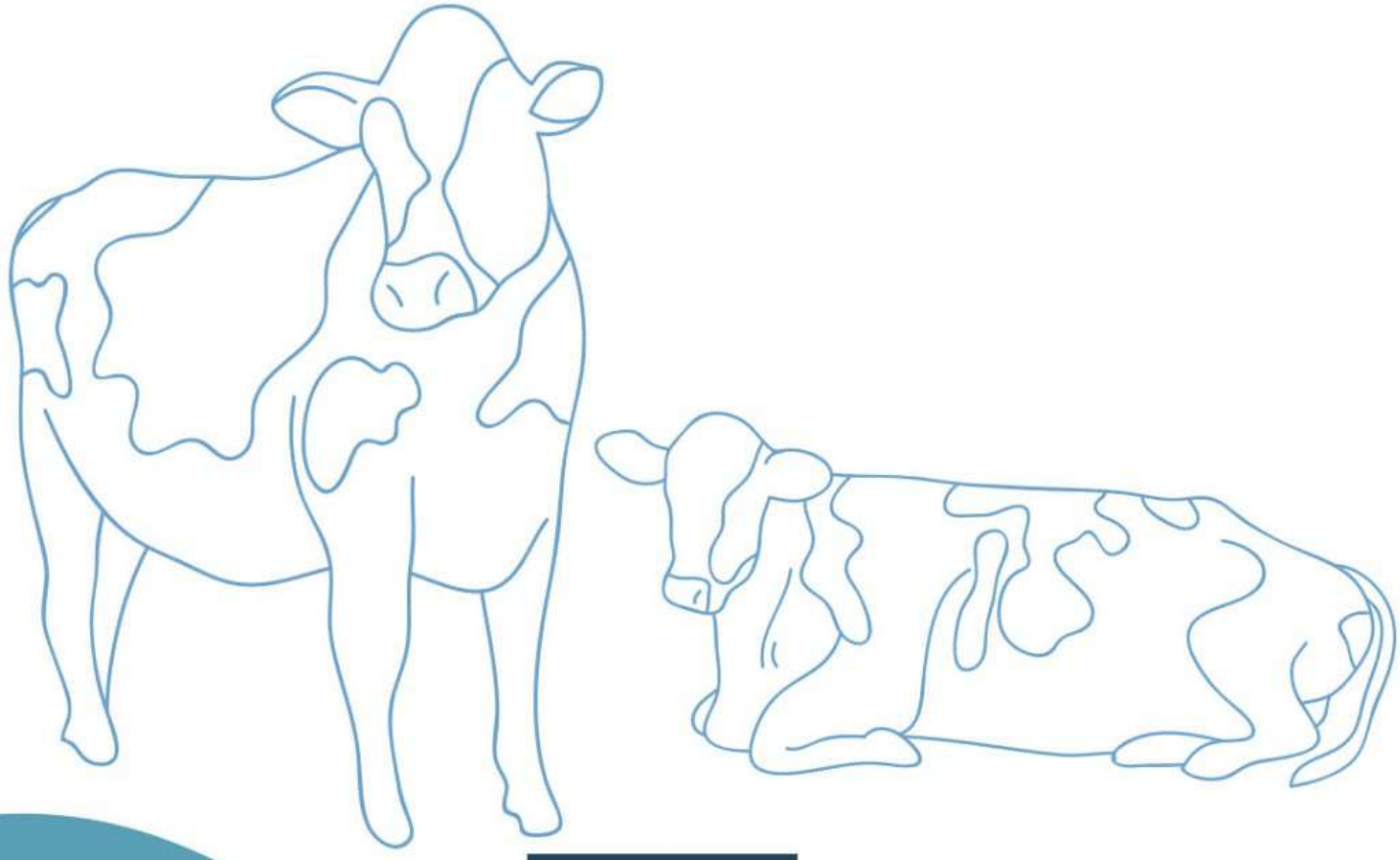
II SIMPÓSIO INTERNACIONAL DA PECUÁRIA LEITEIRA
SIPEL
2024

ORGANIZADORES:
Julio Viégas
Pamela Itajara Otto
Paula Montagner
Rogério Fôlha Bermudes
Tiago Antônio Del Valle
Tiago João Tonin

O papel da inovação no enfrentamento das incertezas da Bovinocultura leiteira contemporânea

Volume II



MERIDA PUBLISHERS

ORGANIZAÇÃO:

GEAPA
GRUPO DE ESTUDO EM ADITIVOS NA PRODUÇÃO ANIMAL

GMA
UFSM-RS

NutriRúmen
GRUPO DE PESQUISA E EXTENSÃO EM NUTRIÇÃO DE RUMINANTES - UFPEL

LABLEITE
UFSM

TechVet Jr

REALIZAÇÃO:

Universidade Federal de Santa Maria
1960

Universidade Federal de Pelotas
RS - BRASIL

Centro de Ciências Rurais
UFSM

Pós-Graduação
Zootecnia

PPG Zootecnia UFPel

Departamento de Zootecnia
UFSM

Zootecnia
Universidade Federal de Pelotas

CCS
Centro de Ciências da Saúde
UFSM

ORGANIZADORES:

Julio Viégas
Pamela Itajara Otto
Paula Montagner
Rogério Fôlha Bermudes
Tiago Antônio Del Valle
Tiago João Tonin

O papel da inovação no enfrentamento das incertezas da bovinocultura leiteira contemporânea

Volume II

Canoas
2024

MÉRIDA
PUBLISHERS

O papel da inovação no enfrentamento das incertezas da bovinocultura leiteira contemporânea.
Volume II
© 2024 Mérida Publishers
https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-30-5

Organizadores
Prof. Dr. Julio Viégas
Profª. Drª. Pamela Itajara Otto
Profª. Drª. Paula Montagner
Prof. Dr. Rogério Fôlha Bermudes
Prof. Dr. Tiago Antônio Del Valle
Dr. Tiago João Tonin

Adaptação da capa e desenho gráfico
Luis Miguel Guzmán

Foto da capa
freepik.es

Canoas - RS - Brasil
contact@meridapublishers.com
www.meridapublishers.com

Todos os direitos autorais pertencem a Mérida Publishers. A reprodução total ou parcial dos trabalhos publicados, é permitida desde que sejam atribuídos créditos aos autores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

P214 O papel da inovação no enfrentamento das incertezas da bovinocultura leiteira contemporânea: vol. II / Organizadores Julio Viégas... [et al.]. – Canoas, RS: Mérida Publishers, 2024.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-84548-30-5

1. Agronegócio. 2. Bovinos de leite. 3. Pastagens. 4. Leite – Produção. I. Viégas, Julio. II. Otto, Pamela Itajara. III. Montagner, Paula. IV. Bermudes, Rogério Folha. V. Valle, Tiago Antonio Del. VI. Tonin, Tiago João.

CDD 637.1

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Prefácio

A atividade leiteira vem passando por inúmeras mudanças que afetam a produtividade dos rebanhos, trazendo novos desafios para os produtores se manterem na atividade. O processo histórico de intensificação e redução do número de produtores tem se intensificado no estado do Rio Grande do Sul nos últimos anos. Especialmente no ano de 2024, com a ocorrência das enchentes nos meses de abril e maio, a cadeia produtiva foi diretamente afetada. Na abertura das palestras de divulgação deste simpósio, recebemos o Diretor da da GADOLANDO, Nacir Penz, para falar dos impactos das enchentes na bovinocultura (https://www.youtube.com/watch?v=RNEJxF7DtL8&t=12s).

Passada a condição emergencial, é fundamental que as propriedades sejam cada vez mais produtivas, e que esta produção ocorra de maneira eficiente. Na segunda palestra prévia a este evento, o Dr. Jesus Osório falou da importância do Gir Leiteiro na produção leiteira tropical (https://www.youtube.com/watch?v=_65r432Lb9I). Além das questões relacionadas à produção, a nutrição tem grande efeito sobre o teor de sólidos do leite de vacas leiteiras, este foi o tema da terceira palestra de divulgação deste evento, ministrada pelo Me. Gustavo Ferreira de Almeida (https://www.youtube.com/watch?v=vEWEb36c5eg). Para tal, é fundamental que os animais consumam volumosos de qualidade. As estratégias para maximizar o consumo de pasto por vacas leiteiras foram assunto da palestra ministrada pelo Dr. Pedro Arthur de Albuquerque Nunes (https://www.youtube.com/watch?v=wyUxhZ_XYlM).

O evento principal foi organizado em duas noites, sendo na primeira a discussão sobre nutrição e saúde (https://www.youtube.com/watch?v=RwKZN8QFlrA). Na segunda noite, as palestras têm como tema reprodução e melhoramento (https://www.youtube.com/watch?v=Sq2xRtNQakg). Na primeira noite, o MsC. Daniel José Cavalli Vieira traz as atualizações e desafios da fibra na nutrição de vacas; a PhD Jéssica Halfen discute o efeito dos produtos naturais como moduladores da imunidade de vacas leiteiras e a PhD Fernanda Rosa fala sobre a microbiota intestinal de bezerros. Na segunda noite, o convidado PhD Fábio

Soares de Lima fala sobre o efeito das doses de GnRH nos programas de ressincronização de animais leiteiros; a PhD. Hinayah Rojas de Oliveira faz um paralelo entre o melhoramento de gado leiteiro no Brasil e na América do Norte, enquanto o Dr. Bruno Carvalho discute os impactos da nutrição e dos problemas sanitários sobre a fertilidade de vacas leiteiras.

Este livro é uma coletânea de palestras apresentadas por profissionais altamente qualificados de diferentes partes do Brasil e do mundo, apresentadas no II Simpósio Internacional da Pecuária Leiteira (SIPEL) 2024. Este evento foi uma realização conjunta da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) e da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL). O SIPEL foi organizado pelos seguintes grupos de pesquisa: Grupo de Estudo em Aditivos na Produção Animal (GEAPA-UFSM), Grupo de Melhoramento Animal (GMA-UFSM), Grupo de Pesquisa e Extensão em Nutrição de Ruminantes (NUTRIRÚMEN-UFPEL), Laboratório de Bovinocultura Leiteira (LABLEITE-UFSM) e TechVet Junior (UFSM). Vários professores e técnicos de nível superior destes grupos não mediram esforços para que o evento fosse pleno de sucesso. Esperamos que todos usufruam das informações e conhecimento ora apresentados.

Comissão organizadora

Julio Viégas

Pamela Itajara Otto

Paula Montagner

Rogério Fôlha Bermudes

Tiago Antônio Del Valle

Tiago João Tonin

Kamily Pech Oliveira

Marcio Henrique Olivier Cavalheiro

Alice Veleda Wendt

Índice

CAPÍTULO 1 9

Impacto da nutrição e dois problemas de saúde na fertilidade de vacas leiteiras

Bruno Campos de Carvalho, Laís Reis Carvalho, Luísa Oliveira Orlandi, José Nélio de Sousa Sales

CAPÍTULO 2 23

Fibra na nutrição de vacas leiteiras: atualizações e desafios

Daniel J. C. Vieira

CAPÍTULO 3 40

Nutrição de vacas leiteiras e produção de sólidos não lácteos

Gustavo Ferreira de Almeira, Francine Basso Facco

CAPÍTULO 4 51

A importância do Gir na pecuária tropical

Jesus Alberto Cardozo Osorio, Duvan Sanabria Bautista, Eduarda Ribas de Oliveira, Roman Enrique Maza Ortega

CAPÍTULO 1

Impacto da nutrição e dois problemas de saúde na fertilidade de vacas leiteiras

Bruno Campos de Carvalho, Laís Reis Carvalho, Luísa Oliveira Orlandi, José Nélio de Sousa Sales

https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-30-5.c1

Resumo

A interação entre nutrição e reprodução tem sido muito estudada, principalmente com relação aos efeitos do escore da condição corporal e do balanço energético negativo sobre a fertilidade de vacas em lactação. Entretanto, com o progresso genético, melhorias na nutrição e no manejo, o metabolismo de minerais e lipídios também se torna importante para o entendimento dos efeitos da interação nutrição com a reprodução. Assim, distúrbios metabólicos como hipocalcemia e cetose também influenciam diretamente a fertilidade. Processos inflamatórios e infecciosos que afetam a fertilidade também são comuns no período de transição e estão intimamente relacionados com a nutrição e metabolismo do início da lactação. A hipocalcemia, a cetose, infecções/inflamações puerperais e a acidose ruminal subaguda são distúrbios metabólicos que afetam a fertilidade, ao comprometer o ambiente uterino e folicular.

1. Introdução

A nutrição afeta a reprodução de diferentes formas. O conhecimento inicial dessa relação começou pela avaliação dos efeitos relacionados ao escore da condição corporal e sua variação no pós-parto sobre a fertilidade. A perda de escore da condição corporal está associada ao balanço energético negativo, quando as exigências nutricionais das vacas são maiores do que a energia

consumida, resultando na mobilização de reservas corporais, especialmente gordura, para suprir essa diferença de exigência e manter a produção de leite (Britt, 1992).

O avanço na nutrição, na genética e no manejo de vacas leiteiras, especialmente no período de transição, permitiu o aumento na produção de leite, aproveitando, de forma controlada, o balanço energético negativo no início da lactação, mas exacerbou outros problemas metabólicos, como hipocalcemia, cetose, acidose ruminal subaguda e infecções puerperais, como mastites e metrites.

Os desafios nutricionais atuais não envolvem apenas o controle do balanço energético negativo, mas o metabolismo de minerais e lipídios, o controle da inflamação e do estado oxidativo. O objetivo desta revisão é estabelecer os efeitos do balanço energético negativo e de transtornos metabólicos no início da lactação com a fertilidade de vacas em lactação, bem como demonstrar vias celulares e metabólicas determinantes dessa redução na fertilidade.

2. Balanço energético negativo e fertilidade

Nas últimas semanas de gestação e nas primeiras semanas de lactação, as vacas leiteiras passam por um período de balanço energético negativo. Isso decorre de uma redução no consumo de matéria seca nas últimas duas semanas pré-parto e à alta demanda energética para produção de leite no início da lactação. Nessa fase, o aumento no consumo de matéria seca é menor que o aumento nas exigências nutricionais para suportar a crescente produção de leite. Um dos efeitos observados é a mobilização de reservas corporais, especialmente de gordura. Visualmente, observa-se perda de escore de condição corporal. Um dos efeitos observados é que vacas que perdem mais escore da condição corporal demoram mais tempo para retornar ao cio no pós-parto e também apresentam menor taxa de concepção, o que atrasa a concepção no pós-parto e alonga o intervalo de partos (Butler e Smith, 1989; Britt, 1992).

Os mecanismos postulados para esse efeito da perda de escore da condição corporal sobre a fertilidade seria através da redução da qualidade dos oócitos

ovulados e também por uma redução na secreção de progesterona pelo corpo lúteo formado no início da lactação (Fonseca et al. 1983). Entretanto, observa-se um efeito residual do balanço energético negativo sobre a fertilidade. Quer dizer, ainda que vacas estejam em balaço energético neutro ou positivo, a exposição prévia ao balanço energético negativo causa efeitos que são "imprintados" no oócito em desenvolvimento. Essa associação seria explicada pelo tempo necessário para a foliculogênese. Entre a ativação do folículo primário e a ovulação de um folículo dominante, são necessários cerca de 60 a 80 dias. Durante essa fase de desenvolvimento, observa-se proliferação de células da granulosa e acúmulo de glicoproteínas no oócito. Assim, a exposição ao balanço energético negativo, mesmo que em fases iniciais de desenvolvimento, pode causar alterações no desenvolvimento oocitário, que explicariam a persistência dos efeitos do balanço energético negativo (Britt, 1992).

Esses efeitos do balanço energético negativo foram posteriormente testados em condições de produção *in vitro* de embriões. Durante o balanço energético negativo, observam-se concentrações plasmáticas e foliculares mais elevadas de ácidos graxos não-esterificados, beta hidroxibutirato e ureia, enquanto as concentrações de glicose estão diminuídas. Essas alterações afetam o desenvolvimento oocitário, reduzem a qualidade do embrião e aumentam as perdas gestacionais. (Leroy et al., 2008).

3. Hipocalcemia e fertilidade

Após o parto, vacas leiteiras demandam rapidamente uma alta concentração de cálcio (Ca), entre 10 e 30 vezes maiores que no sangue, para a produção de colostro e leite, respectivamente (Horst et al., 2005). Como o aumento da demanda por cálcio é repentino, muitas vacas experimentam um período de hipocalcemia subclínica com Ca sérico ≤ 1,87 mmol/L (Goff et al., 1996), que pode ocasionar outros distúrbios. O tempo necessário para as fêmeas se reestabelecerem a normocalcemia no início da lactação pode ser determinante nos efeitos na saúde e reprodução dessas vacas (Caixeta et al., 2017).

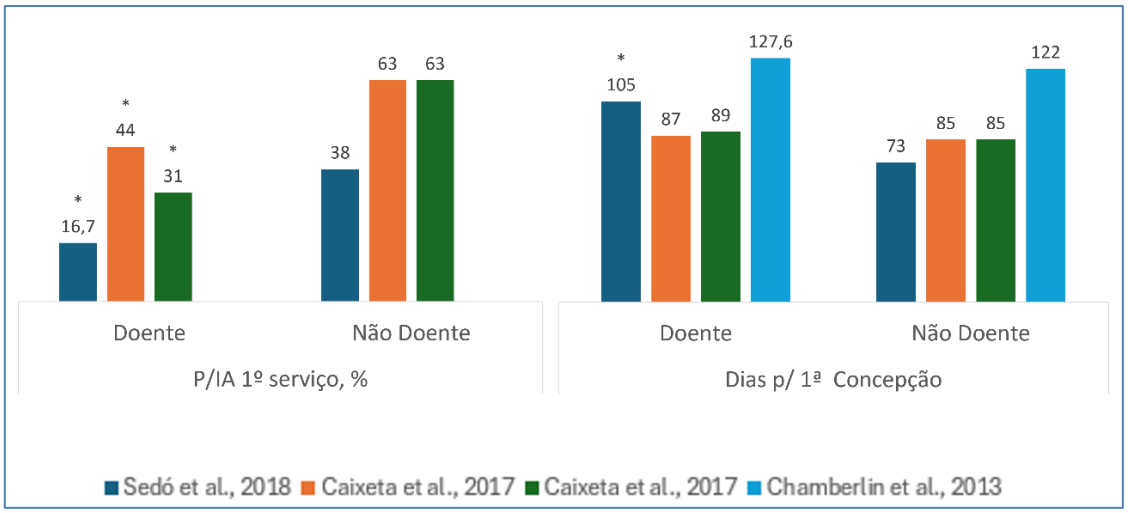


Figura 1. Efeitos da hipocalcemia subclínica sobre a taxa de prenhez na primeiro serviço (P/IA 1º Serviço, %) e sobre o número de dias para a primeira concepção (%). Adaptado de Chamberlain et al. (2013), Caixeta et al. (2017), e Umaña Sedó et al. (2018).

Os efeitos causados pelo desequilíbrio mineral na fertilidade de vacas após o parto podem ser explicados por duas diferentes hipóteses. A baixa concentração sérica de Ca pode suprimir contrações do músculo liso (Hansen et al., 2003), acarretando desordens como o deslocamento de abomaso, prolapso uterino, distocia, cetose (Martinez et al., 2012) além da diminuição na capacidade do útero contrair e expulsar conteúdos em casos de doenças uterinas infecciosas (Hansen et al., 2003). Somado a isso, mudanças no perfil de neutrófilos com atividade fagocítica e na atividade de células mononucleares (Ducusin et al., 2003; Kimura et al., 2006) foram correlacionadas com retenção de placenta e metrite (Neves et al., 2018). Vacas diagnosticadas com hipocalcemia subclínica tiveram maior risco no desenvolvimento de metrite e endometrite clínica em relação a vacas com concentrações de Ca normais imediatamente após o parto (Martinez et al., 2012). Em adição, vacas em balanço energético negativo (BEN) também apresentam redução na função dos neutrófilos fagocíticos e essa condição predispõe ao agravamento das afecções uterinas pois, os neutrófilos estão envolvidos na eliminação bacteriana (Gilbert et al., 2007). Nesse contexto, vacas com hipocalcemia são mais susceptíveis a desenvolverem doenças uterinas e, consequentemente, diminuir os índices de fertilidade.

4. Cetose e Fertilidade

A cetose é uma condição metabólica que ocorre em vacas leiteiras de alta produção durante o período pós-parto, especialmente entre a primeira e a oitava semana de lactação. Decorre da excessiva produção de corpos cetônicos no fígado, oriundos da betaoxidação de ácidos graxos não-esterificados mobilizados durante o balanço energético negativo (Drackley, 1999). A concentração sanguínea de corpos cetônicos tem sido mensurada nos primeiros 10 dias pós-parto, como forma de monitoramento da cetose. A ocorrência de cetose subclínica tem sido considerada quando a concentração de betahidroxibutirato (BHB) no sangue está acima de 1,2 mM (Arshad e Santos, 2022).

A ocorrência de cetose subclínica está relacionada a um pior desempenho reprodutivo. De acordo com Paiano et al. (2020), vacas com hipercetonemia, em relação a vacas saudáveis, apresentaram menor taxa de concepção ao primeiro serviço (18,20% vs. 42,90%), maior número de serviços por concepção (2,6 vs. 2,1) e maior número de dias para a primeira concepção (164 vs. 124) em relação a vacas saudáveis. Em outro estudo, vacas foram divididas em dois grupos, em função do período em que ocorreu a primeira ovulação no pós-parto, as precoces (ovulação nos primeiros 30 dias pós-parto) e as tardias (ovulação entre 31 e 87 dias pós-parto). Vacas que ovularam tardiamente apresentaram maiores concentrações de BHB e acetoacetato, o que foi associado a uma maior perda de escore da condição corporal, reforçando a associação entre a cetose subclínica e a redução do desempenho reprodutivo (Reist et al., 2000).

Elevadas concentrações plasmáticas de BHB afetam o desenvolvimento folicular e a ovulação. Vacas tratadas com BHB apresentaram, 72 horas após o tratamento, diâmetro folicular (7,7 ± 1,6 mm) significativamente menor do que no grupo controle (11,5 ± 0,6 mm), o que reduziu a taxa de ovulação em 25% no grupo tratado (Missio et al., 2022). Além do crescimento folicular, elevadas concentrações de BHB também afetam a qualidade e competência oocitária. Durante a maturação *in vitro* de oócitos, elevadas concentrações de BHB reduziram a taxa de maturação em relação ao grupo controle (58,66% vs. 83,7%, respectivamente), com redução na taxa de clivagem e de blastocistos produzidos (Zhang et al., 2023).

Ao testar os efeitos de altas ou baixas concentrações de glicose e BHB na produção in vitro de embriões, Leroy et al. (2006) observaram efeitos adversos de elevadas concentrações de BHB apenas quando as concentrações de glicose também estavam reduzidas. Nessa situação, a taxa de clivagem foi 46,05% e a taxa de blastocisto, 11,37%. Quando os oócitos foram expostos a elevadas concentrações de BHB, mas na presença de elevadas concentrações de glicose, não foram observados efeitos negativos do BHB, sendo a taxa de clivagem de 64,93% e a taxa de blastocisto de 22,76%. A presença de altas concentrações de glicose pode ter evitado o metabolismo dos corpos cetônicos nas células do cumulus.

Esses achados estão de acordo com o postulado no ciclo de Randle, em que as células, na presença de elevadas concentrações de ácidos graxos não esterificados e de corpos cetônicos sub-regulam a glicólise. A explicação se dá pelo acúmulo celular de acetil-CoA, oriundo da betaoxidação e que leva ao acúmulo de citrato. Elevadas concentrações intracelulares de Acetil-CoA inibem a atividade da enzima piruvato desidrogenase, enquanto elevadas concentrações de citrato inibem o transporte de glicose para dentro da célula, bem como diminuem a atividade da enzima fosfofrutoquinase (Hue e Taegtmeyer al., 2009).

Além disso, estudos recentes têm demonstrado efeitos epigenéticos do BHB nas células foliculares. O BHB regula a acetilação de histonas do complexo KBHB (Lisina betahidroxibutirilação) em resposta à restrição alimentar. Essa acetilação de histonas regula vias metabólicas importantes nas células do cumulus, reduzindo a glicólise e aumentando o metabolismo das mitocôndrias e as vias de desenvolvimento do oócito (Sangali et al., 2022). Esses achados demonstram que o metabolismo energético, além de efeitos diretos em vias metabólicas altera a regulação gênica, como uma forma de resposta à condição adversa.

5. Infecções ou inflamações puerperais

O pós-parto imediato é o período em que ocorre a maior incidência de afecções em vacas leiteiras, sejam de ordem metabólica ou infecciosa. Metrites

podem ocorrer em 35,5% das vacas multíparas e 21,02% das primíparas. Endometrites clínicas afetam 27,25% e 24,79%, respectivamente, das multíparas e primíparas. Por outro lado, cerca de 12% de todas as vacas são sujeitas a mastites no início da lactação (Pinedo et al., 2020). A ocorrência de distúrbios inflamatórios está associada a uma menor imunidade no período de transição, seja pelos efeitos da gestação no pré-parto, seja por uma menor resposta imune ao status oxidativo e metabólico no pós-parto. Tanto baixas concentrações plasmáticas de cálcio quanto elevadas concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados afetam a capacidade fagocítica e a atividade enzimática dos neutrófilos. Essa menor atividade, deixa as vacas de leite mais susceptíveis a processos infecciosos (Ducusin et al., 2003; Kimura et al., 2006, Gilbert et al., 2007).

Em um estudo recente, Husnain et al. (2023) realizaram infusão intrauterina (37 ± 3 DEL) com bactérias *Escherichia coli* e *Trueperella pyogenes*, em vacas sadias após o parto durante a fase lútea, objetivando avaliar os efeitos da inflamação do endométrio (endometrite) em parâmetros reprodutivos. Vacas com endometrite induzida tiveram uma tendência de menor P/IA na 1ª inseminação (33,4 ± 5,1 vs. 21,6 ± 3,7; P=0,06) e maiores dias em aberto após o parto (150 vs. 174; P=0,07). Além disso, aos 300 DEL um maior número de vacas consideradas sadias estavam gestantes em relação às vacas que receberam a infusão uterina (88,2 ± 5,7 vs 62,0 ± 8,0; P=0,02). A ocorrência de infecções uterinas afeta não somente a taxa de concepção aos 30 dias e a taxa de prenhez aos 65 dias após a inseminação artificial. Esses efeitos foram observados tanto para vaca com metrite ou endometrite clínica (Figura 2). Entretanto, apenas vacas que tiveram metrite tiveram aumento na taxa de perdas gestacionais (Ribeiro et al., 2013).

A redução da fertilidade em vacas acometidas por infecções uterinas pode ser explicada por um efeito direto no ambiente uterino. Vacas diagnosticadas com endometrites clínica e subclínica apresentaram mudanças na transcrição de mRNA endometrial relacionados a vias do sistema imunológico, adesão celular, regulação da sinalização apoptótica, sinalização do receptor acoplado à proteína G e quimiotaxia. Essas alterações podem afetar o ambiente uterino e,

consequentemente, a receptividade ao embrião, afetando os índices reprodutivos do rebanho (Salilew-Wondim et al., 2016).

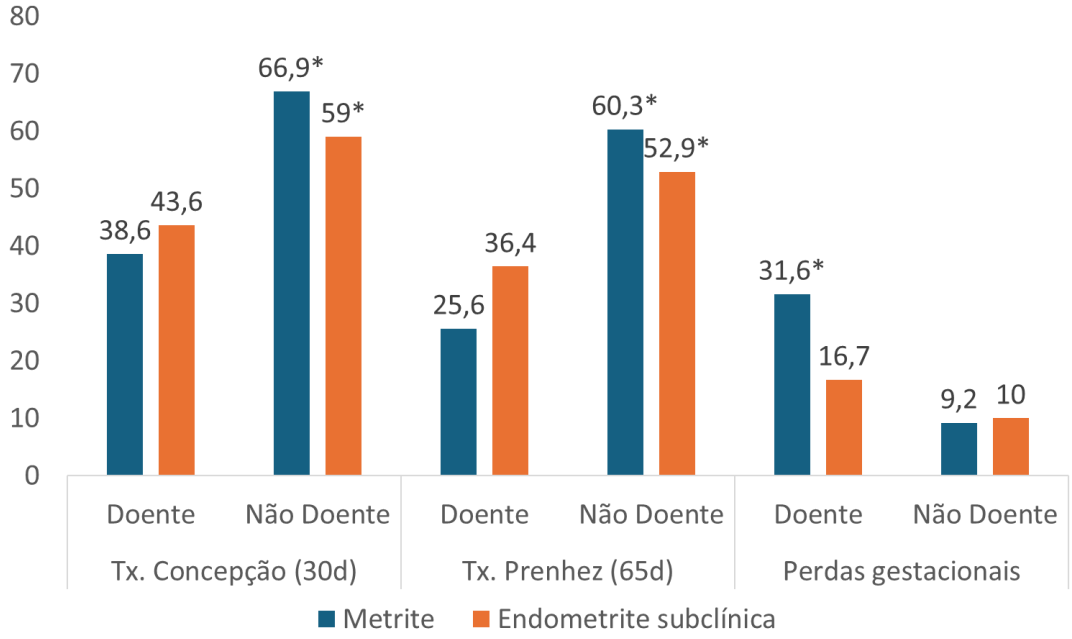


Figura 2. Efeito da metrite e da endometrite subclínica sobre as taxas (%) de concepção, de prenhez e de perdas gestacionais. Taxas seguidas de (*) diferem entre vacas doente e não doentes (P<0,05). Adaptado de Ribeiro et al. (2013).

Os efeitos da inflamação uterina na redução da fertilidade também decorrem de danos causados na qualidade do oócito (Herath et al., 2007; Bromfield et al., 2015). A presença de lipopolissacarídeos (LPS) no útero e diretamente na corrente sanguínea reduzem a secreção de LH, comprometendo o eixo hipotalâmico-hipofisário-gonadal (Lavon et al., 2008). Corroborando com esses achados, vacas com endometrite apresentaram alta concentração de LPS no fluido folicular (Herath et al., 2007), demonstrando que uma infecção uterina pode afetar a atividade ovariana, pois o LPS afeta as células da teca, da granulosa e oócito (Magata et al., 2015). Nesse contexto, a alta concentração de LPS proveniente de doenças uterinas (metrite e endometrite) reduz a esteroidogênese, afeta a qualidade oocitária e, consequentemente reduz a fertilidade de vacas acometidas. Além disso, o acúmulo de LPS no fluído folicular pode continuar afetando a fertilidade, mesmo após o fim da doença, de forma similar ao postulado por Britt (1992). Ou seja, folículos em estágio inicial de

desenvolvimento expostos ao LPS também têm seu desenvolvimento comprometido (Magata et al., 2020).

Da mesma forma que as infecções que ocorrem no útero, as mastites também podem afetar o desempenho reprodutivo. De acordo com Campos et al (2020), vacas da raça Holandesa com mastite clínica tiveram menor taxa de prenhez por inseminação artificial do aquelas sadias (27,42% vs. 49,30%, respectivamente). Também observaram maior número de serviços/concepção (3,37±0,31 vs. 2,08±0,22) e mais dias abertos (141,41±12,12 vs. 85,13±9,01) para as vacas com mastite clínica.

Mastites clínicas, especialmente as ambientais, causadas por bactérias gram-negativas também liberam grande quantidade de LPS no sangue. Esse LPS afeta a secreção de gonadotrofinas e se acumula no fluido folicular. Um maior período interovulatório e falhas na ovulação foram observados para vacas com mastite clínica. Essas vacas com período interovulatório extendido também demoraram mais tempo para ovular após a luteólise e apresentaram menores concentrações plasmáticas de estradiol, demonstrando os efeitos da mastite clínica sobre o desenvolvimento folicular e a esteroidogênese (Lavon et al., 2010).

6. Claudicação, laminite, acidose ruminal sub aguda e fertilidade

A claudicação em vacas de leite é uma importante causa de falhas reprodutivas. Além da manqueira atrapalhar a expressão de sinais de cio, a liberação de cortisol relacionado à dor e inflamação tem efeito na regulação do eixo hipotalâmico-hipofisário-ovariano. Vacas com escore de claudicação menor que 2 tornam-se gestantes mais rapidamente no pós-parto do que vacas com escore de locomoção igual ou maior que 3 (Bicalho et al., 2007). Essa diferença na velocidade de estabelecimento da gestação também é demonstrada no período de serviço, que foi de 119 dias para vacas com escore de locomoção menor ou igual a 2, menor que os 149 dias de período de serviço observados para vacas com escore de locomoção igual ou maior que 3. Além disso, vacas com claudicação severa apresentam maior perda de escore da condição corporal, balanço energético negativo mais acentuado, são mais susceptíveis a

doenças uterinas, apresentam anestro prolongado, menor taxa de concepção e maior taxa de perdas gestacionais.

A laminite, inflamação das lâminas do cório é uma das principais causas de lesões de casco nos bovinos. Por sua vez, a laminite tem origem em processos inflamatórios desencadeados pela acidose ruminal subaguda (ARSA). Ainda no pré-parto, com a redução do consumo de alimentos, observa-se uma redução no pH ruminal, que se intensifica após o parto, com a transição para a dieta de vacas em lactação, mais rica em concentrado e amido. Essa acidose causa um desbalanço metabólico acidobásico, com aumento da permeabilidade ruminal. Essa maior permeabilidade permite a absorção de compostos tóxicos, como LPS, e a liberação de mediadores inflamatórios. A liberação de interleucinas (IL-1 e IL-6), a ativação da ciclooxigenase, a liberação de fator de necrose tumoral alfa diminuem a secreção de GnRH a nível hipotalâmico e a secreção de FSH e LH hipofisários. Essa redução na secreção de gonadotrofinas reduz a produção e secreção de estradiol e progesterona e tem como resultado uma redução na atividade ovariana, com maior período de anestro e menor taxa de ovulação (Zebeli et al., 2015).

Por outro lado, a saúde metabólica da vaca também é comprometida como consequência da acidose ruminal subaguda. Ocorre aumento da sensibilidade à lipólise no tecido adiposo, que resulta em maiores concentrações plasmáticas de ácidos graxos não esterificados e BHB, bem como um maior gasto energético e de nutrientes. O resultado é uma redução no consumo de matéria seca, com perda de peso e escore da condição corporal, com balanço energético negativo acentuado (Zebeli et al., 2015).

7. Considerações finais

A nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras no período de transição exercem grande efeito sobre a saúde de vacas leiteiras. Distúrbios metabólicos e inflamatórios que acontecem nesse período afetam, por diferentes mecanismos, a fertilidade dos animais. Melhorar a nutrição e manejo das vacas no período pré e pós-parto é chave para aumentar não só a produtividade, como também a saúde e a fertilidade das vacas em lactação.

8. Referências bibliográficas

Arshad, U. e Santos, J. E. P. 2022. Hepatic triacylglycerol associations with production and health in dairy cows. *J Dairy Sci.*, 105: 5939-5409.

Bicalho RC, Cheong SH, Cramer G, Guard CL. 2007. Association between a visual and an automated locomotion score in lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci*. 90:3294-300. doi: 10.3168/jds.2007-0076.

Britt, J. H. 1992. Impacts of Early Postpartum Metabolism on Follicular Development and Fertility. *American Association of Bovine Practitioners Conference Proceedings*, n. 24, 39-42, 1992. DOI: 10.21423/aabppro19916706.

Bromfield, J. J. et al. 2015. Uterine infection: linking infection and innate immunity with infertility in the high-producing dairy cow. *Journal of Animal Science*, v. 93, p. 2021-2033.

Butler, W. R., and R. D. Smith. 1989. Interrelationships between energy balance and postpartum reproductive function in dairy cattle. *J. Dairy Sci*. 72:767–783.

Caixeta, L. S., P. A. Ospina, M. B. Capel, and D. V. Nydam. 2017. Association between subclinical hypocalcemia in the first 3 days of lactation and reproductive performance of dairy cows. *Theriogenology* 94:1–7. https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.01.039.

Campos CC, do Prado FL, Dos Reis JPJ, Carneiro LC, Silva PRB, de Moraes GF, Dos Santos RM. 2020. Effects of clinical mastitis and puerperal diseases on reproductive efficiency of dairy cows. *Trop Anim Health Prod*. 52:3061-3068. doi: 10.1007/s11250-020-02326-2.

Chamberlin WG, Middleton JR, Spain JN, Johnson GC, Ellersieck MR, Pithua P. 2013. Subclinical hypocalcemia, plasma biochemical parameters, lipid metabolism, postpartum disease, and fertility in postparturient dairy cows. *J Dairy Sci*.;96:7001-7013. doi: 10.3168/jds.2013-6901.

Drackley JK. 1999. ADSA Foundation Scholar Award. Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier? *J. Dairy Sci*. 82:2259-73. doi: 10.3168/jds.s0022-0302(99)75474-3.

Ducusin RJ, Uzuka Y, Satoh E, Otani M, Nishimura M, Tanabe S, Sarashina T. 2003. Effects of extracellular Ca2+ on phagocytosis and intracellular Ca2+ concentrations in polymorphonuclear leukocytes of postpartum dairy cows. *Res. Vet. Sci.,* 75:27-32. doi: 10.1016/s0034-5288(03)00038-9.

Fonseca, F.A., J.H. Britt, B.T. McDaniel, J'C. Wilk and A.H. Rakes. 1983. Reproductive traits of Holsteins and Jerseys. Effects of age, milk yield and clinical abnormalities on involution of uterus, ovulation, estrous cycles, detection of estrus, conception rate and days open. *J. Dairy Sci*. 66:1128-1147.

Gilbert, R.; Santos, N.; Galvão, K.; Brittin, S.; Roman, H. 2007. The relationship between postpartum uterine bacterial infection (BI) and subclinical endometritis (SE). *J. Dairy Sci*. 90:469-470.

Goff, J. P., R. L. Horst, P. W. Jardon, C. Borelli, and J. Wedam. 1996. Field trials of an oral calcium propionate paste as an aid to prevent milk fever in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:378–383.

Hansen SS, Nørgaard P, Pedersen C, Jørgensen RJ, Mellau LS, Enemark JD. 2003. The effect of subclinical hypocalcaemia induced by Na2EDTA on the feed intake and chewing activity of dairy cows. *Vet Res Commun*., 27:193-205. doi: 10.1023/a:1023340506782.

Herath S, Williams EJ, Lilly ST, Gilbert RO, Dobson H, Bryant CE, Sheldon IM. 2007. Ovarian follicular cells have innate immune capabilities that modulate their endocrine function. *Reproduction*. 134:683-93. doi: 10.1530/REP-07-0229.

Horst, R. L., J. P. Goff, and T. A. Reinhardt. 2005. Adapting to the transition between gestation and lactation: Differences between rat, human and dairy cow. *J. Mammary Gland Biol. Neoplasia* 10:141–156.

Hue, L. e Taegtmeyer, H. 2009. The Randle cycle revisited: a new head for na old hat. *American Journal of Physiology Endocrinology and Metabolism*, 297: E578-E591.

Husnain A, Arshad U, Poindexter MB, Zimpel R, Marinho MN, Perdomo MC, Fan P, Jeong KC, Nelson CD, Sheldon IM, Bromfield JJ, Santos JEP. 2023. Induced endometritis in early lactation compromises production and reproduction in dairy cows. *J Dairy Sci*. 106:4198-4213. doi: 10.3168/jds.2022-22846.

Kimura, K., J. P. Goff, M. E. Kehrli Jr., and T. A. Reinhardt. 2002. Decreased neutrophil function as a cause of retained placenta in dairy cattle. J*. Dairy Sci*. 85:544–550. https://doi.org/10.3168/jds .S0022-0302(02)74107-6.

Lavon Y, Leitner G, Goshen T, Braw-Tal R, Jacoby S, Wolfenson D. 2008. Exposure to endotoxin during estrus alters the timing of ovulation and hormonal concentrations in cows. *Theriogenology*, 70:956-67. doi: 10.1016/j.theriogenology.2008.05.058.

Lavon Y, Leitner G, Voet H, Wolfenson D. 2010. Naturally occurring mastitis effects on timing of ovulation, steroid and gonadotrophic hormone concentrations, and follicular and luteal growth in cows. *J. Dairy Sci.* 93:911-21. doi: 10.3168/jds.2009-2112.

Leroy, J. L., Vanholder T., Opsomer G., Van Soom A., and de Kruif A.. . 2006. The in vitro development of bovine oocytes after maturation in glucose and beta-hydroxybutyrate concentrations associated with negative energy balance in dairy cows. *Reprod. Domest. Anim*. 41:119–123. doi:10.1111/j.1439-0531.2006.00650.x

Leroy, J. L. M. R., A. Van Soom, G. Opsomer, and P. E. J. Bols. 2008. The consequences of metabolic changes in high-yielding dairy cows on oocyte and embryo quality. *Animal* 2:1120–1127.

Magata F, Ishida Y, Miyamoto A, Furuoka H, Inokuma H, Shimizu T. 2015. Comparison of bacterial endotoxin lipopolysaccharide concentrations in the blood, ovarian follicular fluid and uterine fluid: a clinical case of bovine metritis. J Vet Med Sci. 77:81-4. doi: 10.1292/jvms.14-0333.

Magata F. 2020. Lipopolysaccharide-induced mechanisms of ovarian dysfunction in cows with uterine inflammatory diseases. J Reprod Dev. 2020 66:311-317. doi: 10.1262/jrd.2020-021.

Martinez, N., C. A. Risco, F. S. Lima, R. S. Bisinotto, L. F. Greco, E. S. Ribeiro, F. Maunsell, K. Galvão, and J. E. P. Santos. 2012. Evaluation of peripartal calcium status, energetic profile, and neutrophil function in dairy cows at low or high risk of developing uterine disease. *J. Dairy Sci*. 95:7158–7172. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5812.

Missio, D., Fritzen, A., Vieira, C. C., Ferst, J. G., Fiorenza, M. F., de Andrade, L. G., Menezes Bisneto, B. M., Rovani, M. T., Gasperin, B. G., Gonçalves, P. B. D., & Ferreira, R. 2022. Increased β-hydroxybutyrate (BHBA) concentration affects follicular growth in cattle. *Animal Reproduction Science*, 243, 107033. https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2022.107033.

Neves RC, Leno BM, Curler MD, Thomas MJ, Overton TR, McArt JAA. 2018. Association of immediate postpartum plasma calcium concentration with early-lactation clinical diseases, culling, reproduction, and milk production in Holstein cows. *J Dairy Sci.* 101:547-555. https://doi:10.3168/jds.2017-13313.

Paiano RB, Birgel DB, Bonilla J, Birgel Junior EH. 2020. Alterations in biochemical profiles and reproduction performance in postpartum dairy cows with metritis. *Reprod Domest Anim.* 55:1599-1606. doi: 10.1111/rda.13815.

Pinedo, P., J. E. P. Santos, R. C. Chebel, K. N. Galvão, G. M. Schuenemann, R. C. Bicalho, R. O. Gilbert, S. Rodriguez Zas, C. M. Seabury, G. Rosa, and W. W. Thatcher. 2020. Early-lactation diseases and fertility in 2 seasons of calving across US dairy herds. *J. Dairy Sci.* 103:10560–10576. https://doi.org/10.3168/jds.2019-17951.

Reist M, Koller A, Busato A, Küpfer U, Blum JW. 2000. First ovulation and ketone body status in the early postpartum period of dairy cows. *Theriogenology*. 54:685-701. doi: 10.1016/S0093-691X(00)00383-6.

Ribeiro ES, Lima FS, Greco LF, Bisinotto RS, Monteiro AP, Favoreto M, Ayres H, Marsola RS, Martinez N, Thatcher WW, Santos JE. 2013. Prevalence of periparturient diseases and effects on fertility of seasonally calving grazing dairy cows supplemented with concentrates*. J Dairy Sci*. 96:5682-97. doi: 10.3168/jds.2012-6335.

Salilew-Wondim D, Ibrahim S, Gebremedhn S, Tesfaye D, Heppelmann M, Bollwein H, Pfarrer C, Tholen E, Neuhoff C, Schellander K, Hoelker M. 2016. Clinical and subclinical endometritis induced alterations in bovine endometrial transcriptome and miRNome profile. *BMC Genomics*.;17:218. doi: 10.1186/s12864-016-2513-9.

Sangalli JR, Nociti RP, Del Collado M, Sampaio RV, da Silveira JC, Perecin F, Smith LC, Ross PJ, Meirelles FV. 2022. Characterization of histone lysine β-hydroxybutyrylation in bovine tissues, cells, and cumulus-oocyte complexes. *Mol Reprod Dev*. 89:375-398. doi: 10.1002/mrd.23630.

Umaña Sedó, S., D. Rosa, G. Mattioli, R. Luzbel de la Sota, and M. J. Giuliodori. 2018. Associations of subclinical hypocalcemia with fertility in a herd of grazing dairy cows. *J. Dairy Sci*. 101:10469– 10477. https://doi.org/10.3168/jds.2017-14242.

Zebeli Q, Ghareeb K, Humer E, Metzler-Zebeli BU, Besenfelder U. 2015. Nutrition, rumen health and inflammation in the transition period and their role on overall health and fertility in dairy cows. *Res Vet Sci*., 103:126-36. doi: 10.1016/j.rvsc.2015.09.020.

Zhang, K.-Y., Liu, W.-F., Xu, M., et al. (2023). The detrimental effects of β-hydroxybutyrate on bovine oocyte maturation and embryo development. *Frontiers in Pharmacology*, 14, 1243243. doi:10.3389/fphar.2023.1243243.

Autores

Bruno Campos de Carvalho[1], Laís Reis Carvalho[2], Luísa Oliveira Orlandi[2], José Nélio de Sousa Sales[3]

1. Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora/MG, Brasil.
2. Faculdade de Zootecnia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG, Brasil.
3. Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora/MG, Brasil

CAPÍTULO 2

Fibra na nutrição de vacas leiteiras: atualizações e desafios

Daniel J. C. Vieira

https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-30-5.c2

1. Introdução

A fibra é a fração dos carboidratos da dieta de lenta degradação ou não degradável que exerce efeito de enchimento no trato gastrointestinal do animal. A fibra é frequentemente classificada por suas ligações covalentes, mas essa abordagem simples falha em capturar a complexa composição física e química da parede celular da planta. Para melhor entendimento, a fibra deve ser considerada uma macromolécula com organização em larga escala em vez de um composto feito de ligações químicas. Os polissacarídeos que estão associados a parede celular das plantas podem ou não estar ligados ao grupo éter inserido no núcleo lignificado. Estes carboidratos ligados ao núcleo lignificado serão parcialmente ou não serão degradados pelos microrganismos do rúmen e compõem a matriz primária da parede celular.

Hemicelulose, celulose e lignina compreendem os diferentes compostos polissacarídeos e polifenólicos na matriz da parede celular. A hemicelulose, diferente da celulose que é formada apenas por moléculas de glicose, é formada por glicose e por outros açucares solúveis que são formados pela fotossíntese. Por isso, a hemicelulose varia de acordo com as espécies de plantas e é uma fração heterogênea de polissacarídeos com ligações β-1,4 no polímero do núcleo com uma variedade de ligações glicosídicas que ligam os açúcares a sua espinha dorsal. A hemicelulose é mantida no lugar por ligações cruzadas com a lignina, constituindo a parede celular secundária, tornando-a insolúvel, a menos que seja deslignificada. A celulose, bem como a hemicelulose, contém ligações glicosídicas β1,4, que se ligam, até certo ponto, com a hemicelulose e a lignina na estrutura da parede celular da planta. A celulose é o principal constituinte da parede celular das plantas e o carboidrato mais abundante no mundo. No

entanto, ao mesmo tempo que constitui uma porção importante da parede celular, a sua concentração não é um indicador confiável da degradabilidade da parede celular. A lignina, diferentemente da celulose e hemicelulose, não é um carboidrato e apresenta maior dificuldade de ser determinada laboratorialmente. E é o principal polímero fenólico das plantas que fornece rigidez e cria uma barreira impermeável que protege da degradação. Esta rigidez promove resistência contra estressores bióticos e abióticos como doenças, insetos, frio e seca.

Embora os métodos de análise da fibra tenham mudado com o decorrer do tempo, o conceito de fibra insolúvel tem se mantido constante há cerca de 200 anos, como uma fração da dieta que é resistente a degradação ou indigestível. Mertens em 1997, já caracterizava a fibra na nutrição de ruminantes como a matéria orgânica de digestão lenta ou indigestível. Apesar deste conceito estar estabelecido a muito tempo, há a necessidade de recorrer à análise de solubilidade química para determinar a fibra nutricional, e não pela falta de compreensão ou técnica, mas sim pela complexidade inerente à mensuração do conceito fibra. Da mesma forma, a lignina é o principal componente da parede celular que afeta a degradabilidade, entretanto sua mensuração laboratorial não é precisa e a falta de padronização dos métodos existentes podem gerar resultados contraditórios. Portanto, as análises laboratoriais são necessárias e úteis, mas pouco explicam os efeitos que ocorrem na nutrição de ruminantes na prática.

2. Características químicas a fibra

Van Soest publicou pela primeira vez um sistema abrangente de fracionamento químico para forragens em 1967, fornecendo aos nutricionistas uma forma de analisar quimicamente amostras de forragens que auxiliaria nos aspectos nutricionais na prática. No sistema de Van Soest a MS da forragem é separada dentro de duas categorias baseadas na sua solubilidade em solução detergente neutro. Esta abordagem separa os componentes fibrosos da parede celular das plantas do conteúdo celular das plantas.

A fibra insolúvel ou os constituintes fibrosos da parede celular, formam o mat ruminal e, portanto, estimulam a função do rúmen. Essa porção é mensurada como fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), com o nome da solução responsável por mensurar a quantidade de hemicelulose, celulose e lignina da planta. A FDN comumente varia entre 30-80% da matéria orgânica na maioria das forragens. A FDN é separada do conteúdo dos componentes da planta que são solúveis em detergente neutro (SDN). Esta fração é altamente digestível (98%) na maioria das forragens. Na planta, os compostos SDN são predominantemente formados por carboidratos solúveis em água, proteínas e gorduras. O teor da FDN nos alimentos é altamente relacionado com a degradabilidade, pois é menos degradável que o conteúdo celular e sua degradabilidade varia de acordo com a lignificação da parede celular. Isto é um importante conceito, pois o teor de FDN e a diferença na degradabilidade entre FDN e SDN são os principais fatores da dieta que afetam o desempenho animal, especialmente o CMS. Geralmente, quando o teor de FDN da dieta aumenta o CMS diminui, por conta do enchimento ruminal.

O reticulo rúmen é o principal local onde o enchimento regula o CMS em ruminantes. A distensão do órgão estimula mecanorreceptores presentes na camada muscular, concentrados no retículo e no saco cranial do rúmen. Quanto essa distensão afeta o CMS depende do estado da lactação e da exigência de energia do animal. Durante o início até a metade da lactação, quando as vacas estão se aproximando do pico de produção de leite, o controle da ingestão de alimentos é cada vez mais dominado pela distensão ruminal. Isso significa que o enchimento ruminal desempenha um papel significativo na regulação da ingestão de alimentos durante este período. Esta associação entre o teor de FDN e o CMS foi explorada em estudo que forneceu quatro dietas com diferentes concentrações de alimentos volumosos que aumentaram linearmente de 40 a 70% a quantidade de volumoso na dieta. À medida que a quantidade de volumoso aumentou, o teor FDN aumentou e a MS da dieta manteve-se constante. A FDN variou de 35,4% da MS na dieta com 40% de volumoso para 43,4% da MS na dieta com 70% de volumoso. Como resultado, o CMS diminuiu 4 kg/d à medida que a FDN aumentou de 35,4% para 43,4%.

Ainda que a fração da FDN tenha efeitos consistentes sobre o CMS, sua degradabilidade pode variar substancialmente. A degradabilidade da fração FDN é altamente variável porque diferentes fases de crescimento da planta influenciam a degradabilidade. Em geral, a degradabilidade das forragens é influenciada pela sua maturidade e por fatores ambientais ou agronômicos que impactam a maturidade da planta e afetarão o grau de lignificação. Especificamente, fatores ambientais como o aumento da temperatura e tempo de exposição ao sol causam variações anuais e sazonais na qualidade da forragem. Um aumento na temperatura acelera a maturação e diminui a qualidade das forragens ao comparar com as mesmas forragens cultivadas em condições normais de temperatura e colhidas na mesma fase morfológica.

O sistema FDN tornou-se popular rapidamente na nutrição de bovinos leiteiros por sua capacidade de mensurar os constituintes da parede celular da forragem que estimula a ruminação e o enchimento ruminal. Entretanto, a FDN por si só não é responsável por toda variabilidade do consumo e produção de leite de bovinos leiteiros. A fração FDN também não representa uma classe homogênea de componentes químicos. Mertens (1997) afirmou que a formulação de dietas baseadas exclusivamente em FDN não levará em conta as diferenças na digestão e passagem da fibra, mas é muito valioso ao separar os alimentos em duas categorias, digestíveis (SDN) e potencialmente degradáveis (FDN). Para melhor prever a resposta de uma vaca a determinada dieta é importante ter conhecimento da degradabilidade da FDN, pois ela afeta o desempenho independente da concentração de FDN dietético. No entanto, a falta de uniformidade da degradabilidade da FDN demonstra a existência de particularidades de degradação desta fração, que pode variar entre os alimentos.

3. Fracionamento da FDN

A FDN pode ser fracionada dentro de duas categorias principais: potencialmente degradável (FDNpd) e indigestível (FDNi). Waldo et al. (1972) descreveram pela primeira vez esta distinção teórica entre frações de parede celular digestíveis e indigestíveis em 1972. Como anteriormente referido, o grau de ligação cruzada com a lignina é o maior fator de redução da degradabilidade ruminal do FDN e, portanto, tem maior influência na degradação in vivo no

rúmen. A fração FDNi é composta por hemicelulose e celulose que estão altamente associadas a lignina e, portanto, não são capazes de se decompor no rúmen, independentemente do tempo de fermentação. Esta descoberta permitiu o desenvolvimento de modelos de digestão das fibras porque o FDNpd (ou seja, o FDN - FDNi) segue cinética de primeira ordem e taxas e extensões da degradação do FDN que podem ser facilmente calculadas. Consequentemente, o conceito de FDNi e FDNpd tem sido usado na pesquisa com fibra e desenvolvimento de modelos pelos últimos 45 anos. O problema da teoria inicial é que a FDNi não poderia ser mensurado, pois precisaria de tempo infinito para realizar a análise. A partir disso, a FDNi passou a ser mensurada baseada num tempo de fermentação específico. Pesquisas foram feitas para avaliar qual o tempo de fermentação que deve ser utilizado para representar o resíduo restante após a fermentação completa no rúmen. Raffrenato, Ross e Van Amburgh (2018) especificaram que o tempo de fermentação in vitro de 240 h parece adequado. Para esta determinação, os autores analisaram 102 forragens de diferentes espécies para FDN tratado com amilase e sulfito de sódio com base na matéria orgânica (aFDNmo) e FDNi usando diferentes tempos de fermentação de 12 até 504 h. O objetivo era atingir um ponto de fermentação em que o peso do resíduo não apresentasse mudanças com a adição de tempo de fermentação. Não foi detectada diferença no desaparecimento da aFDNmo em nenhum tempo de fermentação posterior a 240 h. Além disso, para testar se a aFDNmo degradável estava esgotada nas 240 h de fermentação, foi utilizado um teste de médias que confirmou a ausência de diferença entre os pontos de tempo de 240 h a 504 h. Isto permitiu fracionamento prático da FDN em FDNi e FDNpd por testes comerciais de laboratórios.

Mertens (1997) hipotetizou que a degradação da FDN é estimada com mais precisão quando a FDNpd é assumida como sendo a soma de duas frações degradáveis, FDN de degradação rápida e lenta. Posteriormente, Raffrenato e Van Amburgh (2011) confirmaram essa teoria. Eles modelaram a taxa de desaparecimento de 35 amostras diferentes de forragem de 0 a 240 h de fermentação. Os autores observaram que por 30 h a maior parte da fração rápida de degradação estava esgotada e por 120 h a fração lenta estava esgotada, e a fração indigestível após 240 h (FDNi240). Fazer esta distinção entre as duas

frações é importante, pois a taxa de degradação da FDNpd parece afetar os padrões de refeição e o CMS juntamente com FDNi.

4. FDN fisicamente efetivo

Para otimizar a eficiência digestiva e as funções próprias do rúmen é necessária a ingestão de partículas longas e fibrosas. Essas partículas formam o mat ruminal, que aumenta o tempo de retenção no rúmen de partículas que potencialmente poderiam deixar rapidamente prejudicando a digestibilidade. Estas partículas formam uma camada no rúmen que funciona como um leito de filtração, retendo partículas que poderiam escapar, mas que contêm FDN potencialmente digestível (pdNDF). Isso aumenta tanto a digestibilidade da FDN quanto a massa do conteúdo ruminal, ajudando a neutralizar os ácidos produzidos pela fermentação. A maior quantidade de conteúdo ruminal aumenta a capacidade tamponante do rúmen direta, através da troca catiônica, e indiretamente, estimulando contrações ruminais que facilitam a absorção dos ácidos provenientes da fermentação, bem como pela estimulação da ruminação e produção de saliva.

A fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) é a fração da dieta que contribui para a formação desse mecanismo de retenção no rúmen. Por mais que o aumento da FDNfe pode melhorar o tamponamento e a digestibilidade da fibra, aumentar a massa de conteúdo ruminal pode reduzir o consumo de matéria seca por distensão ruminal. Há diferentes métodos para medir a efetividade da FDN, mas a mais aceita é a capacidade de estimular mastigação. Outra abordagem amplamente utilizada é através da capacidade da fibra de manter o teor de gordura no leite.

A utilização da FDN fisicamente efetiva através da avaliação do tamanho de partículas provenientes dos ingredientes na formulação de dietas seguida pela avaliação da FDN fisicamente efetiva da TMR é útil devido a possibilidade de redução do tamanho das partículas da dieta durante o tempo de mistura no vagão. Essa avaliação é realizada através da mensuração do tamanho das partículas da dieta. Mertens (1997) sugeriu que a FDNfe das dietas deveria ser mensurada determinando a proporção de partículas da TMR retidas em uma

peneira de 1,18 mm e multiplicando pela concentração total de FDN da dieta. No entanto, esse método assume que a matéria seca e FDN da dieta são iguais distribuídas em todas as peneiras. Neste contexto, o conjunto de peneiras da Penn State (PSPS) surgiu como uma alternativa rápida e barata para caracterizar o tamanho de partículas de ingredientes e dietas nas fazendas.

O uso do Separador de Partículas de Penn State para medir fibra fisicamente efetiva com várias combinações de peneiras de 19, 8 e 1,18 mm pode inflar ou reduzir os valores de pef, em comparação com o método padrão de peneiramento a seco, resultando em correlações fracas entre FDNfe, o tempo total de mastigação e o pH ruminal (Grant e Cotanch, 2005). No entanto, é possível que um valor de fibra fisicamente efetiva de ração tal como fornecida na fazenda possa ser determinado usando o Separador de Partículas de Penn State adaptado com uma peneira de 4 mm, que forneça valores de FDNfe semelhantes ao método padrão de peneiramento a seco, embora sejam necessários mais estudos. Neste estudo, foi relatado um R^2 de 0,93 entre o FDNfe medido usando a peneira de 1,18 mm com peneiramento vertical a seco e o Separador de Partículas de Penn State usando uma peneira de 4,0 mm e agitação horizontal de amostras fornecidas de silagem de milho, silagem de alfafa e TMR. No geral, é evidente que para formular efetivamente dietas usando peNDF, conforme proposto por Mertens (1997) e atualmente implementado na indústria de laticínios, são necessários valores de pef derivados do peneiramento vertical a seco ou de um sistema que produza pef semelhante. Tentativas de avaliar o sistema FDNfe precisam utilizar a metodologia de peneiramento de partículas descrita por Mertens (1997) para serem válidas.

Recentemente Piran Filho et al. (2023) relatou uma maior efetividade da fibra para as partículas de 8 a 19 mm. Os autores relatam que a ruminação por quilograma de matéria seca e o pH ruminal sugerem alguma efetividade da FDNf, mesmo quando as partículas de silagem de milho são menores que 8 mm. No entanto, a mastigação total por quilograma de FDN e os níveis de LPS no sangue indicam que a FDN de partículas de silagem de milho menores que 8 mm é menos eficaz do que a FDN de partículas de CS com 8 a 19 mm. Em comparação com as partículas de silagem de milho de 8 a 19 mm, as partículas de silagem de milho maiores que 19 mm reduziram a produção de leite e seus componentes,

além de diminuir a mastigação total e promover a seleção contra partículas longas e a FDN da dieta. Esses resultados destacam que essa fração deve ser considerada com cautela ao se estimar a efetividade física da silagem de milho para vacas leiteiras e que deve ser utilizada na formulação de dietas apenas em combinação com medições frequentes de seleção alimentar.

5. FDN fisicamente ajustada

Recentemente, White et al. (2017) reavaliaram o conceito de FDNfe e propuseram o uso de FDN e descritores de tamanho de partículas, juntamente com outras características físicas e químicas da dieta, para prever o consumo de matéria seca (CMS), o tempo de ruminação e o pH ruminal em vacas leiteiras em lactação. Eles denominaram essa medida FDN fisicamente ajustada (FDNfa) e os novos requisitos nutricionais para gado leiteiro propõem o FDNfa como a medida preferida para avaliar a adequação de uma dieta para manter um determinado pH ruminal. O sistema FDNfa se baseia em uma medida de tamanho de partícula (peneira de 19 mm do Separador de Partículas de Penn State) e sua interação com FDN da dieta, FDN de forragem, amido e porcentagem de forragem. Conforme mencionado na publicação do NASEM (2021), o sistema FDNfa não foi concebido para ser utilizado na formulação de dietas, mas sim para ilustrar como a composição da dieta e o tamanho das partículas afetam o pH ruminal e para auxiliar na avaliação de dietas.

Este sistema não foi testado em campo, e ainda não se sabe se o FDNfa aumentará nossa capacidade de fornecer fibra para o gado leiteiro, mas ele difere do FDNfe em pelo menos três maneiras principais, que precisam ser entendidas e apreciadas: (1) o foco está na ruminação em vez de na mastigação total, então as contribuições da ingestão são excluídas; (2) o Separador de Partículas de Penn State é utilizado para medir o tamanho das partículas em amostras tal como fornecidas, em vez de peneiramento a seco (embora os resultados sejam expressos em base de matéria seca, o que pode ser desafiador para uso em campo); e (3) o foco está no pH ruminal em vez da resposta de mastigação. Um foco no pH ruminal (semelhante ao teor de gordura no leite em trabalhos anteriores sobre fibra efetiva) pode ser problemático do ponto de vista da formulação de dietas, porque o pH e a gordura no leite podem ser

influenciados por fatores não fibrosos, tanto químicos quanto físicos. Em contraste, o FDNfe está relacionado à atividade total de mastigação, que determina em grande parte a estrutura da camada bifásica do conteúdo ruminal, o tamponamento salivar e, em última análise, a dinâmica da passagem de partículas e da digestão. No futuro, os nutricionistas de gado leiteiro poderão continuar a confiar no FDNfe ou em um sistema semelhante para formulação de dietas e encontrar utilidade no FDNfa ou em alguma abordagem similar para avaliar dietas no campo e orientar sua estratégia de formulação.

6. Milk 2024

O MILK2024 foi desenvolvido para ser uma ferramenta importante na avaliação do valor nutritivo da silagem de milho e auxiliar na tomada de decisão para educadores, consultores e produtores de leite. Ele estima o conteúdo energético (leite/tonelada) e o rendimento energético (leite/hectare) da silagem de milho, considerando sua composição nutricional e produtividade. Essa abordagem é essencial, uma vez que a silagem de milho desempenha um papel fundamental nas rações de vacas leiteiras, fornecendo energia e fibra de maneira eficaz. Além disso, o uso de forragens produzidas na própria fazenda é uma opção mais econômica e nutricionalmente vantajosa do que a compra de concentrados. A escolha de híbridos de milho também influencia diretamente o valor nutritivo da silagem, e fatores como produtividade, saúde da planta e resistência à seca precisam ser cuidadosamente avaliados durante essa seleção.

O índice MILK foi introduzido pela primeira vez em 1990, passando por várias atualizações conforme o avanço da pesquisa em nutrição de vacas leiteiras. A versão mais recente antes do MILK2024 foi o MILK2006, que utilizava equações baseadas no NDT (nutrientes digestíveis totais) para estimar a produção de leite. O MILK2006 também incorporava a digestibilidade in vitro ou in situ da FDN (fibra em detergente neutro) e do amido como estimativas da digestibilidade in vivo desses nutrientes. No entanto, novos conceitos surgiram com o lançamento da oitava edição dos Requisitos Nutricionais para Gado Leiteiro (NASEM, 2021), criando a oportunidade para uma nova versão do índice MILK.

O modelo MILK2024 foi desenvolvido a partir dessas atualizações, incorporando equações modificadas do NASEM e novos conceitos em nutrição. Ele utiliza uma dieta basal, uma vez que o modelo NASEM calcula a energia da dieta como um todo, e não de ingredientes individuais. A dieta basal, que inclui 30% de silagem de milho, é baseada em uma dieta típica do meio-oeste dos Estados Unidos. A produção de leite estimada no MILK2024, no entanto, não inclui essa dieta basal, pois o objetivo é estimar o valor energético da silagem de milho isoladamente.

Uma das mudanças significativas no MILK2024 em relação ao MILK2006 é a exclusão da necessidade de se estimar a concentração de matéria seca, que anteriormente era usada para calcular a digestibilidade do amido. Agora, o modelo utiliza exclusivamente o valor de digestibilidade do amido de 7 horas (amidoD). Além disso, o MILK2024 introduz uma nova entrada para a FDN indigestível de 240 horas (FDNi), que é utilizada juntamente com a digestibilidade da FDN (FDND) para os cálculos da digestibilidade in vivo da fibra.

Outro avanço importante no MILK2024 é o uso de modelos mecanicistas para calcular a digestibilidade do amido e da FDN, em vez de simples regressões, como nas versões anteriores. A taxa de digestão da FDN é estimada a partir da FDND com pontos de tempo de 30 ou 48 horas, enquanto a taxa de digestão do amido é estimada a partir do amidoD de 7 horas. Essa abordagem melhora a precisão das previsões de digestibilidade em comparação com versões anteriores do índice.

Além disso, o MILK2024 não calcula mais os nutrientes digestíveis totais (NDT) para estimar a energia líquida de lactação (ELL), como era feito nas versões anteriores. Em vez disso, ele utiliza diretamente o modelo NASEM para calcular a energia digestível (ED) da dieta, subtraindo as perdas de energia para calcular a ELL. O MILK2024 também atualiza a composição do leite estimado, prevendo a produção de leite com 4,0% de gordura, 3,1% de proteína verdadeira e 4,8% de lactose, valores mais representativos das vacas leiteiras modernas.

Durante os testes, o MILK2024 apresentou valores médios de leite por tonelada ligeiramente superiores aos do MILK2006, com uma faixa de variação e desvio padrão menores. Além disso, o MILK2024 demonstrou uma capacidade aprimorada de distinguir amostras com diferentes composições nutricionais, o

que indica que pequenas diferenças entre amostras ou híbridos são mais significativas com o novo modelo. Por fim, o MILK2024 continua a oferecer uma ferramenta valiosa para avaliar a silagem de milho e guiar decisões relacionadas à nutrição e produtividade, trazendo melhorias em relação a suas versões anteriores e refletindo melhor a realidade das dietas modernas e da produção de leite atual.

7. Fibra em detergente neutro indigestível

A fração indigestível da FDN da dieta é composta pelas frações de celulose e hemicelulose ligadas a lignina, o que impossibilita a degradação no rúmen, independente do tempo de fermentação. Mertens (2013) desenvolveu o termo FDN indigestível (FDNi) ao se referir a medida laboratorial do resíduo de FDN restante em uma duração de fermentação específica. Estudos mostram forte correlação negativa entre o teor de FDNi na dieta e o consumo de matéria seca (CMS) e produção de leite. Miller et al. (2021) explanaram que a limitação do CMS deve ocorrer quando o teor de FDNi exceder 9,5 a 10% da matéria seca (MS) da dieta, para dietas à base de silagem de milho e silagem de pré-secado. Portanto, melhorar a digestibilidade da FDN pode impactar positivamente o desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de silagem de milho.

Oba e Allen (1999) encontraram que o incremento em uma unidade da digestibilidade aparente total de FDN foi associada positivamente a 0,17 kg de CMS e 0,23 kg de produção de leite por vaca. Ainda, há evidências na literatura que diferentes teores de FDNi na dieta podem afetar o comportamento alimentar de vacas leiteiras, aumentando o tempo de ruminação e alimentação. Apesar dos efeitos encontrados na literatura referente aos teores de FDNi na dieta de vacas leiteiras, a indicação do melhor nível de utilização ainda é desconhecida, notadamente em condições brasileiras e em dietas baseadas unicamente em silagem de milho como volumoso. As estimativas de necessidades nutricionais de uso de fibra feitas pelo NASEM (2021) evoluíram pouco referente ao NRC (2001). A estimativa da quantidade de FDN da dieta baseia-se na fonte do FDN (FDN de forragem ou não-forragem) e na quantidade de amido presente na dieta, sem considerar características qualitativas da FDN (NASEM, 2021). Kahyani et

al. (2019) demostraram que alterar a fonte de forragem em dietas isocalóricas e isoproteicas afeta o CMS, pH ruminal, digestibilidade aparente total da FDN, balanço de energia e eficiência produtiva de vacas leiteiras. Stensig e Robinson (1997) avaliaram os efeitos da utilização de silagem de alfafa e silagem de timóteo (Phleum pratense) como diferentes fontes de forragem em dietas com teor de FDN similar (46,9% e 49,4%, respectivamente), porém diferindo no teor de FDNi (21,7% e 12,2%, respectivamente) sobre a cinética digestiva de vacas em lactação. Os autores afirmaram que o maior FDNi da silagem da alfafa resultou em 16 maior preenchimento físico ruminal que a silagem de timóteo, porém a fração digestível da FDN da silagem de alfafa apresentou maior taxa de degradação, aumentando a taxa de passagem, fazendo com que os grupos apresentassem CMS similares. Ivan et al. (2005) avaliaram o desempenho de vacas em lactação utilizando um hibrido de milho para silagem com baixo teor de parede celular e digestibilidade e outro com alto teor de parede celular e digestibilidade, em síntese as vacas que comeram a dieta com maior teor de parede celular (FDN), apresentaram melhor desempenho, por conta da maior digestibilidade da fibra.

Entretanto, apesar de alguns relatos encontrados na literatura, o FDNi dietético como uma variável capaz de influenciar o desempenho do animal bem como o comportamento ingestivo não tem sido amplamente estudado. Devido a isso, este trabalho buscou entender melhor como níveis decrescentes de FDNi na dieta afeta vacas em lactação em diversos aspectos, utilizando a silagem de milho como única fonte de volumoso, alterando a altura de corte de plantas provindas de um único hibrido de milho.

8. Conclusão

A fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) é uma medida laboratorial que avalia a quantidade de hemicelulose, celulose e lignina presentes em um alimento ou dieta. Contudo, essa análise assume que toda a FDN tem o mesmo comportamento no trato gastrointestinal, o que pode não ser o caso. Pesquisas anteriores mostram que dietas com o mesmo teor de FDN e tamanho de partículas, mas com diferentes concentrações de FDN indigestível (FDNi),

impactam de maneira distinta o desempenho produtivo e o consumo de matéria seca de vacas em lactação.

Assim como o balanceamento de proteína nas dietas é feito com base no perfil de aminoácidos, a fibra deveria ser ajustada conforme sua qualidade, para melhorar os resultados produtivos. Isso é particularmente relevante em países tropicais, como o Brasil, onde o teor de FDNi na silagem de milho tende a ser mais alto. Ferramentas como o MILK2024, ou estratégias como o aumento da altura de corte da planta, podem ser cruciais na escolha do híbrido de milho ou na melhoria da qualidade da silagem.

Ao reconhecer que a fração de FDN varia entre os alimentos, ajustar a qualidade da fibra juntamente com um tamanho de partículas adequado deve se tornar uma prioridade no futuro da formulação de dietas para vacas leiteiras. Isso pode otimizar tanto o desempenho quanto o bem-estar dos animais, garantindo uma produção mais eficiente.

9. Referências bibliográficas

Allen, M. S. 1997. Relationship between ruminal fermentation and the requirement for phisically effective fiber. J. Dairy Sci. 80: 1447-1462.

Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83:1598-1624.

Allen, M. S.; Piantoni, P. Metabolic Control of Feed Intake. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v. 29, n. 2, p. 279–297, jul. 2013.

Allen, M. S., D. O. Sousa; M. J. Vandehaar. 2019. Equation to predict feed intake Response by lactating cows to factors related to the filling effect of rations. J. Dairy Sci. 102: 7961-7969.

Asif, M. Sustainability of timber, wood and bamboo in construction. Em: Sustainability of Construction Materials. [s.l.] Elsevier, 2009. p. 31–54.

Buxton, D. R. 1996. Quality-related characteristics of forages as influenced by plant environment and agronomic factors. Ani. Feed Sci. Tech. 59:37-49

Buxton, D. R., and Redfearn D. D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. J. Nutr. 127:814-818

Combs, D. K. 2013. TTNDFD: A new approach to evaluate forages. In proceedings from 2013 Cornell Nutr. Conf. Dept. Anim. Sci., Cornell Univ., Ithaca, NY (2013), pp. 113-125.

Cotanch, K. W., R. J. Grant, M. E. Van Amburgh, A. Zontini, M. Fustini, A. Palmonari, and Formigoni A. 2014. Applications of INDF in ration modeling and formulation. Pages 114-131 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY.

Devries, T. J.; Dohme, F.; Beauchemin, K. A. Repeated Ruminal Acidosis Challenges in Lactating Dairy Cows at High and Low Risk for Developing Acidosis: Feed Sorting. Journal of Dairy Science, v. 91, n. 10, p. 3958–3967, out. 2008.

Diepersloot, E. C.; Heinzen, C.; Saylor, B. A.; Ferraretto, L. F. Effect of cutting height, microbial inoculation, and storage length on fermentation profile and nutrient composition of whole-plant corn silage. Translational Animal Science, v. 6, n. 2, 1 abr. 2022.

Ferraretto, L. F., and R. D. Shaver. 2012. Meta-analysis: Impact of corn silage harvest practices on intake, digestion and milk production by dairy cows. Prof. Anim. Sci. 28:141–149.

Ferraretto, L. F.; Shaver, R. D. Effects of whole-plant corn silage hybrid type on intake, digestion, ruminal fermentation, and lactation performance by dairy cows through a meta-analysis. Journal of Dairy Science, v. 98, n. 4, p. 2662–2675, abr. 2015.

Ferraretto, L. F., P. M. Crump, and R. D. Shaver. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. J. Dairy Sci. 96: 533-550.

Ferraretto, L. F.; Shaver, R. D.; Luck, B. D. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting Journal of Dairy Science. 2018.

Fustini, M.; Palmonari, A.; Canestrari, G.; Bonfante, E.; Mammi, L.; Pacchioli, M.T.; Sniffen, G.C.J.; Grant, R.J.; Cotanch, K.W.; Formigoni, A.. Effect of INDigested neutral detergent fiber content of alfalfa hay on lactating dairy cows: feeding behavior, fiber digestibility, and lactation performance. Journal Of Dairy Science, [S.L.], v. 100, n. 6, p. 4475-4483, jun. 2017. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2016-12266.

Grant, R. J. 2010. Forage fragility, fiber digestibility, and chewing response in dairy cattle. Pages 27-40 in Proc. Tri-State Dairy Nutr. Conf. Fort Wayne, IN.

Grant, R. J., and Cotanch K. W. 2012. Higher forage diets: Dynamics of passage, digestion, and cow productive responses. Pages 45-57 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY. Cornell University, Ithaca, NY.

Grant, R. J. and K. W. Cotanch. 2017. Applications of uNDF in ration formulation and feedbunk management. Proc. California Animal Nutrition Conference. Fresno, CA.

Grant, R. J., W. A. Smith, M. D. MILLER, K. ISHIDA, and OBATA A. 2018. Relationships between undigested and physically effective fiber in lactating dairy

cows. Pages 35-47 in Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY. Cornell Univ., Ithaca, NY

Hall, M. B., and Mertens D. R. 2017. A 100-year review: carbohydrates characterization, digestion, and utilization. J Dairy Sci. 100: 10078-10093.

Hoffman, P. C., R. D. Shaver, and D. R. Mertens. 2012. Feed GrainV2.0 background and development guide. UW Extension.

Huhtanen, P.; Kaustell, K.; Jaakkola, S. The use of internal markers to predict total digestibility and duodenal flow of nutrients in cattle given six different diets. Animal Feed Science and Technology, v.48, p.211-227, 1994.

Ivan, S. K.; Grant, R. J.; Weakley, D.; BECK, J. Comparison of a corn silage hybrid with high cell-wall content and digestibility with a hybrid of lower cell-wall content on performance of holstein cows. Journal of Dairy Science, v. 88, n. 1, p. 244– 254, 2005. 003300060037x.

Jung, H. J., D. A. SAMAC, AND G. SARATH. 2012. Modifying crops to increase cell wall digestibility. Plant Sci. 185:65–77.

Kahyani, A.; Ghorbani, G.R.; Alikhani, M.; Ghasemi, E.; Sadeghi-sefidmazgi, A.; Nasrollahi, S.M. Adjusting for 30-hour Indigested neutral detergent fiber in substitution of wheat straw and beet pulp for alfalfa hay and corn silage in the diet of high-producing cows. Journal Of Dairy Science, [S.L.], v. 102, n. 8, p. 7026-7037, ago. 2019. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2018-1574

Krizsan, S. J.; Ahvenjärvi, S.; Huhtanen, P. A meta-analysis of passage rate estimated by rumen evacuation with cattle and evaluation of passage rate prediction models. Journal of Dairy Science, v. 93, n. 12, p. 5890–5901, dez. 2010.

Kung, L.; Moulder, B. M.; Mulrooney, C. M.; Teller, R. S.; Schmidt, R. J. The effect of silage cutting height on the nutritive value of a normal corn silage hybrid compared with brown midrib corn silage fed to lactating cows. Journal of Dairy Science, v. 91, n. 4, p. 1451–1457, 2008.

Kononoff, P.J.; Heinrichs A. J.; Buckmaster D.R. (2003) 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. doi:10.3168/jds.S0022-0302(03)73773-4.

Lippke, H. Regulation of voluntary intake of ryegrass and sorghum forages in cattle by indigestible neutral detergent fiber. J. Anim. Sci. 1986, 63, 1459–1468.

Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:1463-1481.

Mertens, D. R. 2009. Maximizing forage use by dairy cows. Western Canadian Dairy Seminar. Advances in Dairy Technology. 21:303-319.

Mertens, D. R. 2015. Underlying fiber concepts and definitions. Proc. Cornell Nutr. Conf. Feed Manufac. East Syracuse, NY, Cornell Univ., Ithaca, NY.

Mertens, D. R. 2016. Using INDF to predict dairy cow performance and design rations. Proc. Four-State Dairy Nutrition and Management Conference, Dubuque, IA (2016), pp. 12-19.

Mertens, D. R. 2013. Indigestible versus Undigested NDF—The distinction. Unpublished white paper prepared for 2013 Fiber Group meeting, Syracuse, NY.

Miller, M. D.; Kokko, C.; Ballard, C. S.; Dann, H. M.; Fustini, M.; Palmonari, A.; Formigoni, A.; Cotanch, K. W.; Grant, R. J. Influence of fiber degradability of corn silage in diets with lower and higher fiber content on lactational performance, nutrient digestibility, and ruminal characteristics in lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science, v. 104, n. 2, p. 1728–1743, 1 fev. 2021.

Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Washington, D.C.: National Academies Press, 2001.

NASEM (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine). 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 8th rev. ed. The National Academies Press.

Oba, M., and M. S. Allen. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82:589–596.

Oba, M., and M. S. Allen. 2000. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 1. feeding behavior and nutrient utilization. J. Dairy Sci. 83:1333–1341. Oba, M., and M. S. Allen. 2000b. Effects of brown midrib 3 mutation in corn silage on productivity of dairy cows fed two concentrations of dietary neutral detergent fiber: 3. digestibility and microbial efficiency. J. Dairy Sci. 83:1350–1358.

Piran Filho, F. A.; Bragatto, J. M.; Parra, C. S.; Silva, S. M. S.; Roco, P. J.; Ferraretto, L. F.; Pereira, M. N.; Daniel, J. L. P. Physical effectiveness of corn silage fractions stratified with the Penn State Particle Separator for lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, v. 106, n. 9, p. 6041–6059, 1 set. 2023.

Raffrenato, E.; Van Amburgh, M.E. Technical note: improved methodology for analyses of acid detergent fiber and acid detergent lignin. Journal Of Dairy Science, v. 94, n. 7, p. 3613-3617, jul. 2011. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2010-3701.

Serva, L.; Magrin, L.; Andrighetto, I.; Marchesini, G. Short communication: the relationship between dietary particle size and INDegraded neutral detergent fibre in lactating dairy cows. Animal Feed Science And Technology, [S.L.], v. 279, p. 115017, set. 2021. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115017.

Schwab, E. C., R. D. Shaver, J. G. Lauer, and J. G. COORS. 2003. Estimating silage energy value and milk yield to rank corn hybrids. Anim. Feed Sci. Technol. 109: 1-18.

Tebbe, A. W., M. J. Faulkner, and W. P. Weiss. 2017. Effect of portioning the nonfiber carbohydrate fraction and neutral detergent fiber method on digestibility of carbohydrates by dairy cows. J. Dairy Sci. 100: 6218-6228

Van Soest, P.J. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. J. Animal Sci. 26:119-128.

Van Soest, P. J.;. Robertson, J. B.; Lewis, B. A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597. doi:10.3168/JDS.S0022-0302(91)78551-2.

Van soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press, Ithaca, NY

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, v. 100, n. 12, p. 9551-9568, dez. 2017. American Dairy Science Association. http://dx.doi.org/10.3168/jds.2017-12765

Zebeli, Q.; Ametaj, B. N.; Junck, B.; Drochner, W. Maize silage particle length modulates feeding patterns and milk composition in loose-housed lactating Holstein cows. Livestock Science, v. 124, n. 1–3, p. 33–40, set. 2009.

Autor

Daniel J. C. Vieira

CAPÍTULO 3

Nutrição de vacas leiteiras e produção de sólidos não lácteos

Gustavo Ferreira de Almeira, Francine Basso Facco

https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-30-5.c3

Resumo

A preocupação com a viabilidade econômica e ambiental dos sistemas produtivos levam os técnicos das mais diversas áreas do conhecimento a buscarem a otimização na utilização dos insumos. Essa premissa não é diferente na cadeia produtiva do leite. Sendo o rendimento industrial dependente do teor de sólidos recebido e que bonificações por aumentos nos teores de gordura e proteína no leite já são realizados nas principais empresas do país, aumentado o interesse dos produtores por meios que promovam aumento no teor de sólidos no leite. Este trabalho revisa o impacto da nutrição sobre a produção de sólidos no leite, com foco nos mecanismos de síntese de gordura e proteína. A nutrição adequada, aliada ao manejo alimentar eficiente, permite maximizar a produção de sólidos no leite, favorecendo a saúde animal e atendendo às demandas da indústria.

1. Introdução

A composição do leite é um reflexo direto da interação entre fatores genéticos, fisiológicos e nutricionais das vacas leiteiras (NRC, 2001). Entre os principais componentes do leite destacam-se a gordura e a proteína, que possuem grande valor econômico e industrial (Santos e Fonseca, 2019). A nutrição é considerada um dos fatores mais influentes na modulação da produção e composição desses sólidos, uma vez que o fornecimento adequado de nutrientes impacta diretamente na eficiência metabólica e produtiva dos animais.

Viégas J., Otto P.I., Montagner, P., Bermudes R.F., Valle T.A., Tonin T. (Orgs.) © 2024 Mérida Publishers CC-BY 4.0

O conhecimento aprofundado sobre as exigências nutricionais e o manejo alimentar permite que os produtores ajustem a dieta das vacas, maximizando a síntese de componentes de interesse, como a gordura e a proteína, sem comprometer a saúde animal ou o equilíbrio ruminal. Além disso, a análise da composição do leite pode ser utilizada como ferramenta diagnóstica para identificar desequilíbrios nutricionais e ajustar o manejo alimentar visando melhorar o desempenho e a eficiência da produção. Este trabalho discute os fatores ligados a nutrição de vacas leiteiras e como estes fatores podem afetar a produção e composição dos sólidos do leite.

2. Nutrição e sólidos do leite

O potencial de alteração da composição do leite é uma ferramenta estratégica que pode ser utilizada pelos produtores para aumentar a lucratividade da fazenda leiteira, especialmente quando o pagamento pelo leite varia conforme sua composição. Entre as principais estratégias de alteração, destacam-se as nutricionais, o manejo reprodutivo e o melhoramento genético dos rebanhos. Essa capacidade de modificar a composição do leite pode ser aplicada para aumentar a eficiência da indústria de laticínios, visando a elaboração de produtos lácteos de alta qualidade.

Os carboidratos compreendem 70% da dieta de vacas leiteiras, e podem ser de origem fibrosa ou não fibrosa. O NASEM (2021), classifica os carboidratos como amido e matéria orgânica residual (carboidratos não fibrosos - amido), que refletem na maior produção leiteira. Por outro lado, a fibra em detergente neutro (FDN), vai atuar na saúde ruminal e manutenção do pH ruminal, refletindo então, na gordura e proteína do leite. Diversos fatores influenciam o teor de sólidos do leite, sendo a gordura o componente que apresenta maior variação devido ao seu processo de síntese (Jensen, 2002).

A proteína do leite está relacionada ao rendimento da produção leiteira, sendo um dos componentes de maior valor econômico, e pode ser influenciada por fatores como, estágio de lactação, formulação da dieta, manejo alimentar e conforto ambiental. O aumento de ingestão de MS tem o potencial de aumentar o teor de proteína do leite em cerca de 0,2 unidades percentuais, pois aumenta

a disponibilidade de nutrientes para o metabolismo microbiano ruminal (Tyasi et al., 2015; Santos e Fonseca, 2019). A ingestão de alimentos pode ser maximizada por meio do aumento no número de refeições e consumo médio por refeições (Nielsen, 1999). Para que haja um aumento na quantidade total ingerida, é necessário que o tamanho da refeição seja maior e que a frequência das refeições não diminua. Além disso, os animais precisam ter tempo suficiente para realizar a refeição (NRC, 2001). O manejo adequado do cocho e a manutenção de um ambiente limpo são fundamentais para maximizar o consumo de alimentos e melhorar o teor de sólidos do leite nas vacas. É essencial retirar as sobras da dieta antes do primeiro trato do dia para evitar contaminação, além de garantir que os bebedouros sejam limpos frequentemente. Em sistemas onde o concentrado é fornecido separadamente do volumoso, aumentar a frequência de fornecimento se torna importante para aumentar o consumo. Além disso, é necessário que o alimento esteja sempre acessível e próximo das vacas, sendo recomendável, mexer ou empurrar a dieta para próximo das vacas, facilitando o acesso e consumo. A qualidade da mistura da Ração Total (TMR) também é importante, pois uma mistura inadequada pode resultar em seleção dos alimentos pelos animais (Sova et al., 2014). O estresse térmico e a fadiga também influenciam no consumo. A principal resposta ao estresse térmico é a redução no CMS (Santos e Fonseca, 2019), isso pode ser evitado fornecendo sombreamento aos animais. Uma vaca gasta entorno de meio litro de leite por quilometro percorrido (NRC, 2001).

Uma das principais fontes dietética de aminoácidos para a glândula mamária é proteína microbiana. A proteína microbiana apresenta em média 80% de aminoácidos e 80% de digestibilidade intestinal, ou seja, cerca de 64% da proteína microbiana é utilizada como fonte de proteína metabolizável pela vaca (NRC, 2001). Dietas com maior proporção de concentrados aumentam o teor de proteína do leite, devido à maior disponibilidade de nutrientes no rúmen e ao aumento da produção de proteína microbiana. De acordo com Ferraretto et al. (2013), a cada aumento de unidade percentual de amido na dieta, há um aumento na produção de leite e teor de proteína do leite (0,02 %). Por outro lado, o teor de gordura reduz (0,02%), exigindo assim, um equilíbrio na dieta. O teor de gordura do leite é positivamente correlacionado à relação acetato: propionato

e ao pH ruminal (Ferraretto et al., 2013). A acidificação excessiva do rúmen prejudica a digestibilidade da fibra, reduzindo a concentração de acetato (principal percurso da gordura), reduzindo assim síntese de gordura no leite (Santos e Fonseca, 2019).

As forragens são importantes para a produção de leite, pois além de fornecerem nutrientes para os animais, são fundamentais para a saúde do rúmen. A importância das forragens como base das dietas foi destacada por Lundquist (1995), que apresentou uma pirâmide alimentar (figura 1) para vacas leiteiras, enfatizando o papel central das forragens.

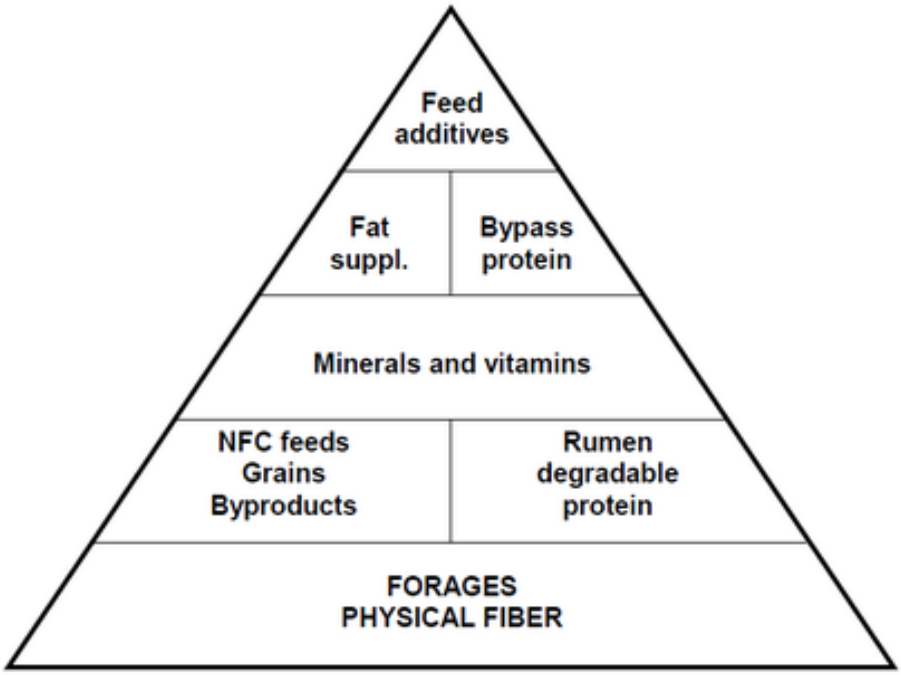


Figura 1. A pirâmide alimentar de Lundquist (1995).

A qualidade da forragem é essencial para garantir uma dieta equilibrada e eficiente para o gado leiteiro, afetando diretamente a saúde ruminal e a produção de leite. O conceito de FDN fisicamente efetiva (FDNfe) foi desenvolvido para garantir a quantidade mínima de fibra necessária para manter níveis adequados de gordura no leite (Mertens, 1997). No rúmen, nem toda a FDN presente na dieta exerce um efeito eficiente no metabolismo, pois algumas fibras podem não possuir as características físicas adequadas, como tamanho e densidade das partículas. A FDN da forragem tem menor densidade inicial, digere-se de forma mais lenta e permanece no rúmen por mais tempo em

comparação com outros componentes da dieta (Allen, 2000). O conteúdo de FDN da forragem está fortemente ligado à ingestão de matéria seca (DMI) em ruminantes, atuando como um bom preditor dessa ingestão. Quando os ruminantes consomem forragens com FDN de baixa digestibilidade, como é o caso da cana de açúcar, que possui 25 % do seu material com FDN não degradável (Valadares Filho et al., 2018), o CMS vai ser reduzido em função do enchimento ruminal. O efeito de preenchimento, que regula a quantidade de alimento consumido, é influenciado pelo tamanho das partículas da forragem, pelo teor de fibra e pela digestibilidade dos alimentos (Allen, 2000). Ao reduzir o tamanho de partícula da cana de açúcar, estimula-se um maior consumo, pois partículas menores podem facilitar a digestão e minimizar a sensação de preenchimento no rúmen, permitindo que os ruminantes ingiram uma quantidade maior de alimento. De acordo com Oba e Allen (1999), o aumento de uma unidade na digestibilidade do FDN resulta em 170 g de CMS e resulta em 250 g a mais na produção de leite.

A nutrição adequada, focada na maximização da produção de sólidos no leite (proteína e gordura do leite), permite não apenas aumentar a produção leiteira, mas também a melhora a saúde e bem-estar de vacas leiteiras. Isso resulta em benefícios diretos para os produtores, como maiores margens de lucro e a capacidade de atender a padrões de qualidade exigidos pelo indústria de laticínios.

3. Composição do leite

O leite é uma combinação de diversos elementos sólidos em água e seus principais componentes são, gordura, proteína e lactose (NRC, 2001). Sendo resultante da combinação de uma dispersão de proteínas no soro; emulsão de gorduras e vitaminas lipossolúveis em água; e solução aquosa de lactose, sais minerais e vitaminas hidrossolúveis (Santos e Fonseca, 2019). O processo de síntese do leite depende da adequada disponibilidade de nutrientes (precursores absorvidos a partir do sangue), da capacidade de captação dos precursores e conversão em componentes do leite (Santos e Fonseca, 2019).

Analisar a composição do leite da fazenda pode ser uma ferramenta para tomada de decisões de ajustes de dieta e manejo. A proporção e quantidade em que cada componente se encontra no leite sofrem influência direta do status nutricional e metabólico do animal lactante. Este último se refere à adaptação do animal ao desafio imposto por nova lactação, que invariavelmente implica em desequilíbrios energéticos, proteicos e minerais, especialmente nas primeiras semanas da lactação (NASEM, 2021). Sendo a nutrição a maneira mais efetiva para se conseguir mudanças rápidas na composição do leite, a fim de se obter os teores de sólidos exigidos pelas normas industriais. No entanto, as correlações entre nutrientes da dieta e síntese de sólidos no leite não são simples, de maneira que o aumento de um constituinte em particular na dieta, não necessariamente resulta em aumento deste constituinte no leite (Sutton, 1989; De Peters e Cant, 1992).

3.1. Gordura

A gordura secretada no leite é sintetizada a partir de ácidos graxos, que podem ser de duas origens: a) ácidos graxos de cadeia longa pré-formados (C6 a C18), com origem da dieta ou mobilização das reservas corporais, sendo transmitidos diretamente para o sangue; b) síntese de novo de ácidos graxos (C4 a C14), com origem na síntese de novo pelas células da glândula mamaria, tendo o acetato e o butirato como principais percursores (Santos e Fonseca, 2019).

O teor de gordura no leite é influenciado por fatores ligados ao animal e à dieta. Entre os fatores animal estão a genética, estágio da lactação e saúde da glândula mamária (Jensen, 2002). Já os fatores alimentares incluem o consumo de carboidratos não fibrosos, o perfil de lipídeos na dieta e a ingestão de energia. Mertens (1997) destacou que o teor mínimo de fibra em detergente neutro (FDN) fisicamente efetiva necessário para manter teores de 3,4% de gordura no leite é de 19,7% da matéria seca (MS), e que o aumento desse teor contribui até certo ponto para a elevação da gordura no leite, mas sem efeito adicional após atingir um limite.

Os lipídeos da dieta, embora fornecidos em baixos níveis (cerca de 3% da MS), são fundamentais, contribuindo com cerca de 50% da gordura do leite (NRC, 2001). Fontes lipídicas, como sementes oleaginosas, liberam ácidos graxos insaturados gradualmente no rúmen, reduzindo a taxa de biohidrogenação e permitindo uma maior eficiência na absorção (Bauman e Grinari, 2003).

A inclusão de lipídeos na dieta de vacas lactantes aumenta a energia disponível sem comprometer o pH ruminal (De Almeida et al., 2017). Ferraretto (2013) demonstrou que a adição de amido reduz o teor de gordura no leite, enquanto o ácido linoleico conjugado (CLA) é um potente inibidor da síntese de gordura. O uso de caroço de algodão também mostrou efeitos benéficos no aumento da gordura do leite devido ao estímulo da fermentação e produção de acetato (Coppock et al., 1985; Horner et al., 1988).

Por outro lado, a inclusão de lipídeos de oleaginosas pode aumentar a produção de gordura, enquanto o uso de monensina tem um efeito negativo na ingestão de MS e na produção de gordura (Duffield et al., 2008). Roche et al. (2005) relatam que a modificação da dieta para aumentar a diferença aniônica (DCAD) também pode ser eficaz para aumentar a produção de gordura. Em um estudo realizado por Harrison et al. (2012), os autores relatam que quando houve aumento de 1,3% para 2,1% de potássio (K) na dieta de vacas em lactação, a produção diária de gordura aumentou de 1.69 kg/dia para 1.79 kg por dia.

3.2. Proteína

Nas células epiteliais mamárias, a síntese de proteínas do leite ocorre no retículo endoplasmático rugoso, a partir dos aminoácidos presentes no sangue. Além das proteínas verdadeiras e peptídeos, o leite contém compostos de nitrogênio não proteico provenientes da circulação sanguínea (Santos e Fonseca, 2019). Quando a dieta das vacas apresenta excesso de proteína degradável no rúmen, há um aumento nos níveis de amônia no sangue, que é convertida em ureia e excretada tanto na urina quanto no leite (Broderick, 2003). O teor de nitrogênio ureico no leite (NUL) é uma ferramenta útil para monitorar o status do metabolismo proteico das vacas leiteiras, ajudando a identificar

possíveis desequilíbrios no consumo e utilização de proteína (Santos e Fonseca, 2019).

A produção de proteína no leite de vacas é influenciada principalmente pela proteína e energia da dieta, no entanto, essa variação é menor em relação ao teor de gordura do leite. Apesar de serem eficientes no uso de proteína, vacas excretam grande quantidade de nitrogênio (N) pelas fezes e urina, o que justifica a busca por formas de melhorar a utilização desse nutriente (Broderick, 2003). Cerca de 25% a 30% da proteína bruta (PB) consumida é convertida em proteína no leite (Hanigan et al., 1998), sendo que o excesso de PB na dieta pode causar impactos econômicos e ambientais negativos (Broderick, 2003).

A redução do teor de PB nas dietas pode diminuir a excreção de N, mas há o risco de prejudicar a produção animal, já que a proteína fornece aminoácidos essenciais para a síntese de leite (NRC, 2001). A energia líquida para lactação (ELL) também é fundamental, pois aumenta a produção e o teor de proteína no leite, com cada 1 Mcal adicional de ELL resultando em 0,23% a mais de proteína (DePeters e Cant, 1992).

A eficiência da conversão do N ingerido em proteína do leite pode ultrapassar 30% com um balanceamento adequado de proteína e energia (Broderick, 2006; Schwab et al., 2007). O uso de aminoácidos como lisina e metionina, que são essenciais e limitantes na dieta, melhora a produção de proteína no leite. Recomenda-se concentrações de 7,2% de lisina e 2,4% de metionina na proteína metabolizável (PM) para otimizar a produção de proteína no leite (NRC, 2001).

Broderick et al. (2008) estudaram a inclusão de metionina protegida da degradação ruminal (MPDR) em vacas holandesas, demonstrando que a combinação de 16,1% de PB e 10 g de MPDR foi a mais eficiente na utilização de N, sem comprometer a produção de leite. Além disso, a suplementação com metionina resultou em aumento no teor de proteína e na fração de caseína do leite, o que melhora o rendimento na produção de queijos (Leonardi et al., 2003).

4. Considerações finais

A indústria da transformação se beneficia com maior teor de sólidos no leite, aumentando a eficiência do sistema ao melhorar o rendimento industrial. A nutrição desempenha um papel importante na composição e produção de sólidos do leite, impactando diretamente a quantidade e qualidade de componentes como gordura e proteína. Uma dieta equilibrada, que atenda às necessidades energéticas e proteicas do animal, é essencial para maximizar a produção desses sólidos, influenciando a eficiência produtiva e a lucratividade da fazenda leiteira. Estratégias nutricionais, como o ajuste na inclusão de carboidratos, lipídeos e aminoácidos essenciais, podem ser usadas para otimizar a produção de sólidos, atendendo tanto às demandas produtivas quanto aos padrões de qualidade da indústria de laticínios.

5. Referências bibliográficas

Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 83:1598– 1624. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2

Bauman, D.E., J.M. Griinari. 2003. Nutritional regulation of milk fat synthesis. Annu. Rev. Nutr. 23:203-227. 10.1146/annurev.nutr.23.011702.073408.

Broderick, G.A.,M.J. Stevenson, R.A. Patton, N.E. Lobos, J.J. Olmos Colmenero. 2008. Effect of supplementing rumen-protected methionine on production and nitrogen excretion in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 91(3):1092-1102. https://doi.org/ 10.3168/jds.2007-0769

Broderick, G. A. 2006. Nutritional strategies to reduce crude protein in dairy diets. Proc. 21st Annual Southwest Nutrition and Management Conference, Tempe, AZ.

Broderick, G.A. 2003. Effects of varying dietary protein and energy levels on the production of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86(4): 1370-1381. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73721-7

Coppock, C.E., J.W. West, J.R. Moya, D.H. Nave, J.M. LaBore, K.G. Thompson, L.D. Rowe, C.E. Gates. 1985. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physio- logical responses of dairy cows. J. Dairy Sci. 68(9): 2248-2258. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81097-3

De Almeida, G.F., T.A. Del Valle, P.G. De Paiva, E.F. De Jesus, R.V. Barletta, J.R. Gandra, C.S. Takiya, F.P. Rennó. 2017. Effects of whole raw soybean or whole cottonseed on milk yield and composition, digestibility, ruminal

fermentation and blood metabolites of lactating dairy cows. Anim. Prod. Sci.57(1): 122-128.

De Peters, E.J., Cant, J.P. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk: a review. J. Dairy Sci. 75(8):2043-2070. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77964-8

Duffield, T.F., A.R. Rabiee, I.J. Lean. 2008. A meta-analysis of the impact of monensin in lactating dairy cattle. Part 1. Metabolic effects. J. Dairy Sci. 91(4): 1334-1346. https://doi.org/10.3168/jds.2007-0607

Ferraretto, L.F., P.M. Crump, R.D. Shaver. 2013. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. J. Dairy Sci. 96(1): 533-550. https://doi.org/10.3168/jds.2012-5932

Hanigan, M.D., J.P. Cant, D.C. Weakley, J.L. Beckett. 1998. An evaluation of postabsorptive protein and amino acid metabolism in the lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 81(2): 3385-3401. https://doi.org.10.3168/jds.S0022-0302(98)75903-X.

Harrison, J., R. White, R. Kincaid, E. Block, T. Jenkins, N. St-Pierre. 2012. Effectiveness of potassium carbonate sesquihydrate to increase dietary cation-anion difference in early lactation cows. J. Dairy Sci. 95(7): 3919-3925. https://doi.org/10.3168/jds.2011-4840

Horner, J.L., L.M. Windle, C.E. Coppock, J.M. LaBore, J.K. Lanham, D.H. Nave. 1988. Effects of Whole Cottonseed, Niacin, and Niacinamide on In Vitro Rumen Fermentation and on Lactating Holstein Cows. J. Dairy Sci. 71(12): 3334-3344. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79938-5

Jensen, G.R. 2002. The Composition of Bovine Milk Lipids: January 1995 to December 2000. J. Dairy Sci. 86: 295–-350. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74079-4

Leonardi, C., M. Stevenson, L.E. Armentano. 2003. Effect of two levels of crude protein and methionine supplementation on performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 86(12): 4033-4042. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74014-4

Lundquist, R. 1995. The feed pyramid. Dairy Today. p. 26

Mertens, D.R. 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. J. Dairy Sci. 80(7): 1463-1481. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2021. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press.

National Research Council. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle: Seventh Revised Edition. Washinton, D.C.: The National Academic Press.

Nielsen, B.L. 1999. On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint. Appl. Anim. Beh. Sci. 63(1): 79-91. https://doi.org/10.1016/S0168-1591(99)00003-9

Oba, M., M.S. Allen. 1999. Evaluation of the importance of the digestibility of neutral detergent fiber from forage: effects on dry matter intake and milk yield of dairy cows. J. Dairy Sci. 82(3): 589-596. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75271-9

Roche, J.R., S. Petch, J.K Kay. 2005. Manipulating the Dietary Cation-Anion Difference via Drenching to Early-Lactation Dairy Cows Grazing Pasture. J. Dairy Sci. 88(1): 264-276. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72684-9

Santos, M.V. Fonseca L.F.L. 2019. Controle de mastite e qualidade do leite – Desafios e soluções. Pirassununga-SP: Edição dos Autores.

Schwab, C.G., S.E. Boucher. 2007. Metabolizable protein and amino acid nutrition of the cow: Where are we in 2007. p. 121-138. 68th Minnesota Nutrition Conference and University of Minnesota Research Update Session: Modern Concepts in Livestock Production for 2007, Minneapolis, Minnesota

Sova, A.D., S.J. LeBlanc, B.W. McBride, T.J. DeVries. 2014. Accuracy and precision of total mixed rations fed on commercial dairy farms. J. Dairy Sci. 97(1):562-571. https://doi.org/10.3168/jds.2013-6951

Sutton, J. D. 1989. Altering milk composition by feeding. J. Dairy Sci. 72(10):2801-2814. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79426-1

Tyasi, T.L., M. Gxasheka, C.P. Tlabela. 2015. Assessing the effect of nutrition on milk composition of dairy cows: A review. Int. J. Curr. Sci. 17:56-63.

Valadares Filho, S.C., S.A. Lopes, B.C. Silva, M.L. Chizzoti, L.Z. Bissaro. 2018. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. Acesso 14 de Set. 2024. Disponível em: www.cqbal.com.br

Autores

Gustavo Ferreira de Almeira[1], Francine Basso Facco[2]

1. GAdiLEITE serviços.
2. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

CAPÍTULO 4

A importância do Gir na pecuária tropical

Jesus Alberto Cardozo Osorio, Duvan Sanabria Bautista, Eduarda Ribas de Oliveira, Roman Enrique Maza Ortega

https://doi.org/10.4322/mp.978-65-84548-30-5.c4

Resumo

A raça Gir, originária da região de Gir na Índia e introduzida no Brasil em 1906, se destaca por sua aptidão dupla para carne e leite, além de sua adaptabilidade e resistência ao trópico baixo. A raça é uma das mais importantes para a produção de leite em países de clima tropical. Isso se deve à sua significativa produção mesmo sob as adversidades desses climas, com uma média de produção de 3.892 kg de leite durante uma lactação de 305 dias, apresentando teores significativos de gordura e proteína. Além disso, sua longevidade produtiva e sua boa fertilidade, em comparação com raças europeias em climas tropicais, a tornam uma alternativa muito atraente para os produtores. Seu cruzamento com a raça Holandesa resultou o Girolando, animal que combinou as características de alta produtividade do gado Holandês com a rusticidade do Gir graças à sua capacidade de adaptação, resistência a doenças e alta produtividade em sistemas de manejo extensivo. A eficiência reprodutiva e a longevidade do Gir contribuem para a sustentabilidade econômica dos produtores, consolidando a raça na pecuária leiteira tropical. Este capítulo explora a importância do Gir na pecuária leiteira tropical, abordando aspectos de sua origem, características fisiológicas, eficiência produtiva, contribuição genética e sustentabilidade, com suporte em referências acadêmicas e estudos de caso.

1. Origem e evolução da raça Gir

O Gir é uma das raças zebuínas originárias da Índia, considerada, segundo a literatura sagrada hinduísta, possivelmente a raça zebuína mais antiga do mundo. Originário da região de Gir, na província de Gujarat, península de Kathiavar, foi selecionado por séculos em uma área de extrema variação climática. Trazido ao Brasil por volta de 1906 pelo Sr. Teófilo Godoy, a introdução do Gir também é atribuída ao Sr. Wirmondes Machado, que afirma ter sido responsável pela chegada da raça ao Triângulo Mineiro em 1919 (Moreira 2011). Desde então, a raça, considerada de dupla aptidão – carne e leite – adaptou-se rapidamente às condições brasileiras.

As primeiras iniciativas de melhoramento genético começaram na década de 1930 em fazendas particulares, onde se praticava a seleção interna no rebanho. Em paralelo, a Estação Experimental João Pessoa, em Umbuzeiro (PB), em 1938, e a Estação Experimental Getúlio Vargas, em Uberaba (MG), em 1948, realizaram os primeiros trabalhos experimentais de seleção da raça Gir (Moreira 2011). Um fator determinante para sua popularização no Brasil foi sua resistência ao calor e à escassez de água, além de sua aptidão para produção de leite em condições menos favoráveis em comparação às raças europeias, como a Holandesa.

Em 1985 foi criado o Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro (PNMGL), uma parceria entre a Associação Brasileira dos Criadores de Gir Leiteiro (ABCGIL) e a Embrapa Gado de Leite, teve início em 1985 com o objetivo de promover o melhoramento genético da raça por meio da identificação e seleção de touros que são superiores geneticamente para as características de produção, reprodução, conformação e manejo (Panetto el at., 2024).

O Gir Leiteiro tem demonstrado um grande potencial, com melhoramentos genéticos contínuos que visam aumentar a produção e a qualidade do leite. Segundo o PNMGL, os rebanhos participantes do programa apresentaram um aumento expressivo na média de produção de leite até os 305 dias de lactação, assim como nas GPTA (Capacidade de Transmissão Genômica Prevista) (Panetto el at., 2024).. Desde o primeiro sumário de touros, publicado em 1993, a produção média de leite praticamente dobrou, passando de 2.250 kg em 1988

para 4.600 kg em 2024, com um ganho genético anual de aproximadamente 1% nessa característica (Panetto el at., 2024).

2. Características Adaptativas do Gir em Climas Tropicais

Nos climas subtropicais e tropicais, como os do Brasil, a temperatura elevada e a umidade frequentemente limitam o desenvolvimento da produção e reprodução dos animais, devido ao estresse causado por essas condições (Gerber et al., 2013). Nesse contexto, o Gir Leiteiro se destaca como o zebu com maior produtividade leiteira em climas tropicais, desempenhando um papel cada vez mais relevante na pecuária leiteira mundial. Graças a sua origem, o Gir encontrou no Brasil um ambiente favorável para expressar plenamente seu potencial produtivo, já que as condições edáficas e climáticas são muito semelhantes às de sua região de origem (Teixeira et al., 2010; Porto-Neto et al.,2014).

Uma das principais razões para a popularidade do Gir em regiões tropicais é sua excelente adaptação ao calor e à umidade. Sua capacidade de dissipar calor é um fator chave para o bom desempenho em ambientes tropicais. A raça possui pelagem curta e pigmentação que a protege contra a radiação solar, além de um sistema de termorregulação eficiente, essencial para a sobrevivência em climas quentes (Porto-Neto et al.,2014).

Além disso, o Gir apresenta resistência a doenças tropicais que comumente afetam rebanhos em regiões de clima quente e úmido, como a babesiose e a tripanossomose, transmitidas por carrapatos e moscas (Casa et al., 2023; Piloto-Sardiñas et al., 2023). Essa resistência torna o Gir uma escolha viável para produtores que buscam reduzir os custos com medicamentos e intervenções veterinárias. Sua capacidade de pastar em condições adversas e de sobreviver em sistemas de baixa tecnificação também confere ao Gir uma vantagem significativa em sistemas de produção sustentável.

3. Eficiência Produtiva e Qualidade do Leite

De acordo com o Programa de Melhoramento Genético de Zebuínos das Raças Leiteiras (PMGZ Leite Max) da Associação de Brasileira dos Zebu de Zebu (ABCZ), tem como objetivo elevar a qualidade dos rebanhos dos associados. O programa divulga anualmente o Sumário de Touros da Avaliação Genética Nacional das Raças Zebuínas Leiteiras, com base no serviço de controle leiteiro e no registro genealógico da ABCZ (Ventura et al., 2024). Em 2024, a avaliação incluiu dados de 821 rebanhos, considerando 72.121 lactações consistentes provenientes de 45.724 matrizes da raça Gir, das quais 13.436 lactações contêm informações sobre a porcentagem de gordura e 5.704 sobre a porcentagem de proteína, assegurando uma base ampla e confiável para o aprimoramento genético (Ventura et al., 2024).

Tabela 1. Características avaliadas

Característica	N° de informações	Média	Desvio Padrão	Mín	Max	Herdabilidade
Produção de leite em até 305 dias (kg)	72.121	3.982	1.807	458	11.258	0,19
Idade ao primeiro parto (dias)	54.988	38,96	6,55	25,62	53,2	0,11
Percentual de gordura (%)	13.436	4,40	0,79	0.38	8,54	0,23
Percentual de proteína	5.704	3,46	0,25	2.46	4.59	0,50

Segundo os resultados, o Gir pode produzir, em média, 3.892 kg de leite ao longo de uma lactação de 305 dias, mantendo altos teores de gordura e proteínas. Embora não atinja os níveis de produção de raças europeias de alta performance, como a Holandesa, o Gir compensa com a qualidade superior de seu leite (Ventura et al., 2024). Esse fator é particularmente vantajoso para a produção de derivados lácteos, como queijos e manteiga, que exigem um leite com maior concentração de sólidos.

Do mesmo modo, a eficiência reprodutiva do Gir também merece destaque. As vacas Gir apresentam boa fertilidade, com intervalos curtos entre partos, o que maximiza a produção de bezerros ao longo de sua vida reprodutiva (Canaza-Cayo et al., 2016; Marchioretto et al., 2023). Outro aspecto relevante é a longevidade produtiva das vacas Gir, que permanecem produtivas por mais lactações em comparação com muitas raças europeias mantidas em climas tropicais. Essa longevidade contribui para a sustentabilidade econômica da raça, pois reduz os custos de reposição de animais ao longo do ciclo produtivo (Lemos et al., 2020).

A eficiência reprodutiva do Gir também merece destaque. As vacas Gir apresentam boa fertilidade, com intervalos curtos entre partos, o que maximiza a produção de bezerros ao longo de sua vida reprodutiva (Gomes et al., 2022). Essa eficiência reprodutiva é um dos fatores que tornam o Gir altamente competitivo em sistemas de produção tropical, proporcionando um ciclo produtivo estável e vantajoso para os criadores.

4. A Contribuição Genética do Gir: O Girolando

Os primeiros cruzamentos entre as raças Holandesa e Gir no Brasil ocorreram na década de 1940, com o objetivo de combinar a alta produtividade de leite do gado Holandês com a rusticidade e resistência da raça Gir, originando o Girolando (Silva et al., 2024). Essa nova raça combina a produtividade da Holandesa com as características adaptativas do Gir, tornando-se ideal para sistemas de produção em climas tropicais (Canaza-Cayo et al., 2016). Em virtude dessas qualidades, o cruzamento se espalhou rapidamente pelo país, e em pouco tempo o Girolando tornou-se a raça predominante na maioria das propriedades leiteiras brasileiras.

Atualmente, o Girolando é a principal raça leiteira do Brasil, responsável por grande parte da produção nacional de leite, com composições raciais variadas, que vão desde 1/4 Holandês + 3/4 Gir até 7/8 Holandês + 1/8 Gir, a raça busca fixar um padrão ideal, que é o 5/8 Holandês + 3/8 Gir. Esse direcionamento visa consolidar uma genética padronizada e produtiva, que atenda às necessidades dos produtores de leite no país.

De acordo com Daltro et al., (2017), o sucesso do Girolando está diretamente ligado à sua capacidade de manter níveis elevados de produção de leite em condições de calor, enquanto raças europeias puras apresentam quedas significativas de produtividade sob o mesmo ambiente. Isso está demonstrado no Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando, em parceria com a Associação Brasileira dos Criadores de Girolando e Embrapa Gado de Leite, analisou dados de 322.724 lactações de 175.825 vacas Girolando, controladas em 1.935 rebanhos entre 2000 e 2023 (Silva et al., 2024). A média de produção de leite em até 305 dias foi de 5.528 kg, com teor médio de proteína de 3,31% e gordura de 3,60%. A duração média da lactação foi de 274 dias, o intervalo entre partos ficou em 433 dias e a idade média ao primeiro parto foi de 1.007 dias (Silva et al., 2024).

Além do desempenho produtivo, as fêmeas Girolando possuem características morfológicas e fisiológicas que favorecem a produção de leite nos trópicos (Cardoso et al., 2011). Elas apresentam capacidade e suporte de úbere, tamanho adequado de tetas, pigmentação resistente ao sol, capacidade termorreguladora, aprumos e pés fortes, alta eficiência na conversão alimentar e boa capacidade reprodutiva (Cardoso et al., 2011; Vieira et al., 2022). Essas características asseguram maior produtividade e rentabilidade aos criadores. Outro aspecto vantajoso do Girolando é sua longevidade. Esses animais atingem o pico de produção de leite aos 8 anos e podem continuar produtivos até os 15 anos, reduzindo o custo de reposição dos rebanhos e aumentando a produtividade ao longo de sua vida.

5. Sustentabilidade e Impacto Ambiental do Gir

O uso de raças adaptadas como o Gir na pecuária leiteira tropical tem implicações diretas para a sustentabilidade da produção. A rusticidade do Gir permite que ele seja criado em sistemas extensivos, onde o manejo da pastagem é feito de maneira mais natural, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e suplementos alimentares, que têm impactos ambientais consideráveis (Marchioretto et al., 2023; Ramírez-Rivera et al., 2019). Em comparação com raças de clima temperado, que sofrem em condições tropicais, o Gir se mantém produtivo em períodos de seca ou em temperaturas elevadas,

o que é essencial para sistemas de produção com recursos hídricos limitados (Silpa et al., 2021).

A adaptação ao calor e à umidade reduz o estresse térmico, tornando o Gir mais resiliente às mudanças climáticas. Em comparação com raças de clima temperado, que sofrem em condições tropicais, o Gir se mantém produtivo em períodos de seca ou em temperaturas elevadas, o que é essencial para sistemas de produção com recursos hídricos limitados (Silva et al., 2024).

Devido à sua resistência natural a parasitas e doenças, o Gir requer menos medicamentos e intervenções veterinárias, o que contribui para a redução da contaminação ambiental por resíduos de medicamentos. Este aspecto reduz também os custos de produção e melhora o bem-estar animal, favorecendo práticas de pecuária sustentável (Casa et al., 2023). A menor necessidade de insumos veterinários e alimentares, aliada à sua eficiência produtiva em pastagens nativas ou cultivadas, torna o Gir uma opção mais sustentável em comparação com raças europeias de alta produção, que exigem sistemas de manejo intensivo (Gerber et al., 2013).

O uso da raça Gir para criação e cruzamento ajuda a preservar a genética dessa raça nativa, contribuindo para a biodiversidade animal. Essa preservação genética é importante para a sustentabilidade a longo prazo, pois mantém traços que podem ser essenciais para enfrentar futuros desafios ambientais e produtivos.

6. Contribuição Econômica e Social do Gir

O Gir desempenha um papel importante na economia das regiões tropicais, especialmente para pequenos e médios produtores, que muitas vezes dependem de sistemas de produção menos intensivos. A rusticidade do Gir permite que esses produtores participem da cadeia produtiva do leite sem a necessidade de grandes investimentos em infraestrutura ou tecnologias avançadas. Isso democratiza o acesso ao mercado e promove a inclusão social no setor leiteiro (Ramírez-Rivera et al., 2019; Silva et al., 2014).

O leite do Gir é conhecido por ter um alto teor de sólidos, como proteína e gordura, tornando-o adequado para a produção de queijos, manteigas e outros

produtos lácteos. Essa qualidade diferenciada abre portas para mercados especializados e de produtos artesanais, gerando maior valor agregado e incentivando cooperativas e produtores locais a expandirem sua oferta (De Araújo et al., 2011; Ribeiro et al., 2009).

O crescimento da criação de Gir tem incentivado programas de capacitação técnica e educação para produtores rurais, promovendo o acesso a melhores práticas de manejo e melhoramento genético. Esses programas, muitas vezes apoiados por governos e cooperativas, contribuem para a inclusão social e econômica das comunidades rurais e ajudam na profissionalização do setor (Panetto el at., 2024).

Outro aspecto importante é que com o aumento do interesse pela genética do Gir em países de clima tropical, há uma crescente exportação de sêmen e embriões da raça, gerando receita para o país de origem, como o Brasil. Esse mercado global de genética bovina fortalece a economia nacional e promove o desenvolvimento tecnológico e científico no setor agropecuário (Toro – Ospina et al., 2023; Madalena et al., 2012).

7. Desafios e Perspectivas Futuras

Embora o Gir tenha demonstrado ser uma raça eficiente e produtiva em climas tropicais, ainda existem desafios a serem superados para maximizar seu potencial. A seleção genética para aumentar ainda mais a produção leiteira sem perder suas características de adaptabilidade ao calor e resistência a doenças é uma prioridade. O uso de tecnologias de reprodução assistida, como a inseminação artificial e a fertilização in vitro, pode ajudar a acelerar esse processo de melhoramento (Prata et al., 2015; Panetto et al, 2024).

No entanto, é crucial que o manejo da raça continue a respeitar seus limites naturais, para que as características que tornam o Gir uma raça tão valiosa em climas tropicais não sejam comprometidas. O desenvolvimento de práticas de manejo que integrem o Gir a sistemas de produção sustentável, como o pastoreio rotacionado e a agroecologia, será essencial para garantir sua viabilidade a longo prazo.

8. Conclusão

A raça Gir tem uma importância indiscutível para a pecuária leiteira tropical. Sua adaptabilidade ao calor, resistência a doenças e contribuição genética para o desenvolvimento de raças híbridas, como o Girolando, a tornam fundamental para a produção de leite em regiões de clima tropical. Além de suas vantagens econômicas e produtivas, o Gir também contribui para a sustentabilidade ambiental, tornando-se uma escolha estratégica para os desafios futuros da pecuária global. À medida que os impactos das mudanças climáticas se intensificam, a relevância do Gir na pecuária leiteira tropical deverá continuar a crescer, consolidando seu papel como uma das raças mais importantes para o futuro da produção de leite em ambientes adversos.

9. Referências

Canaza-Cayo, A. W., Cobuci, J. A., Lopes, P. S., de Almeida Torres, R., Martins, M. F., dos Santos Daltro, D., and da Silva, M. V. G. B. 2016. Genetic trend estimates for milk yield production and fertility traits of the Girolando cattle in Brazil. Livest. Sci. 190:113-122.

Cardoso, S. R., Queiroz, L. B., Goulart, V. A., Mourão, G. B., Benedetti, E., and Goulart, L. R. 2011. Productive performance of the dairy cattle Girolando breed mediated by the fat-related genes DGAT1 and LEP and their polymorphisms. Res. Vet. Sci. 91: e107-e112.

Casa, M. D. S., Giovambattista, G., Fonteque, G. V., Miguel, E. L., Vogel, C. I. G., Miletti, L. C., ... and Fonteque, J. H. 2023. Identification of *Anaplasma marginale*, *Babesia bovis* and *Babesia bigemina* resistance alleles in Crioulo Lageano cattle using PCR-SBT and BoLA-DRB3 gene sequencing. Front. Vet. Sci. 10:1256928.

Daltro, D. D. S., Fischer, V., Alfonzo, E. P. M., Dalcin, V. C., Stumpf, M. T., Kolling, G. J., ... and McManus, C. 2017. Infrared thermography as a method for evaluating the heat tolerance in dairy cows. Rev. Bras. Zootec. 46:374-383.

De Araújo, P. M., de Albuquerque Paulo, J. L., Pereira, G. F., da Fonseca, F. D. C. E., and do Nascimento Rangel, A. H. 2011. Análise físico-química do leite de um rebanho gir na região litorânea do estado do Rio Grande do Norte. Rev. Verde Agroecol. Desenvolv. Sustent. 6(3):23.

Gerber, P., Steinfeld, H., Henderson, B., et al. 2013. Tackling Climate Change through Livestock: A global assessment of emissions and mitigation opportunities. FAO. Accessed at https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20133417883.

Gomes, M.F.S. and A.A. Oliveira. 2022. Sistemas de produção com a raça Gir: Sustentabilidade e economia. Agropec. Trop. 15:101–118.

Lemos, A.R., and M.A. Freitas. 2020. Girolando: O sucesso do cruzamento zebuíno-europeu no Brasil. Rev. Bras. Pecuária 29:45–57.

Madalena, F. E., Peixoto, M. G. C. D., & Gibson, J. 2012. Dairy cattle genetics and its applications in Brazil. Livest. Res. Rural Dev. 24(6):1-49.

Panetto, J. D. C., Silva, M. V. G. B., Verneque, R. D. S., Machado, M. A., Fernandes, A. R., Martins, M. F., & Pereira, M. 2024. Programa Nacional de Melhoramento do Gir Leiteiro Sumário Brasileiro de Touros 7ª Avaliação Genômica de Touros Resultado do Teste de Progênie.

Piloto-Sardiñas, E., Foucault-Simonin, A., Wu-Chuang, A., Mateos-Hernández, L., Marrero-Perera, R., Abuin-Denis, L. and Cabezas-Cruz, A. 2023. Dynamics of infections in cattle and *Rhipicephalus microplus*: A preliminary study. Pathogens 12(8):998.

Porto-Neto, L. R., Reverter, A., Prayaga, K. C., Chan, E. K. F., Johnston, D. J. 2014. The Genetic Architecture of Climatic Adaptation of Tropical Cattle. *PLOS ONE* 9(11).

Prata, M. D. A., El Faro, L., Verneque, R. D. S., Vercesi Filho, A. E., Peixoto, M. G. C. D., Moreira, E., and Cardoso, V. L. 2015. Genetic parameters for milk production traits and breeding goals for Gir dairy cattle in Brazil.

Ramírez-Rivera, E. J., Rodríguez-Miranda, J., Huerta-Mora, I. R., Cárdenas-Cágal, A., & Juárez-Barrientos, J. M. 2019. Tropical milk production systems and milk quality: a review. Trop. Anim. Health Prod. 51:1295-1305.

Ribeiro, A. B., da Fonseca Tinoco, A. F., Ferreira, G., Guilhermino, M. M., & do Nascimento Rangel, A. H. 2009. Produção e composição do leite de vacas Gir e Guzerá nas diferentes ordens de parto. Rev. Caatinga 22:46-51.

Silva, M. V. G. B., Dias, M. 2017. Gir genetics and tropical dairy farming: Advances in breeding programs. Int. J. Livest. Prod. 9:115-128.

Silva, M. V. G. B., Martins, M. F., Ferreira Júnior, E., Panetto, J. C. C., Paiva, L. C., Machado, and M. A., Faza. 2024. Programa de Melhoramento Genético da Raça Girolando—Sumário de Touros—Resultado do Teste de Progênie (Avaliação Genética/Genômica) - Junho/2024. Embrapa Gado de Leite (288).

Silpa, M. V., König, S., Sejian, V., Malik, P. K., Nair, M. R. R., Fonseca, V. F., ... and Bhatta, R. 2021. Climate-resilient dairy cattle production: applications of genomic tools and statistical models. Front. Vet. Sci. 8:625189.

Teixeira, R. M. A., Lana, R. D. P., Fernandes, L. D. O., Oliveira, A. S. D., Queiroz, A. C. D., and Pimentel, J. J. D. O. 2010. Desempenho produtivo de vacas da raça Gir leiteira em confinamento alimentadas com níveis de concentrado e proteína bruta nas dietas. *Rev. Bras. Zootec.* 39:2527-2534.

Toro-Ospina, A. M., Faria, R. A., Dominguez-Castaño, P., Santana, M. L., Gonzalez, L. G., Espasandin, A. C., and Silva, J. A. I. V. 2023. Genotype–environment interaction for milk production of Gyr cattle in Brazil and Colombia. Genes Genomics 45(2):135-143.

Ventura, H. T. V., Costa, E. V., Pereira, M. A., Silva, F. F., Josahkian, L. A., and Silva, E. J. S. 2014. Sumário de Touros Zebuínos Leiteiros. Avaliação Genética Nacional Touros das Raças Zebuínas Leiteiras Gyr, Guzerá e Sindi. Uberaba, MG: ABCZ.

Autor

Jesus Alberto Cardozo Osorio[1], Duvan Sanabria Bautista[2], Eduarda Ribas de Oliveira[2], Roman Enrique Maza Ortega[1]

1. Departamento de Zootecnia, Universidade De Pamplona, Pamplona, Colômbia.
2. Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil.

MERIDA
PUBLISHERS
www.meridapublishers.com