

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

SAULO MOREIRA MENDES

**QUAL A MELHOR FORMA DE OFERECER A MESMA QUANTIDADE DE
NUTRIENTES PARA AS BEZERRAS: AUMENTAR O VOLUME OU
ADENSAR A DIETA?**

Belo Horizonte

2025

SAULO MOREIRA MENDES

**QUAL A MELHOR FORMA DE OFERECER A MESMA QUANTIDADE DE
NUTRIENTES PARA AS BEZERRAS: AUMENTAR O VOLUME OU
ADENSAR A DIETA?**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para Obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção de Ruminantes

Orientadora: Prof^ª. Sandra Gesteira Coelho

Coorientadora: Prof^ª. Helena Ferreira Lage

Coorientadora: Mariana Magalhães Campos



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

**"QUAL A MELHOR FORMA DE OFERECER A MESMA QUANTIDADE DE NUTRIENTES PARA
AS BEZERRAS: AUMENTAR O VOLUME OU ADENSAR A DIETA?"**

SAULO MOREIRA MENDES

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia vinte e oito de fevereiro de 2025, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos seguintes professores:

Rodrigo Melo Meneses

Escola de Veterinária da UFMG



Documento assinado digitalmente

RODRIGO MELO MENESES
Data: 30/05/2025 08:05:20-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Luciano Soares de Lima

Escola de Veterinária da UFMG



Documento assinado digitalmente

LUCIANO SOARES DE LIMA
Data: 27/05/2025 14:08:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Sandra Gesteira Coelho - Orientadora

Escola de Veterinária da UFMG



Documento assinado digitalmente

SANDRA GESTEIRA COELHO
Data: 24/05/2025 11:11:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Belo Horizonte, 28/02/2025

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| LISTA DE TABELAS | 7 |
| LISTA DE FIGURAS | 8 |
| LISTA DE SIGLAS | 9 |
| LISTA DE SÍMBOLOS | 10 |
| INTRODUÇÃO | 11 |
| REVISÃO DE LITERATURA | 12 |
| DIETA LÍQUIDA DE BEZERRAS LEITEIRAS | 12 |
| IMPLICAÇÕES DO AUMENTO DO VOLUME TOTAL DA DIETA LÍQUIDA | 13 |
| ADENSAMENTO DA DIETA LÍQUIDA..... | 14 |
| IMPLICAÇÕES DO AUMENTO DOS ST DA DIETA LÍQUIDA..... | 14 |
| INDICADORES COMPORTAMENTAIS DE FOME E SACIEDADE EM BEZERROS | 17 |
| GLICOSE E INSULINA SÉRICAS DE BEZERROS EM ALEITAMENTO | 17 |
| REFERÊNCIAS | 18 |
| QUAL A MELHOR FORMA DE OFERECER A MESMA QUANTIDADE DE NUTRIENTES PARA AS BEZERRAS: AUMENTAR O VOLUME OU ADENSAR A DIETA? | 23 |
| INTRODUÇÃO | 25 |
| MATERIAL E MÉTODOS | 26 |
| ANIMAIS, INSTALAÇÕES E TRATAMENTOS | 26 |
| CONSUMO E DESEMPENHO | 28 |
| PARÂMETROS DE SAÚDE | 28 |
| DIGESTIBILIDADE | 29 |
| PARÂMETROS SANGUÍNEOS | 29 |
| CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS, NITROGÊNIO AMONÍACAL E PH RUMINAL.... | 30 |
| ANÁLISES DE COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL | 31 |
| ANÁLISE DE COMPORTAMENTO | 31 |
| ANÁLISES ESTATÍSTICAS..... | 32 |
| RESULTADOS | 33 |

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| CONSUMO E DESEMPENHO | 33 |
| DIGESTIBILIDADE | 35 |
| BALANÇO DE NITROGÊNIO | 35 |
| PARÂMETROS RUMINAIS | 36 |
| CURVA GLICÊMICA E INSULÍNICA..... | 37 |
| PARÂMETROS DE SAÚDE | 39 |
| COMPORTAMENTO | 39 |
| DISCUSSÃO | 40 |
| CONCLUSÃO..... | 43 |
| REFERÊNCIAS | 44 |

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Composição nutricional média do sucedâneo, concentrado e silagem 26
- Tabela 2.** Parâmetros de consumo e desempenho nos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) 33
- Tabela 3.** Digestibilidade dos nutrientes para os tratamentos controle (CT) e adenso (AD) nos ensaios de digestibilidade 30 a 34 dias e 52 a 56 dias de idade 34
- Tabela 4.** Balanço de nitrogênio para os tratamentos controle (CT) e adensado (AD) nos ensaios de digestibilidade de 30 a 34 dias e 52 a 56 dias de idade 35
- Tabela 5.** Parâmetros ruminais médios avaliados nos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) 35
- Tabela 6.** Parâmetros de saúde dos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) aferidos diariamente pela manhã 37
- Tabela 7.** Médias estimadas dos comportamentos em função dos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) e períodos de observação (antes e após o aleitamento) 38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico representando a curva glicêmica dos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) aos 20 dias de idade. Aleitamento às 8h30
..... 36

Figura 2. Curva insulinêmica dos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) aos 20 dias de idade. Aleitamento às 8h30
..... 36

LISTA DE SIGLAS

| | |
|-------------------|---|
| AC | Altura de cernelha |
| AD | Adensado |
| AGV | Ácido graxo volátil |
| CONN | Comportamentos orais não-nutricionais |
| CT | Controle |
| EB | Energia bruta |
| EE | Extrato etéreo |
| EMBRAPA | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária |
| FDN | Fibra em detergente neutro |
| GMD | Ganho médio diário |
| LG | Largura de garupa |
| MO | Matéria orgânica |
| MN | Matéria natural |
| MS | Matéria seca |
| N-NH ₃ | Nitrogênio amoniacal |
| PB | Proteína bruta |
| PN | Peso ao nascimento |
| PT | Perímetro torácico |
| ST | Sólidos totais |
| TR | Temperatura retal |

LISTA DE SÍMBOLOS

| | |
|---------|---------------------------|
| > | maior que |
| < | menor que |
| % | Porcentagem |
| °C | Graus Celsius |
| g | Grama |
| h | Hora |
| kg | Quilograma |
| mg | Miligrama |
| mg/kg | Miligrama por quilograma |
| ml | Mililitro |
| min | Minuto |
| mOsm/kg | miliosmóis por quilograma |
| rpm | Rotações por minuto |

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, estudos demonstraram que o fornecimento restrito de leite ou sucedâneo, correspondente a aproximadamente 10% do peso corporal das bezerras, limita significativamente seu desempenho na fase inicial de crescimento. Essa estratégia foi amplamente utilizada no passado com o objetivo de estimular a ingestão precoce de concentrado e reduzir custos com a dieta líquida. Porém, observou-se que as bezerras sob restrição apresentam menor taxa de crescimento e comprometimento do bem-estar.

Para mitigar esses efeitos negativos, estratégias foram propostas nos anos subsequentes, sendo o aumento de leite ou sucedâneo fornecido para volumes entre 6 e 8 litros a mais estudada. O fornecimento de maior volume pode aumentar a taxa de crescimento durante o período de aleitamento, no entanto, essa estratégia não está isenta de limitações (Jasper and Weary, 2002; Whalin et al., 2021).

A ingestão de volumes elevados de leite ou sucedâneo leva a menor ingestão de concentrado, o que pode atrasar o desenvolvimento ruminal e comprometer a transição para a alimentação sólida (Ivemeyer et al., 2022). Além disso, elevar o custo com a dieta líquida pode comprometer a saúde econômica da propriedade e, portanto, deve ser avaliado em cada caso. Bezerras muito jovens também são impactadas por essa estratégia, devido a limitação física do seu trato digestivo. Nos primeiros dias de vida, elas são incapazes de consumir grande volume, principalmente quando este é oferecido em apenas duas refeições diárias, como é realizado na maioria das fazendas (Azevedo et al., 2023).

Diante dessas limitações, a estratégia de adensamento da dieta líquida surge como uma alternativa. O adensamento consiste na elevação da concentração de sólidos totais (ST) no leite ou sucedâneo, permitindo que as exigências nutricionais das bezerras sejam atendidas dentro de um volume mais compatível à sua capacidade digestiva. No entanto, concentrações muito elevadas de ST também podem ser prejudiciais, predispondo os animais a distúrbios gastrointestinais (Pearson et al., 2013).

Embora avanços significativos tenham sido feitos no entendimento dos impactos do adensamento da dieta líquida sobre o desempenho e a saúde das bezerras, ainda existem lacunas importantes a serem preenchidas. Questões como a definição do limite seguro para o teor de ST e seus efeitos na absorção de nutrientes, na saúde digestiva e na saciedade ainda não foram completamente elucidadas. Dessa forma, torna-se essencial investigar como o adensamento influencia o metabolismo, o comportamento alimentar e a fisiologia digestiva das bezerras.

REVISÃO DE LITERATURA

Dieta líquida de bezerras leiteiras

Em sistemas de produção em que as crias são mantidas com as vacas (prática comum no gado de corte mantido a pasto e em raças zebuínas utilizadas para produção de leite), a ingestão do leite ocorre naturalmente através da mamada, que induz a expressão de padrões comportamentais conhecidos e se diferem dos observados nos sistemas de produção que adotam o aleitamento artificial, como a maior parte das fazendas de leite em que a separação precoce é preconizada. Quando a cria está junto à vaca, observa-se um padrão consistente de mamadas, que ocorrem principalmente ao amanhecer, no meio da manhã, no meio da tarde, ao anoitecer e no meio da noite. As mamadas têm duração média de oito a 11 minutos, e é observada redução na frequência diária com o avanço da idade, diminuindo de nove a 10 vezes, no primeiro mês de vida, para cinco a seis vezes no sexto mês (Whalin et al., 2021). Nesse cenário, é comum que os bezerros consumam volume de leite diário entre oito e 13L, o que supera bastante o volume fornecido nos sistemas de produção de leite, que gira em torno de quatro a seis litros diários (Jasper e Weary, 2002; Whalin et al., 2021).

O fornecimento reduzido de leite às bezerras, comumente adotado na bovinocultura leiteira, resulta em baixo desempenho em ganho de peso médio diário (GMD) e reduzido desenvolvimento corporal durante a fase de aleitamento (Jafari et al., 2020; Rosadiuk et al., 2021). Além disso, foram observados comportamentos indicativos de fome em bezerras que receberam menor volume de leite diário. Animais que receberam 6L/d demonstraram, em média, 11,1 visitas não recompensadas ao alimentador/dia, enquanto os que receberam 8, 10 e 12 L/d demonstraram média de 3,6, 1,7 e 0,4 visitas, respectivamente (Rosenberger et al., 2017). Outro estudo observou que bezerros recebendo volume equivalente a 10% do seu peso corporal realizaram 12 vezes mais visitas não recompensadas ao alimentador e permaneceram em pé uma hora a mais por dia que bezerros recebendo leite à vontade (De Paula Vieira et al., 2008).

Baseado neste conhecimento foi comprovado que estratégias nutricionais do passado que preconizavam o fornecimento de volume diário de leite equivalente a 10% do peso vivo não eram suficientes para suprir as necessidades nutricionais para o desenvolvimento pleno dos animais durante a fase de aleitamento. Então, foram sugeridas novas estratégias de dieta líquida baseadas no fornecimento de volumes maiores de leite

ou sucedâneo (Kiezebrink et al., 2015; Yunta et al., 2015) e no adensamento da dieta líquida (Glosson et al., 2015).

Implicações do aumento do volume total da dieta líquida

O aumento de volume da dieta líquida é a estratégia nutricional mais natural quando se visa potencializar o desempenho de bezerras leiteiras e foi baseada no consumo médio de animais que tiveram livre acesso ao leite. Jasper e Weary (2002) observaram que bezerras que receberam leite à vontade consumiam diariamente, em média, 89% mais leite (8,79 kg/d), que o volume equivalente a 10% do PV ofertado ao grupo criado com a estratégia preconizada na época (4,91 kg/d). Esses resultados foram de grande importância para as mudanças de paradigma que ocorreram na cria de bezerras leiteiras nos anos subsequentes. Apesar deste avanço, certas limitações foram observadas no uso dessa estratégia.

A diminuição do consumo diário de concentrado durante a fase de aleitamento é um dos aspectos relacionados ao aumento de volume da dieta líquida. Diversos trabalhos observaram menor consumo dos animais que receberam leite integral à vontade ou volumes superiores a 6L/d quando comparados aos que receberam volumes limitados a 10% do peso vivo ou fixo entre 4 e 6L/d. Foi observado também que o consumo tende a aumentar rapidamente após o desaleitamento (De Paula Vieira et al., 2008; Hengst et al., 2012; Kiezebrink et al., 2015; Yunta et al., 2015; Rosenberger et al., 2017; Jafari et al., 2020). Além do consumo reduzido, Ivemeyer et al. (2022) observaram menor interesse pelo concentrado nos animais que receberam maior volume de leite, refletido em menor tempo de cocho quando comparado com animais que receberam menor volume. Além disso, Hu et al. (2020) destacaram que o menor e mais tardio consumo de concentrado pode comprometer o desenvolvimento do rúmen. Terré et al. (2006) também observaram menor taxa de excreção de derivados de purina na urina (indicador do fluxo de proteína microbiana duodenal) de animais que consumiram menos concentrado, o que pode estar relacionado com a microbiota ruminal menos desenvolvida.

Outro desafio para a adoção do aumento de volume na dieta líquida é o manejo durante o aleitamento. Muitas fazendas estabelecem duas refeições líquidas diárias em sua rotina, sendo a primeira no início da manhã e a segunda no fim da tarde. Para tal, é comum a utilização de recipientes de 2L (alimentadores comerciais, baldes com bicos ou garrafas adaptadas com bico), e o aumento do volume oferecido implica na substituição

dos recipientes por novos de maior capacidade, ou na inclusão da terceira refeição líquida na rotina diária. Ambas as soluções geram transtornos e mais custos para o produtor. A primeira, pelo investimento em novos alimentadores, e a segunda, pela adição de novo manejo na rotina, que implica na disponibilidade de mão de obra (Azevedo et al., 2023).

Azevedo et al. (2016a) também discutiram a dificuldade de implementação do aumento de volume da dieta líquida no período neonatal. Foi observado que bezerras que nascem muito leves tendem a recusar grandes volumes de leite ou sucedâneo durante as primeiras semanas de vida se fornecidos em apenas duas refeições, por conta da limitação física de seu trato digestivo. Para garantir a ingestão de grandes volumes, é necessário que as bezerras possam ingerir pequenas porções várias vezes ao dia, o que inviabiliza a aplicação dessa estratégia nutricional na maior parte das fazendas.

Adensamento da dieta líquida

O adensamento da dieta líquida consiste no aumento do teor de sólidos totais (ST) através da adição de sucedâneo ou produtos balanceadores ao leite integral ou de descarte, ou então, no preparo do sucedâneo diluído em água, de modo que a mistura garanta teor de ST superior ao esperado no leite integral (>12,5%). Essa estratégia tem como objetivo incrementar a oferta de nutrientes durante o período de aleitamento, contornando as limitações associadas à oferta de grandes volumes diários de leite ou sucedâneo, discutidas anteriormente.

Implicações do aumento dos ST da dieta líquida

O teor de ST do leite ou sucedâneo está diretamente relacionado com sua osmolalidade. A osmolalidade de uma solução diz respeito à sua concentração osmolar, e é definida pelo número de osmóis de soluto por quilograma de solvente expressa em mOsm/kg (Pearson et al., 2013). A osmolalidade média do leite bovino varia em torno de 280 a 290 mOsm/kg em condições normais, assim como a osmolalidade do soro sanguíneo. Entretanto, condições desfavoráveis de nutrição e saúde podem resultar em maiores variações do leite do rebanho. A osmolalidade do leite e sucedâneos varia principalmente em função das concentrações de lactose e outros açúcares, proteínas e sódio (McGuirk, 2003).

Sucedâneos de boa qualidade costumam apresentar teores de lactose e minerais mais elevados que o leite integral, portanto, o adensamento do leite por adição de

sucedâneo tende a elevar a osmolalidade da mistura (Wilms et al., 2019). Nos sucedâneos em que há substituição parcial de lactose por dextrose na composição, a osmolalidade da mistura tende ser ainda mais elevada, exigindo cautela para utilização (Azevedo et al., 2023). A osmolalidade da dieta líquida adensada com sucedâneo normalmente varia entre levemente hipertônica (aproximadamente 300 mOsm/kg), e altamente hipertônica (>450 mOsm/kg) (Wilms et al., 2019). Entretanto, essa variação pode aumentar em situações de erro de diluição, homogeneização inadequada da mistura e pelo uso de produtos de baixa qualidade. McGuirk (2003) mensurou a osmolalidade de amostras do sucedâneo oferecido em mais de 50 fazendas nos Estados Unidos e observou desde valores próximos à osmolalidade do leite (>278mOsm/kg), até dietas com osmolalidade extremamente elevada (1210 mOsm/kg).

A osmolalidade elevada da dieta líquida cria um gradiente osmótico entre o lúmen intestinal e o epitélio, provocando a saída de água das células em direção ao lúmen e, conseqüentemente, causando a desidratação dos enterócitos. Esse processo resulta na atrofia das células epiteliais e diminuição da altura das vilosidades, reduzindo sua capacidade de absorção de nutrientes. Além disso, esse gradiente osmótico provoca dissociação da estrutura proteica das junções estreitas (*tight junctions*), o que leva ao aumento da permeabilidade paracelular, possibilitando a passagem de moléculas grandes e microrganismos patogênicos, que normalmente não conseguem alcançar a corrente sanguínea (Pearson et al., 2013).

A permeabilidade intestinal aumentada parece estar relacionada com maior incidência de diarreia em bezerros nas primeiras semanas de vida. Araujo et al. (2015) observaram que bezerros que apresentaram diarreia na segunda semana de vida apresentavam maiores concentrações de lactulose e d-manitol séricos, indicando maior permeabilidade intestinal. Isso sugere que a alteração da osmolalidade da dieta líquida pode contribuir para os quadros de diarreia. Outro fator que contribui para maior incidência de diarreia nos animais sob estratégia de adensamento é o aumento da liberação de enterotoxinas. *Clostridium perfringens* é uma bactéria encontrada normalmente na microbiota intestinal e geralmente não causa problemas, entretanto, as dietas com osmolalidade superior a 600 mOsm/kg aumentam a disponibilidade de carboidratos, possibilitando sua proliferação e, conseqüentemente, maior liberação de enterotoxinas no lúmen intestinal (Mcguirk, 2003).

O esvaziamento abomasal também é impactado pela osmolalidade da dieta líquida. A taxa de esvaziamento abomasal refere-se à velocidade com que o conteúdo do

abomaso é transferido para o intestino delgado e dietas de alta osmolalidade podem atrasar o esvaziamento do abomaso. Soluções com osmolalidade superior a 300 mOsm/kg, parecem promover atraso significativo no esvaziamento abomasal (Bell e Razig, 1973; Sen et al., 2006), entretanto, o fornecimento de volumes elevados de leite ou sucedâneo parecem provocar efeito semelhante. Até o momento, nenhum estudo parece ter comparado diretamente o impacto de ambas as estratégias de aleitamento sobre a taxa de esvaziamento do abomaso em bezerras leiteiras.

O mecanismo que regula o esvaziamento é complexo e envolve diferentes vias de sinalização. Mecanorreceptores sensíveis à pressão presentes no abomaso e, principalmente, osmorreceptores presentes no duodeno têm papel importante nessa regulação. Sua principal função é evitar que o epitélio intestinal seja exposto a alterações repentinas no gradiente osmótico (Bell e Razig, 1973; Bell e Mcleay, 1978). Entretanto, a redução demasiada da taxa esvaziamento abomasal pode comprometer a dinâmica gastrointestinal, provocando alterações na microbiota intestinal, timpanismo abdominal e diarreia (Burgstaller et al., 2017; Wilms et al., 2019). O consumo de concentrado também parece ser impactado pela taxa de esvaziamento, pois os mecanorreceptores sensíveis à pressão do abomaso também participam da sinalização que induz saciedade (Bell e Mcleay, 1978).

Apesar do conhecimento sobre o risco no uso de dietas líquidas hiperosmóticas, o limiar de tolerância intestinal ainda é incerto e a faixa de segurança ainda não foi bem estabelecida. Alguns estudos não observaram diferença na ocorrência de diarreia ao fornecer dieta líquida com osmolalidade entre 449 mOsm/kg e 533 mOsm/kg em comparação a dietas de osmolalidade próxima a 300 mOsm/kg, o que sugere que esta faixa ainda deve ser tolerada pelos animais, desde que tenham água disponível para o consumo à vontade (McGuirk, 2003; Azevedo et al., 2016a; b; Beiranvand et al., 2022; Fouladi et al., 2024).

Indicadores comportamentais de fome e saciedade em bezerros

A dieta líquida é a principal fonte de energia e nutrientes durante a fase de aleitamento e, por isso, gera interesse nos bezerros que pode ser interpretado por alguns indicadores comportamentais. De Paula Vieira et al. (2008) observaram que bezerros recebendo volume de leite limitado a 10% de seu peso vivo realizavam visitas sem recompensa aos alimentadores (sem acesso ao leite) até 12 vezes mais que bezerros recebendo leite à vontade. Além disso, foi observado que os bezerros com volume limitado permaneceram em pé por até 1h/dia a mais e manifestaram até sete vezes mais ações de disputa pelo acesso ao alimentador que os bezerros recebendo leite à vontade.

O aumento da concentração de sólidos totais (ST) na dieta líquida parece influenciar a saciedade de forma semelhante. Durante o período de desaleitamento gradual e após o desaleitamento, bezerros alimentados com a dieta contendo menor teor de ST (13,5%) apresentaram menor frequência de brincadeiras, passaram menos tempo ruminando e permaneceram mais tempo em estação, em comparação aos animais que receberam uma dieta com maior teor de ST (20,4%) (Rufino et al., 2019).

Glicose e insulina séricas de bezerros em aleitamento

As concentrações séricas de glicose e insulina de bezerros são semelhantes às observadas em monogástricos durante a fase inicial de aleitamento. Comumente observa-se aumento da concentração sérica à medida que o consumo de leite sobe nas primeiras semanas de vida e diminuição à medida que as concentrações séricas de ácidos graxos voláteis (AGV) se elevam devido ao aumento do consumo de concentrado (Breier et al., 1988; Daniels et al., 2008).

Kamal et al. (2015) relataram valores séricos basais de glicose e insulina para bezerros com três dias de vida (n=481), recebendo leite integral em volume equivalente a 10% de seu peso corporal, através de coletas realizadas 5h após o aleitamento da manhã. Os valores médios de glicose e insulina séricas foram, respectivamente, $6,2 \pm 0,88$ mM/L e $8,2 \pm 5,21$ mU/L.

Quando a dieta líquida fornecida é a base de sucedâneo, o padrão glicêmico e insulínico pode variar devido às diferenças de composição de cada produto em relação ao leite integral. Silper et al. (2014) não observaram diferença na glicose sérica ($P > 0,05$), entre grupos recebendo entre 4 e 6L/d (12,5% MS) até 60 dias, porém houve diferença na insulina ($P \leq 0,05$), sendo mais alta nos bezerros recebendo 6L/d. Além disso, foi

observado que as concentrações de glicose e insulina diminuíram entre 15 e 45 dias, e aumentaram entre 45 e 90 dias.

REFERÊNCIAS

1. de Almeida Rufino, S. R., R. A. de Azevedo, P. M. Furini, M. M. Campos, F. S. Machado, M. de Fátima Avila Pires, J. A. M. Lima, and S. G. Coelho. 2019. Behavior of dairy heifers after increasing the amounts of milk replacer powder added to whole milk. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 54. doi:10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00181.
2. Araujo, G., C. Yunta, M. Terré, A. Mereu, I. Ipharraguerre, and A. Bach. 2015. Intestinal permeability and incidence of diarrhea in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 98:7309–7317. doi:10.3168/jds.2015-9666.
3. Azevedo, R. A., C. F. A. Lage, B. F. Silper, H. C. D. Neto, J. D. Quigley, and S. G. Coelho. 2023. Invited review: Total solids concentration in milk or milk replacer for dairy calves. *J. Dairy Sci.* 106:7341–7351. doi:10.3168/JDS.2023-23372.
4. Azevedo, R. A., F. S. Machado, M. M. Campos, P. M. Furini, S. R. A. Rufino, L. G. R. Pereira, T. R. Tomich, and S. G. Coelho. 2016a. The effects of increasing amounts of milk replacer powder added to whole milk on feed intake and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99:8018–8027. doi:10.3168/jds.2015-10457.
5. Azevedo, R. A., F. S. Machado, M. M. Campos, D. R. G. Lopes, S. F. Costa, H. C. Mantovani, F. C. F. Lopes, M. I. Marcondes, L. G. R. Pereira, T. R. Tomich, and S. G. Coelho. 2016b. The effects of increasing amounts of milk replacer powder added to whole milk on passage rate, nutrient digestibility, ruminal development, and body composition in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 99:8746–8758. doi:10.3168/jds.2016-11410.
6. Beiranvand, H., F. Ahmadi, R. Tahmasbi, M. R. Farokhzad, M. Ariana, and M. H. Ghaffari. 2022. Performance of Holstein calves receiving equal solids per day from high-solids milk and milk replacer blend once or twice daily combined with dry versus wet fine-particle starter diet. *JDS Communications* 3:317–321. doi:10.3168/jdsc.2021-0194.

7. Bell, F. R., and L. M. Mcleay. 1978. The effect of duodenal infusion of milk, casein, lactose and fat on gastric emptying and acid secretion in the milk-fed calf. *J. Physiol.* 282:51–57. doi:10.1113/jphysiol.1978.sp012447.
8. Bell, F. R., and S. A. D. Razig. 1973. Gastric emptying and secretion in the milk-fed calf. *J. Physiol.* 228:499–512. doi:10.1113/jphysiol.1973.sp010096.
9. Breier, B. H., P. D. Gluckman, and J. J. Bass. 1988. Plasma concentrations of insulin-like growth factor-I and insulin in the infant calf: ontogeny and influence of altered nutrition. *J. Endocrinol.* 119:43–50. doi:10.1677/joe.0.1190043.
10. Burgstaller, J., T. Wittek, and G. W. Smith. 2017. Invited review: Abomasal emptying in calves and its potential influence on gastrointestinal disease. *J. Dairy Sci.* 100:17–35. doi:10.3168/JDS.2016-10949.
11. Chaney, A. L., and E. P. Marbach. 1962. Modified Reagents for Determination of Urea and Ammonia. *Clin. Chem.* 8:130–132. doi:10.1093/clinchem/8.2.130.
12. Daniels, K. M., S. R. Hill, K. F. Knowlton, R. E. James, M. L. McGilliard, and R. M. Akers. 2008. Effects of milk replacer composition on selected blood metabolites and hormones in preweaned Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 91:2628–2640. doi:10.3168/jds.2007-0859.
13. Davis Rincker, L. E., M. J. VandeHaar, C. A. Wolf, J. S. Liesman, L. T. Chapin, and M. S. Weber Nielsen. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *J. Dairy Sci.* 94:3554–3567. doi:10.3168/jds.2010-3923.
14. Drackley, J. K. 2008. Calf Nutrition from Birth to Breeding. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:55–86. doi:10.1016/j.cvfa.2008.01.001.
15. Fouladi, B., F. Hashemzadeh, G. R. Ghorbani, H. Rafiee, and J. K. Drackley. 2024. Effects of milk replacer powder added to pasteurized whole milk over different durations on dairy calves fed ground starter diet with alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 107:6671–6685. doi:10.3168/jds.2023-24476.
16. Glosson, K. M., B. A. Hopkins, S. P. Washburn, S. Davidson, G. Smith, T. Earleywine, and C. Ma. 2015. Effect of supplementing pasteurized milk balancer products to heat-treated whole milk on the growth and health of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 98:1127–1135. doi:10.3168/jds.2014-8567.
17. Hengst, B. A., L. M. Nemeč, R. R. Rastani, and T. F. Gressley. 2012. Effect of conventional and intensified milk replacer feeding programs on performance,

- vaccination response, and neutrophil mRNA levels of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 95:5182–5193. doi:10.3168/jds.2011-5261.
18. Hu, W., T. M. Hill, T. S. Dennis, F. X. Suarez-Mena, K. M. Aragona, J. D. Quigley, and R. L. Schlotterbeck. 2020. Effects of milk replacer feeding rates on growth performance of Holstein dairy calves to 4 months of age, evaluated via a meta-analytical approach. *J. Dairy Sci.* 103:2217–2232. doi:10.3168/jds.2019-17206.
 19. Ivemeyer, S., J. Preußner, D. Haager, C. Simantke, P. Waldherr, K. Kull, G. Utz, U. Knierim, and C. Winckler. 2022. Impact of enhanced compared to restricted milk feeding on the behaviour and health of organic dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 252:105655. doi:10.1016/j.applanim.2022.105655.
 20. Jafari, A., A. Azarfar, G. R. Ghorbani, M. Mirzaei, M. A. Khan, H. Omid-Mirzaei, A. Pakdel, and M. H. Ghaffari. 2020. Effects of physical forms of starter and milk allowance on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites of Holstein dairy calves. *J. Dairy Sci.* 103:11300–11313. doi:10.3168/jds.2020-18252.
 21. Jasper, J., and D. M. Weary. 2002. Effects of Ad Libitum Milk Intake on Dairy Calves. *J. Dairy Sci.* 85:3054–3058. doi:10.3168/JDS.S0022-0302(02)74391-9.
 22. Kamal, M. M., M. Van Eetvelde, H. Bogaert, M. Hostens, L. Vandaele, M. Shamsuddin, and G. Opsomer. 2015. Environmental factors and dam characteristics associated with insulin sensitivity and insulin secretion in newborn Holstein calves. *Animal* 9:1490–1499. doi:10.1017/S1751731115000701.
 23. Kiezebrink, D. J., A. M. Edwards, T. C. Wright, J. P. Cant, and V. R. Osborne. 2015. Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent first-lactation performance. *J. Dairy Sci.* 98:349–356. doi:10.3168/jds.2014-7959.
 24. Larson, L. L., F. G. Owen, J. L. Albright, R. D. Appleman, R. C. Lamb, and L. D. Muller. 1977. Guidelines Toward More Uniformity in Measuring and Reporting Calf Experimental Data. *J. Dairy Sci.* 60:989–991. doi:10.3168/jds.S0022-0302(77)83975-1.
 25. Lombard, J., N. Urie, F. Garry, S. Godden, J. Quigley, T. Earleywine, S. McGuirk, D. Moore, M. Branan, M. Chamorro, G. Smith, C. Shivley, D. Catherman, D. Haines, A. J. Heinrichs, R. James, J. Maas, and K. Sterner. 2020. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J. Dairy Sci.* 103:7611–7624. doi:10.3168/jds.2019-17955.

26. Martin, P., and P. Bateson. 2007. *Measuring Behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
27. McGuirk, S. M. 2003. Solving Calf Morbidity and Mortality Problems. Pages 165–178 in *Proc. Annu. Conf. Am. Assoc. Bovine Pract.*, Columbus, OH.
28. De Paula Vieira, A., V. Guesdon, A. M. de Passillé, M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2008. Behavioural indicators of hunger in dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109:180–189. doi:10.1016/j.applanim.2007.03.006.
29. Pearson, F., M. J. Johnson, and A. A. Leaf. 2013. Milk osmolality: does it matter? *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* 98:F166–F169. doi:10.1136/adc.2011.300492.
30. Rosadiuk, J. P., T. C. Bruinje, F. Moslemipur, A. J. Fischer-Tlustos, D. L. Renaud, D. J. Ambrose, and M. A. Steele. 2021. Differing planes of pre- and postweaning phase nutrition in Holstein heifers: I. Effects on feed intake, growth efficiency, and metabolic and development indicators. *J. Dairy Sci.* 104:1136–1152. doi:10.3168/jds.2020-18809.
31. Rosenberger, K., J. H. C. Costa, H. W. Neave, M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2017. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 100:504–512. doi:10.3168/jds.2016-11195.
32. Sen, I., P. D. Constable, and T. S. Marshall. 2006. Effect of suckling isotonic or hypertonic solutions of sodium bicarbonate or glucose on abomasal emptying rate in calves. *Am. J. Vet. Res.* 67:1377–1384. doi:10.2460/AJVR.67.8.1377.
33. Silper, B. F., A. M. Q. Lana, A. U. Carvalho, C. S. Ferreira, A. P. S. Franzoni, J. A. M. Lima, H. M. Saturnino, R. B. Reis, and S. G. Coelho. 2014. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:1016–1025. doi:10.3168/jds.2013-7201.
34. Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 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.
35. Terré, M., M. Devant, and A. Bach. 2006. Performance and nitrogen metabolism of calves fed conventionally or following an enhanced-growth feeding program during the preweaning period. *Livest. Sci.* 105:109–119. doi:10.1016/j.livsci.2006.05.001.

36. Terré, M., C. Tejero, and A. Bach. 2009. Long-term effects on heifer performance of an enhanced-growth feeding programme applied during the preweaning period. *J. Dairy Res.* 76:331–339. doi:10.1017/S0022029909004142.
37. Whalin, L., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2021. Understanding Behavioural Development of Calves in Natural Settings to Inform Calf Management. *Animals* 11:2446. doi:10.3390/ani11082446.
38. Wilms, J., H. Berends, and J. Martín-Tereso. 2019. Hypertonic milk replacers increase gastrointestinal permeability in healthy dairy calves. *J. Dairy Sci.* 102:1237–1246. doi:10.3168/jds.2018-15265.
39. Yunta, C., M. Terré, and A. Bach. 2015. Short- and medium-term changes in performance and metabolism of dairy calves offered different amounts of milk replacers. *Livest. Sci.* 181:249–255. doi:10.1016/j.livsci.2015.09.008.

QUAL A MELHOR FORMA DE OFERECER A MESMA QUANTIDADE DE NUTRIENTES PARA AS BEZERRAS: AUMENTAR O VOLUME OU ADENSAR A DIETA?

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar os efeitos de duas concentrações de dieta líquida à base de sucedâneo de mesmo teor absoluto de nutrientes sobre o consumo, desempenho, digestibilidade, saúde do trato digestivo e comportamento de bezerros da raça Holandês durante o período de aleitamento e pós-desaleitamento imediato. O experimento contou com 30 bezerros distribuídos em dois tratamentos, nos quais a oferta total de nutrientes na dieta líquida foi mantida, variando apenas o volume fornecido. No tratamento controle (CT), os animais receberam 750g diários de sucedâneo (Nurture® Prime), preparado na concentração de 12,50% de sólidos totais (ST), resultando em 6L/dia. O tratamento adensado (AD) também recebeu 750g diários de sucedâneo em pó (Nurture® Prime), porém, com concentração de 16,67% de ST, resultando em 4,5L/dia. Diariamente, foram registrados o consumo de sucedâneo, concentrado, água, e escore de saúde. Semanalmente, foram mensurados o peso corporal, ganho de peso, parâmetros ruminais, e medidas de desenvolvimento corporal. A digestibilidade aparente dos nutrientes foi avaliada em dois períodos específicos: dos 30 aos 34 dias e dos 52 aos 56 dias de idade. Além disso, a curva glicêmica e insulinêmica dos animais foi analisada aos 20 dias de idade. Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no consumo total de matéria seca dos alimentos, ganho médio diário, parâmetros sanguíneos e incidência de diarreia entre os tratamentos. A digestibilidade da energia bruta foi maior no tratamento CT aos 30-34 dias de idade ($P = 0,01$), porém não houve diferença no segundo ensaio entre 52 e 56 dias. O teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) no fluido ruminal foi maior no grupo CT ($P = 0,04$). Bezerros do tratamento CT apresentaram maior frequência de comportamentos orais não-nutricionais ($P = 0,04$). O adensamento moderado da dieta líquida a 16,67% ST mostrou-se viável e seguro, sem impactos negativos sobre o desenvolvimento ou a saúde dos animais, podendo ser uma alternativa para otimizar o manejo nutricional em sistemas de produção de leite.

ABSTRACT

The objective of this study was to compare the effects of two different concentrations of liquid diet based on milk replacer, both providing the same absolute nutrient content, on intake, performance, digestibility, digestive tract health, and behavior of Holstein calves during the preweaning and immediate postweaning periods. The experiment involved 30 calves assigned to two treatments, where the total nutrient supply in the liquid diet was kept constant, varying only the volume offered. In the control treatment (CT), calves received 750 g of milk replacer (Nurture® Prime) daily, prepared at a concentration of 12.50% total solids (TS), resulting in a daily intake of 6 L. In the concentrated treatment (AD), calves also received 750 g of milk replacer powder (Nurture® Prime) daily, but at a concentration of 16.67% TS, leading to a daily intake of 4.5 L. Daily measurements included milk replacer, starter, and water intake, and health scores. Weekly assessments included body weight, ruminal parameters, weight gain, and body development measurements. Apparent nutrient digestibility was evaluated in two specific periods: from 30 to 34 days and from 52 to 56 days of age. Additionally, glucose and insulin response curves were analyzed at 20 days of age. No significant differences ($P > 0.05$) were observed between treatments for total dry matter intake, average daily gain, blood parameters, or diarrhea incidence. Gross energy digestibility was higher in the CT treatment at 30-34 days of age ($P = 0.01$), but no differences were found in the second evaluation at 52-56 days. Ruminal fluid ammonia nitrogen (N-NH₃) concentration was higher in the CT group ($P = 0.04$). Calves in the CT treatment also exhibited a higher frequency of non-nutritive oral behaviors ($P = 0.04$). Moderate concentration of the liquid diet to 16.67% TS proved to be a feasible and safe strategy, with no negative effects on calf development or health. This approach may serve as an alternative to optimize nutritional management in dairy production systems.

INTRODUÇÃO

Trabalhos realizados no início dos anos 2000 demonstraram que o fornecimento de leite limitado a volumes equivalentes a 10% do peso corporal das bezerras (estratégia comumente utilizada no passado) limita o desempenho dos animais na fase de aleitamento (Jasper e Weary, 2002; Terré et al., 2006, 2009). Para contornar esse problema, foi sugerido inicialmente o fornecimento de maior volume de leite diário, entretanto, essa estratégia apresenta algumas limitações, uma vez que, pode impactar negativamente a taxa de desenvolvimento do rúmen devido à diminuição da ingestão de concentrado durante a fase de aleitamento e implicar em aumento significativo dos custos com a dieta devido ao valor do leite (Terré et al., 2006, 2009; Jafari et al., 2020). Além disso, nas primeiras semanas de vida, bezerras mais leves costumam apresentar dificuldade para ingerir grandes volumes de leite, devido à limitação física de volume do trato digestivo, o que ainda é agravado pelo manejo adotado na maioria das fazendas que, em geral, divide o aleitamento em apenas dois fornecimentos, implicando em volumes maiores em cada um deles e reduzindo ainda mais a eficiência dessa estratégia (Jasper e Weary, 2002).

Por conta das limitações inerentes ao aumento de volume, o adensamento se torna uma opção viável para aumentar o fornecimento de nutrientes através da dieta líquida. Tal estratégia permite que se atendam às exigências nutricionais necessárias para que as bezerras possam expressar seu potencial de desempenho consumindo volumes compatíveis com seu trato digestivo em desenvolvimento. Apesar do avanço nas pesquisas sobre a estratégia de adensamento e seu impacto positivo no ganho médio diário (GMD) (Terré et al., 2006, 2009; Azevedo et al., 2016a; b; Fouladi et al., 2024), ainda é necessário estabelecer o limite seguro para o teor de sólidos totais (ST) resultante do adensamento, visto que ele impacta diretamente a osmolalidade da solução, que, por sua vez, pode gerar repercussões negativas na saúde do trato digestivo quando elevada.

Além disso, poucos são os estudos que avaliam os efeitos isolados do adensamento da dieta líquida sobre o desempenho, absorção de nutrientes, saúde gastrointestinal e níveis de saciedade de bezerros recebem a mesma quantidade total de nutrientes na dieta líquida, porém com volumes e concentrações diferentes. Portanto, o objetivo desse trabalho foi, através do fornecimento da mesma quantidade de nutrientes, comparar os efeitos de duas diluições: 12,50% (controle) × 16,67% (adensado) para identificar possíveis diferenças no consumo, absorção de nutrientes, repercussões na saúde e desempenho de bezerros da raça Holandês durante as fases de aleitamento e pós-

desaleitamento imediato. O trabalho foi estruturado a partir da seguinte hipótese: o adensamento a 16,67% ST não interfere no consumo, desempenho, absorção de nutrientes e saúde digestiva dos bezerros em aleitamento e pós-desaleitamento imediato.

MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos deste estudo foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Embrapa Gado de Leite (CEUA/EGL) sob protocolo nº 46691412 em 20 de dezembro de 2022. O experimento foi conduzido no Laboratório Multiusuário de Bioeficiência e Sustentabilidade da Embrapa, Coronel Pacheco – MG.

Animais, instalações e tratamentos

Foram utilizados 30 bezerros da raça Holandês (18 machos e 12 fêmeas), nascidos entre fevereiro e maio de 2023. Logo após o nascimento, foram separados das mães, em seguida foram realizadas a identificação por brinco e cura de umbigo por imersão em tintura de iodo (10%). Foram então transportados para um galpão fechado, equipado com ventiladores, e acomodados em baias individuais (1,67m x 1,20m) de piso emborrachado (WingFlex, Kraiburg TPE GmbH & Co., Waldkraiburg, Germany) coberto com cama de maravalha, onde permaneceram durante todo o período experimental de 70 dias. Em seguida, foram pesados em balança mecânica (ICS 300, Coimma, Dracena, Brazil) e colocados em estação para realização de medidas corporais da largura de garupa (distância entre as pontas dos íleos) (LG); altura de cernelha (distância entre o chão até a cernelha) (AC) e perímetro torácico (circunferência do tórax logo após as escápulas, sob o esterno) (PT) com o uso de trena e fita métrica. A colostragem foi realizada com colostro a 25% de Brix em volume equivalente a 10% do peso corporal via sonda oroesofágica (ANTAHI®, Waipu, Nova Zelândia). Um segundo fornecimento de colostro foi realizado via sonda, em volume equivalente a 5% do peso corporal, entre oito e dez horas após a primeira colostragem (Godden et al., 2019). A cura de umbigo foi repetida diariamente até secagem completa do coto umbilical.

Amostras de sangue foram coletadas 48h após a segunda colostragem via punção da veia jugular (tubo com ativador de coágulo VACUPLAST® Cral Ltda. Cotia, Brasil) e centrifugadas a 2500 rpm por 15 min. O soro foi utilizado para avaliação da transferência da imunidade passiva em refratômetro Brix, considerando-se: excelente \geq 9,4%; boa entre 9,3% e 8,9%; aceitável entre 8,8% e 8,1%; ruim $<$ 8,1% (Lombard et al.,

2020). Não houve diferença na transferência de imunidade passiva entre os tratamentos ($P=0,97$), tendo valores médios de Brix iguais a 9,36% (CT) e 9,37% (AD). Entre o 2^o e 4^o dias de vida, todos os animais receberam 6L/d de leite de transição divididos em duas refeições iguais nos horários de 08h30 e 14h30. No 5^o dia de vida, os animais foram distribuídos por sorteio em dois tratamentos ($n = 15$).

Os tratamentos consistiram no fornecimento de 750g/d de sucedâneo (Nurture® Prime Cargill, Campinas, Brasil) diluídos em volumes de água distintos:

- Controle (CT) - 12,50% ST (6L/d); e
- Adensado (AD) - 16,67% ST (4,5L/d).

O volume total foi dividido em duas refeições fornecidas nos horários de 08h30 e 14h30 em alimentadores individuais (Milk Bar®, Waipu, Nova Zelândia). Ao completarem 57 dias, os animais foram submetidos ao desaleitamento gradual, que consistiu na interrupção do fornecimento da dieta líquida da tarde até 60 dias. A partir do dia 61, o fornecimento de sucedâneo da manhã também foi interrompido, concluindo o desaleitamento.

Concentrado (20% PB - 32,4% farelo de soja, 61,6% fubá de milho e 6% núcleo mineral (Bovigold® Tortuga by DSM-firmenich, Mairinque, Brasil) e água foram fornecidos à vontade durante todo o período experimental. No período de pós-desaleitamento (61 até 70 dias) foi adicionado silagem milho ao concentrado na proporção de 5% da matéria seca total em mistura homogênea (Tabela 1).

Tabela 1. Composição nutricional média do sucedâneo, concentrado e silagem de milho utilizados nas dietas experimentais.

| ¹ Nutriente | Sucedâneo | ² Concentrado | ³ Silagem |
|-----------------------------|-----------|--------------------------|----------------------|
| MS (%) | 94,82 | 95,18 | 30,74 |
| PB (% MS) | 21,41 | 20,65 | 5,91 |
| EE (% MS) | 14,82 | 3,20 | 2,82 |
| FDN (% MS) | 1,92 | 10,22 | 38,54 |
| Cinzas (% MS) | 9,11 | 7,81 | 4,80 |
| ⁴ Lactose (% MS) | 52,66 | - | - |
| EB (Mcal/kg) | 4,252 | 3,852 | 4,124 |

¹MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; EB = energia bruta; FDN = fibra em detergente neutro. ²Milho, farelo de soja, núcleo mineral. ³Silagem de milho. ⁴Lactose % = 100 – PB % – EE % – Cinzas % – 2 (Drackley, 2008).

Consumo e desempenho

O consumo de sucedâneo foi avaliado diariamente até o desaleitamento, aos 60 dias, e o de água, concentrado e silagem avaliado diariamente até os 70 dias de idade. A ingestão de água e ração foram mensuradas em balança através da diferença de peso entre a quantidade ofertada e as sobras, em intervalo de 24h. A ingestão de sucedâneo foi definida através da diferença entre o volume ofertado e a sobra ao fim de cada aleitamento, medida em recipiente graduado.

O desempenho foi avaliado pela diferença entre as medidas de peso obtidas semanalmente em balança mecânica (ICS 300, Coimma®, Dracena, Brasil). O desenvolvimento corporal foi aferido por meio de medições semanais de AC, LG e PT dos animais.

Parâmetros de saúde

A saúde dos animais foi monitorada pela inspeção individual diária dos seguintes parâmetros: aferição da temperatura retal e classificação por escores de secreção ocular, secreção nasal e fezes em escala de 1 a 4. Quanto ao escore ocular e nasal: 1= descarga serosa normal; 2 = pequena quantidade de descarga turva unilateral. 3 = descarga bilateral turva; 4 = descarga abundante, mucopurulenta e bilateral. Em relação ao escore fecal: 1= fezes normais e firmes; 2 = fezes pastosas, espalham ligeiramente; 3 = fezes escorridas, espalham facilmente, 4 = fezes aquosas, que geram respingos. A temperatura retal $\geq 39,4^{\circ}\text{C}$ foi considerada febre, enquanto os escores de fezes 3 e 4 foram classificados como diarreia, de acordo com Larson et al. (1977). O monitoramento da saúde foi realizado sempre antes do aleitamento da manhã e os escores foram alterados nos casos em que foram observadas mudanças significativas ao longo do dia.

Os animais foram tratados mediante alterações observadas durante inspeção e confirmadas em exame físico subsequente. Nos casos de diarreia sem febre, os animais receberam 2L de soro (5g de NaCl, 1g de KCl + 6g de acetato de sódio tri-hidratado + 20g de glicose, diluídos em 1L de água) via sonda oroesofágica, uma vez ao dia até que os animais não apresentassem mais escore de fezes 3 e 4. Em casos de febre associada, foram administrados 2L de soro oral duas vezes ao dia até que os animais não apresentassem mais escore de fezes 3 e 4 e Meloxicam (Ouro Fino Saúde Animal, Cravinhos, Brasil) via intramuscular (0,5 mg/kg, SID) por três dias.

Digestibilidade

Durante os períodos de 30 a 34 e 52 a 56 dias, todos os animais foram submetidos a ensaios de digestibilidade aparente de acordo com Silva (2015). Durante as primeiras 72h de cada período, os animais foram realocados em baias vizinhas individuais sem cama de maravalha para a realização de ensaios de digestibilidade aparente. Todo alimento fornecido aos animais e as sobras individuais foram pesados e amostrados diariamente. Amostras do sucedâneo foram coletadas diariamente formando amostras compostas. A produção fecal foi aferida por meio de coleta total de fezes, havendo pesagem e amostragem diárias de amostras individuais. Todas as amostras coletadas no ensaio de digestibilidade aparente foram identificadas e congeladas a -20°C para análises posteriores. Nas últimas 24h de cada período, os animais foram mantidos em gaiolas metabólicas individuais (1,50 × 0,80 m, Ponta Ltda. Contagem, Brasil) conectadas a galões imersos em gelo para coleta total da urina. Ao final das 24h foram mensurados peso e volume total da urina e coletadas amostras de 50 mL que também foram submetidas a congelamento (-20°C).

Parâmetros sanguíneos

Aos 20 dias de idade, todos os animais foram submetidos à coleta de sangue para composição de curva glicêmica e insulinêmica, ambas construídas através de 13 coletas sanguíneas seriadas, distribuídas em função do aleitamento da manhã, às 08h30. Foram coletadas amostras de sangue via punção da veia jugular em tubo com ativador de coágulo (VACUPLAST® Cral Ltda. Cotia, Brasil) para avaliação das concentrações de insulina e tubo com fluoreto de sódio + EDTA K3 (FirstLab®, Pinhais, Brasil) para avaliação de glicose. As coletas foram realizadas às 08h00 (-30'); 09h00 (+30'); 09h30 (+60'); 10h00 (+90'); 10h30 (+120'); 11h00 (+150'); 11h30 (+180'); 12h00 (+210'); 12h30 (+240'); 13h30 (+300'); 14h30 (+360'); 16h30 (+480') e 18h30 (+600'). Os animais tiveram livre acesso à água e ao concentrado e receberam o aleitamento da tarde somente após a última coleta para não provocar interferência nas curvas.

Logo após a coleta, as amostras foram imediatamente centrifugadas a 2500 rpm por 15 min. Na sequência, soro e plasma foram acondicionados em microtubos de 1,5mL (Eppendorf®, Hamburgo, Alemanha) e estocados em *freezer* a -20°C. O plasma foi analisado em espectrofotômetro de microplacas EON (Biotek®, Winooski, Estados Unidos) para mensuração da concentração de glicose plasmática. A mensuração da

concentração sérica de insulina foi realizada por radioimunoensaio no contador de radiação gama *Gamma Counter* (PerkinElmer®, Waltham, Estados Unidos) utilizando kit IRMA *Insulin(e)* (Immunotech®, Marselha, França) (ref. IM3210).

Concentração de ácidos orgânicos, nitrogênio amoniacal e pH ruminal

Durante o período de aleitamento, foram coletados 20 mL de conteúdo ruminal via sonda oroesofágica, nos dias 14, 28, 42 e 56, sempre 2,5h após o aleitamento da manhã. O pH do fluido ruminal foi avaliado em pHmetro (T100 – *Tekna*®, Araucária, Brasil) imediatamente após a coleta. Na sequência, as amostras foram filtradas em gaze e divididas em duas alíquotas de 10 mL. Na primeira, foram adicionados 2,0 mL de ácido sulfúrico 50% para futura determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e, na segunda, adicionou-se 1,0 mL de ácido metafosfórico 20% para quantificação posterior de ácidos graxos voláteis (AGV). Em seguida, as amostras foram congeladas a -20°C. Para execução das análises, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente (22-25°C) e centrifugadas a 1800×g por 10 min. A determinação das concentrações de AGV foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (Waters Alliance e2695 Chromatograph, Waters Technologies do Brasil LTDA®, Barueri, SP, Brasil). As concentrações de N-NH₃ foram obtidas por destilação calorimétrica, de acordo com Chaney and Marbach (1962). Absorbância foi mensurada a 630 nm (Thermo Fisher Scientific, Madison, WI, USA) após destilação Kjeldahl com óxido de magnésio e cloreto de cálcio (método 920.03) de acordo com AOAC Internacional (2012).

Análises de composição nutricional

Amostras de concentrado e silagem de milho oferecidos, de sobras de concentrado e de fezes dos períodos de digestibilidade foram descongeladas a temperatura ambiente com posterior pré-secagem em estufa a 55°C por 72 horas e, em seguida, trituradas em moinho Wiley (model 3, Arthur H. Thomas Co., Filadélfia, PA) usando peneira de 1mm. Na sequência, amostras compostas representativas de cada animal foram homogeneizadas para cada período de digestibilidade. Concentrado e fezes foram analisados para determinação de matéria seca (MS método 934.01), proteína bruta (PB método 988.05), extrato etéreo (EE método 920.39), matéria orgânica (método 942.05) de acordo com AOAC Internacional (2012). A análise de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) seguiu metodologia adaptada de Van Soest et al. (1991). A energia bruta das amostras de fezes, do alimento oferecido, das sobras e de urina foi determinada usando bomba calorimétrica adiabática (IKA - C5000, IKA® Works, Staufen, Alemanha). O nitrogênio urinário foi analisado pelo método Kjeldahl.

Mediante a obtenção das análises químicas, o balanço de nitrogênio dos animais foi calculado pela diferença entre a ingestão de nitrogênio da dieta e o nitrogênio excretado nas fezes e na urina.

Análise de comportamento

Todos os animais foram submetidos à avaliação comportamental por meio da aplicação de etograma, com objetivo de identificar padrões comportamentais indicativos de saciedade dos animais em cada tratamento, tais como nível geral de atividade e comportamentos orais. A avaliação foi realizada semanalmente, por um período de 90 minutos antes a 90 minutos após o aleitamento da tarde, através de rota de amostragem em *scans* com intervalo de 5 minutos (Martin e Bateson, 2007). Em cada *scan* foi contabilizada a expressão individual dos comportamentos incluídos dentro de três categorias: 1. estação *ou* decúbito; 2. parado *ou* em movimento; 3. comendo, bebendo, ruminando, comportamentos orais não-nutricionais (comportamentos orais tais como lambe as instalações, tentativas de sucção nas instalações e nos objetos presentes na baia), além de outros comportamentos (qualquer conduta observada que não se enquadra nos itens da categoria 3). Foram realizadas 60 horas de observação, ao longo de 20

semanas, sendo 180 minutos em cada avaliação. Todas as avaliações foram realizadas pelo mesmo avaliador, previamente treinado.

Análises estatísticas

O experimento foi estruturado sob delineamento inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, estando na parcela os tratamentos, nas sub-parcelas os dias e nas subsubparcelas horários de coletas. Na análise de variância (ANOVA) foi estabelecido nível de confiança de 95%. Como covariáveis, foram considerados peso ao nascimento (PN), sexo e transferência de imunidade passiva, incluídos no modelo apenas quando significativas ($P \leq 0,05$). A normalidade e homoscedasticidade dos dados foram testados através dos testes de *Shapiro-Wilk* e *Barlett*, respectivamente. As comparações de médias foram realizadas por meio do teste de Tukey, sendo consideradas significativas quando $P \leq 0,05$. O *Software R* (*R Core Team, 2024 - version 4.3.3.*) foi utilizado para realizar todas as análises estatísticas, com exceção dos dados de comportamento. Aos dados de comportamento, foi aplicado um Modelo Linear Misto Generalizado por meio do Proc Glimmix do SAS (SAS Inst. Inc., versão 9.3), adotando-se distribuição Poisson. O melhor ajuste para os modelos foi obtido por meio dos critérios de Akaike (Akaike Information Criterion, AIC) e Bayesiano (Bayesian Information Criterion, BIC). Os modelos incluíram cada uma das categorias de comportamento como variáveis dependentes e os efeitos fixos de tratamento (VL e AD), período (antes vs. depois) e semana (de 1 a 9), além de todas as interações duplas entre os efeitos principais. O efeito aleatório de animal foi incluído como medida repetida ao longo das semanas. Interações não significativas foram removidas dos modelos finais. As comparações múltiplas das médias ajustadas foram realizadas por meio do teste de Tukey, sendo consideradas significativas quando $P \leq 0,05$.

RESULTADOS

Consumo e desempenho

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no consumo e desempenho entre os tratamentos até os 70 dias de vida, incluindo consumo de água, MS, EB, PB, peso inicial, peso final, GMD, altura de cernelha, largura de garupa e perímetro torácico (Tabela 2). Todas as variáveis sofreram apenas o efeito da semana ($P \leq 0,05$), apresentando aumento constante, semanalmente.

Tabela 2. Parâmetros de consumo e desempenho nos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) nos períodos de aleitamento (1 até 60 dias) e pós-desaleitamento (61 até 70 dias)

| ¹ Item | Tratamentos | | SEM | P-valor | | |
|---|-------------|--------|--------|---------|---------|-------|
| | CT | AD | | T | S | T x S |
| Consumo de nutrientes e energia | | | | | | |
| (1 até 60 dias) | | | | | | |
| ² Sucedâneo (g MS/d) | 690,7 | 690,3 | - | - | - | - |
| Concentrado (g MS/d) | 166,6 | 183,2 | 19,68 | 0,55 | <0,0001 | 0,67 |
| Total (g MS/d) | 941,6 | 959,0 | 21,55 | 0,76 | <0,0001 | 0,64 |
| EB (Mcal/d) | 3,93 | 3,98 | 0,09 | 0,73 | <0,0001 | 0,92 |
| PB (g/d) | 200,7 | 202,8 | 4,79 | 0,84 | <0,0001 | 0,99 |
| Água (g/d) | 2285,0 | 2676,0 | 180,00 | 0,13 | <0,0001 | 0,18 |
| ³Consumo de nutrientes e energia (61 até 70 dias) | | | | | | |
| ⁴ Dieta total (g MS/d) | 2420,4 | 2340,0 | 82,73 | 0,49 | - | - |
| EB (Mcal/d) | 9,36 | 9,05 | 0,32 | 0,49 | - | - |
| PB (g/d) | 482,3 | 466,2 | 16,48 | 0,49 | - | - |
| Água (g/d) | 8266,7 | 7914,3 | 490,84 | 0,62 | - | - |
| Desempenho (1 até 70 dias) | | | | | | |
| Peso inicial (kg) | 33,7 | 33,3 | 1,47 | 0,85 | - | - |
| Peso final (kg) | 77,4 | 77,0 | 2,19 | 0,88 | <0,0001 | |
| GMD (g/d) | 662,4 | 650,1 | 0,03 | 0,92 | <0,0001 | |
| Altura de cernelha (cm) | 89,25 | 89,92 | 0,44 | 0,77 | <0,0001 | |
| Largura de garupa (cm) | 25,62 | 25,35 | 0,12 | 0,28 | <0,0001 | |
| Perímetro torácico (cm) | 96,36 | 96,11 | 0,55 | 0,89 | <0,0001 | |

T = efeito de tratamento; S = efeito de semana; T x S = interação tratamento-semana. Significativo quando $P \leq 0,05$. ¹MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; EB = energia bruta.²O consumo de MS do sucedâneo representa apenas a média de cada tratamento, pois devido ao volume oferecido ser fixo, não foi possível obter normalidade. ³ O período de 61 a 70 dias foi avaliado como único de pós-desaleitamento, portanto não sofreu efeito de semana. ⁴Dieta total = concentrado + silagem de milho (5% da MS).

Digestibilidade

Foi observada diferença ($P \leq 0,05$) na digestibilidade aparente da EB entre os tratamentos CT e AD apenas no primeiro período analisado (30 a 34 dias). Não foram observadas diferenças para a digestibilidade de MS, MO, PB, EE, FDN e entre os tratamentos em nenhum dos dois períodos avaliados (Tabela 3).

Tabela 3. Digestibilidade aparente dos nutrientes para os tratamentos controle (CT) e adensado (AD) nos ensaios realizados entre 30 a 34 dias e 52 a 56 dias de idade

| Item | 30 a 34 dias | | SEM | <i>P</i> -valor | 52 a 56 dias | | SEM | <i>P</i> -valor |
|----------------------|--------------|-------|-------|-----------------|--------------|-------|------|-----------------|
| | CT | AD | | | CT | AD | | |
| Peso na entrada (kg) | 45,1 | 45,2 | 0,89 | 0,69 | 57,6 | 57,0 | 1,13 | 0,69 |
| MS (%) | 87,60 | 87,05 | 1,05 | 0,72 | 88,10 | 89,49 | 0,88 | 0,28 |
| MO (%) | 88,70 | 88,23 | 0,99 | 0,74 | 90,20 | 88,89 | 0,86 | 0,29 |
| PB (%) | 76,36 | 75,57 | 2,54 | 0,83 | 85,88 | 84,31 | 1,56 | 0,49 |
| EE (%) | 85,27 | 84,85 | 1,71 | 0,87 | 87,17 | 85,35 | 1,26 | 0,32 |
| FDN (%) | 51,23 | 28,71 | 11,15 | 0,17 | 56,72 | 50,61 | 5,67 | 0,46 |
| EB (%) | 97,44 | 96,47 | 0,24 | 0,01 | 97,05 | 96,47 | 0,37 | 0,19 |

Significativo quando $P \leq 0,05$. MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; EB = energia bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro.

Balanço de nitrogênio

Não foi observada diferença ($P \leq 0,05$) para consumo de nitrogênio, nitrogênio fecal, nitrogênio urinário e nitrogênio retido entre os tratamentos CT e AD em nenhum dos dois períodos avaliados (Tabela 4). O tratamento CT apresentou maior volume urinário ($P < 0,05$) que o AD nos dois ensaios de digestibilidade (30 a 34 dias e 52 a 56 dias).

Tabela 4. Balanço de nitrogênio para os tratamentos controle (CT) e adensamento (AD) nos ensaios de digestibilidade de 30 a 34 dias e 52 a 56 dias de idade.

| Item | 30 a 34 dias | | SEM | P- valor | 52 a 56 dias | | SEM | P- valor |
|--|--------------|-------------|------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| | CT | AD | | | CT | AD | | |
| ¹ Volume urinário (mL/d) | 3737,8 6 | 2797,0 8 | 203,0 5 | 0,00 3 | 3544,1 7 | 2546,6 7 | 193,0 1 | 0,00 2 |
| ² Massa fecal (g de MS/d) | 158,75 | 168,41 | 14,81 | 0,65 | 317,62 | 287,48 | 32,77 | 0,94 |
| Balanço de N (g/kg PV^{0,75}/d) | | | | | | | | |
| Consumo de nitrogênio | 2,37 | 2,46 | 0,10 | 0,52 | 4,83 | 5,71 | 0,44 | 0,17 |
| Nitrogênio fecal | 0,55 | 0,63 | 0,06 | 0,37 | 0,68 | 0,89 | 0,08 | 0,08 |
| Nitrogênio urinário | 0,39 | 0,39 | 0,03 | 0,89 | 0,35 | 0,45 | 0,05 | 0,21 |
| Nitrogênio retido | 1,62 | 1,50 | 0,15 | 0,57 | 3,80 | 4,38 | 0,38 | 0,29 |

Significativo quando $P \leq 0,05$. ¹Volume urinário corresponde a média de cada tratamento. ²Massa fecal corresponde a média de cada tratamento.

Parâmetros ruminais

Quanto aos parâmetros ruminais, foi observada diferença entre os tratamentos ($P \leq 0,05$) para o teor de N-NH₃, com o tratamento CT apresentando teores mais elevados que o AD. Não houve diferença entre os tratamentos ($P > 0,05$) para as concentrações de acetato, propionato, butirato, relação acetato/propionato e pH. Todas as variáveis sofreram efeito da semana de avaliação, aumentando com o decorrer das semanas (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros ruminais médios avaliados nos tratamentos controle (CT) e adensamento (AD) aos 14, 28, 42 e 56 dias de vida

| Parâmetro | Tratamento | | | | P-valor | |
|-------------------------|------------|-------|------|------|---------|-------|
| | CT | AD | SEM | T | S | T x S |
| pH | 6,38 | 6,20 | 0,09 | 0,16 | 0,02 | 0,10 |
| N-NH ₃ (%) | 10,3 | 7,96 | 0,78 | 0,04 | <0,0001 | 0,68 |
| Acetato (C2, µmol/L) | 12,20 | 13,60 | 0,89 | 0,20 | <0,0001 | 0,06 |
| Propionato (C3, µmol/L) | 5,38 | 7,35 | 0,90 | 0,07 | <0,0001 | 0,59 |
| Butirato (C4, µmol/L) | 2,77 | 3,20 | 0,30 | 0,18 | <0,0001 | 0,38 |
| C2:C3 ¹ | 2,14 | 1,83 | 0,15 | 0,10 | <0,0001 | 0,78 |

¹ Relação entre Acetato (C2) e Propionato (C3). T = efeito de tratamento; S = efeito de semana; T x S = interação tratamento-semana. Significativo quando $P \leq 0,05$.

Curva glicêmica e insulínica

Não foi observada interação entre tratamento e horário de coleta ($P > 0,05$), também não foi observada diferença ($P > 0,05$) para os valores de glicose e insulina entre os tratamentos CT e AD em todos os horários avaliados (Figura 1 e 2).

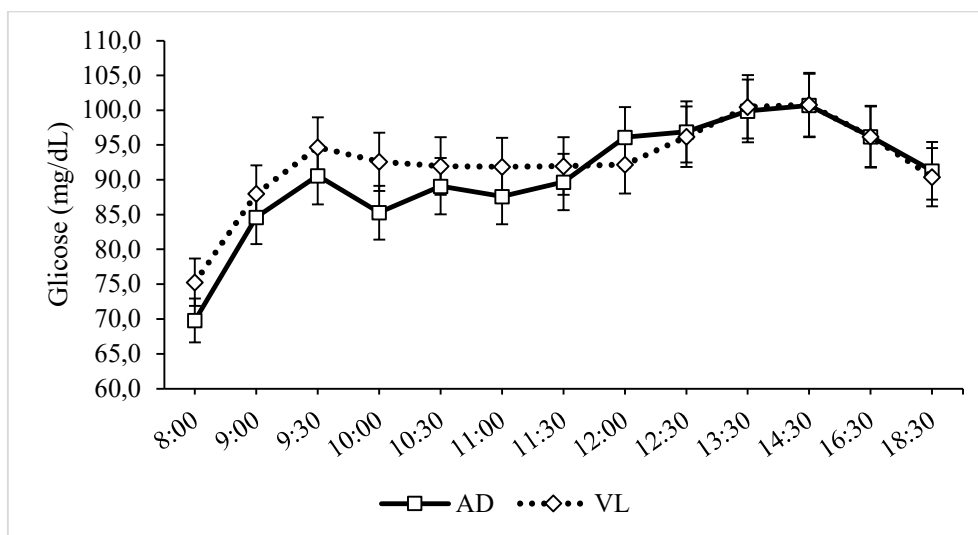


Figura 1. Curva glicêmica dos tratamentos CT e AD aos 20 dias de idade recebendo aleitamento às 8h30.

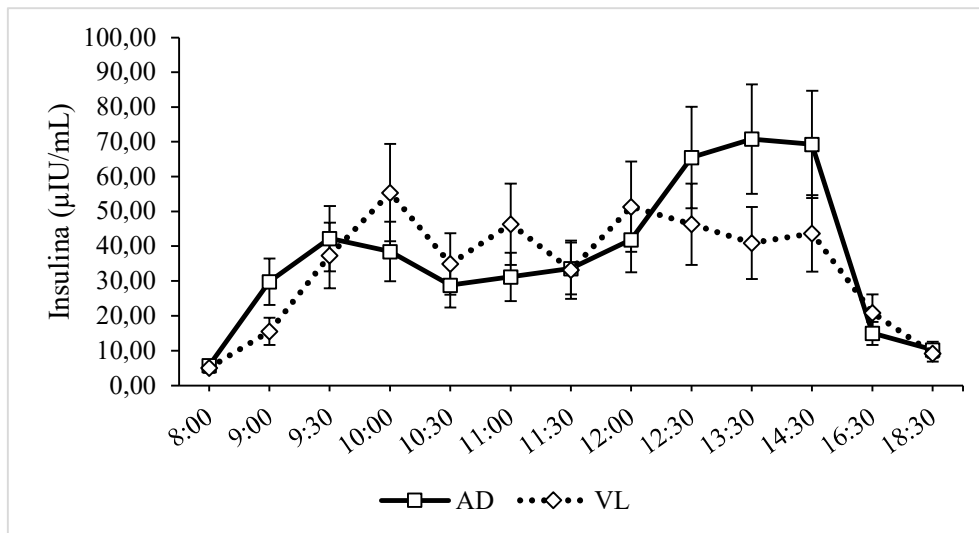


Figura 2. Curva insulinêmica dos tratamentos CT e AD aos 20 dias de idade recebendo aleitamento às 8h30.

Parâmetros de saúde

Não foi observada diferença ($P > 0,05$) entre os tratamentos para dias em diarreia, dias em diarreia grave (escore fecal 3) e dias em febre (Tabela 6). Não foram observados quadros de doença respiratória nos dois tratamentos durante todo o período experimental.

Tabela 6. Parâmetros de saúde dos tratamentos controle (CT) e adensado (AD) aferidos diariamente pela manhã

| Parâmetro | Tratamento | | SEM | P-valor |
|-------------------------------------|------------|------|------|---------|
| | CT | AD | | |
| Dias em diarreia | 4,21 | 5,24 | 1,51 | 0,63 |
| ¹ Dias em diarreia grave | 0,90 | 0,69 | 0,42 | 0,73 |
| Dias em febre | 0,94 | 0,79 | 0,29 | 0,77 |

¹Dois ou mais dias consecutivos com escore de fezes 2 ou 3. Significativo quando $P \leq 0,05$.

Comportamento

Para a análise comportamental foi observada interação tratamento semana para os comportamentos estação, decúbito, comendo, comportamento não nutricionais e ócio (Tabela 7). Todos os comportamentos analisados, com exceção da ingestão de concentrado (comendo) apresentaram diferença entre os períodos de análise ANTES e DEPOIS, indicando que os animais ficavam mais tempo em estação, se deslocando e realizando CONN antes do aleitamento e, parados, ruminando ou em ócio após o aleitamento.

Tabela 7. Médias estimadas dos comportamentos em função dos tratamentos CT e AD e períodos de observação (antes e depois do aleitamento)

| Comportamentos | Tratamento | | | | P-valor | | |
|-------------------|------------|------|-------|------|---------|--------|--------|
| | CT | AD | SEM | T | P | S | P x S |
| Estação | 3,29 | 3,28 | 0,03 | 0,93 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Decúbito | 4,10 | 4,10 | 0,02 | 0,94 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Deslocando | 0,69 | 0,69 | 0,12 | 0,98 | <0,001 | 0,14 | - |
| Parado | 4,47 | 4,47 | 0,003 | 0,93 | <0,001 | 0,16 | - |
| Comendo | 0,27 | 0,35 | 0,15 | 0,55 | 0,80 | <0,001 | 0,03 |
| Ruminando | 1,49 | 1,45 | 0,17 | 0,67 | <0,001 | <0,001 | - |
| ¹ CONN | 2,06 | 1,88 | 0,07 | 0,04 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| Ócio | 4,21 | 4,23 | 0,01 | 0,24 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |

Significativo quando $P \leq 0,05$. ¹CONN = comportamentos orais não-nutricionais.

DISCUSSÃO

É escassa a literatura que avalia os efeitos do adensamento de maneira isolada. Portanto, a escolha pela manutenção da quantidade absoluta de sólidos foi adotada nesse experimento para observar se o adensamento ou diluição tem efeito sobre consumo, digestibilidade, curva glicêmica e insulinêmica, desempenho e saúde dos animais.

De maneira geral, o adensamento da dieta líquida nos valores estudados não teve efeito prejudicial à saúde e desempenho dos bezerros, visto que não houve diferença entre os tratamentos na maioria dos parâmetros avaliados, com exceção da digestibilidade da EB no primeiro ensaio de digestibilidade de 30 a 34 dias de idade e do teor de N-NH₃ ruminal, que serão discutidos a seguir.

Não foi observada diferença no consumo médio de concentrado entre os tratamentos e os valores obtidos foram semelhantes aos observados em outros experimentos (entre 150 e 300g de MS/d) em que os animais receberam entre 700 e 900g/d de ST na dieta líquida, diluídos entre 6 e 8 litros (Terré et al., 2009; Yunta et al., 2015; Azevedo et al., 2016a). Este é um ponto positivo, pois sugere que o consumo de concentrado não é afetado pela forma em que a dieta líquida é oferecida (maior volume ou adensamento), abrindo a possibilidade do produtor escolher a alternativa que melhor se adequa ao seu sistema de produção.

A maior concentração de N-NH₃ observada no tratamento CT não era esperada, uma vez que, o consumo de concentrado não foi diferente. No entanto, não podemos excluir a possibilidade de ter ocorrido a chegada de alguma quantidade de sucedâneo ao rúmen pelo maior volume ingerido nesse tratamento. Contudo, não foi observada diferença no pH e concentrações de AGV, sugerindo que, se houve presença de sucedâneo no rúmen, o processo de fermentação e remoção dos AGV do ambiente ruminal ocorreu sem prejuízo para os animais. O aumento das concentrações de acetato, propionato e butirato e a redução da relação acetato/propionato ao longo das semanas avaliadas são consistentes com o aumento no consumo de carboidratos fermentáveis oriundos da dieta sólida (Rosenberger et al., 2017).

Como não ocorreu diferença no consumo de sucedâneo e concentrado, não se esperava diferença na digestibilidade dos nutrientes e da energia nos dois ensaios realizados. No entanto, ocorreu diferença na digestibilidade da EB, sendo maior no tratamento CT. Talvez essa diferença possa ser explicada por efeitos de diluição dos nutrientes, facilitando a digestão no duodeno. Entretanto, como não houve diferença na digestibilidade da EB no segundo ensaio, é provável que essa diferença tenha sido temporária e adaptativa durante o período de aleitamento, não comprometendo a viabilidade da estratégia de adensamento, uma vez que a maior digestibilidade da EB não foi suficiente para permitir diferenças significativas no desempenho dos animais durante o experimento. A ausência de diferenças no balanço de nitrogênio entre os tratamentos sugere que o aumento da densidade energética na dieta líquida (adensamento) não afetou negativamente a assimilação e retenção de proteína. Como o nitrogênio retido reflete a síntese proteica e o crescimento, a similaridade entre os tratamentos indica que ambos permitiram crescimento adequado dos bezerros. A diferença de volume urinário total observada entre os tratamentos durante os dois períodos de digestibilidade ($P < 0,05$) pode ser explicada pela diferença de volume de sucedâneo oferecido em função da diluição estabelecida para cada tratamento (CT = 6L/d - 12,5% ST; AD = 4,5L/d - 16,67% ST), visto que não houve diferença no consumo de água durante todo o período avaliado.

As concentrações plasmáticas de glicose séricas de insulina foram semelhantes entre os tratamentos e mostram que o metabolismo energético provavelmente não foi afetado pelas diferentes diluições estudadas. Esse resultado é relevante, já que estudos prévios indicam que a hiperosmolalidade pode alterar o trânsito abomasal, a absorção de nutrientes e a dinâmica hormonal em bezerros jovens (Wilms et al., 2019).

A ausência de diferenças na curva glicêmica e insulinêmica reforça que o adensamento até 16,67% ST em uma estratégia de fornecimento de 750g de sucedâneo diário, não impacta negativamente a homeostase metabólica. Esse aspecto é crucial para garantir o crescimento saudável dos animais sem comprometer o desenvolvimento de órgãos como o pâncreas e fígado, que participam diretamente da regulação do metabolismo.

A similaridade nos parâmetros de saúde, como dias em diarreia, dias em diarreia grave e febre, sugere que a estratégia nutricional de adensamento da dieta líquida foi segura do ponto de vista clínico. No entanto, este é um ponto que merece atenção prática, especialmente em sistemas onde a qualidade da água e o manejo higiênico podem não ser ideais, visto que a qualidade microbiológica da água e as condições sanitárias das instalações são fatores muito relevantes para a incidência de diarreia em bezerras.

Não houve diferença entre ganho de peso e medidas de crescimento entre os tratamentos, resultado condizente com todos os outros resultados relatados acima. O GMD, peso final e medidas de crescimento (AC, LG e CT) foram consistentes ao longo do experimento e compatíveis com valores observados na literatura. É comum observarmos valores de GMD entre 0,5 e 1,0 kg/dia durante a fase de aleitamento, variando principalmente em função da densidade energética da dieta (Davis Rincker et al., 2011; Glosson et al., 2015; Kiezebrink et al., 2015; Azevedo et al., 2016b; a; Hu et al., 2020). Além disso, o efeito significativo da semana nas variáveis de desempenho reflete o desenvolvimento progressivo esperado dos bezerros. Esse efeito temporal é esperado em função da maturação fisiológica, especialmente considerando que o consumo de concentrado aumentou com o avanço da idade e a proximidade do desaleitamento, auxiliando na transição gradual para dieta sólida e permitindo aproveitamento mais eficiente dos nutrientes e da energia oferecidos por estes alimentos para o atendimento das exigências nutricionais dos animais.

Foi observada diferença no tempo de manifestação de comportamento orais não-nutricionais, entre os tratamentos, com o tratamento CT apresentando valores mais elevados. Isso sugere que a dieta líquida fornecida em maior volume pode estar relacionada com um menor nível de saciedade, visto que a expressão de CONN é sugestivo de fome. Entretanto, a ausência de diferença entre os outros padrões de comportamento analisados não corrobora essa hipótese. As diferenças na expressão de padrões comportamentais entre os períodos antes e depois do aleitamento eram esperadas, visto que os animais permaneceram por mais tempo em estação, em deslocamento, e em

CONN, sempre antes do aleitamento, que é o período em que os bezerros naturalmente apresentam mais fome. Houve interação entre período e semana para tempo em “estação”, “decúbito”, “comendo” (ingestão de concentrado), “CONN” (comportamentos orais não-nutricionais) e “ócio”. Para “estação” e “CONN” os valores para o período “antes” aumentaram gradualmente ao decorrer de todas as semanas, atingindo o pico na semana 9 e diminuíram para o período “depois” atingindo o menor valor também na semana 9, indicando que os animais permaneceram em pé, expressando comportamentos orais não-nutricionais por cada vez mais tempo ao decorrer das semanas, no período antes do aleitamento, e cada vez menos tempo no período depois do aleitamento. Para tempo em “decúbito” e “ócio” ocorreu a situação inversa, visto que são comportamentos antagônicos à estação e CONN. Para tempo “comendo” foi observado que nas semanas 1, 2, 4 e 9 o período “depois” apresentou valores mais elevados, enquanto nas semanas 3, 5, 6, 7 e 8, o período “antes” apresentou valores mais elevados. Isso mostra que o consumo de concentrado flutuou entre os períodos “antes” e “depois” do aleitamento ao decorrer das semanas de experimento.

CONCLUSÃO

A estratégia de adensamento da dieta líquida adotada neste estudo (750g em diluição de 16,67% ST), demonstrou-se viável e segura para aumentar a densidade energética sem prejuízos ao desempenho ou à saúde. Essa abordagem é particularmente útil em sistemas onde o fornecimento de grandes volumes de dieta líquida (> 6L/d) é inviável devido às limitações de volume do trato digestivo dos animais mais leves. No entanto, deve-se monitorar a osmolalidade da mistura e avaliar criteriosamente a qualidade dos sucedâneos para evitar problemas digestivos.

REFERÊNCIAS

1. de Almeida Rufino, S. R., R. A. de Azevedo, P. M. Furini, M. M. Campos, F. S. Machado, M. de Fátima Avila Pires, J. A. M. Lima, and S. G. Coelho. 2019. Behavior of dairy heifers after increasing the amounts of milk replacer powder added to whole milk. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 54. doi:10.1590/S1678-3921.PAB2019.V54.00181.
2. Araujo, G., C. Yunta, M. Terré, A. Mereu, I. Ipharraguerre, and A. Bach. 2015. Intestinal permeability and incidence of diarrhea in newborn calves. *J. Dairy Sci.* 98:7309–7317. doi:10.3168/jds.2015-9666.
3. Azevedo, R. A., C. F. A. Lage, B. F. Silper, H. C. D. Neto, J. D. Quigley, and S. G. Coelho. 2023. Invited review: Total solids concentration in milk or milk replacer for dairy calves. *J. Dairy Sci.* 106:7341–7351. doi:10.3168/JDS.2023-23372.
4. Azevedo, R. A., F. S. Machado, M. M. Campos, P. M. Furini, S. R. A. Rufino, L. G. R. Pereira, T. R. Tomich, and S. G. Coelho. 2016a. The effects of increasing amounts of milk replacer powder added to whole milk on feed intake and performance in dairy heifers. *J. Dairy Sci.* 99:8018–8027. doi:10.3168/jds.2015-10457.
5. Azevedo, R. A., F. S. Machado, M. M. Campos, D. R. G. Lopes, S. F. Costa, H. C. Mantovani, F. C. F. Lopes, M. I. Marcondes, L. G. R. Pereira, T. R. Tomich, and S. G. Coelho. 2016b. The effects of increasing amounts of milk replacer powder added to whole milk on passage rate, nutrient digestibility, ruminal development, and body composition in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 99:8746–8758. doi:10.3168/jds.2016-11410.
6. Beiranvand, H., F. Ahmadi, R. Tahmasbi, M. R. Farokhzad, M. Ariana, and M. H. Ghaffari. 2022. Performance of Holstein calves receiving equal solids per day from high-solids milk and milk replacer blend once or twice daily combined with dry versus wet fine-particle starter diet. *JDS Communications* 3:317–321. doi:10.3168/jdsc.2021-0194.

7. Bell, F. R., and L. M. Mcleay. 1978. The effect of duodenal infusion of milk, casein, lactose and fat on gastric emptying and acid secretion in the milk-fed calf. *J. Physiol.* 63:397–409. doi:10.1113/jphysiol.1978.sp012447
8. Bell, F. R., and S. A. D. Razig. 1973. Gastric emptying and secretion in the milk-fed calf. *J. Physiol.* 228:499–512. doi:10.1113/jphysiol.1973.sp010096.
9. Breier, B. H., P. D. Gluckman, and J. J. Bass. 1988. Plasma concentrations of insulin-like growth factor-I and insulin in the infant calf: ontogeny and influence of altered nutrition. *J. Endocrinol.* 119:43–50. doi:10.1677/joe.0.1190043.
10. Burgstaller, J., T. Wittek, and G. W. Smith. 2017. Invited review: Abomasal emptying in calves and its potential influence on gastrointestinal disease. *J. Dairy Sci.* 100:17–35. doi:10.3168/JDS.2016-10949.
11. Chaney, A. L., and E. P. Marbach. 1962. Modified Reagents for Determination of Urea and Ammonia. *Clin. Chem.* 8:130–132. doi:10.1093/clinchem/8.2.130.
12. Daniels, K. M., S. R. Hill, K. F. Knowlton, R. E. James, M. L. McGilliard, and R. M. Akers. 2008. Effects of milk replacer composition on selected blood metabolites and hormones in preweaned Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 91:2628–2640. doi:10.3168/jds.2007-0859.
13. Davis Rincker, L. E., M. J. VandeHaar, C. A. Wolf, J. S. Liesman, L. T. Chapin, and M. S. Weber Nielsen. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, pubertal age, calving age, milk yield, and economics. *J. Dairy Sci.* 94:3554–3567. doi:10.3168/jds.2010-3923.
14. Drackley, J. K. 2008. Calf Nutrition from Birth to Breeding. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 24:55–86. doi:10.1016/j.cvfa.2008.01.001.
15. Fouladi, B., F. Hashemzadeh, G. R. Ghorbani, H. Rafiee, and J. K. Drackley. 2024. Effects of milk replacer powder added to pasteurized whole milk over different durations on dairy calves fed ground starter diet with alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 107:6671–6685. doi:10.3168/JDS.2023-23588.
16. Glosson, K. M., B. A. Hopkins, S. P. Washburn, S. Davidson, G. Smith, T. Earleywine, and C. Ma. 2015. Effect of supplementing pasteurized milk balancer products to heat-treated whole milk on the growth and health of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 98:1127–1135. doi:10.3168/jds.2014-8567.

17. Hengst, B. A., L. M. Nemecek, R. R. Rastani, and T. F. Gressley. 2012. Effect of conventional and intensified milk replacer feeding programs on performance, vaccination response, and neutrophil mRNA levels of Holstein calves. *J. Dairy Sci.* 95:5182–5193. doi:10.3168/jds.2011-5261.
18. Hu, W., T. M. Hill, T. S. Dennis, F. X. Suarez-Mena, K. M. Aragona, J. D. Quigley, and R. L. Schlotterbeck. 2020. Effects of milk replacer feeding rates on growth performance of Holstein dairy calves to 4 months of age, evaluated via a meta-analytical approach. *J. Dairy Sci.* 103:2217–2232. doi:10.3168/jds.2019-17206.
19. Ivemeyer, S., J. Preußner, D. Haager, C. Simantke, P. Waldherr, K. Kull, G. Utz, U. Knierim, and C. Winckler. 2022. Impact of enhanced compared to restricted milk feeding on the behaviour and health of organic dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 252:105655. doi:10.1016/j.applanim.2022.105655.
20. Jafari, A., A. Azarfar, G. R. Ghorbani, M. Mirzaei, M. A. Khan, H. Omid-Mirzaei, A. Pakdel, and M. H. Ghaffari. 2020. Effects of physical forms of starter and milk allowance on growth performance, ruminal fermentation, and blood metabolites of Holstein dairy calves. *J. Dairy Sci.* 103:11300–11313. doi:10.3168/jds.2020-18252.
21. Jasper, J., and D. M. Weary. 2002. Effects of Ad Libitum Milk Intake on Dairy Calves. *J. Dairy Sci.* 85:3054–3058. doi:10.3168/JDS.S0022-0302(02)74391-9.
22. Kamal, M. M., M. Van Eetvelde, H. Bogaert, M. Hostens, L. Vandaele, M. Shamsuddin, and G. Opsomer. 2015. Environmental factors and dam characteristics associated with insulin sensitivity and insulin secretion in newborn Holstein calves. *Animal* 9:1490–1499. doi:10.1017/S1751731115000701.
23. Kiezebrink, D. J., A. M. Edwards, T. C. Wright, J. P. Cant, and V. R. Osborne. 2015. Effect of enhanced whole-milk feeding in calves on subsequent first-lactation performance. *J. Dairy Sci.* 98:349–356. doi:10.3168/jds.2014-7959.
24. Larson, L. L., F. G. Owen, J. L. Albright, R. D. Appleman, R. C. Lamb, and L. D. Muller. 1977. Guidelines Toward More Uniformity in Measuring and Reporting Calf Experimental Data. *J. Dairy Sci.* 60:989–991. doi:10.3168/jds.S0022-0302(77)83975-1.

25. Lombard, J., N. Urie, F. Garry, S. Godden, J. Quigley, T. Earleywine, S. McGuirk, D. Moore, M. Branan, M. Chamorro, G. Smith, C. Shivley, D. Catherman, D. Haines, A. J. Heinrichs, R. James, J. Maas, and K. Sterner. 2020. Consensus recommendations on calf- and herd-level passive immunity in dairy calves in the United States. *J. Dairy Sci.* 103:7611–7624. doi:10.3168/jds.2019-17955.
26. Martin, P., and P. Bateson. 2007. *Measuring Behaviour*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
27. McGuirk, S. M. 2003. Solving Calf Morbidity and Mortality Problems. Pages 165–178 in *Proc. Annu. Conf. Am. Assoc. Bovine Pract.*, Columbus, OH.
28. de Paula Vieira, A., V. Guesdon, A. M. de Passillé, M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2008. Behavioural indicators of hunger in dairy calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 109:180–189. doi:10.1016/j.applanim.2007.03.006.
29. Pearson, F., M. J. Johnson, and A. A. Leaf. 2013. Milk osmolality: does it matter?. *Arch. Dis. Child. Fetal Neonatal Ed.* 98:F166–F169. doi:10.1136/adc.2011.300492.
30. Rosadiuk, J. P., T. C. Bruinje, F. Moslemipur, A. J. Fischer-Tlustos, D. L. Renaud, D. J. Ambrose, and M. A. Steele. 2021. Differing planes of pre- and postweaning phase nutrition in Holstein heifers: I. Effects on feed intake, growth efficiency, and metabolic and development indicators. *J. Dairy Sci.* 104:1136–1152. doi:10.3168/JDS.2020-19277.
31. Rosenberger, K., J. H. C. Costa, H. W. Neave, M. A. G. von Keyserlingk, and D. M. Weary. 2017. The effect of milk allowance on behavior and weight gains in dairy calves. *J. Dairy Sci.* 100:504–512. doi:10.3168/jds.2016-11195.
32. Sen, I., P. D. Constable, and T. S. Marshall. 2006. Effect of suckling isotonic or hypertonic solutions of sodium bicarbonate or glucose on abomasal emptying rate in calves. *Am. J. Vet. Res.* 67:1377–1384. doi:10.2460/AJVR.67.8.1377.
33. Silper, B. F., A. M. Q. Lana, A. U. Carvalho, C. S. Ferreira, A. P. S. Franzoni, J. A. M. Lima, H. M. Saturnino, R. B. Reis, and S. G. Coelho. 2014. Effects of milk replacer feeding strategies on performance, ruminal development, and metabolism of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 97:1016–1025. doi:10.3168/jds.2013-7201.

34. Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 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.
35. Terré, M., M. Devant, and A. Bach. 2006. Performance and nitrogen metabolism of calves fed conventionally or following an enhanced-growth feeding program during the preweaning period. *Livest. Sci.* 105:109–119. doi:10.1016/j.livsci.2006.05.001.
36. Terré, M., C. Tejero, and A. Bach. 2009. Long-term effects on heifer performance of an enhanced-growth feeding programme applied during the preweaning period. *J. Dairy Res.* 76:331–339. doi:10.1017/S0022029909004142.
37. Whalin, L., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2021. Understanding Behavioural Development of Calves in Natural Settings to Inform Calf Management. *Animals* 11:2446. doi:10.3390/ani11082446.
38. Wilms, J., H. Berends, and J. Martín-Tereso. 2019. Hypertonic milk replacers increase gastrointestinal permeability in healthy dairy calves. *J. Dairy Sci.* 102:1237–1246. doi:10.3168/jds.2018-15265.
39. Yunta, C., M. Terré, and A. Bach. 2015. Short- and medium-term changes in performance and metabolism of dairy calves offered different amounts of milk replacers. *Livest. Sci.* 181:249–255. doi:10.1016/j.livsci.2015.09.008.