



GABRIELLI FERNANDA DA COSTA

**EFEITOS DO TAMANHO DE PARTÍCULA DA SILAGEM DE
MILHO E DA PRESENÇA DE VITAMINAS B E HIDROXI-
MINERAIS NA DIETA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E
COMPORTAMENTO INGESTIVO DE NOVILHAS NELORE**

LAVRAS – MG

2022

GABRIELLI FERNANDA DA COSTA

**EFEITOS DO TAMANHO DE PARTÍCULA DA SILAGEM DE MILHO
E DA PRESENÇA DE VITAMINAS B E HIDROXI-MINERAIS NA
DIETA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E COMPORTAMENTO
INGESTIVO DE NOVILHAS NELORE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

Dr. Thiago Fernandes Bernardes
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Costa, Gabrielli Fernanda da.

Efeitos do tamanho de partícula da silagem de milho e da presença de vitaminas B e hidroximinerais na dieta sobre a digestibilidade e comportamento ingestivo de novilhas Nelore / Gabrielli Fernanda da Costa. - 2022.

41 p.

Orientador(a): Thiago Fernandes Bernardes.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.
Bibliografia.

1. Silagem de milho. 2. Vitaminas B. 3. hidroxí-minerais. I. Bernardes, Thiago Fernandes. II. Título.

GABRIELLI FERNANDA DA COSTA

**EFEITOS DO TAMANHO DE PARTÍCULA DA SILAGEM DE MILHO
E DA PRESENÇA DE VITAMINAS B E HIDROXI-MINERAIS NA
DIETA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E COMPORTAMENTO
INGESTIVO DE NOVILHAS NELORE**

**EFFECTS OF CORN SILAGE PARTICLE SIZE AND THE PRESENCE
OF B VITAMINS AND HYDROXIMINERALS IN THE DIET ON THE
DIGESTIBILITY AND INGESTIVE BEHAVIOR OF NELORE HEIFERS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição e Produção de Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 14 de julho de 2022

Dr. Erick Darlisson Batista - UFLA
Dr. Anibal Coutinho do Rêgo - UFRA

Dr. Thiago Fernandes Bernardes
Orientador

**LAVRAS – MG
2022**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à DEUS, Família e Edmilson;

Aos professores: Márcio Ladeira, Daniel, Erick, principalmente meu orientador Thiago Bernardes

Aos funcionários DZO, Reis da silagem;

Algumas pessoas que foram essenciais em alguma etapa desse projeto: João Jorge, Luciana, Márcio, Priscila Teixeira, Sérgio, Javier, Clubinho da Cria, Gabi Rezende, Raiane, Érika, Robson, José Oliveira, Ana Carolina;

E TODOS colegas que participaram das escalas de trato e coletas (NEFOR e NEPEC) que tornaram esse mestrado possível;

Obrigada a banca examinadora: Aníbal, Erick, Thiago;

Agradeço a UFLA e CAPES.

RESUMO GERAL

As dietas de confinamentos brasileiros possuem alta concentração energética e a maioria utiliza silagem de planta inteira de milho (SPIM) como principal fonte de fibra. O objetivo desse estudo foi determinar o efeito do tamanho teórico de partícula (13 mm e 24 mm) de silagem de planta inteira de milho, associada ou não com a suplementação de um complexo de vitaminas B e hidroximinerais sobre desempenho e comportamento ingestivo de novilhas Nelore em terminação. Foram utilizadas 96 novilhas Nelore com peso vivo médio inicial de $248,33 \pm 36,28$ Kg em um delineamento inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial 2 x 2, sendo 2 tamanhos de partículas (13 mm e 24 mm) e com ou sem inclusão de vitaminas B e hidroximinerais. As dietas foram formuladas para proporcionar ganho de 1,5 kg/dia, com fornecimento *ad libitum* duas vezes ao dia. Os animais foram alojados em 32 baias coletivas com 3 animais cada, sendo que cada tratamento tinha oito repetições. Os tratamentos eram: SPIM 13 mm sem a presença do aditivo (13C), SPIM 13 mm com inclusão do aditivo (13A), SPIM 24 mm sem a presença do aditivo (24C) e SPIM 24 mm com inclusão do aditivo (24A). Foi realizado uma observação do comportamento alimentar por 24 horas durante o confinamento. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental, após jejum sólido de 16 horas. No manejo final, foi realizada a coleta do sangue dos animais e realizada a ultrassonografia para avaliação de carcaça dos animais. Os resultados deste estudo não foram influenciados pelos diferentes tamanhos de partícula e pela suplementação ou não do aditivo com vitaminas do complexo B e hidroximinerais.

Palavras-chave: Cobre, Consumo, Fibra, Zinco.

ABSTRACT

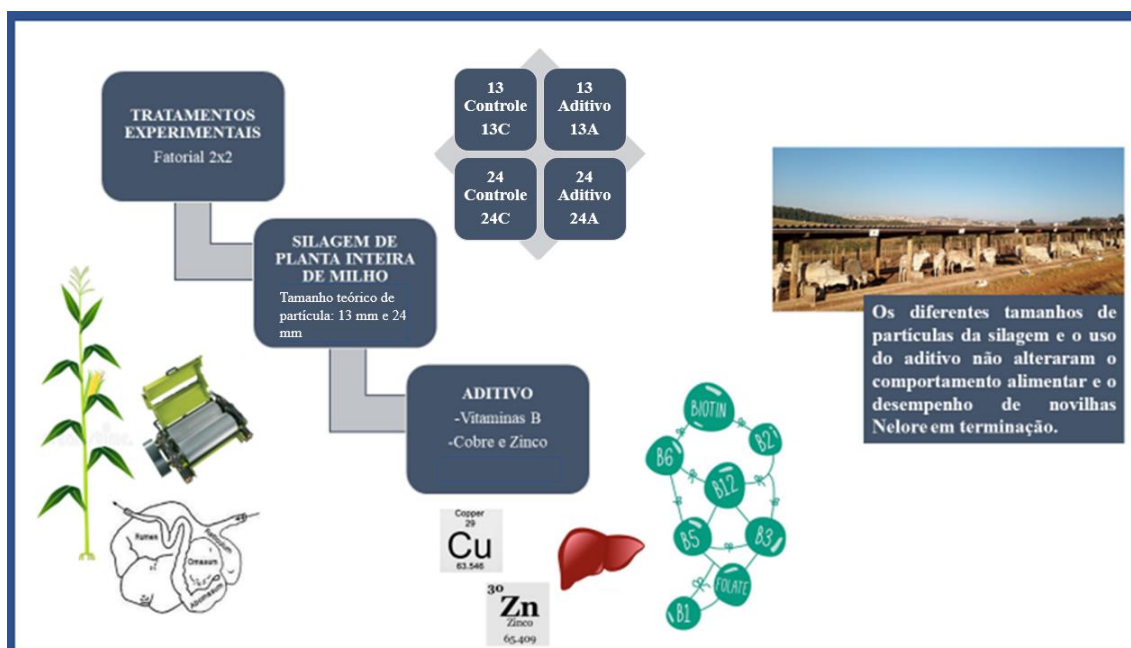
Brazilian feedlot diets have a high energy concentration and most use whole corn plant silage as the main source of fiber. The objective of this study was to determine the effect of the theoretical particle size (13 mm and 24 mm) of whole corn plant silage, associated or not with the supplementation of a vitamin B complex and hydroxyminerals on performance and ingestive behavior of Nellore heifers. in termination. Ninety-six Nellore heifers with initial average live weight of $248,33 \pm 36,28$ Kg were used in a completely randomized design, with a 2 x 2 factorial arrangement, with 2 particle sizes (13 mm and 24 mm) and with or without the inclusion of B vitamins and hydroxyminerals. The diets were formulated to provide a gain of 1.5 kg/day, with ad libitum supply twice daily. The animals were housed in 32 collective pens with 3 animals each, and each treatment had eight replications. The treatments were: SPIM 13 mm without the additive (13C), SPIM 13 mm with the additive included (13A), SPIM 24 mm without the additive (24C) and SPIM 24 mm with the additive included (24A). An observation of feeding behavior was carried out for 24 hours during confinement. The animals were weighed at the beginning and end of the experimental period, after a 16-hour solid fast. In the final management, blood was collected from the animals and ultrasound was performed to evaluate the animals' carcass. The results of this study were not influenced by the different particle sizes and by the supplementation or not of the additive with B vitamins and hydroxyminerals.

Keywords: Copper, Consumption, Fiber, Zinc.

EFEITOS DO TAMANHO DE PARTÍCULA DA SILAGEM DE MILHO E DA PRESENÇA DE VITAMINAS B E HIDROXI-MINERAIS NA DIETA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE NOVILHAS NELORE

Elaborado por **Gabrieli Fernanda da Costa** e orientada por **Thiago Fernandes Bernardes**

A silagem de planta inteira de milho é muito utilizada como principal fonte de fibra nos confinamentos brasileiros, a fibra presente na dieta serve para manter um bom funcionamento do rúmen, através da ruminação, mastigação e salivação. No entanto, cada vez mais as dietas estão sendo formuladas para maiores proporções de alimentos concentrados energéticos, como o amido, que podem levar a um aumento da fermentação ruminal, uma vez que tem fermentação mais rápida, o que pode acarretar em queda do pH devido ao acúmulo de ácidos graxos voláteis, podendo levar a distúrbios metabólicos. O fígado é um órgão essencial para o metabolismo de nutrientes e é afetado diretamente por esses problemas metabólicos. O tamanho teórico da partícula da silagem, está diretamente relacionado a manutenção das atividades ruminais. Fontes de vitaminas do complexo B e minerais, zinco e cobre, protegidos da degradação ruminal podem auxiliar no metabolismo hepático. Com isso, o objetivo desse estudo foi determinar o efeito do tamanho teórico de partícula de silagem de planta inteira de milho, associada ou não com a suplementação de um complexo de vitaminas B e hidroximinerais sobre desempenho e comportamento ingestivo de novilhas Nelore em terminação. O uso de um tamanho de partícula de silagem de planta de milho de 24 mm e a suplementação com o complexo de vitaminas B e os hidroximinerais, zinco e cobre, não alteraram o comportamento alimentar e o desempenho de novilhas Nelore em terminação, quando comparados a um tamanho teórico de partícula de 13 mm e a não suplementação deste aditivo.



LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Distribuição de partículas na <i>Penn State Particle Separator</i> e KPS da planta de milho no momento da ensilagem.....	35
Tabela 2	Proporção dos ingredientes, composição química e distribuição de partículas da dieta.....	36
Tabela 3	Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do núcleo sobre o desempenho e características de carcaça de novilhas Nelore em terminação.....	38
Tabela 4	Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do núcleo sobre o comportamento alimentar de novilhas Nelore em terminação.....	39
Tabela 5	Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do núcleo sobre os parâmetros sanguíneos de novilhas Nelore em terminação.....	39

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1. Fibra	10
2.2. Metabolismo hepático.....	13
2.2.1. Distúrbios metabólicos.....	13
2.3. Vitaminas do complexo B.....	14
2.4. Minerais.....	15
2.4.1 Zinco.....	16
2.4.2. Cobre.....	16
CAPÍTULO 2 – Efeitos do tamanho de partícula da silagem de milho e da presença de vitaminas B e hidroximinerais na dieta de novilhas Nelore em terminação	22

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O uso de fonte de fibra na dieta de confinamento tem como principal função manter a saúde ruminal e estimular consumo de matéria seca (Nagaraja and Lechtenberg, 2007; Arelovich et al., 2008; Allen et al. 2009). Um levantamento realizado por Bernardes e Castro (2019), demonstrou que 69,4% dos confinamentos utilizavam a silagem de milho com principal fonte de fibra no Brasil.

Dentre os vários tipos de silagem, a SPIM é tradicionalmente mais utilizada na produção animal tendo como função, aumentar a ingestão de energia e aumentar a mastigação, ruminação e a salivação (Marques et al., 2016), uma vez que tem quantidade de amido superior a 28% na matéria seca e fibra solúvel em detergente neutro (FDN) inferior a 50% MS.

Todavia, para a produção de silagem é necessário possuir grandes áreas para plantio de milho, visto que em alguns estados brasileiros a produtividade é baixa devido as condições edafoclimáticas, além da competição com a produção de milho para grão, aumentar os custos operacionais e dificultar a logística nos confinamentos. Dietas com maior proporção de forragem requerem maiores estoques e maior mão de obra nas fazendas, o custo será maior em relação à energia metabolizável quando comparado ao uso de concentrados, maiores proporções de fibras na dieta podem implicar em menor eficiência em relação a dietas mais energéticas (Stock et al., 1990; Turgeon et al., 2010; Gentry et al., 2016). Desse modo, pecuaristas e nutricionistas optam por diminuir a inclusão da silagem na dieta, e por consequência utilizam dietas com maior concentração de amido, por fornecer maior quantidade de energia para bovinos em terminação (Silvestre and Millen, 2021).

Porém, dietas com maiores concentrações de amido podem levar a um aumento da fermentação ruminal, uma vez que tem fermentação rápida, o que pode acarretar em queda do pH devido ao acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV), podendo causar distúrbios metabólicos (Ametaj et al., 2005b; Goff and technology, 2006; Zebeli et al., 2011b). Para evitar esse problema, além de ser necessário adicionar fibra na dieta, é importante atentar ao tamanho médio das partículas do alimento. O tamanho de partícula está totalmente relacionado com a sua efetividade, ou seja, com uma menor inclusão da fonte de fibra nas dietas, aumentar o tamanho de suas partículas pode garantir um bom funcionamento do rúmen (Weiss et al., 2017). Uma maneira de permitir concentrações adequadas de FDN fisicamente efetivo (FDNfe), mesmo com menores inclusões de silagem, é utilizar o *Shredlage*, que é um processador

acoplado a colhedora autopropelida, que permite tamanhos maiores de partícula da silagem e ainda assim quebrar os grãos (Ferraretto et al., 2018).

Além de problemas metabólicos, alta inclusão de amido na dieta, pode reduzir o consumo de matéria seca (CMS) dos animais. Animais em situação de estresse terão menor eficiência metabólica e impacto negativo sobre o consumo também, podendo apresentar deficiência de vitaminas do complexo B (Leclerc et al., 2015). A síntese dessas vitaminas ocorre no rúmen, porém existe alta degradação ruminal e até podem ser utilizadas por microrganismos presentes no rúmen (Zinn et al., 1987; Schwab et al., 2006). Portanto, o uso de moduladores do metabolismo hepático como vitaminas do complexo B protegidas, pode ajudar a diminuir esse problema. Essas vitaminas, atuam como cofatores enzimáticos no fígado (Spears and Weiss, 2014), podendo melhorar o consumo e eficiência alimentar de bovinos de corte em terminação.

Os hidroximinerais são fontes de minerais cristalinos formados por ligações covalentes e ligadas ao grupo hidroxila. Devido à essas ligações covalentes, essa fonte de mineral se torna mais estável quando comparada à outras fontes e não são solúveis ao pH ruminal, assim eles apresentam maior biodisponibilidade (Spears and Weiss, 2014; Arthington, 2015). O cobre é essencial para enzimas como a citocromo oxidase, lisil oxidase, superóxido dismutase, dopamina beta-hidroxilase e tironase e importante no metabolismo lipídico, carboidratos e proteínas (McDonald et al., 2002; NASCEM, 2016). E o zinco é um micromineral que atua como cofatores enzimáticos e na ativação de enzimas, está relacionado à processos do sistema imunológico, componente da timosina e atua na proliferação celular, síntese proteica e DNA, participa dos sistemas reguladores de hormônio do crescimento (Council, 1996; Leme, 2000; NASCEM, 2016; Horst et al., 2020).

Diante disso, faz-se necessário ampliar os conhecimentos sobre o tamanho de partícula ideal para bovinos de corte em confinamento, além de avaliar os efeitos de suplementação com complexo de vitaminas B e hidroximinerais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Fibra

A inclusão de alguma fonte de fibra em confinamentos brasileiros está entre 6 e 38% com base da MS e uma concentração de FDN proveniente da fonte de fibra nas dietas dos confinamentos brasileiros com média de 23%, variando de 20% a 35% na MS (Pinto e Millen, 2019). A fibra ocupa espaço no trato gastrointestinal dos animais, e é definida nutricionalmente como o fração digestível (FDN) ou indigestível (FDNi) dos alimentos. As

características físicas da fibra, principalmente tamanho de partículas, combinadas com atributos químicos, como o teor de umidade que ajuda na deglutição, e a concentração de lignina que está associado a uma mastigação mais eficaz são definidas como FDNfe (Rinne et al., 2002) (Mertens 1997).

A fibra presente nos alimentos, serve de substrato para os microrganismos do rúmen, que por meio da fermentação produzem AGV, que são as principais fontes de energia para os ruminantes (Van Soest, 1994). Além de energia, a fibra presente na dieta, potencializa o crescimento microbiano que propicia um maior fluxo de proteína metabolizável para o intestino, aumentando o aporte de energia para o animal, contribuindo para um melhor desempenho, além de manter o bom funcionamento do rúmen (Van Soest et al., 1991; Van Soest, 1994).

Para se ter uma fibra de qualidade na dieta de ruminantes, esta tem que possuir características que variam de acordo com o seu tamanho de partícula, capacidade de ser fermentada e de estabilizar o pH ruminal (Weiss et al., 2017). O tamanho de partícula do alimento fornecido está intimamente relacionado à efetividade física da fibra (Mertens, 1997). A FDNfe corresponde a junção de características químicas como o teor de umidade que ajuda na deglutição e a concentração de lignina que está associado a uma mastigação mais eficaz (Rinne et al., 2002) e as propriedades físicas que incluem o tamanho da partícula, fragilidade e taxa de degradação da partícula (Casler et al., 1996; Mertens, 1997).

Com a ingestão da FDNfe ocorre formação de uma camada flutuante de partículas grandes, denominadas de MAT ruminal, sobre um pool de líquido e de partículas pequenas (Mertens, 1997), no qual estimula a motilidade e a ruminação, aumentando a absorção de nutrientes no rúmen (Zebeli et al., 2012).

Adicionalmente, por meio da motilidade, aumenta-se a movimentação das partículas dentro do rúmen, tendo quebra das mesmas e, uma melhor mistura, favorecendo a adesão dos microrganismos. Este fenômeno, contribui para a neutralização dos AGV formados durante a fermentação, além de aumentar a digestibilidade do alimento fornecido.

De forma geral, partículas menores são rapidamente digeridas e não estimulam a ruminação, motilidade e salivação, da mesma forma que partículas maiores ficam mais tempo no rúmen para serem degradadas por completo, formam o MAT ruminal e garantem o bom funcionamento do rúmen (Poppi et al., 2001; Tafaj et al., 2004; Zebeli et al., 2006).

Para definir qual será o tamanho de partícula ideal, é necessário levar alguns pontos em consideração, tais como o tipo de animal que vai receber essa dieta, se a dieta terá uma

segunda fonte de FDNfe, a colhedora que será utilizada, assim como os maquinários utilizado para descarregar o silo e misturar a ração total, que poderão apresentar facas ou fresa que diminuirão o tamanho de partícula.

Em vacas de leite almeja-se longevidade, maior produção de leite e, principalmente, gordura no leite. Vacas leiteiras apresentam maior CMS que animais de corte (% peso corporal), maior capacidade de digestão e, por isso, estão mais propensas à acidose (Zebeli et al., 2011a). Vacas precisam de fibra de boa digestibilidade e que garanta um bom funcionamento do rúmen (Zebeli et al., 2012). Com o aumento do tamanho teórico de partícula (19,1 mm), vacas tiveram maior ingestão de FDNfe e aumentou as atividades de mastigação e maior tempo de ruminação (Beauchemin and Yang, 2005). Animais de corte em terminação são alimentados com dietas de alto grão para aumentar a conversão alimentar, necessitam de fibra para garantir o bom funcionamento do rúmen, sem diminuir o consumo e o ganho final.

A silagem de milho é um alimento que oferece tanto a fibra quanto o grão. Desse modo, definir um maior tamanho de partícula para silagem, para que mesmo com uma menor inclusão na dieta, este alimento auxilie no bom funcionamento do rúmen é uma opção para técnicos e nutricionistas. Porém, quando se aumenta o tamanho de partícula, pode acontecer seletividade em vacas, caso a dieta não seja bem misturada, mas principalmente é a dificuldade em quebrar os grãos (Salvati et al., 2021). O *Shredlage*, é um processador acoplado a colhedora autopropelida, que permite tamanhos maiores e mais uniformes da partícula da silagem e ainda assim quebrar os grãos (Ferraretto et al., 2018). Yang and Beauchemin (2006), relataram que, quando a FDN da dieta total é mantida baixa, o CMS não é afetado pelo aumento do tamanho de partícula (Vanderwerff et al., 2015) Weiss et al. (2017), concluíram que usar uma dieta com menor inclusão de volumoso e tamanho de partícula maior pode estimular a ruminação no mesmo nível de uma com maior inclusão de volumoso e tamanho de partícula menor.

O comportamento alimentar dos animais influenciará diretamente no CMS (Defoor et al., 2002; Caetano et al., 2015; Marques et al., 2016; Goulart et al., 2020) e, conseqüentemente, no desempenho final dos animais. A fonte de fibra, assim como a sua proporção, somada à proporção de ingredientes mais concentrados na dieta, pode afetar o consumo do animal durante o dia, devido ao seu tempo de digestão e passagem pelo rúmen (Kreikemeier et al., 1990; Vieira et al., 2008; Weiss et al., 2017), afetando diretamente a atividade mastigatória e a saúde ruminal (Yang et al., 2001).

O comportamento ingestivo é demonstrado pelo tamanho e frequência das refeições ao longo do dia (Nielsen, 1999). A quantidade que o animal ingerir durante as refeições diárias irá determinar a quantidade de AGV produzidos e o tempo de mastigação está relacionado com a produção de saliva, determinando a variação do pH ruminal (Beauchemin et al., 1994). Uma maior proporção de partículas acima de 19 mm aumentou a atividade mastigatória, em contrapartida também aumentou o comportamento de seleção dos animais (Kononoff et al., 2003). O menor consumo ou sua variação, presença de picos ou quedas repentinas de consumo, é uma forma de detectar acidose subclínica (Britton et al., 1989; Stock et al., 1995; Bevans et al., 2005), os efeitos da acidose subclínica no desempenho animal pode ser maior do que os da acidose aguda (Britton et al., 1989).

2.3. Metabolismo hepático

O fígado é responsável por captar e metabolizar AGV que são produzidos no rúmen, convertendo maior parte em glicose. É o órgão com maior produção de glicose e através deste também, ocorre a conversão de amônia em ureia. Os aminoácidos, derivados de purinas, carboidratos e lipídeos são captados na corrente sanguínea e metabolizados pelo sistema hepático, por meio de enzimas principalmente (Kozloski, 2017).

O fígado tem alta atividade metabólica e está relacionado ao controle de consumo pelo animal (Russek, 1963). De acordo com a teoria da oxidação hepática, devido a oxidação de produtos da fermentação ruminal, principalmente o propionato, o fígado emite um sinal de saciedade ao cérebro (Allen et al., 2009; Allen, 2014).

Dietas de confinamento que possuem alta concentração de amido, aumentam o fluxo de propionato para o fígado e podem resultar na interrupção do consumo de matéria seca de forma mais acentuada (Allen et al., 2009; Allen, 2014). Outro fator importante que afeta o consumo, é que animais que vão entrar em confinamento geralmente passam por algumas situações de estresse, como transporte, jejum e adaptação à uma nova dieta (Allen et al., 2009). O uso de vitaminas e hidroximinerais podem auxiliar o metabolismo hepático e contribuir para maior desempenho de animais de corte em terminação.

2.3.1. Distúrbios metabólicos

Em confinamentos de animais de corte no Brasil, a inclusão de fontes de FDNfe são menores e as concentrações de amido são altas quando comparadas à animais de leite. Em dietas de alto amido ocorre rápida fermentação no rúmen, com isso existe uma produção maior

de AGV (Ametaj et al., 2005a; Goff, 2006; Zebeli et al., 2011a). A taxa de produção pode exceder a taxa de absorção, acumulando AGV que ocasionarão a redução do pH ruminal e a ocorrência de distúrbios metabólicos no animal, a menor inclusão de silagem na dieta aumenta a produção de AGV e diminui o pH ruminal (Hamilton et al., 2019).

Com a redução do pH ocorre a acidose, este distúrbio causa a diminuição da motilidade do rúmen que dificulta ainda mais a saída dos ácidos acumulados no ambiente ruminal. O pH baixo altera a microbiota ruminal, afetando a síntese de proteína microbiana e aumentando a produção de lactato. A acidose pode causar anorexia intermitente ou diarreia, condição corporal, abscessos hepáticos, motilidade ruminal prejudicada, laminite e desempenho em animais de corte (Dirksen, 1985; Enemark, 2008; Aschenbach et al., 2011).

2.4. Vitaminas do complexo B

Vitaminas B são um complexo grupo de vitaminas hidrossolúveis essencial para os ruminantes, possuem diversas funções no organismo, dentre elas atuar como cofatores enzimáticos (Spears and Weiss, 2014). Apesar de ocorrer síntese ruminal dessas vitaminas, em estudos com a suplementação de vitaminas B para animais em crescimento, Zinn et al. (1987) encontraram que a degradação de vitaminas antes de chegar no intestino delgado é alta. Além disso, a vitaminas sintetizada no rúmen pode ser utilizada por outras espécies de microrganismos que estão presentes no rúmen, diminuindo o aproveitamento para o animal (Schwab et al., 2006). Ainda, com o aumento da produtividade dos animais nas últimas décadas, ocorre também o aumento nas exigências nutricionais, tornando-se necessária a suplementação com vitaminas deste complexo B.

O uso de vitaminas protegidas do rúmen contribui para maior absorção intestinal e eficácia da suplementação (Juchem et al., 2012). A suplementação com vitaminas desse complexo aumentou o desempenho de vacas de leite. Girard and Matte (1998), trabalhando com vacas suplementadas com ácido fólico, encontraram produção de leite 6% maior nos primeiros 100 dias de lactação e 10% maior dos 100 aos 200 dias de lactação quando comparadas com vacas não suplementadas (Girard and Matte, 1998), o aumento de produção de leite também foi maior com a suplementação de biotina (Zimmerly and Weiss, 2001; Majee et al., 2003), tiamina (Shaver and Bal, 2000) e cianocobalamina (Girard and Matte, 2005). Lopes et al. (2021) utilizando o complexo de vitaminas B e os hidroximinerais protegidos do ambiente ruminal, viram alteração no proteoma hepático em bovinos de corte, sugerindo

maior biodisponibilidade desses nutrientes e relação com proteínas ligadas a respostas de dano oxidativo no fígado para manter a homeostase celular.

Animais em situação de estresse terão menor eficiência metabólica e podem apresentar deficiência de vitaminas do complexo B que, apesar de serem sintetizadas, possuem condições limitadas de armazenamento (Leclerc et al., 2015). Segundo Manore (2000), a tiamina, a riboflavina e a piridoxina são cofatores para muitas reações metabólicas que produzem energia e têm sido apontadas como nutrientes que provavelmente diminuiriam sob condições de estresse. Leclerc et al. (2015), realizaram um estudo com ácido fólico, piridoxina, ácido pantotênico e biotina protegidos no rúmen sobre o desempenho de bovinos de corte no período de adaptação, a inclusão das vitaminas melhorou o ganho de peso, ganho médio diário e a eficiência alimentar dos animais suplementados.

2.5. Minerais

A suplementação mineral é essencial para as atividades metabólicas. Existem diversas classificações para as fontes minerais como os orgânicos, inorgânicos, hidroximinerais (Spears and technology, 1996). Os minerais orgânicos possuem ligações a um composto com carbono. Os inorgânicos possuem ligações iônicas a um sal, sendo que essas ligações estão relacionadas à solubilidade desses ácidos no pH ruminal (Arthington, 2015). Os minerais que são solúveis no rúmen, irão dissociar, ficando disponíveis para interagir com componentes da dieta e podendo fazer ligações antagônicas com outros minerais, tornando-os indisponíveis e impactando na digestibilidade.

Essas interações podem ser entre os minerais, como o cobre tem baixa absorção em ruminantes, portanto, quando realizam interações com molibdênio e enxofre formam os tiomolibdatos, que reagem com sulfetos no rúmen e tornam o cobre indisponível (Spears, 2003). O ferro pode combinar com os sulfetos e na forma dissociada formar complexos insolúveis que diminuem a absorção do cobre (Gengelbach et al., 1994). O Cálcio afeta o zinco, por formar complexos de cálcio e fitato (Cozzolino, 1997). Por meio da troca de íons, os minerais podem se ligar a vitaminas, proteínas e carboidratos da dieta, os chamados clusters, que também diminuem a disponibilidade dos minerais (Moreira et al., 2013). As ligações via capacidade de troca catiônica e associações com partículas não digeridas de fibra podem afetar a biodisponibilidade dos minerais no trato gastrointestinal (Kabaja, 1998).

Os hidroximinerais são fontes de minerais cristalinos formados por ligações covalentes e ligadas ao grupo hidroxila. Devido à essas ligações covalentes, essa fonte de mineral se torna

mais estável quando comparada à outras fontes e não são solúveis ao pH ruminal, assim eles apresentam maior biodisponibilidade e não irão apresentar sabor metálico, tornando se mais palatável para os animais que irão consumir (Spears and Weiss, 2014; Arthington, 2015).

2.5.1 Zinco

O zinco é um micromineral que está relacionado à processos do sistema imunológico, componente da timosina, atua na proliferação celular, síntese proteica e DNA, participa dos sistemas reguladores de hormônio do crescimento e também contribui na cicatrização de feridas (Council, 1996; Leme, 2000; NASCEM, 2016; Horst et al., 2020). Os sintomas de deficiência de zinco são redução do crescimento, do consumo e eficiência alimentar, lesões na pele, perda de pelo, inflamações na boca e nariz.

2.5.2. Cobre

O cobre participa de diversos processos no organismo, tais como a metabolização do ferro por enzimas, que são cobre-dependentes, atua no metabolismo de carboidratos, lipídios e proteínas (NASCEM, 2016). A formação de elastina e do colágeno, que são proteínas presentes em várias partes do corpo como, por exemplo, nos vasos sanguíneos, produção de melanina, responsável pela pigmentação da pele e pelos. Presente em várias enzimas, como parte da citocromo-oxidase, enzima oxidase terminal na cadeia respiratória, que catalisa a redução de O₂ para água, passo essencial na respiração celular; lisil oxidase que catalisa a formação do colágeno e elastina; transporte de ferro necessário para a síntese de hemoglobina; superóxido dismutase que protege as células dos efeitos tóxicos no metabolismo do oxigênio (McDonald et al., 2002). Alguns sintomas da deficiência de cobre pode ser anemia microcítica e hipocrômica, diarreia, alterações ósseas, alterações no sistema nervoso, perturbações no sistema cardiovascular e reprodutivo; perda na pigmentação da pele; e falha na queratinização dos pelos; emagrecimento e acromotriquia, em especial ao redor dos olhos; tremores musculares, seguidos de queda e evolução rápida para a morte (Tokarnia, 2010).

3. REFERÊNCIAS

- Allen, M., B. Bradford, and M. J. J. o. a. s. Oba. 2009. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. 87(10):3317-3334.
- Allen, M. S. J. A. P. S. 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. 54(10):1513-1524.
- Ametaj, B., B. Bradford, G. Bobe, R. Nafikov, Y. Lu, J. Young, and D. Beitz. 2005a. Strong relationships between mediators of the acute phase response and fatty liver in dairy cows. *Canadian Journal of Animal Science* 85(2):165-175.
- Ametaj, B., B. Bradford, G. Bobe, R. Nafikov, Y. Lu, J. Young, and D. J. C. J. o. A. S. Beitz. 2005b. Strong relationships between mediators of the acute phase response and fatty liver in dairy cows. 85(2):165-175.
- Arelovich, H., C. Abney, J. Vizcarra, and M. J. T. P. A. S. Galyean. 2008. Effects of dietary neutral detergent fiber on intakes of dry matter and net energy by dairy and beef cattle: analysis of published data. 24(5):375-383.
- Arthington, J. 2015. New concepts in trace mineral supplementation of grazing cattle hydroxy sources, injectable sources and pasture application. In: 26th Florida Ruminant Nutrition Symposium. p 104-118.
- Aschenbach, J. R., G. B. Penner, F. Stumpff, and G. Gäbel. 2011. Ruminant nutrition symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of animal science* 89(4):1092-1107.
- Beauchemin, K., T. McAllister, Y. Dong, B. Farr, and K.-J. J. J. o. a. s. Cheng. 1994. Effects of mastication on digestion of whole cereal grains by cattle. 72(1):236-246.
- Beauchemin, K., and W. J. J. o. d. s. Yang. 2005. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. 88(6):2117-2129.
- Bevans, D., K. Beauchemin, K. Schwartzkopf-Genswein, J. McKinnon, and T. J. J. o. A. S. McAllister. 2005. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. 83(5):1116-1132.
- Britton, R., R. Stock, and U. Cornell. 1989. Acidosis: A continual problem in cattle fed high grain diets. In: *Proceedings of Cornell Nutrition Conference for Feed Manufactures*. Ithaca (NY): Cornell University. p 8.
- Britton, R., and R. J. A. R.-O. A. E. S. Stock. 1987. Acidosis, rate of starch digestion and intake.
- Caetano, M., R. S. Goulart, S. d. L. Silva, J. S. Drouillard, P. R. Leme, and D. P. D. J. J. o. A. S. Lanna. 2015. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. 93(8):4023-4033.
- Casler, M., D. Schneider, and D. Combs. 1996. Development and application of a selection criterion for particle size breakdown of smooth bromegrass leaves. *Animal feed science and technology* 61(1-4):57-71.
- Council, N. R. 1996. Use of reclaimed water and sludge in food crop production. National Academies Press.
- Cozzolino, S. M. F. J. R. d. n. 1997. Biodisponibilidade de minerais. 10:87-98.
- Defoor, P., M. Galyean, G. Salyer, G. Nunnery, and C. J. J. o. a. s. Parsons. 2002. Effects of roughage source and concentration on intake and performance by finishing heifers. 80(6):1395-1404.
- Dirksen, G. 1985. The rumen acidosis complex--recent knowledge and experiences (1). A review. *Tierärztliche Praxis* 13(4):501-512.
- Enemark, J. M. 2008. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *The Veterinary Journal* 176(1):32-43.

- Ferraretto, L., R. Shaver, and B. J. J. o. d. s. Luck. 2018. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. 101(5):3937-3951.
- Galyean, M., and P. J. J. o. A. S. Defoor. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. 81(14_suppl_2):E8-E16.
- Gengelbach, G. P., J. D. Ward, and J. J. J. o. a. s. Spears. 1994. Effect of dietary copper, iron, and molybdenum on growth and copper status of beef cows and calves. 72(10):2722-2727.
- Gentry, W., C. Weiss, C. Meredith, F. McCollum, N. Cole, and J. J. J. o. a. s. Jennings. 2016. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. 94(11):4759-4770.
- Girard, C., and J. J. J. o. D. S. Matte. 1998. Dietary supplements of folic acid during lactation: effects on the performance of dairy cows. 81(5):1412-1419.
- Girard, C., and J. J. J. o. d. s. Matte. 2005. Effects of intramuscular injections of vitamin B12 on lactation performance of dairy cows fed dietary supplements of folic acid and rumen-protected methionine. 88(2):671-676.
- Goff, J. 2006. Major advances in our understanding of nutritional influences on bovine health. *Journal of dairy science* 89(4):1292-1301.
- Goff, J. P. J. A. f. s., and technology. 2006. Macromineral physiology and application to the feeding of the dairy cow for prevention of milk fever and other periparturient mineral disorders. 126(3-4):237-257.
- Goulart, R. S., R. A. Vieira, J. L. Daniel, R. C. Amaral, V. P. Santos, S. G. Toledo Filho, E. H. Cabezas-Garcia, L. O. Tedeschi, and L. G. J. J. o. a. s. Nussio. 2020. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets on feed intake, ingestive behavior, and ruminal kinetics. 98(5):skaa107.
- Hamilton, H. C., M. L. Jolly-Breithaupt, A. K. Watson Watson, J. C. MacDonald, and G. E. Erickson. 2019. Impact of Corn Silage Inclusion on Nutrient Digestion and Rumen Fermentation in Finishing Cattle.
- Horst, E., E. Mayorga, M. Al-Qaisi, S. Rodriguez-Jimenez, B. Goetz, M. Abeyta, P. Gorden, S. Kvidera, and L. J. J. o. D. S. Baumgard. 2020. Evaluating effects of zinc hydroxychloride on biomarkers of inflammation and intestinal integrity during feed restriction. 103(12):11911-11929.
- Huntington, G., D. Harmon, and C. J. J. o. a. s. Richards. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. 84(suppl_13):E14-E24.
- Juchem, S. O., P. Robinson, E. J. A. F. S. Evans, and Technology. 2012. A fat based rumen protection technology post-ruminally delivers a B vitamin complex to impact performance of multiparous Holstein cows. 174(1-2):68-78.
- Junges, D., G. Morais, M. Spoto, P. Santos, A. Adesogan, L. Nussio, and J. J. J. o. d. s. Daniel. 2017. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. 100(11):9048-9051.
- KABAIJA, E.; SMITH, O. B. Trace element kinetics in the digestive tract of sheep fed diets with graded levels of dietary fibre. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 59, n. 1-5, p. 218-224, 1988.
- Kononoff, P., A. Heinrichs, and D. J. J. o. d. s. Buckmaster. 2003. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. 86(5):1858-1863.
- Kozloski, G. V. 2017. *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia- Editora UFSM.
- Kreikemeier, K., D. Harmon, R. Brandt Jr, T. Avery, and D. J. J. o. A. S. Johnson. 1991. Small intestinal starch digestion in steers: effect of various levels of abomasal glucose, corn

- starch and corn dextrin infusion on small intestinal disappearance and net glucose absorption. 69(1):328-338.
- Kreikemeier, K., D. Harmon, R. Brandt Jr, T. Nagaraja, and R. J. J. o. a. s. Cochran. 1990. Steam-rolled wheat diets for finishing cattle: Effects of dietary roughage and feed intake on finishing steer performance and ruminal metabolism. 68(7):2130-2141.
- Leclerc, H., D. Espinosa, E. Evans, R. Zambrano-Gaytan, and J. J. J. A. S. Garza-Flores. 2015. Effect of rumen protected B vitamins supplementation during the receiving period on the productive performance of beef cattle. 98(Suppl 2):426.
- Leclerc, H., E. Evans, R. Z. Gaytan, and J. G. Flores. B vitamins and their benefits in beef feedlot performance.
- Leme, R. B. d. A. 2000. Suplementação de hormônio do crescimento e zinco em pacientes com câncer de esôfago.
- Lopes, M. M., T. R. Brito, J. F. Lage, T. C. Costa, M. M. d. S. Fontes, N. V. L. Serão, T. A. d. O. Mendes, R. A. Reis, R. Veroneze, and F. F. J. A. e Silva. 2021. Proteomic Analysis of Liver from Finishing Beef Cattle Supplemented with a Rumen-Protected B-Vitamin Blend and Hydroxy Trace Minerals. 11(7):1934.
- Majee, D., E. Schwab, S. Bertics, W. Seymour, and R. J. J. o. d. s. Shaver. 2003. Lactation performance by dairy cows fed supplemental biotin and a B-vitamin blend. 86(6):2106-2112.
- Manore, M. M. J. T. A. j. o. c. n. 2000. Effect of physical activity on thiamine, riboflavin, and vitamin B-6 requirements. 72(2):598S-606S.
- Marques, R., L. Chagas, F. Owens, and F. Santos. 2016. Effects of various roughage levels with whole flint corn grain on performance of finishing cattle. *Journal of animal science* 94(1):339-348.
- McDonald, P., R. Edwards, J. Greenhalgh, and C. J. P. H. Morgan, Publishers Ltd, UK. 2002. *Animal Nutrition*.(6th eds.).
- Mertens, D. J. J. o. d. s. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. 80(7):1463-1481.
- Moreira, L. M., F. d. P. Leonel, R. A. M. Vieira, and J. C. J. R. B. d. S. e. P. A. Pereira. 2013. A new approach about the digestion of fibers by ruminants. 14:382-395.
- Nagaraja, T., and K. F. J. V. C. o. N. A. F. A. P. Lechtenberg. 2007. Acidosis in feedlot cattle. 23(2):333-350.
- NASCEM. 2016. Nutrient requirements of beef cattle: Eight Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. doi. org/10.17226/19014.
- Nielsen, B. L. J. A. A. B. S. 1999. On the interpretation of feeding behaviour measures and the use of feeding rate as an indicator of social constraint. 63(1):79-91.
- Nocek, J. E., and S. J. J. o. d. s. Tamminga. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. 74(10):3598-3629.
- Owens, C. E., R. A. Zinn, A. Hassen, and F. N. J. T. P. A. S. Owens. 2016. Mathematical linkage of total-tract digestion of starch and neutral detergent fiber to their fecal concentrations and the effect of site of starch digestion on extent of digestion and energetic efficiency of cattle. 32(5):531-549.
- Poppi, D., W. Ellis, J. H. Matis, and C. E. Lascano. 2001. Marker concentration patterns of labelled leaf and stem particles in the rumen of cattle grazing bermuda grass (*Cynodon dactylon*) analysed by reference to a raft model. *British Journal of Nutrition* 85(5):553-563.
- Rinne, M., P. Huhtanen, and S. Jaakkola. 2002. Digestive processes of dairy cows fed silages harvested at four stages of grass maturity. *Journal of animal science* 80(7):1986-1998.

- Russek, M. J. N. 1963. Participation of hepatic glucoreceptors in the control of intake of food. 197(4862):79-80.
- Salvati, G., W. Santos, J. Silveira, V. Gritti, B. Arthur, P. Salvo, L. Fachin, A. Ribeiro, N. M. Júnior, and L. Ferraretto. 2021. Effect of kernel processing and particle size of whole-plant corn silage with vitreous endosperm on dairy cow performance. *Journal of Dairy Science* 104(2):1794-1810.
- Schwab, E., C. Schwab, R. Shaver, C. Girard, D. Putnam, and N. J. J. o. D. S. Whitehouse. 2006. Dietary forage and nonfiber carbohydrate contents influence B-vitamin intake, duodenal flow, and apparent ruminal synthesis in lactating dairy cows. 89(1):174-187.
- Shaver, R., and M. J. J. o. d. s. Bal. 2000. Effect of dietary thiamin supplementation on milk production by dairy cows. 83(10):2335-2340.
- Silvestre, A. M., and D. D. J. R. B. d. Z. Millen. 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. 50
- Spears, J., and W. J. T. p. a. s. Weiss. 2014. Invited review: Mineral and vitamin nutrition in ruminants. 30(2):180-191.
- Spears, J. W. J. A. f. s., and technology. 1996. Organic trace minerals in ruminant nutrition. 58(1-2):151-163.
- Spears, J. W. J. T. j. o. n. 2003. Trace mineral bioavailability in ruminants. 133(5):1506S-1509S.
- Stock, R., S. Laudert, W. Stroup, E. Larson, J. Parrott, and R. J. J. o. A. S. Britton. 1995. Effect of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. 73(1):39-44.
- Stock, R., M. Sindt, J. Parrott, and F. J. J. o. A. S. Goedeken. 1990. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. 68(10):3441-3455.
- Stock, R. A., and G. E. Erickson. 2006. Associative effects and management-combinations of processed grains. In: *Proceedings of Cattle Grain Processing Symposium*, Tulsa, OK. p 166-172.
- Swanson, K., C. Richards, and D. J. J. o. a. s. Harmon. 2002. Influence of abomasal infusion of glucose or partially hydrolyzed starch on pancreatic exocrine secretion in beef steers. 80(4):1112-1116.
- Tafaj, M., B. Junck, A. Maulbetsch, H. Steingass, H. Piepho, and W. Drochner. 2004. Digesta characteristics of dorsal, middle and ventral rumen of cows fed with different hay qualities and concentrate levels. *Archives of Animal Nutrition* 58(4):325-342.
- Tokarnia, C. H. 2010. *Deficiências minerais em animais de produção*. Ed. Helianthus.
- Turgeon, O., J. Szasz, W. Koers, M. Davis, and K. J. J. o. a. s. Vander Pol. 2010. Manipulating grain processing method and roughage level to improve feed efficiency in feedlot cattle. 88(1):284-295.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.
- Van Soest, P. v., J. Robertson, and B. J. J. o. d. s. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. 74(10):3583-3597.
- Vanderwerff, L., L. Ferraretto, and R. J. J. o. D. S. Shaver. 2015. Brown midrib corn shredlage in diets for high-producing dairy cows. 98(8):5642-5652.
- Vieira, R. A. M., L. O. Tedeschi, and A. J. J. o. T. B. Cannas. 2008. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 2. Integrating digestion and passage. 255(4):357-368.
- Weiss, C., W. Gentry, C. Meredith, B. Meyer, N. Cole, L. Tedeschi, F. McCollum III, and J. J. J. o. a. s. Jennings. 2017. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. 95(4):1707-1714.

- Yang, W., K. Beauchemin, and L. J. J. o. D. S. Rode. 2001. Barley processing, forage: concentrate, and forage length effects on chewing and digesta passage in lactating cows. 84(12):2709-2720.
- Yang, W., and K. J. J. o. d. s. Beauchemin. 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. 89(1):217-228.
- Zebeli, Q., J. Aschenbach, M. Tafaj, J. Boguhn, B. Ametaj, and W. Drochner. 2012. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 95(3):1041-1056.
- Zebeli, Q., S. Dunn, and B. Ametaj. 2011a. Perturbations of plasma metabolites correlated with the rise of rumen endotoxin in dairy cows fed diets rich in easily degradable carbohydrates. *Journal of dairy science* 94(5):2374-2382.
- Zebeli, Q., S. Dunn, and B. J. J. o. d. s. Ametaj. 2011b. Perturbations of plasma metabolites correlated with the rise of rumen endotoxin in dairy cows fed diets rich in easily degradable carbohydrates. 94(5):2374-2382.
- Zebeli, Q., M. Tafaj, B. Metzler, H. Steingass, and W. Drochner. 2006. New aspects on the contribution of ruminal mat quality on digesta kinetics in reticulorumen of high-producing dairy cows. *Ubers. Tierernahr* 34:165-196.
- Zimmerly, C., and W. J. J. o. D. S. Weiss. 2001. Effects of supplemental dietary biotin on performance of Holstein cows during early lactation. 84(2):498-506.
- Zinn, R., F. Owens, R. Stuart, J. Dunbar, and B. J. J. o. A. S. Norman. 1987. B-vitamin supplementation of diets for feedlot calves. 65(1):267-277.
- Zinn, R., F. Owens, and R. J. J. o. A. S. Ware. 2002. Flaking corn: processing mechanics, quality standards, and impacts on energy availability and performance of feedlot cattle. 80(5):1145-1156.

CAPÍTULO 2 – ARTIGO

EFEITOS DO TAMANHO DE PARTÍCULA DA SILAGEM DE MILHO E DA PRESENÇA DE VITAMINAS B E HIDROXI-MINERAIS NA DIETA SOBRE A DIGESTIBILIDADE E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE NOVILHAS NELORE

Resumo

As dietas de confinamentos brasileiros possuem alta concentração energética e a maioria utiliza SPIM como principal fonte de fibra. O objetivo desse estudo foi determinar o efeito do tamanho teórico de partícula (13 mm e 24 mm) de SPIM, associada ou não com a suplementação de um complexo de vitaminas B e hidroximinerais sobre desempenho e comportamento ingestivo de novilhas Nelore em terminação. Foram utilizadas 96 novilhas Nelore com peso vivo médio inicial de $248,33 \pm 36,28$ Kg em um delineamento inteiramente casualizado, com um arranjo fatorial 2×2 (2 tamanhos de partículas e com/sem inclusão de vitaminas B e hidroximinerais). As dietas foram formuladas para proporcionar ganho de 1,5 kg/dia, com fornecimento *ad libitum* duas vezes ao dia. Os animais foram alojados em 32 baias coletivas com 3 animais cada, sendo que cada tratamento tinha oito repetições. Os tratamentos eram: SPIM 13 mm sem a presença do aditivo (13C), SPIM 13 mm com inclusão do aditivo (13A), SPIM 24 mm sem a presença do aditivo (24C) e SPIM 24 mm com inclusão do aditivo (24A). Foi realizado uma observação do comportamento alimentar por 24 horas durante o confinamento. Os animais foram pesados no início e no final do período experimental, após jejum sólido de 16 horas. No manejo final, foi realizada a coleta do sangue dos animais e realizada a ultrassonografia para avaliação de carcaça dos animais. Os resultados deste estudo não foram influenciados pelos diferentes tamanhos de partícula e pela suplementação ou não do aditivo com vitaminas do complexo B e hidroximinerais.

1. INTRODUÇÃO

O uso de fonte de fibra na dieta de confinamento tem como principal função manter a saúde ruminal e estimular consumo de matéria seca (Nagaraja and Lechtenberg, 2007; Arelovich et al., 2008; Allen et al. 2009). Um levantamento realizado por Bernardes (2019), demonstrou que 69,4% dos confinamentos utilizavam a silagem de milho com principal fonte de fibra no Brasil.

Dentre os vários tipos de silagem, a de SPIM é tradicionalmente mais utilizada na produção animal tendo como função, aumentar a ingestão de energia e aumentar a mastigação, ruminação e a salivação (Marques et al., 2016), uma vez que tem quantidade de amido superior a 28% na matéria seca e fibra solúvel em detergente neutro (FDN) inferior a 50% MS.

Todavia, para a produção de silagem é necessário possuir grandes áreas para plantio de milho, visto que em alguns estados brasileiros a produtividade é baixa devido as condições edafoclimáticas, além da competição com a produção de milho para grão, aumentar os custos operacionais e dificultar a logística nos confinamentos. Dietas com maior proporção de forragem requerem maiores estoques e maior mão de obra nas fazendas, o custo será maior em relação à energia metabolizável quando comparado ao uso de concentrados, maiores proporções de fibras na dieta podem implicar em menor eficiência em relação a dietas mais energéticas (Stock et al., 1990; Turgeon et al., 2010; Gentry et al., 2016). Desse modo, pecuaristas e nutricionistas optam por diminuir a inclusão da silagem na dieta, e por consequência utilizam dietas com maior concentração de amido, por fornecer maior quantidade de energia para bovinos em terminação (Silvestre and Millen, 2021).

Porém, dietas com alto teor de amido podem levar a um aumento da fermentação ruminal, uma vez que tem fermentação rápida, o que pode acarretar em queda do pH devido ao acúmulo de ácidos graxos voláteis (AGV), vindo causar distúrbios metabólicos (Ametaj et al., 2005b; Goff and technology, 2006; Zebeli et al., 2011b). Para evitar esse problema, além de ser necessário adicionar uma quantidade de fibra na dieta, é importante atentar ao tamanho da fibra. O tamanho de partícula da fibra está totalmente relacionado com a sua efetividade, ou seja, com uma menor inclusão da fonte de fibra nas dietas, aumentar o tamanho de suas partículas pode garantir um bom funcionamento do rúmen (Weiss et al., 2017). Uma maneira de permitir concentrações adequadas de FDNfe mesmo com menores inclusões de silagem, é utilizar o

Shredlage, que é um processador acoplado a colhedora autopropelida, que permite tamanhos maiores de partícula da silagem e ainda assim quebrar os grãos (Ferraretto et al., 2018).

Além de problemas metabólicos, alta inclusão de amido na dieta, pode reduzir o CMS dos animais. Animais em situação de estresse terão menor eficiência metabólica e impacto negativo sobre o consumo também, podendo apresentar deficiência de vitaminas do complexo B (Leclerc et al., 2015). A síntese dessas vitaminas ocorre no rúmen, porém existe alta degradação ruminal e até podem ser utilizadas por microrganismos presentes no rúmen (Zinn et al., 1987; Schwab et al., 2006). Portanto, o uso de moduladores do metabolismo hepático como vitaminas do complexo B protegidas, pode ajudar a diminuir esse problema. Essas vitaminas, atuam como cofatores enzimáticos no fígado (Spears and Weiss, 2014), podendo melhorar o consumo e eficiência alimentar de bovinos de corte em terminação.

Os hidroximinerais são fontes de minerais cristalinos formados por ligações covalentes e ligadas ao grupo hidroxila. Devido à essas ligações covalentes, essa fonte de mineral se torna mais estável quando comparada à outras fontes e não são solúveis ao pH ruminal, assim eles apresentam maior biodisponibilidade (Spears and Weiss, 2014; Arthington, 2015). O cobre é essencial para enzimas como a citocromo oxidase, lisil oxidase, superóxido dismutase, dopamina beta-hidroxilase e tironase e importante no metabolismo lipídico, carboidratos e proteínas (McDonald et al., 2002; NASCEM, 2016). E o zinco é um micromineral que atua como cofatores enzimáticos e na ativação de enzimas, está relacionado à processos do sistema imunológico, componente da timosina e atua na proliferação celular, síntese proteica e DNA, participa dos sistemas reguladores de hormônio do crescimento (Council, 1996; Leme, 2000; NASCEM, 2016; Horst et al., 2020).

Diante disso, faz-se necessário ampliar os conhecimentos sobre o tamanho de partícula ideal para bovinos de corte em confinamento, além de avaliar os efeitos de suplementação com complexo de vitaminas B e hidroximinerais. Hipotetizou se que a inclusão de silagem de planta inteira de milho, com maior tamanho de partícula, associada ao uso de um complexo de vitaminas B e hidroximinerais, melhoraria o comportamento ingestivo e o desempenho de novilhas Nelore em terminação. Com isso, objetivou se com este trabalho, determinar o efeito do tamanho teórico de partícula (13 mm e 24 mm) de silagem de planta inteira de milho, associada ou não com a suplementação de um complexo de vitaminas B e hidroximinerais sobre o comportamento ingestivo e desempenho de novilhas Nelore em terminação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Plantio do milho e ensilagem

O plantio do milho, foi realizado na Universidade Federal de Lavras, no Departamento de Zootecnia, localizado na cidade de Lavras, Minas Gerais (21°13'49" S, 44°58'10" W). O híbrido plantado, em sistema de plantio direto, foi o 91LVIC3 em uma área de 10,6 ha. Foi realizada uma adubação no plantio com 08-28-16, duas adubações com ureia e uma adubação foliar de micronutrientes. Foi realizada a aplicação de herbicida e inseticida para controle de plantas invasoras e insetos.

Para colheita do milho foi utilizada a colhedora Claas Jaguar 870 orbis 600, com rolos processadores do tipo Shredlage. Este processador possui um perfil de dente de serra com ranhura contra espiral adicional e apresenta diferença de velocidade entre rolos, permitindo que esmague totalmente os grãos de milho e triture completamente os pedaços de caule.

Foram confeccionados dois silos, um com a máquina ajustada para tamanho teórico de partícula de 13 mm e outro de 24 mm, ambos com os rolos processadores ajustados para uma distância de 1.3 mm, estes valores foram definidos de acordo com esse modelo de colhedora. Durante a colheita, os caminhões foram intercalados em cada tamanho de partícula, para ter uma silagem padronizada e sem interferência da lavoura de milho. O milho foi colhido com matéria seca média de 37.9% e os caminhões foram amostrados aleatoriamente para avaliação da distribuição de partículas, utilizando o conjunto de peneiras *Penn State Particle Separator* (PSPS) e análise de *Kernel Processing Score* (KPS). Os resultados estão apresentados na Tabela 1.

A avaliação do TTP utilizando PSPS foi realizado segundo o método de Heinrichs et al. (2013), que sugere empilhar as peneiras em ordem decrescente de diâmetro de crivo, colocar uma quantidade conhecida da amostra e agitá-las horizontalmente em uma superfície plana. Devendo ser realizados 5 movimentos em uma direção, e girá-las em um quarto de volta, completando 40 movimentos. Ao final do processo, cada peneira é pesada, obtendo-se a proporção de amostra. Para a determinação do KPS, foi utilizado um equipamento com um conjunto de 7 peneiras e o fundo. Estas são empilhadas em ordem decrescente de tamanho de crivo. O processo é realizado com 100g de amostra seca, submetida à agitação vertical por 10 minutos. Ao final do tempo as peneiras são pesadas. Deste procedimento foram geradas duas amostras: aquelas retidas na peneira de 4,75 mm e abaixo desta, e aquelas que ficaram retidas acima da peneira de 4,75mm.

2.2. Confinamento dos animais

O confinamento experimental foi conduzido na Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Setor de Bovinocultura de Corte, no período de julho a outubro de 2021. Foram utilizadas 96 novilhas de raça Nelore, com idade média de 18 meses e peso vivo médio inicial de $248,33 \pm 36,28$ Kg, em um delineamento inteiramente casualizados com um arranjo fatorial 2×2 para avaliar as interações entre silagem de milho de diferentes tamanhos de partículas (13 mm e 24 mm) e a inclusão de suplemento contendo vitaminas do complexo B e hidroximinerais (com ou sem).

Os animais foram alojados em 32 baias coletivas com 3 animais cada, sendo que cada tratamento tinha oito repetições, pois as baias são consideradas as unidades experimentais. As baias para confinamento tinham 4 m \times 10 m, piso em terra e concreto próximo ao cocho, assim como, bebedouros coletivos a cada duas baias.

O período experimental foi de 101 dias, com um período de adaptação de 15 dias, onde a proporção de silagem de planta inteira de milho (SPIM) da dieta diminuiu e a proporção de silagem de grãos reconstituídos (SGR) aumentou a cada 5 dias (sistema *step up*). O primeiro *step* foi com 50% de SPIM e 8,6% de SGR, o segundo *step* 40% de SPIM e 18,6% de SGR e o terceiro *step* com 30% de SPIM e 28,6% SGR. A concentração dos demais ingredientes não foram alteradas durante a adaptação (41,4%) e após essa fase iniciou-se a dieta final (Tabela 2).

Antes de iniciar o período de adaptação, os animais foram tratados contra ecto e endoparasitos. Foram realizadas duas pesagens, uma com os animais cheios e no segundo dia de manejo, os animais foram pesados após o jejum de sólidos por 16h. Após as pesagens, os animais foram distribuídos em quatro dietas experimentais: 1) SPIM com tamanho de partícula de 13 mm e sem adição de suplemento com vitaminas do complexo B e hidroximinerais (13C), 2) SPIM com tamanho de partícula de 13 mm e com adição de suplemento com vitaminas do complexo B e hidroximinerais (13A), 3) SPIM com tamanho de partícula de e sem adição de suplemento com vitaminas do complexo B e hidroximinerais (24C) e 4) SPIM com tamanho de partícula de 24 mm e com adição de suplemento com vitaminas do complexo B e hidroximinerais (24A); A proporção dos ingredientes, composição química e distribuição das partículas das dietas estão descritas na Tabela 2.

O concentrado é uma mistura de milho grão, farelo de algodão, farelo de soja, ureia e um núcleo com ou sem um aditivo com vitaminas B e hidroximinerais. As dietas foram formuladas segundo o NASEM (2016) para ganhos de 1,5 kg/dia, com fornecimento *ad libitum*

duas vezes ao dia, às 08h00 e 16h00, mantendo um mínimo de sobras de 3%. Todos os dias antes do trato foi avaliado o escore do cocho e realizada a MS dos ingredientes semanalmente para ajustes de dieta.

2.3. Comportamento ingestivo

Foi realizado um comportamento alimentar no dia 47 do período experimental, por observação visual durante 24 horas ininterruptas, registrando em intervalos de 5 minutos as atividades: ruminção, ingestão, ócio, bebendo água e outras atividades. A divisão do período de tempo no mesmo dia não foi considerada em nosso teste. Os dados coletados foram utilizados para obter apenas um dado médio. O tempo gasto alimentando e ruminando foi utilizado para calcular o tempo gasto em mastigação (Johnson e Combs, 1991).

2.4. Ultrassom de carcaça

No manejo de pesagem dos animais pré-abate, foi realizada a coleta de imagens para avaliar as características de carcaça das novilhas. A ultrassonografia foi realizada na região lombar, entre a 12^a e 13^a costelas para avaliação da área de olho de lombo (AOL) e espessura de gordura subcutânea (EGS). As imagens foram coletadas utilizando-se o ultrassom Aloka SSD500II, com transdutor linear de 18 cm de comprimento e auxílio do software BioSoft Toolbox® II (Biotronics, IA, EUA).

2.5. Coleta de sangue

Amostras de sangue foram coletadas na veia coccígea no fim do período experimental para mensurar os níveis de D-Lactato e enzimas relacionadas ao metabolismo hepático: Aspartato aminotransferase (AST), Gama-glutamil aminotransferase (GGT) e Creatina quinase (CK).

O sangue foi coletado em tubos comerciais (Vacutainer, 10 mL; Becton Dickinson, Franklin Lakes, EUA) sem heparina sódica. Após um período de 30 a 180 minutos para a formação do coágulo e a completa obtenção do soro, as amostras foram centrifugadas ($2.500 \times g$ por 30 min a 4°C) e transferidas para microtubos e posteriormente armazenados a -80°C.

A mensuração dos níveis de D-Lactato foi analisada pelo kit comercial (MAK058 para D-Lactato Colorimetric Assay Kit - MAK058 para D-Lactato, Sigma-Aldrich, St. Louis, EUA).

As leituras serão realizadas em leitor de espectrofotômetro Multiskan GO® (Thermo Scientific, Waltham, EUA).

2.6. Medidas de desempenho

Foram coletadas amostras de sobras diariamente e da dieta total duas vezes na semana, para predição do consumo (CMS) e avaliação física com a Penn State. Amostras dos ingredientes da dieta foram coletadas toda semana e realizada a matéria seca para ajuste do consumo. Para determinação do ganho de peso médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA), os animais foram pesados no início e no final do período experimental, após jejum sólido de 16 horas. A EA foi calculada pela divisão do ganho individual do animal dividido pelo seu consumo.

Após o período experimental, os animais foram abatidos utilizando a técnica de concussão cerebral e secção da veia jugular, seguido de remoção do couro e evisceração. Posteriormente, as carcaças foram divididas em duas metades para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ) e foi calculado o rendimento de carcaça (RC).

2.7. Análises estatísticas

O experimento foi um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2×2 . Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do software SAS, com tratamentos como efeito fixo e baia como efeito aleatório. Os dados foram analisados de cada animal individualmente, usando a baia como unidade experimental, de acordo com St-Pierre (2007). O peso inicial foi utilizado como covariável para medidas de desempenho. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para analisar a normalidade dos resíduos dos dados. Quando os dados não apresentaram distribuição normal, os dados foram transformados pelo procedimento RANK do software SAS, e posteriormente foram submetidos à análise de variância e o teste de Tukey. Os valores de $P \leq 0,05$ foram considerados significativos e considerados tendência quando $0,05 > P < 0,10$.

3. RESULTADOS

Os resultados de desempenho estão apresentados na Tabela 3. Os tratamentos não alteraram no peso inicial, no peso final e no PCQ. O consumo de matéria seca (\bar{x} 8,6 KgMS/dia) e ganho médio diário (\bar{x} 1,23 Kg/dia), assim como a eficiência alimentar, também foram semelhantes e não apresentaram diferença estatística. As medidas de AOL e EGS foram

semelhantes para todos os tratamentos. Os tratamentos sem a presença do aditivo apresentaram tendência de maior rendimento de carcaça ($P = 0,048$).

O tempo de ruminação médio foi de 199,6 minutos e o tempo ingerindo a dieta médio foi de 171,4 minutos, sem diferença entre os tratamentos. Conseqüentemente, o tempo de mastigação não foi diferente, visto que a mastigação é o somatório do tempo ruminando e do tempo de ingestão. Não foi observada diferença entre os tratamentos no tempo nas demais atividades, como bebendo água, ócio em pé ou deitado (Tabela 4).

A concentração enzimática (Tabela 5) no sangue dos animais foi semelhante para as concentrações de Ck e ATS. Um efeito do aditivo sobre a GGT foi obtido, os tratamentos sem a presença do aditivo apresentaram uma maior quantidade de unidades por litro de GGT ($P=0,013$). A concentração média de D-lactato foi 1,79 U/l e não diferiu entre os tratamentos.

4. DISCUSSÃO

A distribuição de partículas da planta inteira de milho, realizada com a *Penn State* no momento da colheita, mostra que a silagem de milho com fibra longa teve uma maior proporção de partículas retidas na peneira de 19 mm (Tabela 1), com essa mudança na proporção de partícula acima de 19, pretende testar se é possível trabalhar com uma baixa inclusão de silagem sem causar efeitos negativos para os animais. No entanto, ao passo que se comparou as dietas, foi possível observar que o tratamento com TTP 24 mm, apresentou uma concentração de partículas ligeiramente maior nas peneiras de 19 mm e 8 mm, não tendo interferência na FDNfe, não houve alteração no comportamento alimentar e, conseqüentemente no desempenho dos animais.

A redução do tamanho das partículas da silagem de milho não afetou o tempo total gasto na alimentação, o que foi semelhante a outros relatos (Bal et al., 2000; Schwab et al., 2002; Kononoff et al., 2003). É importante entender que a silagem de milho de menor tamanho de partícula pode ser mais eficaz em estimular a atividade de mastigação com base na quantidade de FDN consumida. Fernandez et al. avaliou o efeito de híbridos de milho com diferentes tamanhos teóricos de partícula e não observaram diferença nos tempos de ruminação e mastigação, mas o consumo foi maior para os animais que consumiram o híbrido com maior digestibilidade de FDN. Fox (2002) recomenda a inclusão de FDNfe variando 7 a 10% na MS para dietas de alta energia, a dieta deste trabalho foi formulada estimando 9.56 % FDNfe na MS, seria o necessário para manter o pH ruminal (Owens et al., 1998) e impedir uma redução no consumo dos animais. Os valores de FDNfe médios dos tratamentos de 13 mm e 24 mm,

foram respectivamente 6,27% e 6,93%, valores semelhantes e próximo ao recomendado por Fox, 2002.

O aumento do tamanho teórico das partículas pode ser um meio de diminuir a inclusão de fibra na dieta e manter o bom funcionamento do rúmen e o desempenho dos animais (Gentry et al., 2016; Weiss et al., 2017). O consumo de matéria seca aumentou com a redução do tamanho de partícula da silagem no trabalho de Kononoff (2003), mas não observamos mudança no consumo nos diferentes tamanhos de partículas. Como a proporção de FDN na dieta total foi mantido baixo, o consumo de matéria seca não foi afetado pelo aumento do tamanho de partícula (Yang and Beauchemin, 2006). Isto pode estar relacionando ao enchimento físico do animal, pois mesmo com o maior tamanho de partícula, o animal pode não ter atingido enchimento físico a ponto de afetar o consumo de matéria seca (Mertens and utilization, 1994). O comportamento alimentar dos animais tem influência direta na ingestão de matéria seca (Caetano, 2015, Defoor, 2002, Goulart, 2020). Contudo, em nosso estudo não foram observadas diferenças no tempo de ingestão ou ruminação, com isso o consumo não foi alterado.

Outro ponto, é o processamento dos grãos das silagens, foi utilizado o *Shredlage* (Ferraretto et al., 2018) para quebrar os grãos, o KPS médio no momento da colheita foi 73,34% mostrando um processamento de forma otimizada (Ferreira and Mertens, 2005), garantindo que os grãos foram mais danificados (pelo menos em 4 partes) e aumentando a disponibilidade de nutrientes das silagens de fibra curta ou longa. E isso, pode ter contribuído para os valores semelhantes de GMD e EA (ZoBell et al., 2002).

Dos parâmetros sanguíneos avaliados, foi observado um efeito do aditivo sobre a concentração de GGT. A inclusão do suplemento contendo as vitaminass do complexo B e hidroximinerais tiveram menores quantidades de GGT., A GGT é uma enzima relacionada a presença de problemas hepáticos e sua menor concentração indicaria que esse aditivo ajudaria a evitar lesões no fígado, causadas principalmente pela dieta. No entanto, as concentrações do presente estudo estariam dentro da faixa normal de até 140 U/L (Barros Filho, 1995) e não foram observados efeitos sobre a concentração de ATS, que também é um biomarcador de lesão hepática.

No abate dos animais não tivemos fígados condenados e as características de desempenho dos animais não foram diferentes. Os valores de CK não apresentaram diferença entre os tratamentos, apesar de estarem acima do recomendado, 4,8–12,1 U/l (Kaneko, 1997),

essa enzima é uma indicadora sensível e específica de lesão muscular, esses valores podem ser pelo manejo de pesagem desses serem estressantes e poder ter causado algum dano físico nesses animais (Ladeira et al., 2016).

Apesar dos indícios que a suplementação de vitaminas B seria benéfica para animais de corte, assim como o uso dos hidroximinerais, zinco e cobre, que também estão presentes em nosso aditivo como uma fonte protegida do rúmen, principalmente por questões relacionadas ao estresse, metabolismo hepático, melhorando a eficiência metabólica (Leclerc et al.), as novilhas suplementadas com essas vitaminass neste trabalho não tiveram diferenças no comportamento e desempenho. Assim como o uso dos hidroximinerais, zinco e cobre, que também estão presentes em nosso aditivo como uma fonte protegida do rúmen.

5. CONCLUSÃO

O uso de um tamanho de partícula de silagem de planta de milho maior (24 mm) e a suplementação com o complexo de vitaminas B e os hidroximinerais, zinco e cobre, não alteraram o comportamento alimentar e o desempenho de novilhas Nelore em terminação, quando comparados a um tamanho teórico de partícula menor (13 mm) e a não suplementação deste aditivo.

6. REFERÊNCIAS

- Barros Filho, I.R., 1995. Contribuição ao estudo da bioquímica clínica em zebuínos da raça Nelore (*Bos Indicus*, Linnaeus, 1758) criados no Estado de São Paulo [Contribution to the study of clinical biochemistry in Nelore Zebu (*Bos Indicus*, Linnaeus 1758) bred in the state of São Paulo]. In: Dissertation (Masters in Veterinary Medicine). Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny, University of São Paulo, São Paulo, 132 p.
- Bal, M., R. Shaver, A. Jirovec, K. Shinnors, and J. J. J. o. D. S. Coors. 2000. Crop processing and chop length of corn silage: Effects on intake, digestion, and milk production by dairy cows. 83(6):1264-1273.
- Bernardes, Thiago; Castro, Thais. PSXII-12 Silages and roughage sources in the Brazilian beef feedlots. *Journal of Animal Science*, v. 97, n. Supplement_3, p. 411-411, 2019.
- Fernandez, I., C. Martin, M. Champion, and B. J. J. o. d. s. Michalet-Doreau. 2004. Effect of corn hybrid and chop length of whole-plant corn silage on digestion and intake by dairy cows. 87(5):1298-1309.
- Ferraretto, L., R. Shaver, and B. J. J. o. d. s. Luck. 2018. Silage review: Recent advances and future technologies for whole-plant and fractionated corn silage harvesting. 101(5):3937-3951.
- Ferreira, G., and D. J. J. o. d. s. Mertens. 2005. Chemical and physical characteristics of corn silages and their effects on in vitro disappearance. 88(12):4414-4425.
- Fox, D., and L. Tedeschi. 2002. Application of physically effective fiber in diets for feedlot cattle. In: *Proceedings of the plains nutrition conference*. p 67-81.
- Gentry, W., C. Weiss, C. Meredith, F. McCollum, N. Cole, and J. J. J. o. a. s. Jennings. 2016. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. 94(11):4759-4770.
- Hamilton, H. C., M. L. Jolly-Breithaupt, A. K. Watson Watson, J. C. MacDonald, and G. E. Erickson. 2019. Impact of Corn Silage Inclusion on Nutrient Digestion and Rumen Fermentation in Finishing Cattle.
- Johnson, T.R. And D.K. Combs. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*, 74: 933-944, 1991.
- Kaneko, J. J. 1997. Serum proteins and the dysproteinemias, *Clinical biochemistry of domestic animals*. Elsevier. p. 117-138.
- Kononoff, P., A. Heinrichs, and D. J. J. o. d. s. Buckmaster. 2003. Modification of the Penn State forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. 86(5):1858-1863.
- Ladeira, M. M., J. P. Schoonmaker, M. P. Gionbelli, J. C. Dias, T. R. Gionbelli, J. R. R. Carvalho, and P. D. J. I. j. o. m. s. Teixeira. 2016. Nutrigenomics and beef quality: a review about lipogenesis. 17(6):918.
- Leclerc, H., E. Evans, R. Z. Gaytan, and J. G. Flores. B vitamins and their benefits in beef feedlot performance.
- Mertens, D. J. F. q., evaluation., and utilization. 1994. Regulation of forage intake. 450-493.
- NASCEM. 2016. Nutrient requirements of beef cattle: Eight Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. doi. org/10.17226/19014.
- Owens, F., D. Secrist, W. Hill, and D. J. J. o. a. s. Gill. 1998. Acidosis in cattle: a review. 76(1):275-286.
- Schwab, E., R. Shaver, K. Shinnors, J. Lauer, and J. J. J. o. D. S. Coors. 2002. Processing and chop length effects in brown-midrib corn silage on intake, digestion, and milk production by dairy cows. 85(3):613-623.
- Silvestre, A. M., and D. D. J. R. B. d. Z. Millen. 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. 50

- St-Pierre, N. J. J. o. d. s. 2007. Design and analysis of pen studies in the animal sciences. 90:E87-E99.
- Weiss, C., W. Gentry, C. Meredith, B. Meyer, N. Cole, L. Tedeschi, F. McCollum III, and J. J. J. o. a. s. Jennings. 2017. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. 95(4):1707-1714.
- Yang, W., and K. J. J. o. d. s. Beauchemin. 2006. Effects of physically effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. 89(1):217-228.
- ZoBell, D. R., K. Olson, R. Wiedmeier, D. Sass, K. Shinnars, T. J. A. F. S. McAllister, and Technology. 2002. Effects of processed corn silage on its digestibility and production of growing beef replacement heifers. 96(3-4):221-228.

Tabela 1: Distribuição de partículas na *Penn State Particle Separator* e KPS da planta de milho no momento da ensilagem.

	13 mm	24 mm
<i>Penn State</i> , %		
19 mm	9,56	35,04
8 mm	66,89	39,30
4 mm	14,08	15,34
Fundo	9,44	10,32
KPS, %	73,93	72,75

Tabela 2: Proporção dos ingredientes, composição química e distribuição de partículas da dieta.

	13C	24A ^{2 3}	13C	24A ^{2 3}
<i>Ingrediente, % da MS</i>				
Silagem de milho 13 mm	19,50	19,50	-	-
Silagem de milho 24 mm	-	-	19,50	19,50
Silagem de grãos reconstituídos	39,10	39,10	39,10	39,10
Milho grão	26,30	26,30	26,30	26,30
Farelo de algodão	7,10	7,10	7,10	7,10
Farelo de soja	3,95	3,95	3,95	3,95
Ureia	0,85	0,85	0,85	0,85
Núcleo ¹	3,20	3,20	3,20	3,20
<i>Composição química</i>				
Matéria seca, %	56,89	55,10	56,90	58,00
Cinzas, % MS	4,23	4,06	4,64	4,18
FDN, % MS	19,58	21,03	16,78	18,23
Proteína bruta, % MS	13,99	13,76	13,87	14,79
Amido, % MS	51,90	51,90	51,90	51,90
Gordura, % MS	3,79	3,79	3,79	3,79
NDT aparente, %MS	79,9	79,9	79,9	79,9
Energia líquida manutenção, Mcal/kg	2,00	2,00	2,00	2,00
Energia líquida ganho, Mcal/kg	1,36	1,36	1,36	1,36
<i>Distribuição das partículas nas dietas fornecidas, %</i>				
19 mm	1,40	1,53	3,93	3,63
8 mm	18,96	25,54	19,76	20,83
4 mm	15,33	21,68	12,78	12,83
Fundo	64,31	61,37	63,73	62,71
FDNfe > 8 mm	5,38	7,16	6,82	7,04

¹ Núcleo: Ca (13%MS), P (1,5%MS), Mg (6,8%MS), Na (8%MS), S (2,5%MS), Co (32mg/kg), Cu (330mg/kg), I (24mg/kg), Mn (1152mg/kg), Se (6mg/kg), Zn (1220mg/kg), Vit.A (67UI/g), Vit. D (9,5UI/g), Vit. E (0,95UI/g), Monensina (650mg/kg).

² Complexo Vit.B: Tiamina (3,49mg), ácido pantotênico (17,67mg), Piridoxina (11,29mg), Ácido fólico (1,92mg), Cobalamina (176,75mcg), Biotina (1427,26mcg). Os minerais Zn e Cu estão na forma de hidroximinerais.

³ Os minerais Zn e Cu estão na forma de inorgânica nos tratamentos CC e LC. Nos tratamentos CA e LA estão na forma de hidroximinerais.

Tabela 3: Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e da suplementação com vitaminas do complexo B e hidroximinerais sobre o desempenho e características de carcaça de novilhas Nelore em terminação.

	13C	13A	24C	24A	SEM	P-Valor		
						F	A	F×A
<i>Desempenho</i>								
Peso inicial, kg	247,9	247,8	245,9	248,8	7,35	0,941	0,852	0,834
Peso final, kg	364,8	370,1	372,8	365,2	7,63	0,834	0,880	0,384
CMS, kg/dia	8,6	8,5	8,8	8,5	0,45	0,745	0,644	0,825
GMD, kg/dia	1,23	1,22	1,27	1,19	0,04	0,891	0,257	0,355
EA	15,9	16,0	15,8	15,4	0,68	0,647	0,827	0,674
<i>Ultrassom da carcaça</i>								
AOL, cm ²	70,51	67,73	68,17	69,78	1,43	0,918	0,677	0,120
EGS, mm	1,26	1,54	1,40	1,43	0,10	0,994	0,159	0,173
<i>Pós abate</i>								
PCQ, kg	194,0	191,8	194,6	190,1	4,40	0,896	0,437	0,789
RC, %	52,6	51,8	52,1	51,7	0,28	0,283	0,048	0,398

Tabela 4: Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do núcleo sobre o comportamento alimentar de novilhas Nelore em terminação.

	13C	13A	24C	24A	SEM	P-Valor		
						F	A	F*A
Ruminação, min	187,3	212,0	187,2	212,2	16,27	0,996	0,127	0,995
Ingestão, min	162,3	168,4	175,2	179,8	9,99	0,233	0,596	0,942
Mastigação, min	359,9	389,8	388,9	391,2	25,07	0,548	0,526	0,587
Outras atividades, min	1074,3	1073,9	1047,9	1049,2	24,2	0,278	0,984	0,970

Tabela 5: Efeito do tamanho de partícula da silagem de milho e do núcleo sobre os parâmetros sanguíneos de novilhas Nelore em terminação.

	CC	CA	LC	LA	SEM	P-Valor		
						F	A	F*A
CK, U/l	113,34	108,42	132,00	187,18	38,8	0,122	0,913	0,992
GGT, U/l	13,74	12,56	14,03	12,49	0,55	0,837	0,013	0,736
ATS, U/l	8,06	8,83	8,70	9,09	0,56	0,417	0,296	0,733
Lactato, U/l	1,72	1,80	1,80	1,84	0,18	0,610	0,849	0,895