**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Diferentes teores de FDN na dieta sólida de bezerros leiteiros:
efeitos no desempenho, metabolismo e comportamento**

Milaine Poczynek

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2019**

Milaine Poczynek
Medica Veterinária

**Diferentes teores de FDN na dieta sólida de bezerros leiteiros:
efeitos no desempenho, metabolismo e comportamento**

Orientadora:
Profa. Dra. **CARLA MARIS MACHADO BITTAR**

Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestra em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens

Piracicaba
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Poczynek, Milaine

Diferentes teores de FDN na dieta sólida de bezerros leiteiros: efeitos no desempenho, metabolismo e comportamento / Milaine Poczynek. - Piracicaba, 2019.

78p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Desenvolvimento ruminal 2. Casca de soja 3. Feno 4. Comportamento animal. I. Título

DEDICATÓRIA

A meus pais, Maria Eli e Mario, que nunca mediram esforços para que eu pudesse conquistar esse título.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Professora Carla Maris Machado Bittar, pela oportunidade de ingressar no mestrado, pela orientação, paciência e amizade.

Ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, ao programa de “Ciência Animal e Pastagens” e a todos os professores que contribuíram com seus ensinamentos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão da bolsa e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa e financiamento do projeto.

A todos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Metabolismo Animal da ESALQ e aos estagiários do Clube de Criação de Bezerros (CCB), pelo convívio e aprendizado diários, além dos muitos momentos de descontração que realizamos durante os tratos e horas de avaliação comportamental. Agradeço ainda as estagiárias externas: Martina, Marina, Julia, Letícia, Malu e Graziela, que estiveram presentes no meu experimento.

À querida Idalina, que me recebeu de forma muito agradável no bezerreiro e sempre se manteve disposta a ouvir-me e aconselhar-me com carinho maternal.

Ao membros do Clube de Práticas Zootécnicas (CPZ) por sempre ajudarem na lida diária.

Ao professor Alexandre Vaz Pires pelo auxílio com os insumos necessários para a realização do experimento. A todos os amigos do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal, em especial ao Dr. Daniel Polizel pela grande ajuda com as análises estatísticas e mais ainda por todos os conselhos e orientações.

Aos funcionários do Setor de Não Ruminantes, Ednesio, Alexandre e todos os demais, que sempre nos auxiliaram nas dificuldades da rotina de trabalho.

Ao Núcleo de Produção Animal da UNICENTRO, local que despertou em mim o interesse pela pesquisa, ao meu orientador durante a graduação, Mikael Neumann, e ao colega Dr. Robson Ueno por encorajar-me a buscar o novo e manter-me em constante desafio.

À minha amada família que sentiu minha ausência nos momentos especiais nesses dois anos, mas sempre se esforçou para incluir-me nas reuniões nem que fosse por

meio de chamadas de vídeo de qualidade duvidosa. De modo especial, aos meus sobrinhos Maria Clara e Matias que me inspiram a ser uma pessoa melhor a cada dia para dar-lhes o exemplo.

As minhas queridas amigas Ariany, Graziela, Gabriela, Ana, Daiana e Mayara, por tornarem minha jornada em Piracicaba mais leve e alegre, e me mostrar que a vida é melhor com amigos.

Agradeço...

A Deus, que sempre presente, me guiou até aqui.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. Exigências nutricionais em bezerros	11
2.2. Sistemas de aleitamento e influência no desenvolvimento ruminal	18
2.3. Dieta sólida e influência no desenvolvimento ruminal e comportamento de bezerros	19
REFERÊNCIAS	28
3. MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Animais, instalações e manejo alimentar	35
3.2. Metodologia analítica	38
3.3 Análise estatística	43
4. RESULTADOS	45
5. DISCUSSÃO	63
6. CONCLUSÃO	73
REFERÊNCIAS	75

RESUMO

Diferentes teores de FDN na dieta sólida de bezerros leiteiros: efeitos no desempenho, metabolismo e comportamento

A dieta sólida é fator determinante para o desenvolvimento ruminal de bezerros. No entanto ainda não está claro qual o teor de fibra ideal na dieta durante os primeiros meses de vida. O presente trabalho avaliou 35 animais da raça holandesa alojados em gaiolas individuais suspensas, os quais foram submetidos a três tratamentos: I - concentrado convencional contendo 22,0 de FDN, II - concentrado com 31% de FDN, substituindo parte do milho por casca de soja e III - concentrado convencional com 22,0% de FDN mais feno de coast-cross a vontade. Todos os animais receberam 4 litros de sucedâneo lácteo por dia com 12,5% de sólidos, divididos em duas refeições. O ganho de peso foi acompanhado semanalmente, também foram aferidas medidas corporais, indicadores metabólicos para desenvolvimento ruminal e metabolismo intermediário, bem como avaliação de parâmetros ruminais e comportamentais. Os animais foram avaliados até a oitava semana de vida, quando foram desaleitados. A elevação do teor de FDN no concentrado até 31% com a substituição de milho por casca de soja, ou oferta de feno, não alterou o consumo de concentrado e desempenho. A dieta 31FDN estimulou precocemente a diferenciação do epitélio ruminal pela maior concentração e AGCC em idades mais jovens. Sendo a casca de soja considerada fonte energética passível de ser utilizada na formulação de concentrados iniciais para bovinos em aleitamento nas proporções utilizadas nesse estudo. No entanto a oferta de feno se mostra mais interessante para a redução de comportamentos não desejados. O teor de 22% de FDN no concentrado inicial não ocasionou menor pH ruminal e fecal em comparação com dietas de FDN elevado, mostrando que concentrados com teor de FDN e distribuição de partículas semelhantes ao deste estudo podem ser ofertados com segurança.

Palavras-chave: Desenvolvimento ruminal; Casca de soja; Feno; Comportamento animal

ABSTRACT

Different levels of NDF in the solid diet of dairy calves: effects on performance, metabolism and behavior

The solid diet is a determinant factor for the ruminal development. However it is still unclear what the optimal fiber content in the solid diet during the first few months of life. The present work evaluated 35 holstein animals housed in individual suspended cages, which were submitted to three treatments: I - conventional starter containing 22.0 NDF, II - starter with 31% NDF, replacing part of the corn by soybean hull and III - conventional concentrate with 22.0% NDF plus coast-cross hay ad libitum. All animals received 4L of milk replacer with 12.5% solids, divided into two meals daily. Weight gain was monitored weekly, body measurements, metabolic indicators for ruminal development and intermediate metabolism, as well as ruminal and behavioral parameters were also evaluated. The animals were evaluated until the eighth week of life, when they were weaned. The increase of the NDF content in the starter up to 31% with the replacement of corn per soybean hull or hay supply did not change the starter consumption and performance. The 31FDN diet early stimulated the differentiation of the ruminal epithelium by the higher concentration of SCFA at younger ages. Soybean hulls are considered an energy source that can be used in the formulation of starter for pré-weaned calves in the proportions used in this study. However, the supply of hay is more interesting for the reduction of unwanted behaviors. The 22% NDF content in the initial concentrate did not cause lower ruminal and fecal pH in comparison with high NDF diets, showing that NDF starter and particle distribution similar to this study can be safely offered.

Keywords: Ruminal development; Soybean hull; Hay; Animal behaviour.

1. INTRODUÇÃO

As fêmeas de reposição desempenham um papel fundamental na melhoria dos índices na produção leiteira, seja pelo ganho genético que trazem ao rebanho, pelo aumento da produção dos sistemas ou apenas para reposição de vacas descartadas. No entanto, representam um custo considerável para as fazendas, devido ao alto custo de aquisição ou ao investimento que será recompensado em longo prazo, no caso da novilha ser criada na propriedade (Santos e Bittar, 2015).

A fase de aleitamento pode ser considerada como um ponto chave na produção de fêmeas de reposição, marcada por desafios imunológicos, alta dependência de dietas líquidas, o que lhe confere um custo dietético elevado (Oltamari et al., 2016). Neste contexto, são desejáveis práticas que possam acelerar o desenvolvimento ruminal, tornando o animal independente da dieta líquida, mas sem prejudicar seu potencial de desenvolvimento, nem torná-los mais propensos a distúrbios metabólicos.

Existe carência de dados nacionais sobre o sistema de cria de bezerras leiteiras, um levantamento recente realizado por Santos e Bittar em 2015, mostra que muitos produtores ainda não realizam práticas comuns como o fornecimento de água e concentrado para os animais desde os primeiros dias de vida, embora os dados do Alta cria 2018 mostrem que esse panorama tem melhorado. Muitas das recomendações que hoje estão disponíveis para os produtores são retiradas de dados gerados pela pesquisa internacional, incluindo os modelos de formulação de dieta. No entanto, os resultados dessas recomendações podem diferir do esperado levando em consideração as condições de criação brasileiras como o clima, disponibilidade de ingredientes para a formulação de dieta sólida e qualidade da dieta líquida e dos ingredientes do sucedâneo lácteo (Souza et al., 2016).

Apesar do conhecimento sobre o papel da dieta sólida no desenvolvimento gastrointestinal e potencialmente no aumento de produtividade na vida futura da bezerra, alguns pontos na formulação da dieta como o teor de fibra ideal ainda não foram bem elucidados. Sendo assim, melhorar a compreensão sobre o teor de fibra e as suas formas de inclusão na dieta sólida de bezerros pode auxiliar na elaboração de programas alimentares que permitam que os animais expressem melhor seu potencial produtivo

2. REVISÃO DE LITERATURA

O desempenho eficiente de animais em crescimento é um fator determinante na lucratividade de propriedades leiteiras (Quigley, 2006). Para garantir boas taxas de crescimento e baixos índices de morbidade e mortalidade os criadores devem promover bons protocolos de colostragem e manejo sanitário, permitindo assim que os animais respondam bem aos diferentes sistemas de alojamento e plano alimentar. Os principais sistemas de alojamento utilizados no Brasil são o bezerreiro argentino, baia individual, gaiola suspensa e casinha tropical. Mais da metade dos produtores oferece concentrado industrializado, a forma física mais comum é a farelada. A idade de início do fornecimento de volumoso varia entre produtores e ocorre tanto nos primeiros dias de vida, quanto após o primeiro mês, ou após o desaleitamento (Alta cria, 2018, Santos e Bittar, 2015).

O consumo de dieta sólida possui forte impacto no ganho de peso após o desaleitamento (Stamey et al. 2012), o que pode levar a melhoria na produtividade futura de bezerras que ingerem mais concentrado na fase de aleitamento. A inclusão de forragem na dieta sólida de bezerros é um tema ainda discutido, tendo em vista que os concentrados, ricos em carboidratos fermentecíveis são os principais estimuladores do desenvolvimento ruminal, sendo considerada a inclusão de fibra necessária para manter a saúde ruminal. No entanto, teores mais elevados de fibra podem ser mais seguros para o ambiente ruminal, desde que não prejudiquem o seu desenvolvimento ou reduzam as taxas de crescimento.

2.1 Exigências nutricionais em bezerros

Durante a fase de aleitamento os bezerros estão sujeitos a várias alterações fisiológicas e metabólicas. Compreender essas alterações é o primeiro passo para entender as exigências e dessa forma definir um plano nutricional para bezerros. Segundo Drackley (2011), uma divisão em três fases pode ser estabelecida com base nessas alterações para estudo das demandas nutricionais: a fase de alimentação líquida; a fase de transição, quando o animal consome dieta sólida, mas ainda está em aleitamento; e a fase de alimentação sólida.

A primeira, a fase da alimentação líquida, compreende o período em que toda ou praticamente toda a exigência nutricional é atendida pelo leite ou por substitutos de leite. De acordo com Toullec e Guilloteau (1989), durante as três

primeiras semanas de vida, a renina e a lactase são as enzimas digestivas que apresentam maior atividade no trato gastrointestinal dos bezerros. A renina é a enzima responsável pela coagulação do leite no abomaso dos animais, o que permite maior permanência do coágulo no trato, colaborando para melhor digestão e maior aproveitamento das proteínas lácteas. As proteínas vegetais, por não sofrerem ação dessa enzima, não podem ser aproveitadas pelos animais durante os primeiros dias de vida, corroborando os resultados de baixo desempenho observados quando substitutos de leite à base de vegetais são fornecidos aos animais (Campos et al., 1982; Gaudreau; Brisson, 1980; Petit et al., 1989; Miqueo et al., 2017). A presença da lactase como principal e quase exclusiva carboidrase nesse período limita a digestão de carboidratos da dieta sendo que apenas a lactose é digerida satisfatoriamente, o que leva ao baixo desempenho nas primeiras semanas em animais alimentados com fontes de carboidratos de origem não láctea.

Na fase de transição, tanto a dieta líquida quanto a sólida contribuem para o atendimento das necessidades nutricionais dos bezerros. De acordo com Toullec e Guilloteau (1989), em um curto período de tempo, a atividade das enzimas amilase e maltase triplica, enquanto que a atividade da lactase decresce à metade. Isso, dentre outras alterações posteriormente aqui abordadas, possibilita a digestão e absorção de componentes origem vegetal. Quando o animal é desaleitado, inicia-se a terceira fase, chamada de fase de ruminante. A partir deste momento o bezerro obtém seus nutrientes de alimentos sólidos, sendo as fontes de energia e proteína principalmente produtos da fermentação microbiana no retículo-rúmen.

Devido à ausência de reservas energéticas e a alta demanda metabólica dos tecidos em crescimento, tanto para deposição de tecido muscular e ósseo que junto com o aumento visceral sustentam o crescimento, quanto para a manutenção das funções vitais como termogênese e atividade imunológica, a demanda energética é elevada em bezerros (de Paula, 2012). O National Research Council (NRC, 2001) reporta as exigências energéticas para bezerros em termos de energia metabolizável (EM), a qual é calculada através da subtração das perdas energéticas nas fezes e urina da energia bruta (EB) consumida. A exigência de EM para manutenção em condições de termoneutralidade é de 1,75 Mcal/d para um bezerro de 45 kg. O leite integral contém cerca de 4,9 Mcal EM/kg de sólidos, o que significa que um bezerro de 45 kg necessita de aproximadamente 320 g de sólidos do leite ou 2,5 kg de leite apenas para suprir a energia de manutenção. Os sucedâneos têm

menor quantidade de gordura do que o leite integral e, conseqüentemente, menor EM por unidade de sólidos (4,6 – 4,7 Mcal/kg). Desta forma, um bezerro de 45 kg necessita de aproximadamente 390g de sucedâneo para a manutenção e a quantidade ingerida acima destes valores poderá ser usada para crescimento (Drackley, 2011).

Tabela 1. Exigências de energia metabolizável (EM) e proteína bruta (PB) para um bezerro de 45 kg com diferentes taxas de ganho de peso

Ganho/dia	Consumo de MS, %PV	EM, Mcal/dia	PB, g/dia	PB, % MS da dieta
0	0,8	1,88	33	8,25
200	0,9	2,37	84	18,0
400	1,26	3,00	135	21,4
600	1,56	3,70	185	23,7
900	2,04	4,85	262	25,6

NRC (2001).

Os valores descritos na Tabela 1 se referem a animais recebendo apenas dieta líquida (leite ou sucedâneo). No entanto, a maioria dos animais em criações comerciais recebe uma dieta combinada com algum tipo de dieta sólida, geralmente concentrado. Para esses animais, a exigência em energia é maior, considerando que a porção de MS advinda da dieta sólida tem menor eficiência para ganho e manutenção, o que leva ao acréscimo do fornecimento de energia metabolizável na dieta. O menor valor de eficiência energética provém da menor digestibilidade dos componentes da dieta sólida em comparação a dieta líquida e da imaturidade digestiva dos bezerros, nas idades mais jovens. O NRC (2001) considera que 86% da EM fornecida na dieta líquida é utilizada para manutenção ou ganho, enquanto 75% da EM fornecida pela dieta sólida é aproveitada. Drackley (2018) relata utilização da energia do concentrado em torno de 65 a 70% de energia metabolizável no sucedâneo, o que potencialmente promoveria crescimento de 2/3 em relação a mesma ingestão de MS de sucedâneo. Vale ressaltar que a qualidade dos ingredientes do sucedâneo e concentrado podem alterar esses valores.

As estimativas do valor energético de concentrados iniciais utilizadas pelo NRC, 2001 baseiam-se em equações para estimar carboidratos não fibrosos (CNF), PB, EE e FDN digestíveis. Os nutrientes digestíveis totais, energia digestível e

metabolizável (EM) são então calculados a partir dessas frações com correções e ajustes apropriados. Quigley et al. (2018) consideram esse método eficiente para animais adultos, mas indicam que podem ocorrer erros no cálculo da EM nos concentrados de bezerros em aleitamento. Como previamente mencionado, as limitações no início da vida levam à baixa digestibilidade de nutrientes, mas particularmente de amido e FDN, em bezerros jovens consumindo pouco concentrado e com desenvolvimento ruminal ainda em fase inicial. O protocolo de aleitamento altera a ingestão de concentrado e, por consequência, a baixa ingestão de concentrado comumente encontrada nas primeiras semanas de vida de bezerros consumindo grandes volumes de dieta líquida ($<0,8$ Kg/d) pode alterar a digestibilidade do concentrado. Quigley et al. (2018) reportam EM calculada no concentrado de 75% do valor estimado de EM do NRC quando os bezerros consumiram 0,2 kg / d de CNF e 98% do estimado quando os bezerros consumiram 1 kg / dia de CNF. Esses autores sugerem que o consumo de CNF possa promover maior acurácia ao estimar a EM dos concentrados. E chamam atenção para o fato do concentrado contendo 41% de amido ter reduzido a digestibilidade do FDN e FDA, provavelmente pela redução do pH. Este resultado mostra a importância em encontrar um equilíbrio entre fornecer carboidratos prontamente disponíveis, mas atender as exigências em fibra, necessárias para manutenção do ambiente ruminal estável.

A temperatura pode alterar a demanda energética de bezerros. Sabe-se que neonatos possuem zona térmica de conforto mais estreita e elevada que animais adultos e à medida que a temperatura se distancia dessa zona, a demanda energética cresce para atender a geração ou perda de calor. Existe pouca informação sobre as demandas para perda de calor, no entanto os acréscimos para geração de calor são bem documentados. Bezerros submetidos a 5°C até a terceira semana de vida têm um aumento de 40% na exigência em energia de manutenção e de 13% da terceira até a oitava semana (NRC, 2001). No entanto, Hill et al. (2013) consideram difícil colocar em prática os ajustes no fornecimento de energia com stress térmico para ajustar o ganho utilizando as equações do NRC, devido a dificuldades de incluir no modelo as alterações na temperatura ao longo do mesmo dia e entre os dias do período de aleitamento, bem como as alterações na zona de conforto térmico pelas quais os bezerros passam nos dois primeiros meses de vida.

Diferentemente da energia, a exigência em proteína é relativamente baixa para a manutenção. Uma dieta com apenas 8,3% de proteína bruta (PB) seria satisfatória (Tabela 1). Porém, para que haja crescimento, a exigência proteica é elevada, sendo definida pelo ganho permitido pela energia da dieta, ou seja dietas com maior adensamento energético permitem que maiores teores de proteína sejam depositados nos tecidos. O NRC (2001) afirma que são necessários cerca de 18% de PB para permitir taxa de ganho de aproximadamente 0,2 kg por dia. A medida que a disponibilidade de energia se eleva pela maior oferta de leite ou sucedâneo a razão proteína:energia também é alterada. A razão proteína:energia ótima para o GMD em bezerros alimentados apenas com sucedâneo foi estimada em aproximadamente 48 g de CP:Mcal de EM em 2 trabalhos (Blome et al., 2003; Bartlett et al., 2006). No entanto, outras estimativas em bezerros alimentados com sucedâneo e concentrado, em plano alimentar convencional ou intensivo para atingir diferentes consumos de EM, resultaram em relações ótimas de proteína:energia diferentes: 52 g de PB/ Mcal de EM para baixa ingestão de EM e 55 g de PB/ Mcal de EM para alta ingestão de EM (Hill et al., 2008; Hill et al., 2009).

Hill et al. (2013) recomendam utilização de sucedâneo com teores de PB acima de 22% na MS para uso em aleitamento intensivo. Os mesmos autores reportam crescimento melhorado (ganho de peso, altura de cernelha e largura de garupa) quando os bezerros foram alimentados com 2,4% da MS de lisina e 0,75% de metionina, atingindo uma relação met:lys de 0,31 na dieta total, a suplementação com outros aminoácidos como treonina, arginina e histidina não apresentaram a mesma resposta. Zanton e Heinrichs (2008) revisaram dados sobre a utilização da proteína por bezerras e novilhas em uma meta análise com 217 animais, com concentrações de PB na dieta de 18,9% para bezerras e, 14,2% para novilhas. Os autores concluíram que as bezerras são 1,6 vezes mais eficientes em depositar nitrogênio nos tecidos em comparação com novilhas. A maior eficiência se deve, dentre outros fatores, a qualidade superior das fontes proteicas e energéticas da dieta de bezerras, baseada na absorção pós ruminal de caseína e lactose do leite.

Utilizando os dados apresentados no NRC (2001) tornou-se possível elaborar dietas com ganhos de peso preditos, conhecendo o valor nutricional dos alimentos utilizados. Porém, em algumas situações os resultados são diferentes do esperado. Com o avanço da pesquisa e a melhora no banco de dados de nutrição em bezerros as equações de exigência nutricional vêm sendo atualizadas a fim de entender os

fatores dietéticos e não dietéticos que levam à resultados diferentes dos esperados ao formular dietas para essa categoria animal.

Van Amburgh e Drackley (2005) revisaram os valores de exigência em EM e PB para bezerros (Tabela 2). Estes valores são consistentes com a última publicação do NRC (2001), mas apresentam exigências em energia ligeiramente inferiores por unidade de ganho. Uma possível explicação para os menores valores sugeridos deriva do banco de dados utilizados para reformular as equações. O banco de dados utilizados no NRC (2001) também contou com experimentos com bezerros do tipo vitelo mais pesados, alimentados com dietas com maior teor de gordura e depositando mais gordura por unidade de ganho de peso. As sugestões de exigência em energia da Tabela 2 são mais condizentes para bezerras leiteiras alimentadas com dietas típicas praticadas nas fazendas leiteiras (Van Amburgh, 2013). Já a exigência em proteína é superior à publicação do NRC (2001) devido a dados atualizados sobre a eficiência de uso de proteína absorvida. Os cálculos do NRC (2001) sugeriram que a proteína absorvida é utilizada com uma eficiência de 0,80. Já nos ensaios realizados por Van Amburgh e Drackley (2005), avaliando a deposição de tecido por animais alimentados com dietas calculadas utilizando-se o NRC (2001), a eficiência foi próxima de 0,72, embora houvesse uma variação de 0,36 a 0,82. Assim, as necessidades de proteína são de 10 a 12% superior às previsões do NRC (2001) e uma grande variação na eficiência da utilização da proteína reflete as particularidades digestivas de bezerros.

Novos valores de exigência estão disponíveis na plataforma de formulação Agricultural Modeling and Training Systems (AMTS. Cattle). Souza et al. (2016) avaliaram a precisão dos modelos NRC (2001) e AMTS. Cattle em estimar o desempenho de bezerros leiteiros utilizando meta análise em um banco de dados brasileiro (n= 485) com ganho de peso médio de 452 g/d. Os autores encontraram maior precisão para as previsões de ganho feitas pelo AMTS em comparação ao NRC (2001). A maior precisão foi justificada pelo maior erro aleatório do NRC para o ganho predito tanto para proteína quanto para energia, mostrando maior dificuldade de ajuste desse modelo às condições de criação brasileiras, uma vez que para esse banco de dados o ganho predito pelo NRC foi superior ao ganho real. Essa dificuldade pode ser atribuída ao número de animais e diferença entre os animais e as dietas que foram utilizadas para dar origem ao modelo, dessa forma dados como

do estudo de Souza et al. (2016) podem endossar novos modelos mais precisos às criações nacionais.

Tabela 2. Exigências de energia metabolizável (EM) e proteína bruta (PB) para um bezerro de 50 kg com diferentes taxas de ganho de peso

Ganho/dia	Consumo de MS, %PV	EM, Mcal/dia	PB, g/dia	PB, % MS da dieta
200	1,08	2,33	97	18,1
400	1,34	2,88	155	23,2
600	1,62	3,48	214	26,5
800	1,89	4,12	272	28,9
1000	2,22	4,78	333	29,9

Van Amburgh e Drackley, 2005.

Bateman et al. (2012) realizaram uma meta-análise de 20 estudos (n= 997) publicados com bezerros de 0 e 8 semanas de idade alimentados com diferentes quantidades e composições de sucedâneos, combinados com oferta de concentrado. As informações dos componentes da dieta e temperatura ambiente foram incluídos no modelo do NRC para gerar um valor de ganho predito. Os autores concluíram que o modelo não foi eficiente em prever o ganho em bezerros com altas taxas de ganho diário ($>0,7\text{kg/d}$) pelo baixo valor de R^2 (0,42) encontrado no estudo. E que os ganhos preditos foram abaixo dos observados, os autores relataram ainda que o NRC subestimou o ganho tanto levando em conta a temperatura ambiente, tanto quando o modelo foi alimentado sem levar a temperatura em consideração.

Hill et al. (2013) elencaram alguns pontos pelos quais as estimativas de ganho dos modelos para bezerros muitas vezes diferem do ganho real em criações comerciais: 1) pela complexidade das mudanças da dieta; 2) pelo pouco conhecimento do valor biológico e outros coeficientes metabólicos de diferentes tipos de dieta; 3) pelo efeito da ingestão de colostro e seu efeito sobre o crescimento e a saúde; 4) pela complexidade das alterações fisiológicas de um sistema de metabolismo que utiliza glicose para um sistema de metabolismo de gliconeogênese; 5) temperatura ambiental; e 6) outros problemas de saúde e manejo.

Gerrits (2018) reportou algumas particularidades no metabolismo de macro nutrientes de bezerros que podem sumarizar as informações aqui apresentadas. A eficiência proteica tende a cair em bezerros no início da vida. Tipicamente para bezerros e ao contrário de espécies monogástricas, proteína e energia simultaneamente limitam a retenção de proteína. Com a possível exceção das primeiras semanas de vida, o desequilíbrio de aminoácidos raramente é uma causa de ineficiência proteica. Gorduras e lactose são bem digeridas, mas a digestão do amido parece limitada. Após a absorção, as gorduras são oxidadas ou armazenadas como gordura corporal, mas a lactose é predominantemente oxidada. Bezerros possuem os sistemas enzimáticos para a lipogênese de novo a partir da glicose, mas só o utilizam em altas ingestões de lactose (Pantophlet et al., 2017). Consequentemente, o aumento da deposição de gordura após um aumento na ingestão de alimentos é quase exclusivamente de gordura dietética. A sensibilidade à insulina cai rapidamente nas primeiras 6 semanas de vida para níveis invariavelmente baixos. O autor relata que a dieta parece ter pouca influência no decréscimo da insulina. As respostas das refeições à glicose e à insulina refletem, em grande parte, o aparecimento de glicose no sistema portal, e não a sensibilidade à insulina. No entanto, a glicose disponível é completamente oxidada. Aparentemente, apesar da baixa sensibilidade à insulina, o transporte de glicose para as células é quase completo.

Embora os modelos de predição disponíveis apresentem alguns pontos para serem melhorados, a combinação do conhecimento sobre o metabolismo de nutrientes desenvolvido nas últimas décadas e o desenvolvimento de sucedâneos e concentrados iniciais de boa qualidade, favorecem a criação de planos alimentares eficientes para bezerras

2.2 Sistemas de aleitamento e influência no desenvolvimento ruminal

O fornecimento de dieta líquida em quantidades superiores ao aleitamento convencional vem sendo indicado por pesquisas que mostram melhora na resposta das bezerras à desafios sanitários (Ballou, 2015; Ollivett et al., 2012) e de produtividade na vida adulta (Soberon et al., 2012). Dados de aproximadamente 1.800 animais de 2 rebanhos, nos quais as bezerras foram alimentadas com 1 kg/d de MS de sucedâneo contendo 29% PB, e ganho de peso variando de 0,1 a 1,6 kg /

dia mostrarm incremento de 1.112 kg na primeira lactação por aumento de 1 kg de ganho na fase de aleitamento (Soberon et al., 2012). Levando em consideração que o consumo total de MS por bezerros gira em torno de 2,0 a 2,5% do PV (Drackley, 2018), um animal de 40 kg ingerindo 1 Kg/d de MS de sucedâneo ou leite, equivalente a 8 litros numa diluição de 12,5%, teria seu consumo máximo vindo apenas da dieta líquida.

Quigley (2018) reporta que ingestões acima de 700g de MS de leite ou sucedâneo deprimem o consumo de concentrado. Gelsinger et al. (2016) revisaram os dados de 9 estudos publicados comparando diferentes taxas de fornecimento de dieta líquida, e encontraram uma correlação forte e negativa entre a ingestão de leite e concentrado ($r=-0,82$). Quigley et al. (2018) relatam redução na digestibilidade da MS do concentrado tanto na fase de aleitamento, quanto no pós desaleitamento para bezerros ingerindo mais de 800g de MS de sucedâneo. Hill et al. (2013) alertam para o risco de redução do crescimento após o desaleitamento em decorrência da redução da digestibilidade dos alimentos sólidos devido ao menor desenvolvimento ruminal que esses animais podem apresentar. Gelsinger et al. (2016) sugerem que o protocolo de desaleitamento seja planejado de forma gradual para evitar redução no ganho durante e após o desaleitamento.

2.3 Dieta sólida e influência no desenvolvimento ruminal e comportamento de bezerros

O consumo precoce de alimentos sólidos é o fator determinante para o desenvolvimento ruminal, sendo que a composição e forma física da dieta sólida podem modificar a taxa de desenvolvimento (Tabela 3). Preconiza-se o fornecimento de grãos na forma de concentrados, ricos em carboidratos prontamente fermentáveis. Considerando que nessa fase o consumo de matéria seca diária (CMSD) ainda é baixo, a maior eficiência fermentativa dos concentrados é um ponto favorável a produção de AGCC, e consequente estímulo do epitélio (Khan et al., 2016). A composição química dos concentrados pode ainda auxiliar no estabelecimento da população microbiana, e consequente, no aumento da produção de ácido butírico e propiônico.

Esses dois ácidos quando absorvidos pelo epitélio podem ser utilizados pelas células epiteliais como fonte de energia e estimulam o crescimento e diferenciação

do epitélio, propiciando maior número, altura e largura das papilas, o que resulta em maior taxa de absorção (Baldwin; McLeod, 2004). O ácido propiônico não utilizado será precursor da glicose oriunda de neoglicogênese hepática. O ácido butírico é extensamente metabolizado pelas células epiteliais do rúmen. No entanto, não é ao todo oxidado para geração de energia, uma boa parte desse ácido é convertido a corpos cetônicos na mitocôndria das células epiteliais, principalmente a b-hidroxibutirato (BHBA). As concentrações plasmáticas de BHBA são consideradas uma medida da maturação fisiológica ruminal e aumentam conforme a ingestão de concentrado cresce (Bittar et al., 2009).

Davis e Drackley (1998) sugerem que os concentrados para bezerros devem ser compostos de ingredientes com alta digestibilidade, apresentando teores de proteína bruta em torno de 20 a 22%. O NRC (2001) reporta valores de 18% de PB na MS como satisfatória para sistemas de aleitamento convencionais. Khan et al. (2011) não encontraram diferenças no desempenho elevando os teores de PB no concentrado de bezerros de 18 para 22%. No entanto, sistemas com maior fornecimento de dieta líquida requerem maior oferta de proteína no concentrado inicial devido à maior disponibilidade de energia (Van Amburgh e Drackley, 2005). A principal fonte de proteína utilizada nos concentrados iniciais é o farelo de soja (Drackley, 2008), mas outras fontes como farelo de canola, amendoim, girassol e algodão também podem ser utilizadas (Khan et al, 2016). Fontes de proteína verdadeira como os farelos acima citados devem ser utilizados desconsiderando o uso de fontes de nitrogênio não proteico (NNP) como tentativa de aumentar a produção de proteína microbiana (Drackley, 2018). Considerando a baixa contagem de microrganismos e a baixa disponibilidade de fatores como ATP e esqueletos de carbono para utilizar o NNP, este pode se acumular no rúmen e levar a intoxicação dos animais.

Amplas faixas de recomendação de teores de FDN e FDA revelam dois pontos importantes em relação aos teores de fibra nos concentrados. Enquanto os teores mínimos têm como objetivo garantir a saúde do epitélio ruminal, os teores máximos garantem a inclusão de ingredientes de alta digestibilidade. Quando se trabalha dentro desta faixa, evita-se que a inclusão de ingredientes demasiadamente fibrosos diminuam o valor de NDT da dieta de forma que prejudique o desempenho, mas ao mesmo tempo garante-se que o pH ruminal seja adequado.

Davis e Drackley (1998) sugerem concentrados contendo de 16 a 25% de FDN. No entanto, é comum encontrar concentrados comerciais contendo de 13 a 14% de FDN, na tentativa de fornecer ao máximo fontes de CNF, tendo em vista que a literatura é clara em relatar a importância do CNF no desenvolvimento ruminal. Muitos dos efeitos negativos observados, com o fornecimento de concentrados inadequados em fibra, estão relacionados a alta taxa de fermentação do amido, que somada a baixa capacidade de absorção de AGCC no epitélio em desenvolvimento pode culminar em baixos níveis de pH ruminal. Nestas situações são comuns as grandes variações de consumo de concentrado. Além disso, a falta de fibra suficiente para o atrito com a parede ruminal pode causar acúmulo de queratina nas papilas (hiperqueratose) o que prejudica a absorção dos produtos da fermentação resultando no acúmulo ainda maior de ácidos, e pode também prejudicar desempenho (Beharka et al., 1998). Alguns autores constataram que a oferta de concentrados com alto teor de amido tendem a reduzir significativamente o pH ruminal, quando comparado a uma dieta com teor de FDN mais elevado (Hill et al., 2008; Daneshvar et al., 2015).

O milho é o principal ingrediente energético das rações para os ruminantes e a fonte de energia preferida de bezerros no concentrado inicial (Maiga et al., 1994, Khan et al., 2008, Hill et al., 2008). A inclusão em concentrados iniciais convencionais situa-se em torno de 60% (Nussio et al., 2003), e considerando que cerca 72% do grão de milho é composto por amido, um concentrado convencional pode apresentar 43% de amido na MS sua composição. Quigley et al., (2018) relatam que bezerros alimentados com concentrado texturizado contendo 41% de amido apresentam redução na digestibilidade da porção fibrosa na dieta, e atribuem a redução ao menor pH ruminal. Os concentrados podem estimular a produção de ácido láctico no rúmen, levando a redução do pH a níveis que prejudicam o estabelecimento de microrganismos que degradam a fibra (Tabela 3).

Dessa forma, a substituição parcial do milho por fontes alternativas, com vistas em adequar o teor de fibra do concentrado e estabilizar o consumo, pode beneficiar o ambiente ruminal e, conseqüentemente, o desempenho dos animais. Além disso, pode reduzir o custo da dieta, levando em consideração que o milho é um produto amplamente utilizado também em dietas de animais monogástricos.

É importante salientar que ao elevar os teores de FDN e FDA no concentrado destes animais, a qualidade desta fibra deve ser considerada de forma

que o desempenho não seja reduzido. Alguns coprodutos da indústria podem ser utilizados substituindo parcialmente a energia do milho sem prejudicar o desempenho de bezerros na fase de aleitamento (Oltamari et al. 2016, Moharedi et al. 2016). Mesmo sendo pobres em amido, a qualidade do FDN de ingredientes como a polpa cítrica, polpa de beterraba e a casca de soja os tornam bons substitutos energéticos.

Tabela 3. Efeito de alimentos concentrados ou de forragem em parâmetros de desenvolvimento ruminal

Parâmetro	Concentrado	Forragem
Peso do rúmen	+	++
Volume do rúmen	+	++
Diferenciação/crescimento de papilas	++	+
Cetogênese/Concentração de BHBA	+	+
Motilidade ruminal /taxa de passagem	+	++
Microrganismos ruminais		
Bactérias	Amilolíticos	Celulolíticos
Protozoários	-	+
Ácidos orgânicos (lactato, C2, C3, C4)	++	+
Acetato:propionato	-	+
Butirato (C4)	++	+
Lactato	+	-
pH ruminal	-	+
Capacidade tampão/ruminação	-	+
Saúde ruminal/paraqueratose	-	+

Adaptado de (Khan et al., 2016).

A casca de soja (CS) é o tegumento do grão, separado do embrião pela indústria que apresenta em média, 13,9% de PB; 60,3% de FDN; 44,6% de FDA;

2,5% de lignina; 2,7% de EE e 4,8% de MM na MS (NRC, 2001). A fração fibrosa da CS, contém expressivos teores de celulose (~43% da MS) e hemicelulose (~18% da MS) e baixas quantidades de lignina, variando de 1,4% da MS (Mulligan et al., 1999) a 3,9% da MS (Anderson et al., 1988). A CS também contém baixos teores de amido (~2,9%) (Ipharranguerre; Clark, 2003). Silva et al. (2004) classificaram a casca de soja como uma fonte de fibra para a dieta com elevada digestibilidade da MS (76,9%) e do FDN (85,65 %). Ferreira et al. (2011) analisaram a casca de soja produzida no sudeste brasileiro, e descrevem valores de 10,9% de PB; 10,4% de CNF; 74,3% de FDN; 52,9% de FDA e 0,8% de EE na MS.

A utilização de casca de soja como substituto parcial do milho em dietas de vacas lactantes e novilhos em terminação é amplamente estudada (Pedroso et al., 2007; Lima et al., 2009; Ezequiel et al., 2006) No entanto, os dados para animais em crescimento são mais limitados, principalmente no Brasil. Gomes et al., (2012) verificaram que a substituição de 5, 15, 30 e 45 % de milho por casca de soja não afeta negativamente o desempenho de animais durante os períodos pré e pós desaleitamento, e promove menores variações no consumo diário de concentrado. Por outro lado, Hill et al. (2008) compararam taxas de inclusão semelhantes e observaram redução no ganho de peso de bezerros em aleitamento.

Faulkner et al., (1994) substituíram em até 65% o milho por casca de soja em dieta de bezerros de corte suplementados em creep feeding, observando melhora no desempenho e alteração nos padrões fermentativos. A casca de soja aumentou a produção total de AGCC, e a relação acetato:propionato sem diminuir os valores de ácido butírico.

Não há um consenso entre os pesquisadores sobre o uso de forragem na dieta de bezerros em aleitamento. Sabe-se que a capacidade de fermentação da fibra ainda é pequena e que o perfil de fermentação resultante também não é eficiente em estimular o crescimento papilar. Ochoa et al. (1994) observaram maior comprimento de papilas ruminais nos animais consumindo dieta com leite e concentrado, sem adição de feno. Além disso, pode haver a substituição do consumo de concentrado pelo consumo de forragem, ou a diminuição do desempenho (Hill et al. 2008). Os fatores acima citados fizeram com que durante muitos anos o fornecimento de forragem fosse desencorajado até o momento do desaleitamento.

No entanto, em algumas pesquisas ou em fazendas que oferecem forragem, principalmente na forma de feno picado durante o aleitamento, os animais mostram melhor consumo de concentrado e conseqüentemente ganho de peso durante o desaleitamento (Castells et al. 2012; Daneshvar et al. 2015). Esse possível benefício da inclusão de forragem pode ser discutido seguindo duas linhas de raciocínio. Existe um consenso que o consumo de forragens aumenta o estímulo físico à parede do rúmen, provocando desenvolvimento muscular, logo aumentando o peso e volume do órgão (Warner et al., 1956; Vasquezanon et al., 1993; Zitnan et al., 1998). Dessa forma, animais alimentados com grandes quantidades de leite, que por consequência têm menor ingestão de concentrado, quando possuem oferta de forragem têm consumo de alimento sólido aumentado, sem alteração no consumo de concentrado. Esse pequeno aumento no consumo de alimento sólido pode ser benéfico no desaleitamento, momento crítico para animais que recebem grandes volumes de leite. O trabalho de Khan et al. (2016) mostrou que bezerros aleitados com volume de leite correspondente a 20% do PV apresentaram melhora no desenvolvimento ruminal quando tiveram acesso a forragem desde a primeira semana de vida.

Outra forma de interpretar os benefícios com a inclusão de forragem durante o período de aleitamento é explorar possíveis melhorias no ambiente ruminal dos bezerros. Como apresentado na Tabela 3, os volumosos possuem ação positiva sobre o pH, estímulo de ruminação e salivação, e motilidade ruminal. Dessa forma, bezerros alimentados com concentrados com alto teor de amido têm benefícios do ponto de vista de estímulo químico para o desenvolvimento ruminal, porém podem se tornar mais propensos a distúrbios metabólicos do que animais alimentados com algum nível de forragem (Daneshvar et al. 2015).

Castells et al. (2012) forneceram diferentes fontes de forragem: feno de alfafa, feno de aveia, feno de azevém, palha de cevada e silagem de milho a vontade para bezerros alimentados com leite e concentrado inicial convencional. O melhor desempenho foi observado nos animais que receberam feno de aveia e palha de cevada (0,91 kg/d), e o pior desempenho foi para os animais que receberam feno de alfafa (0,76 Kg/d) ou não receberam forragem (0,72 Kg/d). A relação consumo de forragem:concentrado (F:C) pode explicar a diminuição do desempenho dos animais alimentados com feno de alfafa. Os animais do grupo alfafa tiveram F:C de 14:86% enquanto para os demais volumosos a relação foi de 5,6:94,4%, sugerindo uma

substituição de consumo quando a forragem é de alta qualidade. A inclusão de uma fonte de forragem de baixa qualidade aumentou o consumo de concentrado em relação ao grupo controle ou ao grupo que recebeu alfafa. Hill et al. (2009) relatam melhora no ganho de peso no desaleitamento de bezerros ingerindo uma dieta composta de 95% de concentrado convencional acrescido de 5% de feno de gramínea em relação a oferta exclusiva de concentrado. Dados semelhantes foram encontrados por Beiranvand et al., (2013) e por Coverdale et al., (2004) com a mesma inclusão de forragem.

Em uma meta análise, Imani et al. (2017) analisou os dados dos trabalhos envolvendo forragem na alimentação de bezerros no período de 1998 até 2017. Segundo os seus resultados, a oferta de forragem aumenta o consumo de matéria seca em 0,2Kg por dia no desaleitamento. Daneshvar et al. (2015) atribuem a melhora no consumo aos benefícios gerados em termos de pH ruminal, uma vez que observaram pH de 5,0 em animais sem inclusão de forragem e de 5,7 quando o feno foi incluído.

A partir dos dados acima pode-se concluir que em alguns casos a inclusão de forragem na dieta já nas primeiras semanas de vida pode ser uma alternativa interessante para os sistemas de criação de bezerras, embora haja inconsistência nos dados. Imani et al. (2017) consideraram que as variações nos resultados com a utilização de forragem para animais em aleitamento se deve a diferentes taxas de inclusão, formas de fornecimento e interação com outros componentes da dieta como a forma física do concentrado e o volume de dieta líquida oferecido

Além do desempenho e desenvolvimento ruminal, outro ponto que vem sendo explorado na pesquisa com bezerros é o comportamento. Sabe-se que os animais criados em fazendas leiteiras tem rotina muito diferenciada dos demais da sua espécie. Durante os primeiros 60 dias de vida é comum que as bezerras permaneçam alojadas em sistemas individuais, visando evitar a disseminação de doenças e monitorar melhor o consumo de alimentos, muito embora sejam animais gregários. Bezerras em vida livre têm oportunidade de passar muitas horas por dia mamando em suas mães. Já em fazendas leiteiras comerciais esse tempo é reduzido drasticamente, já que o número de refeições é limitado em inúmeras fazendas para duas refeições por dia. Por isso, é comum bezerras leiteiras apresentarem comportamento de mamada não nutritiva, ou seja, realizar mamada nas instalações, mamada cruzada, ou lambar partes do próprio corpo (de Passillé,

2001). Esses comportamentos são mais observados nos momentos antes e após o fornecimento da dieta líquida, porém alguns animais podem permanecer com comportamentos estereotipados pelo resto da vida, afetado sua interação social com outros animais quando esses são agrupados (Miller-Cushon et al. 2015)

Algumas estratégias no manejo podem reduzir esse tipo de comportamento. A criação de animais em baias coletivas ou a oferta de maiores volumes de dieta líquida vêm sendo considerados afim de melhorar o bem estar de bezerros (Miller-Cushon et al. 2015). O manejo da dieta sólida também pode ter influência nesse processo. Animais que recebem forragem desde as primeiras semanas de vida tendem a passar mais tempo ingerindo alimento sólido, uma vez que a velocidade de consumo dos volumosos é mais lenta que a dos concentrados. A oferta precoce de forragem também pode antecipar o início dos períodos de ruminação e dessa forma o animal passa maior tempo realizando atividades alimentares e reduz a expressão de comportamentos orais não nutritivos (Phillips, 2004).

Miller-Cushon et al. (2015) afirmam que bezerros ainda na fase de aleitamento possuem necessidade de forrageamento, e quando essa necessidade não é atendida pode predispor aos comportamentos orais não nutritivos ou a ingestão da cama que forra as baias. A ingestão da cama pode ser vista como negativa do ponto de vista sanitário pois muitas vezes o material utilizado na cama apresenta pouca segurança alimentar devido a presença de esterco, excesso de umidade, o que predispõe a proliferação de agentes causadores de diarreia.

Terré et al. (2013) avaliaram adequar o teor de fibra na dieta sólida de bezerros através do aumento do FDN do concentrado ou da oferta de feno. Ambas as dietas tiveram desempenho e consumo semelhante, porém os animais com acesso ao feno foram considerados aptos ao desaleitamento mais precocemente, e durante o desaleitamento expressaram menos frequentemente os comportamentos indicativos de estresse como vocalização e mamada não nutritiva. Castells et al. (2012) relatam diminuição dos comportamentos orais não nutritivos, aumento do tempo de ruminação sem alterar o tempo de consumo de concentrado para animais com acesso a feno de gramínea, silagem ou palha de cevada, uma hora após a oferta de sucedâneo e dieta sólida. Para animais com acesso a feno de alfafa houve diminuição dos comportamentos orais não nutritivos e aumento do tempo de ruminação, porém o tempo de ingestão de concentrado foi reduzido. Estes dados

mostram que bezerros jovens (com menos de 6 semanas) podem realizar seleção dos componentes da dieta.

Dessa forma, é possível notar a influência da dieta sólida nos aspectos nutricionais e comportamentais, e a falta de consenso sobre os níveis de inclusão e forma física de fibra oferecida para bezerros, o que motivou o desenvolvimento do presente trabalho. O objetivo desse trabalho foi avaliar a elevação do teor de FDN na dieta sólida através da inclusão de um coproduto atingindo teor de FDN no concentrado acima do recomendado na literatura atual e comparar com valores adequados ou a aferta livre de feno de gramínea, sob os aspectos de desempenho, metabolismo e comportamento de bezerros em fase de aleitamento.

REFERÊNCIAS

- Alta Cria 2018, 2018. Azevedo, R.A, Martins, L.F., Tiveron, P.M., Teixeira, A.M., Bittar, C.M.M., Silva, L.C.M., Santos, J.E.P., Rotta, P.P., Meneses R.M., Coelho, S.G. Uberaba, Minas Gerais, 1 ed.
- Baldwin R.L., Mcleod V.I.K.R., Klotz J.L., Heitmann, R.N., 2004 Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and post-weaning ruminant. *Journal of Dairy Science*, 87:55–65.
- Ballou, M.A. 2015 Nutrition Influences the Health of Dairy Calves. In... Western Dairy Management Conference.
- Bateman, H. G., II, T. M. Hill, J. M. Aldrich, R. L. Schlotterbeck, and J. L. Firkins. 2012. Meta-analysis of the impact of initial serum protein concentration and empirical prediction model for growth of neonatal Holstein calves through eight weeks of age. *J. Dairy Sci.* 95:363–369.
- Bartlett, K. S., F. K. McKeith, M. J. Vandehaar, G. E. Dahl, and J. K. Drackley. 2006. Growth and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein at two feeding rates. *J. Anim. Sci.* 84:1454.
- Beiranvand, H., Ghorbani, G. R., Khorvash, M., & Kazemi-Bonchenari, M. 2013. Forage and sugar in dairy calves' starter diet and their interaction on performance, weaning age and rumen fermentation. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 98:439–445.
- Beharka, A. A., Nagaraja, T. G., Morrill, J. L., Kennedy, G. A., & Klemm, R. D. 1998. Effects of Form of the Diet on Anatomical, Microbial, and Fermentative Development of the Rumen of Neonatal Calves. *J. Dairy Sci.*, 81: 1946–1955
- Bittar, C.M.M., Ferreira, L.S., Santos, F.A.P., Zopollatto, M., 2009. Performance and ruminal development of dairy calves fed starter concentrate with different physical forms. *Revista Brasileira De Zootecnia* 38:1561-1567.
- Blattler, U., H. M. Hammon, C. Morel, C. Philipona, A. Rauprich, V. Rome, I. L. Huerou- Luron, P. Guilloteau, and J. W. Blum. 2001. Feeding colostrum, its composition and feeding duration variably modify proliferation and morphology of the intestine and digestive enzyme activities of neonatal calves. *J. Nutr.* 131:1256–1263.
- Blome, R. M., J. K. Drackley, F. K. McKeith, M. F. Hutjens, and G. C. McCoy. 2003. Growth, nutrient utilization, and body composition of dairy calves fed milk replacers containing different amounts of protein. *J. Anim. Sci.* 81:1641–1655.
- Campos, O. F., J. T. Huber, J. L. Morrill, R. K. Brownson, A. D. Dayton, H. J. S. Harrison, and R. G. Warner. 1982. Spray-dried fish solubles or soy protein concentrate in milk replacer formulations. *J. Dairy Sci.* 65:97–104.
- Castells, L., Bach, A., Araujo, G., Montoro, C., & Terré, M. 2012. Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves *J. Dairy Sci.* 95: 286–293.
- Channon, A.F.; Rowe, J.B.; Herd, B.M. 2004. Genetic variation in starch digestion in feedlot cattle and its association with residual feed intake. *Australian journal of experimental agriculture*, v.44, p. 469-474.
- Church, D.C. 1988. *The ruminant animal: digestive physiology and nutrition*. New Jersey: Prentice-Hall, p. 564.
- Coverdale, J. A., Tyler, H. D., Quigley, J. D., & Brumm, J. A. (2004). Effect of Various Levels of Forage and Form of Diet on Rumen Development and Growth in Calves. *J. Dairy Sci.*, 87: 2554–2562.

- Daneshvar, D.M., Khorvash, E., Ghasemi, A.H., Mahdavi, B., Moshiri, M., Mirzaei, A. Pezeshki, H. Ghaffari, M. 2015. The effect of restricted milk feeding through conventional or step-down methods with or without forage provision in starter feed on performance of Holstein bull calves. *J. Dairy Sci.*, 93:3979–3989.
- Davis, C.L., Drackley, J.K. 1998. The development nutrition and management of the young calf. (Iowa State University Press: Ames, IA).
- Davis Rincker, L. E., VandeHaar, M. J., Wolf, C. A., Liesman, J. S., Chapin, L. T., & Weber Nielsen, M. S. 2011. Effect of intensified feeding of heifer calves on growth, *J. Dairy Sci.* 94:3554–3567.
- De Passillé, A. M. 2001. Sucking motivation and related problems in calves. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 72:175–187
- Drackley, J.K. 2011. Influence of milk and weaning programs on health, rumen development and growth of dairy calves. In: I Simpósio Internacional Leite Integral, 2011. Anais... Belo Horizonte: Revista Leite Integral. p. 26-35.
- Drackley, J.K. 2018 What's New in Calf Nutrition and Management? Looking Ahead to NRC2019. In: VIII Simpósio Internacional Leite Integral, 2018. Anais... Curitiba: Revista Leite Integral. p. 1-272.
- Ezequiel, J., M.; Bertocco M. 2006. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 35:569-575
- Faulkner, D.B., Hummel, D.F., Buskirk, D.D., Berger, L.L., Parrett, D.F., Cmarik, G.F. 1994 Performance and Nutrient Metabolism by Nursing Calves Supplemented with Limited or Unlimited Corn or Soyhulls. *Jornal of dairy Science*, v.72, p.470-477.
- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C. Q., Gentil, R. S., Araujo, R. C., Loerch, S. C. 2011. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls1. *Journal of Animal Science*, 89: 4120–4126
- Gaudreau, J. M., and G. J. Brisson. 1980. Abomasum emptying in dairy calves fed milk replacers with varying fat and sources of protein. *J. Dairy Sci.* 63:426–440.
- Gelsinger, S. L., Heinrichs, A. J., & Jones, C. M. 2016. A meta-analysis of the effects of preweaned calf nutrition and growth on first-lactation performance 1. *Journal of Dairy Science*, 99, 6206–6214.
- Gerrits, W.J.J., Symposium review: Macronutrient metabolism in the growing calf. 2018 *J. Dairy Sci.* Vol. 101, Suppl. 2
- Gomes, O.P.I., Neto, P., Medeiros L.A., Orsolin, V., Neto, E.P., Semmelmann, E.C.N. 2012. Níveis de casca de soja em rações concentradas para bezerros de raças leiteiras. *Archives of Veterinary Science*, 17:52-57.
- Greenwood, R.H., Morrill, J.L., Titgemeyer, E.C., Kennedy, G.A. 1997. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. *J. Dairy Sci.* 80:2534-2541.
- Hill, T.M.; Bateman, H.G., Aldrich J.M. 2008. Effects of feeding different carbohydrate sources and amounts to young calves. *J. Dairy Sci.*, 91: 3128-3137.
- Hill, T. M., Bateman, H. G., Aldrich, J. M., Schlotterbeck, R. L. 2009. Roughage for Diets Fed to Weaned Dairy Calves. *The Professional Animal Scientist*, 25:283–288.
- Hill, T. M., Bateman, H. G., Quigley, J. D., Aldrich, J. M., Schlotterbeck, R. L., & Heinrichs, A. J. 2013. REVIEW: New information on the protein requirements and diet formulation for dairy calves and heifers since the Dairy NRC. *The Professional Animal Scientist*, 29:199–207.

- Imani, M., Mirzaei, M., Baghbanzadeh-Nobari, B., Ghaffari, M.H. 2017. Effects of forage provision to dairy calves on growth performance and rumen fermentation: A meta-analysis and meta-regression. *J. Dairy Sci.*, 100:2-22
- Ipaharraguerre, I.R.; Clark, J.H. 2003. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: a review. *J. Dairy Sci.* 86:1052-2073.
- Khan, M. A., Weary, D. M., & von Keyserlingk, M. A. G. 2011. Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *J. Dairy Sci.* 94:3547–3553.
- Khan, M.A., Bach, A., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G. 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *J. Dairy Sci.*, v.99, p.885-902.
- Lima, M.L.N.; Fernandes, J.J.R.; Carvalho E.R.C.; Santos, S.C.; Rocha F.M.; Lima D.A. 2010. Substituição do milho triturado por casca de soja em dietas para vacas mestiças. *Ciência animal Brasileira*. 10:4-16.
- Maiga, H. A., D. J. Schingoethe, F. C. Ludens, W. L. Tucker, and D. P. Casper. 1994. Response of calves to diets that varied in amounts of ruminally degradable carbohydrate and protein. *J. Dairy Sci.* 77:278–283.
- Miller-Cushon, E. K., & DeVries, T. J. 2015. Invited review: Development and expression of dairy calf feeding behaviour. *Canadian Journal of Animal Science*, 95; 341–350.
- Miqueo, E., Torrezan, T. M., Rocha, N. B., De Paula, M. R., Silva, F. L. M., Rodrigues, P. H. M., & Bittar, C. M. M. 2017. Increase in Crude Protein Content of Milk Replacers with Vegetable Protein: Effect on Health and Dairy Calves' Performance. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 12:17–25.
- Movahedi, B., Foroozandeh, A. D., Shakeri. P. 2016. Effects of different forage sources as a free-choice provision on the performance, nutrient digestibility, selected blood metabolites and structural growth of Holstein dairy calves. *Jornal of Animal fisiology and animal nutrition*, v.12527.
- National Research Council – NRC. Nutrient requeriments of dairy cattle. 7. ed. National Academic. 2001. p. 381.
- Nussio, C. M. B, Santos, F.A.P., Zopollatto, M., Pires, A.V., Morais, J.B., Fernandes, J.J.R. 2003. Parâmetros de fermentação e medidas morfométricas dos compartimentos ruminais de bezerros leiteiros suplementados com milho processado (Floculado vs. Laminado a vapor) e monensina. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.32, p. 1021–1031.
- Pantophlet, A. J., Roelofsen, H., de Vries, M. P., Gerrits, W. J. J., van den Borne, J. J. G. C., Vonk, R. J. 2017. The use of metabolic profiling to identify insulin resistance in veal calves. *Plon one*, 12; 179-194.
- Petit, H. V., M. Ivan, and G. J. Brisson. 1989. Digestibility measured by fecal and ileal collection in preruminant calves fed a clotting or a nonclotting milk replacer. *J. Dairy Sci.* 72:123–128.
- Phillips, C. J. C. 2004. The Effects of Forage Provision and Group Size on the Behavior of Calves. *J. Dairy Sci.* 87:1380–1388.
- Ollivett, T.L., D.V. Nydam, T.C. Linden, D.D. Bowmann, and M.E. Van Amburgh. 2012. Effect of nutritional plane on health and performance in dairy calves after experimental infection with *Cryptosporidium parvum*. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 241:1514-1520
- Ochoa, S.M., Neiva, R.S., Girão, L.C.F., Oliveira, A.I.G. 1994. Desenvolvimento ruminal e papilar em bezerros mestiços (Holandês-Zebu). *Ciência e Prática*, 18:320-325.

- Oltramari, C.E., Nápoles, G.G.O., De Paula, M.R., Silva, J.T., Gallo, M.P.C., Soares, M.C., Bittar, C.M.M. 2016. Performance and metabolism of dairy calves fed starter containing citrus pulp as a replacement for corn. *Animal Production Science*.
- Pedroso, A.M., Santos, F.A.P., Pires, A.V., Bittar, C.M.M.; Martinez, J.C. 2007. Substituição do milho em grãos por casca de soja na ração de vacas leiteiras em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1651-1657
- Quigley J. D. 1996. Effects of lasalocid in milk replacer and calf starter on growth, intake, and fecal oocyst shedding in calves challenged with *Eimeria*. *Journal of Dairy Science*, Champaign. 79:154-176.
- Quigley, T. M. Hill, J. R. Knapp, X. Suarez-Mena, T. S. Dennis, W. Hu, 2018. Re-evaluation of NRC energy estimates in calf feeds. *J. Dairy Sci.* Vol. 101, Suppl. 2.
- Quigley, J. D., T. A. Wolfe, and T. H. Elsasser. 2006. Effects of additional milk replacer feeding on calf health, growth, and selected blood metabolites in calves. *J. Dairy Sci.* 89:207–216.
- Reinhardt, V., Reinhardt, Annie, 1981. Natural sucking performance and age of weaning in zebu cattle (*Bos indicus*). *J. Agric. Sci.* 96, 309–312.
- Santos, G.; Bittar, C.M.M. 2015. A survey of dairy calf management practices in some producing regions in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.44, no. 10, p.361-370.
- Silva, D. C., Kazama, R., Faustino, J. O., Zambom M. A., Santos G. T., Branco A. F. 2004. Digestibilidade in vitro e degradabilidade in situ da casca do grão de soja, resíduo de soja e casca de algodão. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*. 26:501-506.
- Souza, V. L., Drackley, J. K., Almeida, R., Bittar, C. M. M., Albertini, T. Z., Morrison, S. Y., Lanna, D. P. D. 2016. Evaluation of nutrition models to estimate performance of Young dairy calves: a meta-analytical study under tropical conditions. *Animal. Journal*, 10:1965–1974.
- Soberon, F., Raffrenato, E., Everett, R. W., & Van Amburgh, M. E. 2012. Prewaning milk replacer intake and effects on long-term productivity of dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 95: 783–793.
- Stamey, J. A., Janovick, N. A., Kertz, A. F., & Drackley, J. K. 2012. Influence of starter protein content on growth of dairy calves in an enhanced early nutrition program1. *J. Dairy Sci.* 95:3327–3336.
- Suarez, B.J., Van Reenen, C.G., Stockhofe, N., Dijkstra, J., Gerrits, W.J.J. 2007. Effect of roughage source and roughage to concentrate ratio on animal performance and rumen development in veal calves. *Journal of Dairy Science*, Champaign.90:2390-2403.
- Toullec, R.; Guillote A. P. 1989. Research into the digestive physiology of the milkfed calf. In: Van WEERDON, E.J.; HUISMAN, J. Nutrition and digestive physiology in monogastric farm animals. Wageningen: PUDOC, p. 37-55.
- Terre, M., M. Devant, and A. Bach. 2007. Effect of level of milk replacer fed to Holstein calves on performance during the preweaning period and starter digestibility at weaning. *Livestock Science*, 110:82.
- Terré, M., Pedrals, E., Dalmau, A., & Bach, A. 2013. What do preweaned and weaned calves need in the diet: A high fiber content or a forage source? *J. Dairy Sci.*, 96:5217–5225.

- Van Amburgh, M.E., Raffrenato, E., Soberon, F., Everett, R.W., 2013. Early Life Management and Long-Term Productivity of Dairy Calves. Short communication Department of Animal Science Cornell University, Ithaca, NY.
- Van Amburgh, M.; Drackley, J.K. 2005. Current perspectives on the energy and protein requirements of the pre-weaned calf. In: GARNSWORTHY, P.C. Calf and heifer rearing: principles of rearing the modern dairy heifer from calf to calving. Nottingham: Nottingham University Press. chap. 5, p. 67-82.
- Vazquezanon, M., Heinrichs, A.J., Aldrich, J.M., Varga, G.A., 1993. Postweaning age effects on rumen fermentation end-products and digesta kinetics in calves weaned at 5 weeks of age. J. Dairy Sci. 76:2742-2748.
- Warner, R.G., Flatt, W.P., Loosli, J.K., Dietary factors influencing the development of the ruminant stomach. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Washington. v.4, p.788-792. 1956.
- Zanton, G. I., & Heinrichs, A. J. 2009. Digestion and nitrogen utilization in dairy heifers limit-fed a low or high forage ration at four levels of nitrogen intake. Journal of Dairy Science, 92:2078–2094.
- Zitnan, R., Voigt, J., Schonhusen, U., Wegner, J., Kokardova, M., Hagemeister, H., Levkut, M., Kuhla, S., Sommer, A., Influence of dietary concentrate to forage ratio on the development of rumen mucosa in calves. Archives of Animal Nutrition-Archiv Fur Tierernahrung, Berlin. v.51, p.279. 1998.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais, instalações e manejo alimentar

O Comitê de Ética em Pesquisa em Animais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / Universidade de São Paulo aprovou todos os procedimentos envolvendo animais neste estudo (Protocolo no. 2018.5.586.11.7). O experimento foi desenvolvido nas instalações do Bezerreiro Experimental “Evilásio de Camargo”, do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, localizado na cidade de Piracicaba – SP, no período de junho a dezembro de 2017. Utilizou-se 35 bezerros da raça holandesa, recém nascidos e adequadamente colostrados com 4 L de colostro de alta qualidade ($>50\text{g/L}$) nas primeiras 6h de vida, o que resultou em proteína sérica de $5,81\text{ g/dL}$ às 48h de vida. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, sendo utilizados o sexo (22 machos e 13 fêmeas), peso ($37,3 \pm 1,33\text{ kg}$) e a data de nascimento dos bezerros como fator de blocagem. O período experimental foi de 56 dias, que corresponde ao período de aleitamento.

Os animais foram alojados em gaiolas suspensas individuais (113 cm x 140 cm), alocadas em um galpão arejado. Os animais foram aleitados com sucedâneo lácteo diluído a 12,5% de sólidos (Sprayfo Azul, Sloten de Brasil Ltd, Santos, SP, Brasil), fornecido através de baldes, no volume de 4 L/d, divididos em duas refeições (7h e 17h).

Foram avaliadas três dietas sólidas, baseadas em dois concentrados iniciais (Tabela 4) formulados de acordo com o NRC (2001) para atender as exigências de bezerros em aleitamento:

- 1) 22FDN: concentrado inicial contendo 22% de FDN (controle);
- 2) 31FDN: concentrado inicial contendo 31% de FDN, com substituição parcial do milho por casquinha de soja;
- 3) 22FDNfeno: concentrado inicial contendo 22% de FDN, com oferta de feno de coast-cross picado ad libitum em cocho separado.

Os animais tiveram acesso livre a água e ao concentrado localizado na parte frontal da baia (Figura 1).

Os teor de FDN no controle (22FDN) foi definido considerando-se as recomendações de teor de fibra no concentrado de bezerros entre 16 a 25% de FDN sugeridas por Davis e Drackley (1998), resultando em concentrado com 10,1% de

hemicelulose, 11,0% de celulose e 0,83% de lignina. O teor de FDN do concentrado com FDN elevado (31FDN) foi definido com o objetivo de estudar o efeito de elevar o FDN além do recomendado fazendo o uso de um coproduto disponível na indústria nacional, com boa qualidade da fibra que resultou em valores de 10,8% de hemicelulose, 19,0% de celulose e 1,2% de lignina. A dieta sólida baseada em concentrado e oferta livre de feno de gramínea picado foi definida considerando que esta a prática mais comum utilizada pelos produtores. Nesta situação os animais regulam o consumo tanto de concentrado, quanto de feno, o qual tem fibra de menor qualidade (29,5% hemicelulose, 34,8% celulose e 5,3% de lignina).

Figura 1. Animal alojado em baia suspensa.

O consumo voluntário dos alimentos foi registrado diariamente através da pesagem da quantidade oferecida e das sobras do dia anterior. O ajuste no fornecimento da quantidade de alimentos foi realizado diariamente, considerando uma sobra de 10% da matéria seca oferecida em relação à consumida.

Tabela 4. Ingredientes do concentrado inicial

Ingredientes	22FDN	31FDN
Milho moído, % MS	56	42
Farelo de soja, % MS	29	27
Casca de soja, % MS	11	27
Premix mineral/vitamínico ¹	4	4

¹ Composição do Premix mineral/vitamínico: Ca 20%; P 6,5%; F 650 ppm; Na 4%; K 1%; Mg 7%; S 0,7 %; Co 25 ppm; Cu 800 ppm; Cr 20 ppm; I 40 ppm; Fe 1400 ppm; Mn 1500 ppm; Se 18 ppm; Zn 3200 ppm; Vit. A 140.000 UI/kg; Vit. D3 50.000 UI/kg; Vit. E 1500 UI/kg; Vit. B1 250, Vit B2 250.000 ppm; Vit B6 250 ppm; Vit. B12 250 ppm; Niacina 400 ppm; Ác. Pantotênico 500 ppm; Ác. Fólico 20 ppm; Biotina 10 ppm; B.H.T 800ppm, Monensina sódica 900 ppm.

Os animais foram pesados ao nascer e, então semanalmente, antes do aleitamento da manhã, em balança mecânica (ICS-300, Coimma Ltda., Dracena, SP, Brasil). Logo após as pesagens, nas semanas 0, 2, 4 e 8, foram mensuradas a altura da cernelha e a largura da garupa utilizando-se régua com escala em centímetros e o perímetro torácico através de fita flexível, também com escala em centímetros.

Diariamente foram realizadas avaliações do escore das fezes, de acordo com sua consistência: (1) firme; (2) pastosa; (3) mole; (4) aquosa, conforme sugerido por Larson (1977). Semanalmente foram coletados 4 gramas de fezes acrescidos de 4 mL de água deionizada para a aferição do pH fecal, através de potenciômetro (Modelo Tec-5, Tecnal Ltda., Piracicaba, SP, Brasil), conforme a metodologia descrita por Channon, Rowe e Herd (2004).

Amostras de sangue foram colhidas semanalmente, sempre duas horas após o aleitamento da manhã, através de punção da jugular, utilizando-se tubo vacuolizado contendo fluoreto de sódio como antiglicolítico e EDTA de potássio como anticoagulante (VACUETTE do Brasil, Campinas, SP, Brasil) e tubo vacuolizado contendo ativador de coágulo e gel (VACUETTE do Brasil, Campinas, SP, Brasil). As amostras foram acondicionadas em isopor com gelo até seu transporte ao laboratório, onde foram imediatamente centrifugadas a 2000 x g, durante 20 minutos, à temperatura de 4°C. O plasma e o soro foram armazenados

em tubetes plásticos e mantido em freezer (-10°C) para posterior análises bioquímicas.

Amostras de fluído ruminal foram colhidas na quarta, sexta e oitava semana de vida do animal, duas horas após o fornecimento da dieta, por via oro esofágica, utilizando-se uma mangueira flexível de 150 cm de comprimento, 1,3 cm de diâmetro interno e 0,2 cm de espessura de parede, a qual era conectada a uma bomba de vácuo (Modelo TE-0581, Tecnal Ltda., Piracicaba, SP, Brasil). As amostras foram colhidas, descartando-se a amostra inicial de forma a se evitar a contaminação com saliva. Após filtragem em tecido de algodão, foi realizada a determinação de pH, através de potenciômetro (Modelo Tec-5, Tecnal Ltda., Piracicaba, SP, Brasil) e o armazenamento da amostra em freezer (-10°C) para posterior determinação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

3.2 Metodologia analítica

Amostras dos diferentes concentrados foram colhidas periodicamente para determinação da composição químico-bromatológica. As amostras foram moídas a 1 mm em moinho do tipo Wiley para determinação de matéria seca (MS) à 105°C, matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE) de acordo com Campos; Nussio; Nussio (2002); proteína bruta (PB) através de combustão, conforme método de Dumas, utilizando-se o analisador de nitrogênio LECO, modelo FP-528 (LECO) Corporation, St. Joseph, MI, EUA); fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina pelo método descrito por Van Soest; Robertson e Lewis (1991). Os valores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados de acordo com as equações propostas por Weiss (1993) e os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados através da equação (1):

$$\text{CNF (\%MS)} = 100 - (\text{PB} + \text{EE} + \text{FDN} + \text{MM}) \quad (1)$$

Onde,

PB, EE, FDN e MM são expressos em % da MS

O tamanho médio de de partículas do concentrado foi medido utilizando-se um conjunto de peneiras de diferentes malhas (2, 1, 0,71, 0,5, 0,25 mm e fundo). As

amostras duplicadas (100 g) foram colocadas na peneira superior (2 mm) de um peneirador de teste R-Tap® (modelo B; CE Tyler Combustion Engineering, Inc. Bessemer City, NC) e vigorosamente agitadas a aproximadamente 60 movimentos / min durante 5 min. As partículas retidas em cada peneira foram coletadas, pesadas (Figura 2). O tamanho médio de partícula foi calculado conforme descrito por Yu (1998). O tamanho médio de partícula foi de 0,93 mm e 0,92mm para os concentrados 22FDN e 31FDN, respectivamente. Para avaliação do tamanho do feno picado utilizou-se um jogo de 4 peneiras (19, 8, 4, 1,18 mm) associadas ao fundo coletor, de acordo com a recomendação de Jones; Heinrichs (2017). As amostras foram pesadas, colocadas na peneira superior e então agitadas com 20 movimentos circulares para cada lado. As partículas retidas em cada peneira foram coletadas e pesadas para a avaliação (Figura 2), que resultou em tamanho médio de partícula de 15,49 mm.

Tabela 5. Composição química das diferentes dietas experimentais.

Composição	22FDN	31FDN	FENO
Matéria seca, % Matéria natural	88,7	89,5	88,5
Matéria mineral, % MS	8,3	8,7	7,2
Proteína bruta, % MS	18,5	18,9	11,8
Fibra em detergente neutro, % MS	22,0	31,0	69,6
Fibra em detergente ácido, % MS	11,9	20,2	40,1
Lignina, %MS	0,83	1,2	5,3
Extrato Etéreo, % MS	2,8	2,6	1,3
Carboidratos não fibrosos, % MS	48,6	38,8	-
Nutrientes digestíveis totais, % MS	84,8	78,9	54,0

Figura 2. Distribuição de partículas dos concentrados iniciais

Figura 3. Distribuição de partículas do feno picado

Os parâmetros metabólicos foram determinados em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA-200 (CELM, Barueri, SP, Brasil). Utilizando kits comerciais da Labtest Diagnóstica S.A. (Lagoa Santa, MG, Brasil) para determinação de glicose plasmática (Ref. 133-1/500), proteínas totais (Ref. 99), ureia (Ref. 104) e lactato (Ref. 116). A determinação das concentrações de BHBA foi

realizada utilizando-se kit enzimático RANBUT – Ref.: RB1007 (RANDOX Laboratories – Life Sciences Ltd. Crumlin, UK; importado por RANDOX Brasil Ltda., São Paulo, SP, Brasil), utilizando-se também Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA-200 (CELM, Barueri, SP, Brasil).

Para determinação de AGCC foi utilizado 2,0 mL do fluido ruminal, o qual foi centrifugado a 15.000 x g, durante 15 minutos, a 4°C. Posteriormente, 0,8 mL do sobrenadante foi transferido para o tubo cromatográfico com adição de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico (25%) com ácido fórmico (98-100%) e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno). A quantificação de AGCC foi realizada utilizando-se o cromatógrafo a gás Agilent 7890^a equipado com detector de ionização de chama (7683B) e uma coluna capilar de sílica fundida (J & W19091F-112, Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA), com 25 m de comprimento e 320 m de diâmetro interno, contendo 0,20 M de cianopropil polisiloxano. A aquisição de dados foi realizada utilizando o software ChemStation (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, EUA). O tempo total de corrida cromatográfica foi de 16,5 min, dividido em três ciclos de aquecimento, como segue: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C / min por 3 min) e 205 °C (10 °C / min por 2 min). O hidrogênio foi utilizado como gás carreador a uma vazão de 1,0 mL / min, e a temperatura do injetor e do detector foi de 260 °C. O gás nitrogênio foi usado como o gás "make-up" a uma taxa de 30 mL / min. O hidrogênio foi usado como gás de transporte a uma taxa de fluxo de 1,35 mL / min, e a temperatura do injetor e do detector foi 260 °C. Gás de nitrogênio foi usado como o gás "make-up" a uma taxa de 40 mL / min. A opção de divisão na proporção de 20: 1 foi usada. A concentração de AGCC (mM) foi calculada com base em uma curva de calibração externa elaborada a partir de padrões (Chem Service, West Chester, PA, EUA) de ácido acético (995 mL / L, CAS 64-19-97); ácido propiônico (990 mL / L, CAS 9,4.79); ácido isobutírico (990 mL / L, CAS 79-31-2) Ácido butírico (987 mL / L, CAS 107-92-6), isovalérico (990 mL / L, CAS 503-74-2) e ido valico (990 mL / L, CAS 109-52-4).

Foi mensurada a concentração de AGCC total (mM/100mM), a concentração de ácido acético, propiônico e butírico (mM/100mM). A variável C2:C3 foi obtida a razão entre ácido acético e ácido propiônico. Levando em consideração que o ácido propiônico e butírico são responsáveis pelos estímulos do desenvolvimento ruminal, em relação ao número, altura e largura das papilas (Beharka et al., 1998; Baldwin;

McLeod, 2000; Khan et al., 2016), foi criada neste trabalho a variável $C2:(C3+C4)$ obtida através da razão entre ácido acético e a soma de ácido propiônico e butírico.

As amostras de fluido ruminal destinadas para determinação de $N-NH_3$ foram descongeladas e centrifugadas a $15.000 \times g$ a $4^\circ C$ durante 60 minutos para obtenção do sobrenadante. As amostras foram analisadas segundo o método de Chaney; Marbach (1962) adaptado para leitura em Sistema Automático para Bioquímica – Modelo SBA-200 (CELM, Barueri, SP, Brasil) com filtro de absorvância de 540 nm. Para a obtenção da curva de calibração foram utilizadas soluções de 0;1; 2; 4; 8; 16; 32 mg/dL de N-amoniaco. Uma alíquota de 4 μL foi transferida para um tubo de ensaio, adicionada de 2,5 mL de reagente fenol e 2,0 mL de reagente hipoclorito e incubada em banho-maria a $37^\circ C$, por 10 minutos. Em seguida, alíquotas foram pipetadas em cubetas para leitura no referido equipamento. Os dados de absorvância da curva de calibração foram utilizados para construção de curva regressão, permitindo a determinação das concentrações de N-amoniaco das amostras.

A avaliação comportamental dos animais foi realizada por meio da metodologia de coleta instantânea com amostragem focal (Martin e Bateson, 1993). Observou-se 4 animais por tratamento (total 12 animais) semanalmente, com monitoramento durante 10 horas (7h as 17h) e observações a cada 5 minutos. Foram consideradas as seguintes atividades dos animais: em ócio (em pé ou deitado), ingerindo concentrado, ingerindo feno, ingerindo água, dormindo, realizando mamada não nutritiva, vocalizando, ruminando e excretando. A variável “tempo se alimentando” foi calculada através da soma das variáveis “ingerindo concentrado” e “ingerindo feno”.

3.3 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Procedimento MIXED do SAS (2002). Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado como efeito significativo quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P < 0,10$. Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do r de student. No conjunto de dados da análise

comportamental, as variáveis que não respeitaram algumas das premissas estatísticas foram submetidas às transformações logarítmicas, inversa.

Para as variáveis analisadas como medidas repetidas no tempo empregou-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + b_j + e_{ij} + I_k + (bI)_{jk} + (TI)_{ik} + e_{ijk}$$

Onde, μ = média geral; D_j = efeito fixo da dieta; b_i = efeito aleatório de bloco; e_{ji} = erro residual A; I_k = efeito fixo de idade; $(bI)_{ik}$ = efeito aleatório da interação idade x período; $(DP)_{jk}$ = efeito fixo da interação dieta x idade, e e_{ijk} = erro residual B.

As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance components, toeplitz, antidependence e heterogeneous toeplitz” foram testadas e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion corrected” (AICC).

As variáveis fixas foram avaliadas utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ji} = \mu + D_i + b_j + e_{ij}$$

onde μ = média geral; D_i = efeito da dieta; b_j = efeito de bloco; e e_{ij} = erro residual. O bloco foi incluído como efeito aleatório.

As medidas de crescimento altura de cernelha, largura de garupa e perímetro torácico, foram analisadas utilizando as medidas no dia do nascimento como covariável.

Para todas as variáveis respostas as médias foram obtidas através do comando LSMEANS. A comparação entre os tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey quando houve significância na análise de variância. Na presença de interação entre dieta e idade foi realizado o desdobramento através do procedimento SLICE.

4. RESULTADOS

As diferentes dietas sólidas não alteraram o consumo de concentrado ($P>0,05$), muito embora tenha ocorrido aumento progressivo no consumo com o avanço da idade ($P<0,01$; Tabela 6). No entanto, não foi observada interação significativa entre as dietas sólidas e a idade para o consumo de concentrado ($P>0,05$). Para o consumo de feno houve interação significativa entre os fatores dieta e idade ($P<0,01$), de forma que o consumo de feno aumentou nas semanas 6 e 7 e depois na semana 8, quando foi observado o maior consumo (Figura 4). Embora os animais da dieta 22FDNfeno tivessem acesso a feno, além de concentrado, como dieta sólida, o consumo de dieta sólida total não foi afetado ($P>0,05$). No entanto, houve aumento progressivo do consumo com a idade ($P<0,01$), não sendo observada interação significativa entre dieta sólida e idade ($P>0,05$; Figura 4).

Com relação ao consumo de nutrientes (Tabela 6), tanto o consumo de CNF, quanto o de NDT na dieta sólida total não foram afetados pelas diferentes dietas ($P>0,05$), mas sim pela idade ($P<0,01$), não sendo observada interação entre as dietas e a idade ($P>0,05$; Figura 5).

A dieta 31FDN promoveu maior consumo de FDN que as demais dietas ($P<0,01$; Tabela 6), sendo observado efeito significativo da idade ($P<0,01$) e interação entre dietas e idade ($P=0,01$; Tabela 6 e Figura 5). A dieta sólida 31FDN resultou em maior consumo de FDN do concentrado e da dieta total quando comparada a dieta 22FDN em todas as semanas, a exceção das semanas 2 e 3 (Figura 5). Já quando comparada a dieta 22FDNfeno, o consumo de FDN do concentrado foi superior apenas nas semanas 1, 5 e 6, enquanto que o consumo de FDN da dieta total foi superior apenas na semana 1 (Figura 5).

Tabela 6. Consumo de matéria seca e de nutrientes por bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN

Item	Dieta Sólida			EPM ¹	P- valor		
	22FDN	31FDN	22FDNfeno		Dieta	Idade	D × I ²
Média do período							
Consumo MS, g/d							
Dieta líquida	500,0	500,0	500,0	-	-	-	-
Dieta sólida total	273,7	385,6	293,5	54,23	0,31	<0,01	0,71
Concentrado	273,7	385,7	277,9	54,90	0,28	<0,01	0,73
Feno	-	-	15,7	3,47	<0,01	<0,01	<0,01
Consumo CNF, g/d							
Dieta sólida total	133,1	149,5	128,2	20,25	0,75	<0,01	0,56
Consumo NDT, g/d							
Dieta sólida total	232,1	314,9	245,0	46,45	0,41	<0,01	0,77
Consumo FDN, g/d							
Dieta sólida total	52,2 ^b	113,5 ^a	72,0 ^b	11,52	<0,01	<0,01	0,01
Concentrado	52,2 ^b	113,5 ^a	60,1 ^b	11,45	<0,01	<0,01	0,02
Ao desaleitamento							
Consumo MS, g/d							
Dieta sólida total	617,0	876,5	697,6	110,24	0,25	-	-
Concentrado	617,0	876,5	647,1	110,99	0,21	-	-
Feno	-	-	50,51	9,00	<0,01		
Consumo CNF, g/d						-	-
Dieta sólida total	299,7	337,4	323,2	50,91	0,87	-	-
Consumo FDN, g/d						-	-
Dieta sólida total	119,5 ^b	271,7 ^a	179,7 ^{ab}	29,32	<0,01	-	-
Concentrado	119,5 ^b	271,7 ^a	142,3 ^b	29,47	<0,01		
Consumo NDT, g/d						-	-
Dieta sólida total	523,2	712,4	577,8	96,43	0,34	-	-

¹Erro Padrão da média; ² D x I = interação entre dieta e idade. ^{a,b} letras minúsculas denotam diferença ($P \leq 0,05$) para o teste de Tukey.

Figura 4. Evolução do consumo de alimentos ao longo das semanas de vida por bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Consumo de dieta sólida total (interação dieta x idade com $P=0,71$). (B) Consumo de concentrado (interação dieta x idade com $P=0,73$). (C) Consumo de feno (efeito de idade com $P<0,01$). ^{a,b} letras minúsculas denotam diferença ($P \leq 0,05$) para o teste de Tukey. Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Figura 5. Evolução do consumo de nutrientes ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Consumo de CNF na dieta sólida total (interação dieta x idade com $P=0,56$). (B) Consumo de NDT na dieta sólida (interação dieta x idade com $P=0,77$). (C) Consumo de FDN no concentrado (interação dieta x idade com $P<0,01$). (D) consumo de FDN na dieta sólida (interação dieta x idade com $P=0,02$). * Denota diferença significativa entre 22FDN e 31FDN com $P<0,05$, # denota diferença significativa entre 31FDN e 22FDNFENO com $P<0,05$. Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Não foi verificado efeito significativo da dieta sólida para o ganho de peso, eficiência alimentar e consequentemente para o peso vivo ($P>0,05$) dos animais, porém houve efeito de idade ($P<0,01$), com valores crescentes. Não foi observada interação entre as dietas e a idade para essas variáveis ($P>0,05$; Tabela 7). O menor ganho de peso e eficiência alimentar foram observados na segunda semana de vida (Figura 6). As medidas corporais (altura de cernelha, largura de garupa e perímetro torácico) não foram afetadas pelas diferentes dietas sólidas ($P>0,05$), porém todas as medidas aumentaram com o avanço da idade ($P<0,01$). Não ocorreu interação entre dietas e idade ($P>0,05$; Tabela 7). Não houve efeito de dieta ($P>0,05$) ou interação entre dieta sólida e idade ($P>0,05$) para o escore fecal. Porém, houve efeito significativo de idade ($P<0,01$), com maior escore fecal (fezes mais fluídas) também observado na segunda semana de vida (Figura 7).

Tabela 7. Desempenho de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN

Item	Dieta Sólida			EPM ¹	P-valor		
	22FDN	31FDN	22FDN ^{feno}		Dieta	Idade	D × I ²
Peso, kg							
Médio do aleitamento	42,3	44,8	43,9	1,58	0,30	<0,01	0,82
Nascimento	36,6	37,2	37,6	1,23	0,30	-	-
Desaleitamento	53,4	57,2	55,6	2,28	0,42	-	-
Ganho médio diário, g	291,6	350,3	311,4	34,97	0,43	<0,01	0,80
Eficiência alimentar	0,3	0,3	0,3	0,21	0,94	<0,01	0,73
Escore fecal	2,0	1,9	1,9	0,11	0,67	<0,01	0,69
Altura de cernelha, cm							
Nascimento	75,4	75,7	77,2	0,59	0,10	-	-
Desaleitamento	84,1	84,7	83,5	0,74	0,42	-	-
Largura de garupa, cm							
Nascimento	20,2	19,9	20,3	0,36	0,75	-	-
Desaleitamento	23,6	24,6	24,3	0,45	0,29	-	-
Perímetro torácico, cm							
Nascimento	76,75	77,44	77,40	1,00	0,87	-	-
Desaleitamento	88,3	90,2	90,4	1,23	0,33	-	-

¹Erro Padrão da média; ²D × I = interação entre dieta e idade.

Figura 6. Evolução do desempenho ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Peso vivo (interação dieta x idade com $P=0,71$). (B) Ganho de peso diário (interação dieta x idade com $P=0,73$). (C) Eficiência alimentar (interação dieta x idade com $P<0,01$). Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Figura 7. Evolução do escore fecal ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. Interação dieta x idade ($P=0,69$). ^{a,b} letras minúsculas denotam diferença ($P \leq 0,05$) para o teste de Tukey para o efeito de idade. Barras de erro indicam o erro padrão da média.

A concentração total de AGCC no rúmen apresentou tendência de efeito para dieta ($P=0,06$), mas ausência de efeito de idade ($P>0,05$), porém foi observada interação entre dietas e idade ($P=0,01$; Tabela 8). Os animais alimentados com a dieta 31FDN apresentaram maior concentração total de AGCC na semana 4, quando comparados aos animais alimentados com as demais dietas. Ao desaleitamento (8^a. semana de vida), embora o consumo de dieta sólida total fosse o mesmo, os animais que possuíam aumento de fibra tanto pela inclusão no concentrado quanto pela oferta de feno, apresentaram concentração de AGCC 30% menor em comparação com os animais 22FDN. (Figura 8). Para a concentração de ácido acético (C2) não houve efeito de dieta ($P>0,05$), mas tendência para efeito de idade ($P=0,07$), com efeito significativo da interação entre dieta e a idade ($P<0,01$). O desdobramento da interação mostra que na semana 4 a maior concentração desse ácido foi observada em bezerros alimentados com a dieta 22FDNfeno (Figura 5). Não ocorreu efeito de dieta nem de idade sobre a concentração de ácido butírico ($P>0,05$), assim como não foi observada interação significativa entre dieta e idade ($P>0,05$; Tabela 8). Não houve efeito de dieta ou de idade ($P>0,05$) para a concentração de ácido propiônico (C3). Muito embora foi observada tendência de interação entre dieta e idade ($P=0,08$; Figura 8) de forma que as dietas 22FDN e 31FDN promoveram redução da concentração desse ácido com o avanço da idade, enquanto a dieta 22FDNfeno promoveu aumento da concentração.

A relação C2:C3 não foi alterada pelas diferentes dietas sólidas, pela idade ou pela interação destes fatores ($P>0,05$). Já para a relação C2:C3+C4, embora não tenha havido efeito de dieta ou de idade ($P>0,05$), foi observada interação significativa entre estes fatores ($P<0,01$; Tabela 8). A dieta 22FDNfeno promoveu maior relação C2:C3+C4 na semana 4 que as demais dietas (Figura 9).

Tabela 8. Parâmetros ruminiais de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN

Item	Dieta Sólida			EPM ¹	P-valor		
	22FDN	31FDN	22FDNfeno		Dieta	Idade	T × I
Total, mM	133,3 ^a	133,4 ^a	104,0 ^b	10,62	0,06	0,49	0,01
AGCC, mM/100mM							
Acético	53,2	54,4	53,3	2,02	0,90	0,07	<0,01
Propiônico	36,2	36,6	35,4	2,27	0,94	0,48	0,08
Butírico	5,8	5,2	6,0	0,60	0,67	0,69	0,40
C2:C3	1,4	1,5	1,5	0,14	0,97	0,27	0,13
C2: C3+C4	1,2	1,3	1,2	0,11	0,95	0,27	<0,01
N-amoniacoal, mg/dL	17,6 ^a	9,9 ^b	10,7 ^b	1,64	<0,01	0,48	0,90
pH ruminal	5,3	5,3	5,6	0,17	0,24	0,32	0,37
pH fecal	6,8	6,6	6,9	0,13	0,28	0,13	0,30

¹Erro Padrão da média; (D)= dietas, (D × I) = interação entre dietas e idade. ^{a,b} letras minúsculas denotam diferença ($P \leq 0,05$) para o teste de Tukey.

Figura 8. Evolução da concentração de ácidos graxos de cadeia curta ao longo das semanas de vida no rúmen de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Concentração total de AGCC (interação dieta x idade com $P=0,01$). (B) Concentração de ácido acético (C2, interação dieta x idade com $P<0,01$). (C) Concentração de ácido propiônico (C3, interação dieta x idade ($P=0,08$)). (D) Concentração de ácido butírico (C4, interação dieta x idade com $P=0,40$). * Denota diferença entre 22FDN e 31FDN; ‡ denota diferença entre 31FDN e 22FDNFENO; † Denota diferença entre 22FDN e 22FDNFENO. Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Figura 9. Evolução de parâmetros de fermentação ruminal ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Relação entre ácido acético e ácido propiônico (C2:C3, interação dieta x idade com $P=0,13$). (B) Relação entre ácido acético e ácido propiônico+ácido butírico (C2:C3+C4, interação dieta x idade com $P<0,01$). (C) Concentração de nitrogênio amoniacal (interação dieta x idade com $P=0,90$). * Denota diferença entre 22FDN e 31FDN. † Denota diferença entre 22FDN e 22FDNFENO. Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Houve efeito de dieta sólida ($P<0,01$) na concentração de nitrogênio amoniacal no rúmen, com as maiores concentrações observadas em bezerros alimentados com a dieta 22FDN (Tabela 8; Figura 9). No entanto, não houve efeito significativo da idade ou da interação entre dieta e idade ($P>0,05$; Tabela 8). Com relação ao pH ruminal e fecal, as dietas, a idade, assim como a interação entre estes fatores não exerceram efeitos significativos ($P>0,05$; Figura 10).

Figura 10. Evolução do pH ruminal e fecal ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados dietas sólidas com diferentes níveis de FDN. (A) pH ruminal (interação dieta x idade com $P=0,37$). (B) pH fecal (interação dieta x idade com $P=0,30$). Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Os teores de FDN na dieta sólida não afetaram a concentração plasmática de glicose ($P>0,05$), porém houve efeito de idade ($P<0,01$). Embora houvesse efeito significativo da interação dieta e idade ($P=0,01$), na evolução ao longo das semanas de vida as dietas não diferiram entre si (Figura 11). As diferentes dietas não afetaram as concentrações de lactato plasmático ($P>0,05$), porém houve efeito significativo da idade ($P<0,01$; Tabela 9), de forma que a concentração reduziu com

o avanço da idade (Figura 11), embora não tenha sido observada interação entre dieta e idade ($P>0,05$). Para as concentrações de b-hidroxibutirato (BHBA) também não houve efeito de dieta ($P>0,05$), no entanto foi observado efeito significativo de idade ($P<0,01$), mostrando aumento progressivo ao longo das semanas de vida (Figura 11). Sem a ocorrência de interação significativa entre dieta e idade ($P=0,80$; Tabela 9).

Os diferentes teores de FDN da dieta sólida não afetaram a concentração de proteína sérica total ($P>0,05$), porém houve efeito de idade ($P<0,01$), com redução das concentrações ao longo das semanas. Não ocorreu interação entre as dietas e idade ($P>0,05$). A concentração de ureia plasmática não foi alterada em resposta ao fornecimento de dieta sólida com diferentes teores de FDN ($P>0,05$), mas houve efeito significativo de idade ($P<0,01$), de forma que independente da dieta oferecida, os animais mostraram aumento da concentração até a semana 4, declínio nas semanas 5 e 6 e posterior estabilização até a semana 8 (Figura 12). Não houve efeito significativo da interação entre dietas e idade ($P>0,05$) para esse metabólito (Tabela 9).

Tabela 9. Parâmetros sanguíneos de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN

Item	Dieta Sólida			EPM ¹	Valor de P		
	22FDN	31FDN	22FDNfeno		Dieta	Idade	D × I ²
Glicose	95,9	99,4	99,5	2,30	0,28	<0,01	0,01
Lactato	10,0	11,6	10,4	0,830	0,39	<0,01	0,53
BHBA	0,09	0,10	0,10	0,010	0,12	<0,01	0,80
Proteínas totais	7,4	7,5	7,5	0,240	0,98	<0,01	0,61
Ureia	16,3	16,9	16,6	0,630	0,81	<0,01	0,72

¹Erro Padrão da média; ²D × I = interação entre dieta e idade.

Figura 11. Evolução do metabolismo energético ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Glicose plasmática (interação dieta x idade com $P=0,01$). (B) Lactato plasmático (interação dieta x idade com $P=0,53$). (C) Concentração de b-hidroxibutirato plasmático (BHBA, interação dieta x idade com $P=0,80$). Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Figura 12. Evolução do metabolismo proteico ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com deitas sólidas contendo diferentes níveis de FDN. (A) Proteína total (interação dieta x idade com $P=0,61$). (B) Ureia plasmática (interação dieta x idade com $P=0,7$). Barras de erro indicam o erro padrão da média.

A oferta de diferentes dietas sólidas não alterou ($P>0,05$) o comportamento de ócio em pé, no entanto, houve efeito da idade ($P=0,01$), mas não foi observada interação entre dieta e idade ($P>0,05$; Tabela 10). Já para o tempo em ócio deitado houve tendência ($P=0,08$) para os animais alimentados com a dieta 22FDNfeno permanecerem menor tempo deitados quando comparados aos animais 31FDN (Figura 13). Houve efeito significativo de idade ($P=0,01$), com redução de tempo em ócio deitado com o avançar da idade; no entanto, não ocorreu interação entre dieta e idade ($P>0,05$).

Tabela 10. Comportamento de bezerros alimentados com dietas sólidas contendo diferentes níveis de FDN

Item	Dieta Sólida			EPM ¹	P- valor		
	22FDN	31FDN	22FDNfeno		Dieta	Idade	D x I ²
	Min/10h de observação						
Ócio em pé	110,3	89,8	125,6	0,11	0,17	<0,01	0,13
Ócio deitado	197,0	230,4	165,1	22,90	0,08	0,01	0,49
Ingerindo dieta sólida	45,8 ^{ab}	41,1 ^b	68,8 ^a	8,25	0,05	<0,01	0,72
Ingerindo concentrado	45,5	41,1	49,3	0,24	0,69	<0,01	0,34
Ingerindo feno	-	-	25,4 ^a	4,45	0,01	0,10	0,03
Ingerindo água	7,8	8,2	8,0	2,18	0,99	0,01	0,10
Ruminando	41,8 ^{ab}	17,8 ^b	48,9 ^a	8,95	0,02	<0,01	0,10
Dormindo	139,3	145,7	125,0	12,09	0,47	0,15	0,11
Urinando/defecando	2,2	4,0	4,4	0,98	0,23	0,35	0,96
Vocalizando	2,3	2,6	2,1	1,80	0,99	0,07	0,97
Mamada não nutritiva	51,6	58,1	36,2	7,33	0,11	0,01	0,04

¹Erro Padrão da média; ²D x I = interação entre dieta e idade. ^{a,b} letras minúsculas denotam diferença ($P \leq 0,05$) para o teste de Tukey.

Figura 13. Evolução do tempo em ócio ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados com dieta sólida contendo diferentes níveis de FDN. (A) Ócio em pé (interação dieta x idade com $P=0,13$). (B) Ócio deitado (interação dieta x idade com $P=0,49$). Barras de erro indicam o erro padrão da média.

As diferentes dietas sólidas não alteraram o tempo ingerindo concentrado ($P>0,05$). No entanto, houve aumento progressivo no tempo de consumo para as todas as dietas com o avanço da idade ($P<0,01$; Figura 15). Não foi observado efeito significativo da interação entre dieta e idade para o tempo ingerindo concentrado ($P>0,05$; Tabela 10). O tempo de ingestão de feno aumentou da semana 4 para semana 5, havendo declínio na semana 6, com posterior aumento até a semana 8 (Figura 15). Como apenas os animais da dieta 22FDNfeno recebiam feno como dieta sólida, o tempo ingerindo dieta sólida foi maior para esse grupo ($P=0,05$) com aumento progressivo ($P<0,01$), mas sem efeito significativo da interação dieta e idade ($P>0,05$; Figura 15).

O tempo de ruminação foi afetado pelos diferentes teores de FDN das dietas sólidas ($P=0,02$), sendo o maior tempo de ruminação observado nos animais consumindo 22FDNfeno, quando comparado aqueles consumindo 31FDN. Além disso, houve aumento do tempo de ruminação com o avanço da idade ($P<0,01$; Figura 14). Todos os animais iniciaram a ruminação entre a 2ª e 3ª semana de vida, não havendo efeito significativo da interação entre dieta e idade ($P>0,05$).

Figura 14. Evolução do tempo ruminando ao longo das semanas de vida de bezerros alimentados dietas sólidas com diferentes níveis de FDN (interação dieta x idade com $P=0,10$). Barras de erro indicam o erro padrão da média.

Figura 15. Evolução do tempo para ingestão de alimentos ao longo das semanas de vida do tempo de bezerros alimentados dietas sólidas com diferentes níveis de FDN. (A) Ingestão de dieta sólida total (interação dieta x idade com $P=0,72$). (B) Ingestão de concentrado (interação dieta x idade com $P=0,34$). (C) Ingestão de feno (+efeito de idade com $P<0,01$). ^{a,b} letras minúsculas denotam diferença ($P \leq 0,05$) para o teste de Tukey. Barras de erros indicam o erro padrão da média.

As diferentes dietas sólidas não alteraram o tempo ingerindo água ($P>0,05$), no entanto houve efeito para idade ($P=0,01$), mas não foi observada interação entre dieta e idade ($P>0,05$; Tabela 10). Os comportamentos dormindo e urinando/defecando não foram alterados pela dieta e idade ($P>0,05$), nem pela interação entre esses dois fatores ($P>0,05$; Tabela 10).

O tempo vocalizando não foi afetado pelas dietas ($P>0,05$), mas apesar de ter sido observada tendência para efeito de idade ($P=0,07$), não houve efeito significativo da interação dieta e idade ($P>0,05$). A mamada não nutritiva também não foi afetada pelos diferentes teores de FDN da dieta sólida ($P>0,05$), porém ocorreu efeito significativo de idade ($P=0,01$), com aumento ao longo das semanas. Também houve efeito significativo da interação dieta e idade ($P=0,04$), de forma que os animais que receberam a dieta 22FDNfeno realizaram menos mamada não nutritiva que os animais 31FDN, na semana 7; já na semana oito, os animais que receberam a dieta 22FDNfeno realizaram menos mamada não nutritiva que os animais que receberam as demais dietas (Figura 16).

Figura 16. Evolução da expressão de mamada não nutritiva (interação dieta x idade com $P=0,49$). † Denota diferença entre 31FDN e 22FDNfeno; ‡ Denota diferença entre 22FDN e 22FDNfeno. As barras de erros indicam o erro padrão da média

5. DISCUSSÃO

O consumo de concentrado durante a fase de aleitamento é responsável por 72% da variação do ganho de peso durante e após o desaleitamento (Stamey et al 2012). Dessa forma, formular concentrados que estimulem maior consumo, mantendo ajustados os teores de FDN e CNF, é importante para a manutenção do desempenho animal. O teor de FDN na dieta pode atuar como limitante para o consumo devido ao efeito de enchimento ruminal e intestinal, e as alterações geradas na taxa de passagem (Mertens, 1997). No entanto, no presente estudo a elevação do teor de fibra da dieta, seja por meio da inclusão de CS no concentrado ou pela oferta de feno de gramínea não diminuiu o consumo de concentrado, mostrando que não houve tal limitação.

Ainda há muita discussão acerca do teor ideal de FDN na dieta sólida de bezerros leiteiros. Pesquisas recentes mostram aumento no consumo de concentrado com a substituição parcial de fontes ricas de amido por coprodutos fibrosos de alta digestibilidade (Porter et al. 2007, Kosiorowska et al. 2011 Maktabi et al. 2016). Por outro lado, alguns dados não mostram diferença (Terré et al. 2013, Gomes et al. 2012, Oltramari et al. 2016), enquanto outros relatam diminuição no consumo (Hill et al. 2008, Hill et al. 2016, Dennis et al. 2018). É importante mencionar que as fontes de amido substituídas, bem como as taxas de inclusões, variam de um experimento para outro. Em geral, trabalhos como os Hill et al. (2008), Hill et al. (2016) e Dennis et al. (2018) incluíram mais de uma fonte rica de amido. Comumente é utilizado milho combinado com cevada e aveia, com diferentes taxas de processamento grão inteiro (laminado e quebrado) na dieta convencional que foi comparada com a dieta com elevada fibra. Dessa forma, incluir várias fontes de amido permite velocidades diferentes de degradação, e torna a substituição de produtos ricos em amido por produtos fibrosos ou a oferta de forragem menos necessária para manter a estabilidade ruminal e reduzir a flutuação de consumo.

A inclusão de forragem ainda na fase de aleitamento apresenta inconsistência nos dados presentes na literatura. A oferta de feno de gramínea não reduziu o consumo de concentrado no presente experimento, assim como relatado por Hill et al., (2008), Hill et al., (2010) e Khan et al., (2011), nem houve melhora no consumo, diferentemente dos trabalhos de Castells et al. (2012), Movahedi et al. (2016). Na maioria dos trabalhos acima citados a relação consumo de

forragem:concentrado (F:C) pode auxiliar no entendimento do efeito da oferta de forragem no consumo de concentrado.

Além disso, a qualidade da forragem tem efeito importante na taxa de substituição. Animais que tem oferta livre de feno de alfafa tendem a ter uma maior F:C do que animais que recebem feno de gramínea ou palhas. Castells et al. (2012) relatam F:C de 14:86 para a oferta de feno de alfafa, 8:92 para feno de aveia, 5:95 para feno de palha de cevada, 4:96 para feno de azevém. Dados semelhantes são relatados por Terré et al. (2012) e Beiranvand et al. (2014). A maior F:C com a oferta de leguminosas se dá pela alta palatabilidade dessa forrageira, que pode deprimir o consumo de concentrado, tendo em vista a baixa capacidade de ingestão apresentada nessa fase. A relação F:C encontrada nesse estudo foi de 4:96, corroborando com os dados de Castells et al. (2012).

Imani et al. (2017) apontam que outros fatores como a forma física do concentrado, teor de fibra no concentrado e método de fornecimento da forragem também podem alterar a F:C. Drackley (2018) sugere que a inclusão de 5% (valores parecidos com os encontrados nesse estudo) de feno de gramínea incorporado na dieta sólida de bezerros, quando o concentrado oferecido for rico em amido pode ser benéfica.

Segundo Dennis et al. (2018), a inclusão de coprodutos da indústria como a casca de soja nos concentrados, possui ainda o intuito de reduzir o custo do alimento. Essa redução no entanto vai depender do mercado das *commodities* como o milho e a soja e pode variar de um ano para o outro. A partir dos resultados no presente trabalho pode-se afirmar que a substituição de 25% de milho moído por casquinha de soja produzida no sudeste brasileiro, resultando em concentrado inicial com 31% de FDN, não diminui o consumo de CNF ou NDT da dieta sólida de bezerros em fase de aleitamento, muito embora aumente o consumo de FDN, beneficiando aspectos de saúde ruminal.

Um trabalho recente de Quigley et al. (2018) mostrou que o consumo de CNF da dieta sólida explica o desenvolvimento gastrointestinal de forma mais efetiva que o consumo de concentrado. A semelhança no consumo de CNF da dieta sólida ocorrida neste estudo, mesmo com um concentrado contendo 20% a menos de CNF na formulação, se deve ao maior consumo numérico para essa dieta no presente estudo, de 109,18g em média. Dessa forma, a substituição de milho por CS

elevando o FDN de 22 para 31% se mostra uma alternativa viável no aspecto de consumo de CNF, e pode ser utilizada em situações econômicas favoráveis.

Uma das dificuldades em sugerir um teor adequado de FDN na dieta sólida deve-se a diferença na sua composição e consequentes variações na sua digestibilidade pensando em animal com o rúmen ainda em desenvolvimento. Essa diferença pode resultar em consumo de dieta sólida e consequentemente desempenho semelhantes mesmo com diferentes teores de FDN na dieta sólida total, fato observado no presente estudo. A inclusão da casca de soja, que mesmo com alto nível de celulose possui baixo teor de lignina, permitiu maior consumo de FDN em comparação com o fornecimento livre de feno de gramínea com alto FDN associado a alta lignina (31 vs 24% de FDN). Dessa forma, muito embora a fibra possua menor densidade energética, é possível formular concentrados com níveis de FDN maiores do que os recomendados pela atual literatura, desde que os ingredientes sejam de boa digestibilidade, resultando em ganho de peso e eficiência alimentar (EA) semelhantes.

Terré et al. (2013) não observaram diferença na EA entre elevar o teor de FDN no concentrado ou incluir uma fonte de forragem, embora tenham relatado EA maior que a observada no presente estudo (0,63). Maktabi et al. (2016) também não relatam diminuição no ganho e EA com a inclusão de fibra de qualidade no concentrado de bezerros. Por outro lado, Kosiorowska et al. (2011) compararam uma ração inicial para bezerros rica em amido (14% FDN) com uma rica em fibras (30% FDN), e observaram diminuição na ingestão de feno e uma tendência de menor ganho de peso em bezerros alimentados com concentrado de alto NDF. Provavelmente, o alto teor de FDN no concentrado combinado com a oferta de feno diluiu o conteúdo energético da dieta e levou a tal resposta.

A idade do animal tiveram maior influência para o GPM e a EA do que as diferentes dietas. Os menores valores encontrados na semana 2 para essas variáveis, ocorreram de forma concomitante aos maiores valores de escore fecal. O escore fecal foi a medida adotada nesse trabalho para avaliar a ocorrência de diarreia, como sugerido por Larson et al. (1977). A diarreia é um sinal clínico de doenças infecciosas causadas por agentes bacterianos como a *Salmonella spp.* e *E. Colli*, agentes virais como o *Rotavírus* e *Coronavírus*, ou ainda por algumas famílias de protozoários como *Eimeria* ou *criptosporidium*. A diarreia pode ainda ser decorrente de distúrbios alimentares causados pelo uso de dieta líquida de baixa

qualidade, como sucedâneos lácteos com alto teor de FDN, ou de dietas sólidas com teor de fibra inadequado que podem levar a acidose.

Trabalhos conduzidos no Brasil em condições experimentais semelhantes (Torrezan et al. 2016; De Paula et al. 2017) mostram a ocorrência de diarreia entre a segunda e terceira semana de vida, com redução do ganho de peso assim como no presente experimento. Um levantamento realizado em 2018 com 12.146 bezerras oriundas de 6 estados brasileiros relata que 56% dos casos de diarreia ocorreram durante a segunda semana de vida dos animais (Alta Cria 2018). Entre a segunda e terceira semana de vida os bezerros se tornam mais propensos a diarreia por questões imunológicas, como o declínio de anticorpos colostrais e imaturidade da imunidade adquirida (Hulbert; Moisés, 2015), pela colonização do trato gastrointestinal e adaptação a dieta líquida incompletas.

O aumento das taxas de ganho de peso ao longo das semanas também se deve ao aumento do consumo de dieta sólida. Considerando que os animais foram alimentados com programa de aleitamento convencional, recebendo somente 4L/d de sucedâneo lácteo, a dieta sólida passa a ter grande contribuição para aumentar o ganho de peso. A EA também aumentou a partir da 2ª semana de vida, mostrando que as diferentes dietas sólidas foram bem digeridas e metabolizadas.

A falta de resposta para a altura de cernelha, perímetro torácico e largura de garupa, evidencia que a oferta de diferentes teores de fibra não prejudica o ganho de peso nem a composição do ganho, permitindo o mesmo crescimento por parte dos animais.

O teor de FDN na dieta pode alterar o perfil fermentativo e por consequência os parâmetros ruminais de bovinos. A concentração de AGCC no rúmen é decorrente da dinâmica de produção, absorção e diluição dos produtos da fermentação de carboidratos (Polizel et al., 2017). O horário de coleta nesse experimento foi planejado para encontrar a máxima produção de AGCC. Na quarta semana de vida os animais alimentados com o concentrado 31FDN possuíam uma concentração 42% maior de AGCC que os demais animais. Tendo em vista a importância dos AGCC em estimular o crescimento e diferenciação no epitélio pode-se inferir que estes animais possuíam estímulo mais precoce para o desenvolvimento ruminal.

A concentração de 170 mM é superior a concentração encontrada até para ruminantes adultos alimentados com dietas contendo CS como nos trabalhos de

Lima et al. (2009) e Mowrey et al. (1999). Curiosamente, na sexta e oitava semana de vida a concentração de AGCC para os animais 31FDN declinou. Considerando que o consumo de concentrado aumentou progressivamente ao longo das semanas pode-se supor que a alta disponibilidade de AGCC na quarta semana suportou o desenvolvimento do epitélio e consequentemente melhorou a capacidade de absorção dos AGCC, justificando a diminuição na concentração em um momento com maior consumo e idade dos animais. Concentrações totais médias de AGCC semelhantes as desse estudo foram são relatadas por Ebnali et al. (2016) e Mojahedi et al. (2018), alimentando bezerros em fase de aleitamento com fontes de fibra de forragem e coprodutos fibrosos.

A elevação do FDN na dieta sólida pode melhorar a absorção de AGCC. Castells et al., (2013) relatam que bezerros com oferta de forragem possuem maior expressão da monocarboxilato-1, uma proteína transmembrana responsável pela absorção de AGCC, que pode aumentar em quatro vezes a absorção dos AGCCs. Os autores relatam ainda que a fibra pode causar efeito abrasivo no epitélio ruminal, removendo as partículas de alimento e excesso de queratina, o que melhora a absorção dos produtos da fermentação. A menor concentração de AGCC no momento do desaleitamento apresentada pelos animais 31FDN e 22FDNfeno mostra que tanto o FDN de forragem (fisicamente efetivo), quando o FDN de coprodutos atuaram nesse aspecto.

Os animais com oferta de feno apresentaram maior concentração de ácido acético na quarta semana, mostrando que mesmo o baixo consumo de feno (6 g/d) é capaz de alterar o perfil fermentativo. No entanto, o consumo de FDN nessa semana de vida foi semelhante para os animais que possuíam concentrado com FDN elevado, sugerindo efeito da composição do FDN consumido no perfil de fermentação. O aumento nas proporções molares de ácido acético tem sido geralmente relatado em dietas com oferta de feno para bezerros (Castells et al., 2013; Mirzaei et al., 2016; Nematí et al., 2016)

A ausência de resposta para a relação ácido acético: ácido propiônico vai de encontro com a semelhança no teor de glicose em ambos os tratamentos. As concentrações médias de glicose plasmática, estão de acordo com Oltramari et al. (2016) e De Paula et al. (2017) para animais alimentados com sucedâneo lácteo em sistema de aleitamento convencional.

A variável criada através da relação ácido acético: ácido propiônico+ácido butírico seguiu a mesma linha que o ácido acético. Os ácidos propiônico e butírico são responsáveis pelo estímulo do desenvolvimento ruminal, em relação ao número, altura e largura das papilas (Beharka et al., 1998). Dessa forma, elevar o teor de FDN por meio de coprodutos fibrosos foi mais interessante para o perfil fermentativo de bezerros do que a oferta livre de feno. No entanto, embora os animais 22FDNfeno possuísem menor relação de ácidos que estimulam o desenvolvimento ruminal, não houve prejuízo na cetogênese do epitélio, considerando-se a semelhança nas concentrações de BHBA. Tomando como base os valores sugeridos de BHBA por Santos (2006), os animais de ambas as dietas possuíam indicativo de desenvolvimento ruminal satisfatório na oitava semana de vida.

É comum encontrar na literatura dados em que dietas para animais adultos com maiores teores de CNF ou fontes de amido mais processadas resultam em menores concentrações de nitrogênio amoniacal (Meschiatti et al. 2018). Isso se deve pela maior disponibilidade de esqueletos de carbono e presença de ATP oriundos da degradação dos carboidratos para serem incorporados ao nitrogênio e assim participar da síntese de proteína microbiana. Menor concentração ruminal de N-NH₃ em bezerros alimentados com dietas ricas em amido e finamente moídas foi relatada por Pazoki et al. (2016) e por Beharka et al. (1998). Entretanto, no presente estudo a fibra de forragem ou de coproduto promoveram menor concentração de N-NH₃. Embora o N-NH₃ seja utilizado pela grande maioria dos microrganismos ruminais, fato que tornou essa variável uma medida da eficiência do uso de nitrogênio, podem haver algumas interações entre grupos que alterem a fonte de preferência de nitrogênio. No ambiente ruminal estão disponíveis para a captação e fixação na forma de proteína microbiana pequenas cadeias de peptídeos, aminoácidos e N-NH₃, oriundos da degradação proteica da dieta, o N-NH₃ pode vir ainda de fontes de NNP, ou da ureia presente na saliva. As bactérias fibrolíticas parecem interagir com as proteolíticas no ambiente ruminal e tornar o N-NH₃ fonte preferencial de nitrogênio, diminuindo a concentração do mesmo no ambiente ruminal (Nagaraja, 2016). Sendo assim, dietas com maiores teores de fibra como as utilizadas nesse estudo podem favorecer esse tipo de interação.

As concentrações de N-NH₃ encontradas nesse experimento foram superiores às encontradas por Pazoki et al. (2017), porém estão de acordo com as relatadas por Beharka et al. (1998). No entanto, no presente estudo não houve

diminuição da concentração ao longo das semanas de vida, como mostrado por Beharka et al. (1998) ao alimentar bezerros com diferentes dietas sólidas. De Paula et al. (2017) também relatam diminuição da concentração de N-NH₃ ao longo das semanas em bezerros na fase de aleitamento e desaleitamento. A diminuição da concentração com o avanço da idade é reflexo da melhor utilização no nitrogênio pelos microrganismos ruminais. No entanto, considerando que o consumo de dieta sólida aumentou com a idade, aumentando por consequência a disponibilidade de nitrogênio, a manutenção das concentrações de N-NH₃ também refletem melhoria na utilização no nitrogênio em decorrência do desenvolvimento ruminal.

A oferta de forragem tem ocasionado elevação no pH ruminal em vários estudos (Mirzaei et al., 2015, Khan et al., 2016, Imani et al., 2017, Mojahedi et al., 2018). A substituição de milho por CS no concentrado inicial elevou o pH ruminal de bezerros no trabalho de Faulkner et al. (1994). No entanto, outros autores como Oltramari et al. (2016) e Maktabi et al. (2016) não encontraram diferenças no pH ruminal em bezerros ao elevar o FDN do concentrado inicial com a inclusão de coprodutos. No atual estudo, não foram observadas alterações no pH ruminal com a elevação do teor de fibra no concentrado ou pela oferta de feno, muito embora a concentração de AGCC tenha variado entre as dietas e as semanas. Apesar dos animais alimentados com a dieta 22FDNfeno apresentarem maior tempo ruminando, o incremento na ruminação não foi efetivo para elevar o pH. A ruminação é considerada uma ferramenta de tamponamento do ambiente ruminal através da secreção de bicarbonato na saliva (Mertens, 1997). No entanto, Gozho et al. (2005) relatam que a produção de saliva pode ser limitada em animais jovens, gerando quantidades menores de bicarbonato, o que torna esse mecanismo de tamponamento mais eficiente em animais adultos.

Os baixos valores de pH relatados em ambas as dietas podem ser decorrentes do horário de coleta, duas horas após o fornecimento do concentrado para os animais. Esses valores estão em consenso com os valores relatados por Nussio et al. (2003); Oltramari et al. (2016) e De Paula et al. (2017), que realizaram coletas de fluido ruminal pelo mesmo método e no mesmo horário desse estudo. No entanto, alguns autores relatam que o pH ruminal de bezerros tende a ser menor em comparação ao observado em animais adultos (Bull et al., 1965; Laarman e Oba, 2012). Isso seria fruto da combinação do tipo de dieta, geralmente rico em grãos com vistas a estimular o desenvolvimento ruminal, da baixa capacidade absorptiva do

epitélio ainda em desenvolvimento, da pouca produção de saliva, ruminação e motilidade ainda sendo estabelecidas e do fechamento incompleto do sulco ruminoreticular (que permite que pequenas quantidades de dieta líquida alcancem o rúmen). A presença de algum ou todos esses fatores faz com que vários estudos (Daneshvar et al., 2015, Pazoki et al., 2017, Mojahedi et al., 2018) relatem pH ruminal próximo a 5,5, valor considerado indicativo de acidose subaguda por Calsamiglia et al. (2012) para vacas leiteiras.

Animais alimentados com dietas ricas em grãos e baixos teores de fibra podem ter fermentação incompleta do amido no rúmen, permitindo que o mesmo seja digerido nos intestinos delgado e grosso. A fermentação de amido no intestino grosso é indesejada, tendo em vista que é menos eficiente que a fermentação ruminal pela perda da proteína microbiana nas fezes, e o excesso de ácidos pode gerar lesões no epitélio intestinal, pela redução do pH do conteúdo intestinal (Huntington et al., 2012). Essa redução pode ser refletida no pH do conteúdo fecal. No presente estudo não foram observadas diferenças no pH fecal dos bezerros, indicando que a dieta controle com 22% de FDN foi segura nesse aspecto, fato de vai de acordo com os valores de pH ruminal e lactato plasmático. A concentração de lactato tende a declinar com o avançar da idade, considerando o estabelecimento da função hepática ao longo das primeiras semanas, uma vez que o lactato será convertido em glicose na neoglicogênese.

A semelhança na concentração de proteína nas diferentes dietas permitiu que o metabolismo proteico se mantivesse análogo em todos os animais. No entanto, é comum haver redução na proteína plasmática devido ao declínio de anticorpos colostrais até a 5 semana de vida, momento em que começa a recuperar a concentração, como mostrado por De Paula et al. (2017) e Torrezan et al. (2016). O teor de ureia plasmática também não foi alterado devido as diferentes dietas, embora houvesse diferença na concentração de N amoniacal no rúmen. Pode-se atribuir o declínio na concentração ocorrido na quarta semana de vida ao início da ruminação. Embora os animais 22FDN_{feno} passassem maior tempo ruminando, as concentrações de ureia não se apresentam menores para esse grupo.

No presente estudo os animais tiveram seu comportamento avaliado uma vez por semana, durante dez horas, desde logo após o aleitamento da manhã até o aleitamento da tarde. Os bezerros com oferta de feno (22FDN_{feno}) passaram maior tempo ingerindo dieta sólida e ruminando, o que resultou em menor tempo deitado

em ócio. No entanto, estas alterações de comportamento não resultaram em diferenças no consumo de concentrado, e ocorreram provavelmente devido a menor velocidade de ingestão dos alimentos volumosos (Khan et al., 2016). Horvath e Miller-Cushon (2017) relataram diminuição no tempo ingerindo concentrado quando foi oferecido feno para bezerros em fase de aleitamento.

A fonte de forragem pode alterar a preferência de consumo e ocasionar diminuição no tempo de ingestão de concentrado. Castells et al. (2012) relataram diminuição no tempo de ingestão de concentrado quando a fonte de forragem era alfafa, porém quando palha de cevada, feno de azevém ou silagem foi oferecida, o tempo de ingestão de concentrado aumentou em comparação com o controle sem oferta de forragem.

A efetividade física demonstrou maior capacidade de estimular a ruminação de bezerros jovens do que composição química da dieta. O grupo que mais consumiu FDN (31FDN) teve menor tempo de ruminação, enquanto o grupo com o menor teor de FDN na dieta (22FDN) apresentou valores intermediários e o maior tempo de ruminação foi observado em animais que possuíam oferta de feno. O maior tempo de ruminação para bezerros recebendo feno é bem relatado na literatura (Ebnali et al., 2016; Khan et al., 2016; Mojahedi et al., 2018). Mertens (1997) afirma que o tamanho mínimo de partícula para estimular a ruminação é de 1,18 mm. No presente estudo ambos os concentrados possuíam mesmo tamanho de partícula, sendo que 34% das partículas ficaram retidas nas peneiras acima de 1mm, enquanto 92% das partículas de feno ficaram retidas acima de 1,18 mm.

A ruminação aumentou de forma significativa a partir da terceira semana de vida, independentemente da dieta. Provavelmente devido a baixa ingestão de feno nas primeiras semanas, considerando que o FDN de forragem foi mais eficiente em estimular a ruminação em comparação com o FDN do concentrado. Maktabi et al. (2016) mostram atividade de ruminação para bezerros aos 35 dias de vida, independentemente da oferta de forragem ou não.

EcKert et. (2015) relatam padrões idênticos no consumo de água e concentrado e consideram a disponibilidade de água limpa e ilimitada como fator crucial para o desenvolvimento ruminal. É interessante ressaltar que a ingestão de água ocorreu desde as primeiras semanas de vida e o tempo para tal aumentou em função do aumento no consumo da dieta sólida. No entanto, as diferentes dietas não alteraram esse comportamento.

A de feno se mostrou uma ferramenta para mitigar os efeitos negativos no comportamento de bezerros em aleitamento convencional, alojados em gaiolas individuais, principalmente nas duas últimas semanas de aleitamento. Diversos trabalhos relatam a diminuição de mamada não nutritiva e de sinais de fome (mamada não nutritiva e vocalização), com a oferta de forragem na fase de aleitamento (Nemati et al., 2015; Movahedi et al., 2016; Mojahedi et al., 2018; Omid-Mirzaei et al., 2018). Mojahedi et al. (2018) atribuem a redução da mamada não nutritiva, ao maior tempo dedicado a ingestão de alimentos e ruminação, conforme observado neste trabalho.

Dessa forma, além de estimular o aumento físico do trato gastrointestinal, e auxiliar na manutenção da saúde ruminal pode-se atribuir a função de enriquecimento ambiental ao feno, desempenhando um papel lúdico por parte dos animais. Miller-Cushon; DeVries (2015) concluíram que a redução de comportamentos negativos pode afetar diretamente o desempenho e saúde de bezerros leiteiros e que os comportamentos aprendidos nas primeiras semanas de vida são capazes de influenciar o bem-estar durante longos períodos de tempo, refletindo na vida produtiva do animal.

6. CONCLUSÃO

A elevação do teor de FDN na dieta sólida pode ser realizada tanto pela substituição parcial de milho por casca de soja no concentrado, quanto pela oferta de forragem na forma de feno de gramínea. Enquanto a oferta de forragem pode trazer benefícios no aspecto comportamental, a casca de soja pode melhorar o perfil fermentativo em bezerros com o rúmen em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- Alta Cria 2018, 2018. Azevedo, R.A, Martins, L.F., Tiveron, P.M., Teixeira, A.M., Bittar, C.M.M., Silva, L.C.M., Santos, J.E.P., Rotta, P.P., Meneses R.M., Coelho, S.G. 1 ed. Uberaba, Minas Gerais.
- Baldwin, R. L., K. R. McLeod, J. L. Klotz, and R. N. Heitmann. 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87:E55–E65.
- Beiranvand, H., G. R. Ghorbani, M. Khorvash, A. Nabipour, M. Dehghan- Banadaky, A. Homayouni, and S. Kargar. 2014. Interactions of alfalfa hay and sodium propionate on dairy calf performance and rumen development. *J. Dairy Sci.* 97:2270–2280.
- Beharka, A. A., T. G. Nagaraja, J. L. Morrill, G. A. Kennedy, and R. D. Klemm. 1998. Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *J. Dairy Sci.* 81:1946–1955.
- Campos, F.P.; Nussio, C.M.B.; Nussio, L.G. 2002. Métodos de análise de alimentos. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. 135p.
- Castells, L., Bach, A., Araujo, G., Montoro, C., Terre, M., 2012. Effect of different forage sources on performance and feeding behavior of Holstein calves. *Journal of Dairy Science* 95:286-293.
- Calsamiglia, S., Blanch, M., Ferret, A., Moya, D. 2012. Is subacute ruminal acidosis a pH related problem? Causes and tools for its control. *Animal Feed Science and Technology*, 172:42–50.
- Castells, L., Bach, A., Aris, A., Terre, M., 2013. Effects of forage provision to young calves on rumen fermentation and development of the gastrointestinal tract. *Journal of Dairy Science* 96:5226-5236.
- Chaney, A. L., and E. P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130–132.
- Daneshvar, D., M. Khorvash, E. Ghasemi, A. H. Mahdavi, B. Moshiri, M. Mirzaei, A. Pezeshki, and M. H. Ghaffari. 2015. The effect of restricted milk feeding through conventional or step-down methods with or without forage provision in starter feed on performance of Holstein bull calves. *J. Anim. Sci.* 93:3979–3989.
- Davis, C. L.; J. K. Drackley. 1998. *The Development, Nutrition, Management of the Young Calf.* Iowa State University Press, Ames.
- Day, M. L., K. Imakawa, A. C. Clutter, P. L. Wolfe, D. D. Zalesky, M. K. Nielsen and J. E. Kinder. 1987. Sucking behavior of calves with dams varying in milk production. *J. Dairy Sci.* 65:1207-1212.
- De Paula, M. R., Oltramari, C. E., Silva, J. T., Gallo, M. P. C., Mourão, G. B., Bittar C. M. M. 2017. Intensive liquid feeding of dairy calves with a medium crude protein milk replacer: Effects on performance, rumen, and blood parameters. *J. Dairy Sci.* 100:4448-4456.
- De Paula Vieira, A., Von Keyserlingk, M. A. G., Weary, D. M. 2008. Effects of pair versus single housing on performance and behavior of dairy calves before and after weaning from milk. *J. Dairy Sci.* 93:3079-3085
- EbnAli, A., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, A. Nargeskhani, M. Malekkhahi, M. Mirzaei, A. Pezeshki, and M. H. Ghaffari. 2016. Effects of forage offering method on performance, rumen fermentation, nutrient digestibility, blood metabolites, and nutritional behavior in Holstein dairy calves. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 100:820–827.

- Eckert, E., H. E. Brown, K. E. Leslie, T. J. DeVries, and M. A. Steele. 2015. Weaning age affects growth, feed intake, gastrointestinal development, and behavior in Holstein calves fed an elevated plane of nutrition during the preweaning stage. *J. Dairy Sci.* 98:6315–6326.
- Ghosh et al. 2010. The effect of dietary garlic supplementation on body weight gain, feed intake, feed conversion efficiency, faecal score, faecal coliform count and feeding cost in crossbred dairy calves. *Trop Anim Health Prod* 42:961–968.
- Gozho, G. N., J. C. Plaizier, D. O. Krause, A. D. Kennedy, and K. M. Wittenberg. 2005. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *J. Dairy Sci.* 88, 1399–1403.
- Hill, T. M., H. G. Bateman, J. M. Aldrich, and R. L. Schlotterbeck. 2008. Effects of the amount of chopped hay or cottonseed hulls in a textured calf starter on young calf performance. *J. Dairy Sci.* 91:2684–2693.
- Hill, T. M., H. G. Bateman, J. M. Aldrich, and R. L. Schlotterbeck. 2010. Roughage amount, source, and processing for diets fed to weaned dairy calves. *Prof. Anim. Sci.* 26:181–187.
- Hill, T. M., J. D. Quigley, H. G. Bateman II, J. M. Aldrich, and R. L. Schlotterbeck. 2016. Source of carbohydrate and metabolizable lysine and methionine in the diet of recently weaned dairy calves on digestion and growth. *J. Dairy Sci.* 99:2788–2796.
- Horvath K. C.; Miller-Cushon E. K. 2016. The effect of milk-feeding method and hay provision on the development of feeding behavior and non-nutritive oral behavior of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 100:3949–3957.
- Hulbert, L. E.; Moisé, S. J. 2015. Stress, immunity and the management of calves. *J. Dairy Sci.* 99:3199–3216.
- Huntington GB, Harmon DL, Richards CJ. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *J Anim Sci* 2006; 84:14-E24.
- Imani, M., M. Mirzaei, B. Baghbanzadeh-Nobari, and M. H. Ghaffari. 2017. Effects of forage provision to dairy calves on growth performance and rumen fermentation: A meta-analysis and metaregression. *J. Dairy Sci.* 100:1136–1150.
- Khan, M.A., Bach, A., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2016. Invited review: Transitioning from milk to solid feed in dairy heifers. *Journal of Dairy Science* 99:885-902.
- Khan, M.A., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2011. Hay intake improves performance and rumen development of calves fed higher quantities of milk. *Journal of Dairy Science* 94:3547-3553.
- Kristensen, N. B., & Harmon, D. L. 2004. Splanchnic metabolism of volatile fatty acids absorbed from the washed reticulorumen of steers¹. *Journal of Animal Science*, 82: 2033–2042.
- Kosiorowska, A., L. Puggaard, M. S. Hedemann, J. Sehested, S. K. Jensen, N. B. Kristensen, P. Kuropka, K. Marycz, and M. Vestergaard. 2011. Gastrointestinal development of dairy calves fed low or high-starch concentrate at two milk allowances. 2011. *Animal* 5:211–219.
- Laarman, A. H., A. L. Ruiz-Sanchez, T. Sugino, L. L. Guan, and M. Oba. 2012. Effects of feeding a calf starter on molecular adaptations in the ruminal epithelium and liver of Holstein dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95:2585–2594.
- Larson, L.L., Owen, F.G., Albright, J.L., Appleman, R.D., Lamb, R.C., Muller, L.D., 1977. Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. *J. Dairy Sci.* 60:989–991.

- Malmuthuge, N., Chen, Y., Liang, G., Goonewardene, L. A., Guan, L. L. 2015. Heat-treated colostrum feeding promotes beneficial bacteria colonization in the small intestine of neonatal calves. *J. Dairy Sci*, 98: 8044–8053.
- Maktabi, H., E. Ghasemi, and M. Khorvash. 2016. Effects of substituting grain with forage or nonforage fiber source on growth performance, rumen fermentation, and chewing activity of dairy calves. *Anim. Feed Sci. Technol.* 221:70–78.
- Maulfair, D.D., Heinrichs, A.J. 2012. Review: Methods to measure forage and diet particle size in the dairy cow. *Prof. Anim. Sci.* 28:489–493.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463–1481.
- Meschiatti, M.A., Gouvêa, V.N., Pellarin, L.A., Batalha, C.A., Biehl, M.V., Acedo, T.S., Dórea, J.R.R., Tamassia, L.F.M, Owens, F.N., Santos, F.A.P. 2017. Feeding the combination of essential oils and exogenous α -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. *J. Anim. Sci*, sky415.
- Miller-Cushon, E. K., and T. J. DeVries. 2015. Invited review: Development and expression of dairy calf feeding behavior. *Can. J. Anim. Sci.* 95:341–350.
- Mirzaei, M., M. Khorvash, G. R. Ghorbani, M. Kazemi-Bonchenari, A. Riasi, A. Soltani, B. Moshiri, and M. H. Ghaffari. 2016. Interactions between the physical form of starter (mashed versus textured) and corn silage provision on performance, rumen fermentation, and structural growth of Holstein calves. *J. Anim. Sci.* 94:678–686.
- Mojahedi, S., Khorvash, M., Ghorbani, G. R., Ghasemi, E., Mirzaei, M., & Hashemzadeh-Cigari, F. 2018. Performance, nutritional behavior, and metabolic responses of calves supplemented with forage depend on starch fermentability. *J. Dairy Sci*, 101(8), 7061–7072.
- Movahedi, B., A. D. Foroozandeh, and P. Shakeri. 2017. Effects of different forage sources as a free-choice provision on the performance, nutrient digestibility, selected blood metabolites and structural growth of Holstein dairy calves. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl.)* 101:293–301.
- Mowrey, A., Eilersieck, M. R., & Spain, J. N. 1999. Effect of Fibrous By-Products on Production and Ruminant Fermentation in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*, 82: 2709–2715.
- Nagaraja, T.G., *Microbiology of the Rumen*, In.: *Ruminology*, 1 ed. Springer International Publishing Switzerland, 2016. cap. 7, p. 189-201.
- Nemati, M., H. Amanlou, M. Khorvash, B. Moshiri, M. Mirzaei, M. A. Khan, and M. H. Ghaffari. 2015. Rumen fermentation, blood metabolites, and growth performance of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of dietary level and particle size of alfalfa hay. *J. Dairy Sci.* 98:7131–7141.
- Nemati, M., H. Amanlou, M. Khorvash, M. Mirzaei, B. Moshiri, M. H. Ghaffari. 2016. Effect of different alfalfa hay levels on growth performance, rumen fermentation, and structural growth of Holstein dairy calves. *J. Anim. Sci.* 94:1141–1148.
- Nussio, C.M.B., Santos, F.A.P., Zopollatto, M., Pires, A.V., de Moraes, J.B., Fernandes, J.J.D., 2003b. Ruminant fermentation parameters and metric measurements of the rumen of dairy calves fed processed corn (steam-rolled vs. steam-flaked) and monensin. *Revista Brasileira De Zootecnia-Brazilian Journal of Animal Science* 32:1021-1031
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

- Omid-Mirzaei, H., Azarfar, A., Mirzaei, M., Kiani, A., Ghaffari, M. H. 2018. Effects of forage source and forage particle size as a free-choice provision on growth performance, rumen fermentation, and behavior of dairy calves fed texturized starters. *Journal of Dairy Science*, 101:4143–4157.
- Oltramari, C.E., Nápoles, G.G.O., De Paula, M.R., Silva, J.T., Gallo, M.P.C., Soares, M.C., Bittar, C.M.M. 2016. Performance and metabolism of dairy calves fed starter containing citrus pulp as a replacement for corn. *Animal Production Science* 29:971–978.
- Pazoki, A., Ghorbani, G. R., Kargar, S., Sadeghi-Sefidmazgi, A., Drackley, J. K., Ghaffari, M. H. 2017. Growth performance, nutrient digestibility, ruminal fermentation, and rumen development of calves during transition from liquid to solid feed: Effects of physical form of starter feed and forage provision. *Animal Feed Science and Technology*, 234:173–185.
- Polizel, D. M., Barbosa, M. J. P. T., Cappellozza, B. I., Lopes, C. N., Junior, M. V. C. F., Gobato, L. G. M., ... Pires, A. V. (2017). 545 The addition of narasin into a mineral mixture improves performance of grazing Nellore steers. *Journal of Animal Science*, 95:267–267.
- Porter, J. C., R. G. Warner, and A. F. Kertz. 2007. Effect of fiber level and physical form of starter on growth and development of dairy calves fed no forage. *Prof. Anim. Sci.* 23: 395–400.
- Quigley, T. M. Hill, J. R. Knapp, X. Suarez-Mena, T. S. Dennis, W. Hu, 2018. Re-evaluation of NRC energy estimates in calf feeds. *J. Dairy Sci.* Vol. 101, Suppl. 2
- Santos, G., Bittar, C.M.M. 2015. A survey of dairy calf management practices in some producing regions in Brazil. *R. Bras. Zootec.*, 44:361-370.
- Santos, G.T., Damasceno, J.C., Massuda, E.M., Cavalieri, F.L.B. 2002. Importância do manejo e considerações econômicas na criação de bezerras e novilhas. *Anais do II Sul- Leite: Simpósio sobre Sustentabilidade da Pecuária Leiteira na Região Sul do Brasil.* 212:239-267.
- Stamey, J. A., Janovick, N. A., Kertz, A. F., & Drackley, J. K. 2012. Influence of starter protein content on growth of dairy calves in an enhanced early nutrition program1. *J. Dairy Sci.* 95:3327–3336.
- Terré, M., E. Pedrals, A. Dalmau, and A. Bach. 2013. What do preweaned and weaned calves need in the diet: A high fiber content or a forage source? *J. Dairy Sci.* 96:5217–5225.
- Torrezan, T.M., Silva, J.T., Miqueo, E.; Rocha, N.B., Silva, F.M., Baldassin, S., Bittar, C.M.M. 2016. Desempenho de bezerros leiteiros recebendo probiótico contendo *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*. *R Bras. saúde e prod. animal.* 17:508-519.
- Reinhardt, V., Reinhardt, Annie, 1981. Natural sucking performance and age of weaning in zebu cattle (*Bos indicus*). *J. Agric. Sci.* 96:309–312.
- Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597.
- Weiss, W. P. 1993. Predicting energy values of feeds. In *Symposium: Prevailing concepts in energy utilization by ruminants.* *J. Dairy Sci.* 76:1802–1811
- Yu, P.; Huber, J.T.; Santos, F.A.P. 1998 Effects of ground, steamflaked, steamrolled corn grains on performance of lactating cows. *J. Dairy Sci.*, 81:777-783.