Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Uso do bicarbonato de sódio e da casca de soja em dietas sem forragem para terminação de cordeiros confinados

Ana Carolina Silva Vicente

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

Piracicaba
2022

Ana Carolina Silva Vicente
Bacharela em Zootecnia

Uso do bicarbonato de sódio e da casca de soja em dietas sem forragem para terminação de cordeiros confinados

Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **EVANDRO MAIA FERREIRA**

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

Piracicaba
2022

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

Vicente, Ana Carolina Silva

Uso do bicarbonato de sódio e da casca de soja em dietas sem forragem na terminação de cordeiros / Ana Carolina Silva Vicente. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2022.

77 p.

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

1. Tamponante 2.pH 3. Concentrado4. Rúmen I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Josiani e Carlos, que sempre estiveram presentes, me apoiando e incentivando desde sempre. Que acreditaram e investiram em mim sem medir esforços pra que eu chegasse a essa etapa da minha vida. Vocês me inspiram. À minha irmã, Sofia, por ser luz na minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por me guiar e iluminar meu caminho até aqui, por ter me permitido crescer pessoal e profissionalmente durante essa jornada, sem me deixar desistir nos momentos de dificuldade.

Aos meus pais, Josiani Geovana da Silva e Carlos Moreira Vicente, que sempre me apoiaram, me incentivaram a buscar meus sonhos, me deram conselhos e colo quando eu precisei, me instruíram e contribuíram para eu me tornar a pessoa que sou hoje, sem vocês eu não estaria aqui. À minha irmã Sofia, que em tão pouco tempo mudou minha vida e despertou um lado que enm eu sabia que tinha.

À minha família e aos meus amigos, que também sempre me apoiaram, incentivaram, me deram conselhos e estiveram do meu lado.

Ao meu namorado, Giovanni, pelo companheirismo, parceria e pelos bons momentos vividos até aqui.

Ao Otávio, pela amizade, conselhos, conversas, risadas e convivência diária, você foi fundamental na minha trajetória.

À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP) e ao Programa de Pós-Graduação em "Ciência Animal e Pastagens" pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao professor Dr. Evandro Maia Ferreira, pela oportunidade, orientação, pelos ensinamentos e pela confiança depositada em mim para a condução deste trabalho, foram de grande valia.

Ao professor Dr. Alexandre Vaz Pires pelas valiosas contribuições e acolhimento no seu grupo de pesquisa e laboratório.

À professora Dra. Carla Maris Machado Bittar, pela coordenação do programa de pós-graduação.

À CAPES, pela concessão da bolsa durante o mestrado.

Aos membros do SIPOC, pela convivência diária, troca de conhecimentos, ajuda e momentos vivenciados: Isa, Dri, Nat, Ppk (Matheus), Paulo, Rhaissa, Bela, Terezinha e Janaina. Aos estagiários que passaram pelo setor e de alguma forma auxiliaram na minha pesquisa, no trabalho diário e hoje fica a amizade. Aos colegas de outros grupos de estudos e laboratórios pela troca de conhecimentos.

Aos funcionários do SIPOC: Zica (Adilson), Roberto, Joseval, José (Zézé) e Dona Neuza, obrigado pela ajuda, explicação, paciência e pelos momentos que compartilhamos.

A todos que passaram pela minha trajetória e de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui e concluísse esta etapa.

EPÍGRAFE

“O segredo do sucesso não é tentar evitar os problemas nem se esquivar ou se livrar deles, mas crescer pessoalmente para se tornar maior do que qualquer adversidade.”.

T. Harv Eker

SUMÁRIO

RESUMO 8
ABSTRACT 9
1. INTRODUÇÃO 11
Referências 12
2. REVISÃO DE LITERATURA 15
2.1. Caracterização química e funções do bicarbonato de sódio 15
2.2. Efeito do bicarbonato de sódio no desempenho de ruminantes 15
2.3. Efeito do bicarbonato de sódio nas características de fermentação ruminal 16
2.4. Efeito do bicarbonato de sódio na digestibilidade dos nutrientes 17
2.5. Características da casca de soja 18
2.6. Efeito da casca de soja no desempenho de ruminantes 19
2.7. Efeito da casca de soja nas características de fermentação ruminal 20
2.8. Efeito da casca de soja na digestibilidade dos nutrientes 20
Referências 21
3. USO DE DIETAS SEM FORRAGEM PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO RUMINAL. 25
Resumo 25
Abstract 26
3.1. Introdução 27
3.2. Material e Métodos 28
3.3. Resultados 34
3.4. Discussão 42
3.5. Conclusões 45
Referências 46
4. USO DE DIETAS SEM FORRAGEM PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA, MORFOMETRIA RUMINAL E COMPORTAMENTO INGESTIVO 50
Resumo 50
Abstract 51
4.1. Introdução 51
4.2. Material e Métodos 53

4.3. Resultados 60
4.4. Discussão 70
4.5. Conclusões 73
Referências 73

RESUMO

Uso do bicarbonato de sódio e da casca de soja em dietas sem forragem para terminação de cordeiros confinados

A demanda por proteína de origem animal está aumenatndo e a carne ovina pode contribuir para suprir essa demanda. Criações a pasto dependem das condições climáticas e, por isso, não permitem disponibilidade de forragem de maneira constante. Por outro lado, dietas com alto teor de concentrado são de fácil manejo e proporcionam altos ganhos médios diários devido à alta densidade energética das dietas. Entretanto, são um desafio devido à alta proporção de carboidratos fermentescíveis, podendo causar distúrbios metabólicos nos animais como a acidose. O objetivo do presente estudo foi avaliar a inclusão de teores crescentes de bicarbonato de sódio e a comparação com a dieta contendo casca de soja em dietas sem forragem para cordeiros confinados. Para isso, dois experimentos foram conduzidos, em ambos foram avaliados os seguintes tratamentos: CONT – controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, contendo casca de soja em 40% da matéria seca; e três dietas à base de grão de milho moído contendo 1 (1BS), 2 (2BS) e 3% (3BS) de bicarbonato de sódio em % da matéria seca. Experimento I: foram avaliados o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes, a fermentação ruminal e o balanço de nitrogênio. Foram utilizados quatro cordeiros mestiços Dorper × Santa Inês, castrados, canulados no rúmen e 6 meses de idade, distribuídos em quadrado latino 4×4. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo e a digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo e proteína bruta. O consumo e digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro (FDN) e ácido foram superiores para o tratamento CONT. O consumo, digestibilidade aparente e os valores de nutriente digestível total e energia metabolizável dos carboidratos não fibrosos foram superiores para as dietas contendo bicarbonato. A concentração ruminal de acetato, isobutirato, butirato, isovalerato e AGCC totais foram superiores para CONT. Não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração ruminal de propionato, valerato, relação A:P e da quantidade de amônia. O pH ruminal apresentou resposta quadrática aos teores de bicarbonato, com maiores valores para o 2BS. Não houve efeito dos tratamentos sobre o balanço de N. Experimento II: foram avaliados o desempenho, comportamento ingestivo, morfometria ruminal e características de carcaça. Foram utilizados 28 cordeiros não castrados ½ Dorper ½ Santa Inês, com peso inicial médio de 30,2 ± 4,5 kg e 94 ±8,4 dias de idade. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, com período experimental de 84 dias. A inclusão do bicarbonato de sódio nas dietas aumentou de forma quadrática o peso final, consumo de matéria seca, ganho médio diário, eficiência alimentar, peso ao abate, peso de carcaça quente e fria, área de olho de lombo, índice de compacidade de perninl e os pesos dos seguintes cortes: pescoço, paleta, costela e pernil, com maiores valores para 2BS. No contraste BS *vs* CONT o consumo de matéria seca e da FDN, o tempo de ruminação e mastigação em min/d foram superiores para o CONT. A adição do bicarbonato diminuiu linearmente a área e a altura das papilas. Não foi observado abscesso hepático, mas três animais apresentaram lesões no epitélio ruminal, sendo dois do 3BS e um do CONT. Em conclusão, o 2BS se mostrou o melhor teor em dietas sem forragem para cordeiros, proporcionando um bom desempenho, com melhores pesos de carcaça quente e fria. O 2BS proporciounou pH superior, sem interferir no consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes. O 2BS apresentou capacidade similar à casca de soja na elevação do pH ruminal, porém com menor concentração ruminal de acetato, isobutirato, butirato, isovalerato e ácidos graxos de cadeia curta totais.

Palavras-chave: Tamponante, Concentrado, Milho, Rúmen

ABSTRACT

Use of sodium bicarbonate and soybean hulls in diets without forage for feedlot lambs

The demand for animal protein is expanding and lamb meat can contribute to meet this demand. Pasture farming depends on weather conditions and therefore does not allow constant forage availability. On the other hand, high concentrate diets are easy to manage and provide high average daily gains due to the high energy density of these diets. However, these diets are challenging due to the high proportion of fermentable carbohydrates, which can cause metabolic disorders in the animals such as acidosis. The objective of the present study was to evaluate the inclusion of increasing levels of sodium bicarbonate and the comparison with the diet containing soybean hulls in diets without forage based on ground corn for feedlot lambs. For this purpose, two experiments were conducted, in both, the following treatments were evaluated: CONT – positive control, without forage and without sodium bicarbonate, containing soybeans hulls replacing corn in 40% of dry matter; and three diets without forage based on ground corn containing 1 (1SB), 2 (2SB) and 3% (SB) of of dry matter of sodium bicarbonate. Experiment I: Intake and apparent nutrient digestibility, rumen fermentation and nitrogen balance were evaluated. Four ruminally cannulated Dorper × Santa Inêsram lambs, castrated and approximately 6 months old were used, distributed in a 4×4 Latin square. There was no effect of treatments on intake and digestibility of dry and organic matter, ether extract and crude protein. Intake and digestibility of neutral and acid detergent fiber were higher for CONT. Non-fiber carbohydrates intake and digestibility, total digestive nutrients and metabolizable energy were higher for diets containing bicarbonate. Rumen concentration of acetate, isobutyrate, butyrate, isovalerate and total short chain fatty acids were higher for CONT. There was no effect of treatments on ruminal concentration of propionate, valerate, A:P ratio and ammonia. Ruminal pH showed a quadratic response to bicarbonate content, with higher values for 2SB. There was no effect of the treatments on the N balance. Experiment II: performance, ingestive behavior, rumen morphometry and carcass characteristics were evaluated. Twenty-eight uncastrated ½ Dorper ½ Santa Inês lambs were used, with an average initial weight of 30.2 ± 4.5 kg and 94 ±8.4 days days old. The experimental design used was randomized complete blocks, with an experimental period of 84 days. The inclusion of bicarbonate in the diets quadratically increased final body weight, dry matter intake, average daily gain, feed efficiency, slaughter body weight, hot and cold carcass weight, loin muscle area, leg compactness index and the weights of the following cuts: neck, shoulder, rib and leg, with higher values for 2SB. In the comparison between CONT *vs* SB diets there was a difference for dry matter and neutral detergent fiber intake, rumination and chewing time in min/d, being higher for CONT. The addition of bicarbonate linearly decreased the area and height of the papillae. No liver abscess was observed, but three animals showed lesions in the rumen epithelium, being two from 3SB and one from CONT. In conclusion, the 2% bicarbonate content proved to be the best level in diets without forage for feedlot lambs. 2SB showed similar capacity to soybean hulls in raising the ruminal pH, however with lower ruminal concentration of acetate, isobutyrate, butyrate, isovalerate and total short-chain fatty acids.

Keywords: Buffer, Concentrate, Corn, Rumen

1. INTRODUÇÃO

A produção de carne ovina no Brasil está em expansão devido, principalmente, ao aumento da demanda do mercado nacional. O cenário do sistema extensivo para criação de ovinos é de instabilidade e despadronização dos produtos finais, pois depende das condições dos pastos para respostas produtivas satisfatórias, de modo que oscilações climáticas não permitem disponibilidade de forragem de maneira constante (Nascimento et al., 2020). Por outro lado, dietas com alto teor de concentrado são de fácil armazenagem e manejo e proporcionam crescimento rápido e eficiente quando comparado com animais criados em pasto por um mesmo período (Barros et al, 2009). Assim sendo, sistemas intensivos como o confinamento e o uso de dietas com alto teor de concentrado tem se consolidado na produção de cordeiros para abate precoce (Ferreira et al., 2011a; Ferreira et al., 2014; Gallo et al., 2014; Gastaldello et al., 2010; Polizel et al., 2016).

Trabalhos na literatura mostram que dietas com teores de 90% concentrado possibilitaram altos ganhos médios diários devido à alta densidade energética das dietas (Ferreira et al., 2011a; Ferreira et al., 2014; Queiroz et al., 2008; Gastaldello et al., 2010), possibilitando obter um produto final de melhor qualidade e, muitas vezes, maior valor para o produtor.

Entretanto, dietas com 100% concentrado são um desafio devido à alta proporção de carboidratos fermentescíveis disponíveis, podendo causar distúrbios metabólicos nos animais como a acidose (Krause; Oetzel, 2005), que pode causar ruminite, formação de abscessos hepáticos, laminite, entre outros, que diminuem o desempenho animal. A manipulação ruminal com o uso de tamponante pode ser uma alternativa para melhorar a produtividade animal e reduzir riscos de problemas metabólicos. De acordo com Santra et al. (2003), a utilização de substâncias tamponantes em rações com alta proporção de concentrado pode ajudar a aumentar o pH ruminal, favorecendo o crescimento microbiano e o desempenho do animal.

O bicarbonato de sódio (BS - $NaHCO_3$) é um tamponante que é utilizado em rações para animais confinados, associados à dietas com alto teor de concentrado para aumentar e manter o pH ruminal mais estável (Nagaraja et al., 1997). Existem relatos positivos do uso do BS sobre o consumo de matéria seca (CMS), ganho médio diário (GMD), ganho de peso total, peso ao abate e pH ruminal (Kawas et al., 2005b; Santra et al., 2003; Sen et al., 2006; Tripathi et al., 2004). Entretanto, outros estudos mostram respostas controvérsias, com ausência de

efeito do BS sobre o desempenho e metabolismo (Gastaldello Junior et al., 2010; Gastaldello Júnior et al., 2013; Supratman et al., 2018).

Outra estratégia é a substituição parcial do milho pela casca de soja (CS), que é um co-produto da extração do óleo de soja. Ela é extensivamente digerida no rúmen (Hsu et al., 1987), pode chegar a 80% do valor energético do milho, com alto valor nutritivo para ovinos (Ferreira et al., 2011a; Tambara et al.,1995) e reflexos positivos no pH ruminal (Ferreira et al., 2011b), mostrando ser uma boa alternativa ao milho em dietas com alta proporção de concentrado. A fibra da casca de soja possui alta digestibilidade para ruminantes, o que permite sua utilização para substituir forragem ou grãos (Ipharraguerre; Clark, 2003). O acetato é o principal ácido graxo de cadeia curta (AGCC) produzido durante a sua fermentação (Firkins et al., 2006), que é favorável, sem a produção de ácido lático (Muller; Prado, 2005; Faturi et al., 2006), o que ajuda a manter o ambiente ruminal favorável e possibilita melhor desempenho.

Os dados encontrados na literatura com relação ao uso do BS ainda são controvérsios e demandam mais pesquisas. Além disso, não foram encontrados estudos sobre seu uso como tamponante ruminal associado a dietas à base de milho moído sem forragem para cordeiros confinados, já que os estudos encontrados avaliaram dietas contendo algum volumoso (Gastaldello Júnior et al., 2010; Kawas et al., 2007; Sen et al., 2006; Supratman et al., 2018). Somado a isso, a CS, em função do seu elevado teor de fibra em detergente neutro (FDN), é uma opção para formulação de dietas sem forragem para terminação de cordeiros em confinamento.

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de dietas sem forragem para terminação de cordeiros em confinamento com adição de teores crescentes de BS (1, 2 e 3% da matéria seca - MS) e seus efeitos sobre as características de fermentação ruminal, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, balanço de N, desempenho, comportamento ingestivo, características de carcaça e morfometria ruminal e a comparação com uma dieta contendo casca de soja substituindo parcialmente o milho (em 40% na MS).

Referências

Barros, C.S. De, Lúcia, A., Monteiro, G., Henrique, C., Candal, E., Dittrich, J.R., Roberto, J., Canziani, F., Machado, M.A., 2009. Revista Brasileira de Zootecnia Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em Economic return of sheep production on pasture and in feedlot. Rev. Bras. Zootec. 3598.

de O. Nascimento, C., Santos, S.A., dos S. Pina, D., Tosto, M.S.L., Pinto, L.F.B., Eiras, D.N., de Assis, D.Y.C., Perazzo, A.F., de Araújo, M.L.M.L., Azevêdo, J.A.G., Mourão, G.B., de Carvalho, G.G.P., 2020. Effect of roughage-to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance of feedlot lambs. Small Rumin. Res. 182, 15–21. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.11.002

Faturi, C., Ezequiel, J.M.B., Fontes, N.A., Stiaque, M.G., Silva, O.G. da C. e, 2006. Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. Rev. Bras. Zootec. 35, 2110–2117. https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700031

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Gentil, R.S., Parente, M.O.M., Nolli, C.P., Meneghini, R.C.M., Mendes, C.Q., Ribeiro, C.V.D.M., 2014. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. Anim. Feed Sci. Technol. 187, 9–18. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.09.016

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011a. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls1. J. Anim. Sci. 89, 4120–4126. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Araujo, R.C., Gentil, R.S., Loerch, S.C., 2011b. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls1. J. Anim. Sci. 89, 4127–4133. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3419

Gallo, S.B., de Almeida Merlin, F., de Macedo, C.M., de Oliveira Silveira, R.D., 2014. Whole grain diet for Feedlot Lambs. Small Rumin. Res. 120, 185–188. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.05.014

Gastaldello, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Amaral, R.C., Gentil, R.S., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., Eastridge, M.L., 2013. Limestone with different particle size and sodium bicarbonate to feedlot lambs fed high grain diets with or without monensin. Small Rumin. Res. 114, 80–85. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.05.009

Gastaldello Junior, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. Rev. Bras. Zootec. 39, 556–562. https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300015

Hsu, J.T., Faulkner, D.B., Garleb, K.A., Barclay, R.A., Fahey, G.C., Berger, L.L., 1987. Evaluation of Corn Fiber, Cottonseed Hulls, Oat Hulls and Soybean Hulls as Roughage Sources for Ruminants. J. Anim. Sci. 65, 244–255. https://doi.org/10.2527/jas1987.651244x

Ipharraguerre, I.R., Clark, J.H., 2003. Soyhulls as an Alternative Feed for Lactating Dairy Cows: A Review. J. Dairy Sci. 86, 1052–1073. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73689-3

Kawas, J.R., García-Castillo, R., Garza-Cazares, F., Fimbres-Durazo, H., Olivares-Sáenz, E., Hernández-Vidal, G., Lu, C.D., 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. Small Rumin. Res. 67, 157–163. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.011

Krause, K.M., Oetzel, G.R., 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 126, 215–236. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004

Muller, M., Prado, I.N. do, 2005. Metabolismo da pectina em animais ruminantes - uma revisão. Rev. Varia Sci. 04, pgs 45-56.

Nagaraja, T.G., Newbold, C.J., van Nevel, C.J., Demeyer, D.I., 1997. Manipulation of ruminal fermentation, in: The Rumen Microbial Ecosystem. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 523–632. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1453-7_13

Queiroz, M.A.Á., Susin, I., Pires, A.V., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Almeida, O.C., Amaral, R.C. do, Mourão, G.B., 2008. Desempenho de cordeiros e estimativa da digestibilidade do amido de dietas com diferentes fontes protéicas. Pesqui. Agropecuária Bras. 43, 1193–1200. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000900014

Santra, A., Chaturvedi, O.., Tripathi, M.., Kumar, R., Karim, S.., 2003. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs. Small Rumin. Res. 47, 203–212. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00241-9

Sen, A.R., Santra, A., Karim, S.A., 2006. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on carcass and meat quality of high concentrate fed lambs. Small Rumin. Res. 65, 122–127. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.032

Supratman, H., Ramdani, D., Kuswaryan, S., Budinuryanto, D.C., Joni, I.M., 2018. Application of probiotics and different size of sodium bicarbonate powders for feedlot sheep fattening, in: AIP Conference Proceedings. p. 030045. https://doi.org/10.1063/1.5021238

Tambara, A.A.C., Olivo, C.J., Pires, M.B.G., Sanchez, L.M.B., 1995. Avaliação in vivo da digestibilidade da casca do grão de soja moída com ovinos. Ciência Rural 25, 283–287. https://doi.org/10.1590/S0103-84781995000200019

Tripathi, M.., Santra, A., Chaturvedi, O.., Karim, S.., 2004. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. Anim. Feed Sci. Technol. 111, 27–39. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.07.004

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Caracterização química e funções do bicarbonato de sódio

O bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) é um sal com capacidade de tamponamento e é usado para prevenir condições de acidose ruminal em animais alimentados com dietas com alto teor de concentrado (Sen et al., 2006), uma vez que pode prevenir oscilações no pH ruminal, favorecendo o crescimento microbiano e o desempenho do animal (Santra et al., 2003). Um composto, para que seja considerado tamponante, precisa resistir a alterações do pH em soluções aquosas quando outra base ou ácido é adicionado ao meio. Para ser um tampão sob condições fisiológicas, o composto deve ser solúvel em soluções aquosas, ser uma mistura de ácido (ou base) fraco e sua base (ou ácido) conjugados, além disso, o seu ponto de equivalência (pKa) deve ser próximo do pH fisiológico do sistema que o tampão vai atuar (Erdman, 1988).

2.2. Efeito do bicarbonato de sódio no desempenho de ruminantes

O confinamento de cordeiros recém-desmamados, com uso de altos teores de concentrado, é uma prática que vem sendo cada vez mais utilizada, objetivando-se a redução da idade de abate e a obtenção de carcaças de qualidade (Carvalho et al., 2007). Contudo, essas dietas acarretam em menor produção de saliva, tamponante natural dos ruminantes, uma vez que ocorre redução do tempo de mastigação e ruminação (Van Soest, 1994), o que contribui para alterações significantes na fermentação ruminal e no desempenho dos animais.

Dados encontrados na literatura reportam a adição do BS e seus efeitos biológicos. Tripathi et al. (2004) em estudo realizado com o objetivo de avaliar o efeito de 4 teores de bicarbonato de sódio (0; 0,75; 1,5 e 2,25 % da MS) para cordeiros constataram efeito quadrático no GMD e CMS, com melhores resultados no teor de 1,5% da MS (127,8 g/dia e 833 g/dia, respectivamente). Outro estudo, realizado por Kawas et al. (2005b), que avaliou o efeito da adição do bicarbonato de sódio e levedura na terminação de cordeiros também encontrou efeito do aditivo ($P < 0,05$), ocorrendo aumento no CMS com a inclusão de 0,5% na MS, sendo que essa ingestão foi 21,8% maior ($P < 0,05$) do que o grupo que não recebeu o tratamento com o tamponante.

Sen et al. (2006), em estudo complementar ao de Tripathi et al. (2004), para avaliar o efeito nas características de carcaça de cordeiros que receberam diferentes inclusões de

bicarbonato de sódio (0; 0,75; 1,5 e 2,25% da MS) por 90 dias constataram maior peso pré-abate nos grupos que receberam o tratamento com o aditivo. Assim como o estudo do desempenho desses mesmos animais realizado por Santra et al. (2003) mostrou que o GMD (91,3; 104,5; 127,8 e 112,2 g para os teores 0; 0,75; 1,5 e 2,25%, respectivamente) e ganho de peso total (8,2; 9,5; 11,5 e 10,1 kg para os teores de 0; 0,75; 1,5 e 2,25%, respectivamente) também foram maiores nos grupos tratados ($P < 0,05$).

Já o trabalho realizado por Gastaldello et al. (2010) para avaliar dietas com alta proporção de concentrado em associação com agentes tamponantes, entre eles o bicarbonato de sódio na dose de 1% da MS, não observaram efeito para as variáveis de GMD, CMS, eficiência alimentar (EA) e também não influenciou nos parâmetros de carcaça avaliados.

Supratman et al. (2018) avaliaram diferentes teores e granulometrias do bicarbonato de sódio na terminação de ovinos e não encontraram diferença significativa entre os tratamentos para as variáveis CMS, GMD e EA. Ainda são controversos os resultados existentes na literatura com relação ao uso do bicarbonato de sódio em dietas para cordeiros confinados, portanto, é necessário compreender melhor seus efeitos na nutrição e desempenho dos animais.

2.3. Efeito do bicarbonato de sódio nas características de fermentação ruminal

Dietas ricas em concentrado melhoram o desempenho, entretanto, causam alterações no ambiente ruminal, uma vez que ocorre maior produção de AGCC e ácido lático, já que se tem maior quantidade de carboidratos fermentescíveis, causando diminuição no pH (Staples; Lough, 1989).

Santra et al. (2003) em estudo para avaliar o efeito do bicarbonato de sódio nas características de fermentação e população de protozoários ciliados no rúmen constataram efeito linear no pH ruminal em resposta aos teores crescentes de bicarbonato de sódio (0; 0,75; 1,5 e 2,25% da MS), sendo observado o maior pH na dose de 2,25%. Também houve aumento da produção total de AGCC com a maior inclusão do aditivo.

Tripathi et al. (2004) também relataram efeito linear no pH com o aumento do teor de bicarbonato de sódio (0; 0,75; 1,5 e 2,25% da MS), sendo que na dieta com 75% de concentrado, a adição do bicarbonato controlou de forma eficiente a queda do pH ruminal, e nas doses de 15 e 22,5 g/kg de MS o pH se manteve acima de 6,0. Visto que pH abaixo de 5,5 já pode ser considerado acidose ruminal subaguda (Nocek, 1997).

Laskoski et al. (2014) avaliando o uso do bicarbonato de sódio como prevenção para acidose metabólica em ovinos submetidos a acidose ruminal experimental concluíram que o aditivo tem efeito preventivo sim, uma vez que foi constatado redução da gravidade da acidose de ovinos que receberam o bicarbonato em suas dietas.

Oliveira et al. (2013) avaliaram a substituição da monensina sódica pelo bicarbonato de sódio para novilhas confinadas em dois tratamentos (50 ou 80% de concentrado) e constataram que no tratamento de 50% de concentrado o bicarbonato de sódio proporcionou valores de pH superiores (exceto nos tempos uma e 24h após a oferta do trato). Enquanto que no tratamento de 80% concentrado só foi observada diferença no tempo 18 horas, nos demais tempos não houve diferença, mas em nenhum dos tratamentos foi constatado quadro clínico de acidose ruminal. Entretanto, resultados contrários foram obtidos no estudo feito por Kawas et al. (2005b), que avaliaram a inclusão de bicarbonato de sódio em dietas de terminação para cordeiros, tendo o sorgo como base da alimentação, no qual o pH e a produção total e individual de AGCC não apresentaram diferenças entre os tratamentos, podendo ser atribuído ao fato de que somente 50% do sorgo foi moído, então os outros 50% podem ter estimulado a mastigação e ruminação, aumentando a capacidade tamponante da saliva no ambiente ruminal.

Gastaldello et al. (2013) avaliaram a inclusão de 1% de bicarbonato de sódio na MS para cordeiros em dieta com 90% de concentrado e constataram que não houve efeito do tamponante no pH do fluido ruminal, alegando que a dose pode ter sido insuficiente para exercer algum efeito no controle do pH, mostrando mais uma vez dados divergentes a respeito do uso do bicarbonato de sódio.

2.4. Efeito do bicarbonato de sódio na digestibilidade dos nutrientes

A suplementação com bicarbonato de sódio pode aumentar o pH ruminal, como relatado por Santra et al. (2003), e esse aumento do pH é conhecido por beneficiar a digestão da fibra (Mertens, 1978). Entretanto, Kovacik et al. (1986) avaliaram o efeito da suplementação com bicarbonato de sódio para cordeiros e não encontraram efeito sobre a digestibilidade dos nutrientes, justificando que a digestibilidade da fibra não foi afetada porque o bicarbonato pode aumentar a taxa de passagem, o que deprime a digestibilidade da fibra.

Estudos conduzidos por Santra et al. (2003) e Kawas et al. (2005a) avaliaram efeito da suplementação do bicarbonato de sódio para cordeiros e não constataram efeito sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, sendo semelhante em todos os tratamentos, entretanto,

Santra et al. (2003) observaram aumento na digestibilidade da celulose com a adição de teores crescentes de bicarbonato de sódio (0; 0,75; 1,5 e 2,25%).

2.5. Características da casca de soja

A casca de soja é obtida no processamento do grão para extração do óleo de soja, em torno de 2% do que entra para produção é transformado no resíduo, porém essa porcentagem varia de 0 a 3% de acordo com a proteína da soja que foi esmagada. Quando o teor de proteína da sojaé elevado, não há necessidade de retirar a casca desoja do farelo. Entretanto, se o teor de proteína dogrão de soja for baixo, esta necessidade se caracteriza para elevar o teor de proteína bruta deste (Zambom et al., 2001).

A casca de soja é um resíduo de alto valor nutricional, contendo, com base na matéria seca, 13% de proteína bruta (PB); 77% de nutrientes digestíveis totais (NDT); 2,6% de extrato etéreo (EE); 62% de fibra em detergente neutro (FDN) e 46% de fibra em detergente ácido (FDA; NRC, 2007).

Segundo afirmações de Ludden et al. (1995), a casca de soja apresenta valor estimado de 74 a 80% do valor nutricional do milho quando incluída de média a alta quantidade em dietas a base de concentrado na terminação de bovinos. Para ovinos, Ferreira et al. (2011a) encontraram uma piora na eficiência alimentar de 11,6% com a substituição do milho pela casca de soja, de modo que a casca de soja teria um valor nutricional próximo de 88,4% do milho. Isso mostra que ela é uma boa opção para substituir os grãos, com benefícios também na produção de AGCC e no pH. Esta diferença no valor nutricional do milho pode ser atribuída à menor densidade energética da casca de soja (NDT = 77%; NRC, 2007) quando comparada ao milho (NDT = 86%; Valadares Filho, 2002).

A casca de soja possui um elevado teor de fibra, sendo esta de alta digestibilidade para ruminantes, o que permite usá-la para substituir a forragem (Araújo et al., 2008) ou o grão da dieta (Ipharraguerre; Clark, 2003). Essa alta digestibilidade da fração fibrosa está atribuída, principalmente, aos baixos valores de lignina e elevados de pectina (carboidrato estrutural da parede celular), sendo rápida e extensamente degradada no rúmen (Machado et al., 2012). O uso da casca de soja para ruminantes resulta em um padrão fermentativo diferente, uma vez que o acetato é o principal AGCC produzido durante a fermentação da fibra oriunda da casca de soja (Firkins et al., 2006), sendo um tipo de fermentação favorável, sem a produção de ácido lático (Faturi et al., 2006; Muller; Prado, 2005), ajudando a manter o ambiente ruminal favorável.

Devido à elevada quantidade de FDN, a casca de soja é um ingrediente com características de um alimento volumoso (NRC, 2007), entretanto, também apresenta características de um alimento concentrado uma vez que possui uma boa digestibilidade dos nutrientes quando adicionada em dietas em substituição ao milho (Ferreira et al., 2011b), inclusive proporciona desempenho semelhante ao proporcionado pelo milho (Ferreira et al., 2011a; Hsu et al., 1987).

2.6. Efeito da casca de soja no desempenho de ruminantes

Zarpelon et al. (2015) avaliaram a substituição parcial do milho pela casca de soja (0, 15 e 30%) para cordeiros confinados e observaram efeito quadrático sobre o peso vivo final e GMD, sendo o ponto de máxima encontrado quando houve 14,78% de substituição. Houve efeito linear crescente no CMS e conversão alimentar com o aumento da substituição do milho pela casca de soja, mas não encontraram diferenças sobre as características de carcaça avaliadas.

Ferreira et al. (2011a) estudaram quatro teores de substituição parcial do milho pela casca de soja (0, 15, 30 e 45% da MS) em dietas com alto concentrado para cordeiros e também constataram efeito linear no CMS com o aumento da inclusão da casca de soja, que ocorreu para compensar o menor teor energético a medida que a concentração da casca de soja aumentava. Apesar dessa diferença, o GMD e peso final dos cordeiros não foram afetados pelos tratamentos, o que indicou a real possibilidade de substituição parcial do milho pela casca de soja em dietas para terminação de cordeiros. Contudo, é importante considerar que a substituição de até 45% do milho pela casca de soja piorou a EA em 11,6% (Ferreira et al., 2011a), devendo esta referência ser utilizada no momento de definir a compra do milho ou da casca de soja.

Já Ezequiel et al. (2006) avaliaram teores de inclusão da casca de soja em substituição ao milho moído na dieta sobre o desempenho de novilhos nelore e não encontraram diferença no CMS, conversão, EA e rendimento de carcaça.

Santos et al. (2008) ao estudarem quatro teores de substituição da casca de soja ao milho moído (0, 8, 16 e 24% da MS) para ovinos não observaram diferença para GMD e conversão alimentar.

Embora os autores acima tenham encontrado resultados similares quando comparados com tratamentos controle (sem casca de soja), a maioria dos trabalhos usou uma fonte volumosa nas dietas fornecidas, o que não é o caso do presente trabalho. Assim sendo, é mais

importante ainda avaliar a inclusão deste co-produto aliado a uma dieta sem forragem na terminação de ovinos, uma vez que ela ajuda na modulação da fermentação ruminal, reduzindo a variação do pH ruminal ao longo do dia (Ferreira et al., 2011b).

2.7. Efeito da casca de soja nas características de fermentação ruminal

A casca de soja é uma alternativa para ser utilizada em dietas com alto concentrado com o objetivo de diminuir a incidência de distúrbios metabólicos decorrentes do elevado teor de amido na dieta (Santos et al., 2008). Ferreira et al. (2011b) avaliaram a substituição do milho pela casca de soja (0, 15, 30 e 45% da MS) para cordeiros e encontraram resposta quadrática na concentração total de AGCC, sendo que a maior concentração foi registrada na substituição de 15%. Também relataram aumento linear do pH ruminal com o aumento da casca de soja, assim como uma redução na variação do pH ao longo do dia.

Quando a substituição da casca de soja foi feita em relação ao volumoso em dietas para ovinos, Gentil et al. (2011) não encontraram efeito no pH ruminal. Segundo os autores, esse fato se deve à redução na proporção de forragem e tamanho de partículas, já que, de acordo com Ipharraguerre e Clark (2003), o declínio do pH ruminal está associado a quantidade de forragem e tamanho de partículas da mesma. Também não houve diferença na concentração dos AGCC no rúmen.

Já em estudo realizado por Sarwar et al. (1991) foi avaliado a substituição de FDN de forragem por FDN da casca de soja e glúten de milho na alimentação de vacas lactantes, com rações com menos de 50% de volumoso, a inclusão da casca de soja proporcionou redução da proporção molar de acetato.

Em revisão feita por Ipharraguerre e Clark (2003), a concentração dos AGCC tem se mantido ou aumentado com a inclusão da casca de soja em dietas para vacas em lactação.

2.8. Efeito da casca de soja na digestibilidade dos nutrientes

Santos et al. (2008) estudando a substituição do milho pela casca de soja para ovinos não encontraram efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade dos nutrientes. Ferreira et al. (2011b) tiveram resultados que corroboraram com os de Santos et al. (2008), em que não houve efeito sobre a digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica (MO), carboidratos não

fibrosos(CNF), FDN, fibra em detergente ácido (FDA), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), sugerindo que a digestibilidade dessas frações é semelhante à do milho.

Em experimento avaliando a substituição do feno pela casca de soja em 0, 33, 67 ou 100% da MS, Gentil et al., (2011) encontraram aumento na digestibilidade da MS e da MO à medida que aumentava a inclusão da casca de soja, possivelmente associado a digestibilidade da FDN, que apresentou resposta linear crescente com o aumento da casca de soja, contudo, a digestibilidade da PB não foi afetada.

Araújo et al. (2008), avaliaram a substituição de FDN do feno pelo FDN da casca de soja para cordeiros, observaram aumento linear na digestibilidade da MS com a adição de casca de soja e efeito quadrático na digestibilidade da MO, sendo a maior digestibilidade observada no teor de 71% de casca de soja (% da MS). Também foi observado efeito quadrático na digestibilidade de FDN e FDA, sendo que a digestibilidade da FDN foi maximizada no teor de 68,25% de inclusão de casca de soja. A digestibilidade da PB apresentou decréscimo linear com o aumento da casca de soja.

Referências

Araujo, R.C. de, Pires, A.V., Susin, I., Urano, F.S., Mendes, C.Q., Rodrigues, G.H., Packer, I.U., 2008. Apparent digestibility of diets with combinations of soybean hulls and coastcross (Cynodon sp.) hay offered to ram lambs. Sci. Agric. 65, 581–588. https://doi.org/10.1590/S0103-90162008000600003

Carvalho, S., Brochier, M.A., Pivato, J., Vergueiro, A., Teixeira, R.C., Kieling, R., 2007. Desempenho e avaliação econômica da alimentação de cordeiros confinados com dietas contendo diferentes relações volumoso: concentrado. Ciência Rural 37, 1411–1417. https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000500030

Dos Santos, J.W., Cabral, L.D.S., Zervoudakis, J.T., De Souza, A.L., De Abreu, J.G., Bauer, M.D.O., 2008. Casca de soja em dietas para ovinos. Rev. Bras. Zootec. 37, 2049–2055. https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100022

Erdman, R.A., 1988. Dietary buffering requirements of the lactating dairy cow: A Review. J. Dairy Sci. 71, 3246–3266. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79930-0

Ezequiel, J.M.B., Silva, O.G. da C. e, Galati, R.L., Watanabe, P.H., Biagioli, B., Faturi, C., 2006. Desempenho de novilhos Nelore alimentados com casca de soja ou farelo de gérmen de milho em substituição parcial ao milho moído. Rev. Bras. Zootec. 35, 569–575. https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000200033

Faturi, C., Ezequiel, J.M.B., Fontes, N.A., Stiaque, M.G., Silva, O.G. da C. e, 2006. Fibra solúvel e amido como fontes de carboidratos para terminação de novilhos em confinamento. Rev. Bras. Zootec. 35, 2110–2117. https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700031

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011a. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls1. J. Anim. Sci. 89, 4120–4126. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Araujo, R.C., Gentil, R.S., Loerch, S.C., 2011b. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls1. J. Anim. Sci. 89, 4127–4133. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3419

Gastaldello, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Amaral, R.C., Gentil, R.S., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., Eastridge, M.L., 2013. Limestone with different particle size and sodium bicarbonate to feedlot lambs fed high grain diets with or without monensin. Small Rumin. Res. 114, 80–85. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.05.009

Gastaldello Junior, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. Rev. Bras. Zootec. 39, 556–562. https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300015

Gentil, R.S., Susin, I., Pires, A.V., Ferreira, E.M., Mendes, C.Q., Almeida, O.C. De, Queiroz, M.A.Á., 2011. Metabolismo de nutrientes em ovinos alimentados com casca de soja em substituição ao feno de coastcross. Rev. Bras. Zootec. 40, 2835–2843. https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200030

Hsu, J.T., Faulkner, D.B., Garleb, K.A., Barclay, R.A., Fahey, G.C., Berger, L.L., 1987. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. J. Anim. Sci. 65, 244–255. https://doi.org/10.2527/jas1987.651244x

Ipharraguerre, I.R., Clark, J.H., 2003. Soyhulls as an Alternative Feed for Lactating Dairy Cows: A Review. J. Dairy Sci. 86, 1052–1073. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73689-3

Kawas, J.R., García-Castillo, R., Fimbres-Durazo, H., Garza-Cazares, F., Hernández-Vidal, J.F.G., Olivares-Sáenz, E., Lu, C.D., 2007a. Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of light-weight lambs fed finishing diets. Small Rumin. Res. 67, 149–156. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.010

Kawas, J.R., García-Castillo, R., Garza-Cazares, F., Fimbres-Durazo, H., Olivares-Sáenz, E., Hernández-Vidal, G., Lu, C.D., 2007b. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. Small Rumin. Res. 67, 157–163. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.011

Kovacik, A.M., Loerch, S.C., Dehority, B.A., 1986. Effect of supplemental sodium bicarbonate on nutrient digestibilities and ruminal ph measured continuously. J. Anim. Sci. 62, 226–234. https://doi.org/10.2527/jas1986.621226x

Laskoski, L.M., Muraro, L.S., Santana Júnior, M.S., Carvalho, M.B., Freitas, S.H., Dória, R.G.S., Santos, M.D., Dittrich, R.L., 2014. Sodium bicarbonate as prevention of metabolic acidosis in sheep submitted to experimental ruminal acidosis. Pesqui. Veterinária Bras. 34, 822–826. https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000900003

Ludden, P.A., Cecava, M.J., Hendrix, K.S., 1995. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. J. Anim. Sci. 73, 2706. https://doi.org/10.2527/1995.7392706x

Machado, F. S., Júnior, R. G., de Matos Teixeira, A., Campos, M. M., & Pereira, L. G. R. 2012. A polpa cítrica e a casca de soja na formulação de dietas para vacas de leite. I Simpósio Nacional e VI Simpósio mineiro sobre nutrição de gado de leite. Belo Horizonte. Anais… Belo Horizonte: UFMG, p. 115-127

Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. Journal of dairy science, v. 80, n. 7, p. 1463-1481

Muller, M., Prado, I.N. do, 2005. Metabolismo da pectina em animais ruminantes - uma revisão. Rev. Varia Sci. 04, pgs 45-56.

Nocek, J.E., 1997. Bovine acidosis: implications on laminitis. J. Dairy Sci. 80, 1005–1028. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0

NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, and Cervids, New World Camelids. National Academy Press, Washington, D.C.

Oliveira, A.P., Reis, R.A., Bertipaglia, L.M.A., Melo, G.M.P., Berchielli, T.T., Oliveira, J.A., Casagrande, D.R., Balsalobre, M.A.A., 2013. Substituição de monensina sódica por bicarbonato de sódio em dietas de novilhas confinadas. Arq. Bras. Med. Veterinária e Zootec. 65, 1149–1157. https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000400030

Santra, A., Chaturvedi, O.., Tripathi, M.., Kumar, R., Karim, S.., 2003. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs. Small Rumin. Res. 47, 203–212. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00241-9

Sarwar, M., Firkins, J.L., Eastridge, M.L., 1991. Effect of replacing neutral detergent fiber of forage with soyhulls and corn gluten feed for dairy heifers. J. Dairy Sci. 74, 1006–1017. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78250-7

Sen, A.R., Santra, A., Karim, S.A., 2006. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on carcass and meat quality of high concentrate fed lambs. Small Rumin. Res. 65, 122–127. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.032

Staples, C.R., Lough, D.S., 1989. Efficacy of supplemental dietary neutralizing agents for lactating dairy cows. A review. Anim. Feed Sci. Technol. 23, 277–303. https://doi.org/10.1016/0377-8401(89)90050-3

Supratman, H., Ramdani, D., Kuswaryan, S., Budinuryanto, D.C., Joni, I.M., 2018. Application of probiotics and different size of sodium bicarbonate powders for feedlot sheep fattening, in: AIP Conference Proceedings. p. 030045. https://doi.org/10.1063/1.5021238

Tripathi, M.., Santra, A., Chaturvedi, O.., Karim, S.., 2004. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. Anim. Feed Sci. Technol. 111, 27–39. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.07.004

Valadares Filho, S. C.; Rocha Júnior, V. R.; Capelle, E. R. 2002. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Suprema Gráfica Ltda, 297p.

Zambom, M.A., Santos, G.T. dos, Modesto, E.C., Alcalde, C.R., Gonçalves, G.D., Silva, D.C. da, Silva, K.T. da, Faustino, J.O., 2008. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. Acta Sci. Anim. Sci. 23, 937. https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v23i0.2648

Zarpelon, T.G., Mizubuti, I.Y., Ribeiro, E.L.D.A., Pereira, E.S., Silva, L.D.D.F. da, Prado-Calixto, O.P.P. do, Tarsitano, M.A., Fávero, R., Pires, K.A., Borges, C.A.D.A., 2015. Desempenho, características de carcaça e avaliação econômica da substituição do milho grão inteiro por casca de soja peletizada na alimentação de cordeiros em confinamento. Semin. Ciências Agrárias 36, 1111. https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p1111

3. USO DE DIETAS SEM FORRAGEM PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: CONSUMO E DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO RUMINAL

RESUMO

Para produção de carne de qualidade num espaço de tempo reduzido, o confinamento é o sistema mais utilizado. Nesses sistemas, dietas com altas densidades energéticas são utilizadas com impactos positivos no ganho de peso dos animais. Porém, elevados teores de concentrado podem acarretar em distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal. Este estudo foi desenvolvido para avaliar o efeito da inclusão de bicarbonato de sódio e comparar com a dieta contendo casca de soja em dietas sem forragem a base de milho moído sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, características de fermentação ruminal e balanço de nitrogênio. Foram utilizados 4 cordeiros mestiços Dorper × Santa Inês castrados, com peso médio inicial de 43,4 ± 0,85 kg e aproximadamente 6 meses de idade, canulados no rúmen. O delineamento experimental utilizado foi quadrado latino 4×4. As dietas experimentais foram: CONT – controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, contendo casca de soja em substituição ao milho em 40% na matéria seca; e três dietas à base de grão de milho moído contendo 1 (1BS), 2 (2BS) e 3% (3BS) de bicarbonato de sódio em % na matéria seca. Não houve efeito dos tratamentos sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo e proteína bruta. No contraste entre CONT *vs* BS houve efeito para o consumo da fibra em detergente neutro e ácido, com valores superiores para o CONT. O consumo e a digestibilidade dos carboidratos não fibrosos foram superiores para as dietas contendo BS. A digestibilidade da fibra em detergente neutro foi superior para o CONT. Os valores de nutrientes digestíveis totais e energia metabolizável foram superiores para as dietas contendo bicarbonato quando comparadas com a dieta contendo casca de soja. Para as características de fermentação ruminal, não houve interação entre os tratamentos e horários de colheita. No contraste entre CONT *vs* BS, as concentrações ruminais de acetato, isobutirato, butirato, isovalerato e ácidos graxos de cadeia curta totais foram superiores para CONT. Não houve efeito dos tatamentos sobre a concentração ruminal de propionato, valerato, relação acetato:propionato e amônia. O pH apresentou resposta quadrática aos teores de bicarbonato de sódio, com maiores valores para 2BS. Não houve efeito dos tratamentos sobre o balanço de nitrogênio. O bicarbonato de sódio se mostrou eficiente em aumentar o pH ruminal sem interferir nas características de digestibilidade e consumo dos nutrientes, sendo mais eficiente no teor de 2%. O 2BS apresentou capacidade similar à casca de soja na elevação do pH ruminal mas com menor concentração ruminal de acetato, isobutirato, butirato, isovalerato e ácidos graxos de cadeia curta totais.

Palavras-chave: Tamponante, Rúmen, Ruminantes.

ABSTRACT

To produce quality meat in a short period of time, confinement is the most used system. In these systems, diets with high energy densities are used with positive impacts on the weight gain of animals. However, high levels of concentrate can lead to metabolic disorders such as rumen acidosis. This study was designed to evaluate the effect of including sodium bicarbonate and soybean hulls in diets without forage based on ground corn on intake and apparent nutrient digestibility, rumen characteristics and N balance. Four rumen-cannulated Dorper × Santa Inês lambs, castrated, with 43.4 ± 0.85 kg of initial body weight and approximately six months old were used. The experimental design used was 4×4 Latin square. Experimental diets were CONT – positive control, without forage and without sodium bicarbonate, containing soybeans hulls replacing corn in 40% of dry matter; and three diets without forage based on ground corn containing 1 (1SB), 2 (2SB) and 3% (SB) of of dry matter of sodium bicarbonate. There was no effect of treatments on intake and digestibility of dry and organic matter, ether extract and crude protein. Intake and digestibility of neutral and acid detergent fiber were higher for CONT. Non-fiber carbohydrates intake and digestibility, total digestive nutrients and metabolizable energy were higher for diets containing bicarbonate. Rumen concentration of acetate, isobutyrate, butyrate, isovalerate and total short chain fatty acids were higher for CONT. There was no effect of treatments on ruminal concentration of propionate, valerate, A:P ratio and ammonia. pH showed a quadratic response to bicarbonate content, with higher values for 2SB. There was no effect of the treatments on the N balance. Sodium bicarbonate was efficient in increasing the ruminal pH without interfering in the nutrient digestibility and intake characteristics, being more efficient at 2%. 2SB showed similar ability to soybean hulls in raising ruminal pH but with lower ruminal concentration of acetate, isobutyrate, butyrate, isovalerate and total short-chain fatty acids.

Keywords: Buffer, Rumen, Ruminants.

3.1. Introdução

Na terminação de cordeiros, para produção de carne de qualidade num espaço de tempo reduzido, o confinamento é o sistema mais utilizado (Garcia et al., 2010). Nesses sistemas, dietas com altas densidades energéticas são utilizadas com impactos positivos no GMD (Wang et al., 2020). Porém, elevados teores de concentrado podem acarretar em distúrbios metabólicos, como a acidose ruminal subaguda, decorrente do acúmulo de AGCC produzidos durante a fermentação ruminal de carboidratos, com destaque para o amido, que é o principal carboidrato presente no grão de milho (Nagaraja; Lechtenberg, 2007; Owens et al., 1998).

O uso de tamponantes pode melhorar as condições do ambiente ruminal, através do aumento do fluxo de saída do fluido ruminal (Okeke et al., 1983; Rogers et al., 1982) e do aumento do pH ruminal (Nagaraja et al., 1997), com potencial efeito positivo no desempenho dos animais. O bicarbonato de sódio é um agente tamponante no fluido ruminal (Herod et al., 1978) e é um dos tamponantes mais amplamente utilizado como aditivo alimentar. O seu uso pode resultar em maior consumo de água, consequentemente aumentar a taxa de diluição e de passagem dos nutrientes e de AGCC do rúmen, que propicia aumento no pH ruminal (Russell; Chow, 1993). A suplementação com bicarbonato de sódio em dietas com alto concentrado para cordeiros resultou em pH ruminal superior e melhor desempenho (Santra et al., 2003; Tripathi et al., 2004). Laskoski et al. (2014) avaliaram o bicarbonato de sódio como preventivo para acidose metabólica em ovinos submetidos a acidose ruminal experimental e encontraram um efeito positivo do tamponante, já que houve redução da gravidade da acidose dos animais que receberam o aditivo em suas dietas.

Além do uso de tamponantes, outras estratégias podem ser utilizadas em dietas com altos teores de concentrado. A casca de soja, que é um co-produto da extração do óleo de soja, é uma alternativa para reduzir a incidência de distúrbios metabólicos devido à grande quantidade de amido presente neste tipo de dieta (Santos et al., 2008). Tem um elevado teor de fibra (62,0% de FDN; NRC, 2007) de alta digestibilidade, que deve ser atribuída, principalmente, aos baixos teores de lignina. A inclusão da casca de soja em substituição parcial ao milho para cordeiros aumentou o pH ruminal, proporcionou maiores concentrações de acetato, servindo como uma opção de ingrediente em dietas com alto teor de concentrado para diminuir os riscos de acidose ruminal (Ferreira et al., 2011b).

Não há concenso na literatura quanto aos efeitos do bicarbonato de sódio sobre os parâmetros de fermentação ruminal. Além disso, não foram encontrados estudos que

avaliassem a inclusão do bicarbonato de sódio em dietas sem forragem para cordeiros, já que os trabalhos encontrados utilizaram alguma fonte de volumoso (Ferreira et al., 2011b; Gastaldello Junior et al., 2013; Santra et al., 2003).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a utilização de dietas sem forragem para cordeiros em terminação com adição de teores crescentes de bicarbonato de sódio (1, 2 e 3% da MS) e seus efeitos sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, as características de fermentação ruminal e o balanço de N e a comparação com a dieta contendo casca de soja (em 40% da MS).

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Local, animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para estudos metabólicos com ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba - SP (22º 42' 24'' S e 47º 37' 53'' O), Brasil. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo número 8846110320.

Foram utilizados quatro cordeiros mestiços Dorper × Santa Inês castrados, com peso médio inicial de 43,4 ± 0,85 kg e aproximadamente 6 meses de idade, canulados no rúmen. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina. As gaiolas foram mantidas em ambiente coberto, ao abrigo da chuva e luz solar direta. Todos os animais foram desverminados com cloridrato de levamisolà 5% (Ripercol® L, Zoetis Indústria de Produtos Veterinários Ltda., Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/10 kg de peso corporal.

3.2.2. Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar

Os animais foram distribuídos em quadrado latino 4×4, com quatro tratamentos, quatro animais e quatro períodos experimentais. O período experimental total teve duração de 84 dias, sendo 4 períodos de 21 dias, dos quais 15 dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas experimentais, 5 dias para mensuração do CMS, colheita de fezes e urina e 1 dia para colheita de conteúdo ruminal.

Os tratamentos experimentais foram:

- CONT – controle positivo, dieta sem forragem e sem bicarbonato de sódio, contendo casca de soja em 40% na MS.
- 1BS – dieta sem forragem à base de grão de milho moído contendo 1,0% de bicarbonato de sódio na MS.
- 2BS – dieta sem forragem à base de grão de milho moído contendo 2,0% de bicarbonato de sódio na MS.
- 3BS – dieta sem forragem à base de grão de milho moído contendo 3,0% de bicarbonato de sódio na MS.

O uso da casca de soja como um controle positivo foi devido à sua habilidade de aumentar e estabilizar o pH ruminal (Ferreira et al., 2011). Por outro lado, um controle negativo (dieta sem a inclusão do bicarbonato de sódio e da casca de soja) não foi usado devido ao risco de acidose ruminal. As dietas experimentais foram formuladas utilizando-se o "Small Ruminant Nutrition System" (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004), as quais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (% da MS)	Tratamentos[1]			
	CONT	1BS	2BS	3BS
Milho moído[2]	46,49	81,49	80,19	78,89
Farelo de soja[3]	10,1	13,6	13,9	14,2
Casca de soja[4]	40,0	-	-	-
Cloreto de amônio	0,5	0,5	0,5	0,5
Calcário	1,2	1,7	1,7	1,7
Mistura mineral[5]	1,2	1,2	1,2	1,2
Ureia	0,5	0,5	0,5	0,5
Monensina, mg/kg de MS	25,0	25,0	25,0	25,0
Bicarbonato de sódio	-	1,0	2,0	3,0
Composição química (% da MS)				
Matéria seca	96,7	96,3	96,4	95,9
Matéria orgânica	94,1	94,7	93,6	93,9
Proteína bruta	17,1	15,4	15,6	16,0
Fibra insolúvel em detergente neutro	27,4	10,3	10,1	9,9
Fibra insolúvel em detergente ácido	16,1	2,9	2,7	2,8
Carboidratos não fibrosos	46,2	66,0	66,5	64,8
Extrato etéreo	2,0	3,3	2,5	2,7

[1]CONT: controle positivo sem forragem e sem bicarbonato de sódio contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.
[2]MS = 95,0%, MO = 98,9%, PB = 9,5%, FDN = 10,7%, FDA = 3,2%, EE = 4,8%.
[3]MS = 97,1%, MO = 93,1%, PB = 45,5%, FDN = 11,8%, FDA = 5,6%, EE = 2,5%.
[4]MS = 96,0%, MO = 95,4%, PB = 14,1%, FDN = 58,6%, FDA = 41,1%, EE = 2,4%.
[5]Mistura mineral: 8,5% P; 13,4% Ca; 12,0% Na; 1,0% Mg; 3,5% S; 756 ppm Cu; 44 ppm Co; 2800 ppm Zn; 14 ppm Se; 2180 ppm Mn; 1000 ppm F; 58 ppm I.

O milho foi moído utilizando um moedor (Nogueira DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil), sem peneira. A casca de soja utilizada foi farelada. A distribuição do tamanho de partículas dos ingredientes e das dietas foi determinada através de peneiramento a seco, inserindo 100 g de amostra em um agitador de peneiras (Produtest T Model, Telastem, Sao Paulo, Brazil) com peneiras de 2,00; 0,51; 0,42; 0,297 e 0,18 mm. O tempo de agitação usado foi de 5 min. A distribuição do tamanho de partículas das dietas e dos ingredientes está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização física dos ingredientes e das dietas experimentais

	Dietas/ingredientes (% retido)[1]						
Crivo das peneiras, mm	CONT	1BS	2BS	3BS	Milho	CS	FS
2,00	12,3	30,3	28,0	24,7	26,9	1,3	1,6
0,51	34,4	33,9	29,2	31,0	29,8	54,0	44,5
0,42	28,9	17,7	19,0	20,4	21,1	27,2	33,1
0,297	7,4	3,6	5,6	4,6	5,8	5,8	7,5
0,18	4,0	2,5	3,1	2,1	3,4	4,2	3,5
Fundo	13,0	12,0	15,1	17,2	13,0	7,5	9,8

[1]CONT: controle positivo sem forragem e sem bicarbonato de sódio contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio; CS: casca de soja; FS: farelo de soja.

Todas as dietas foram processadas na fábrica de ração do SIPOC/ESALQ. Uma vez ao dia (às 07h00min), as rações foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas *ad libitum*. Os animais de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo suas respectivas dietas experimentais (ração total), contudo foram submetidos a um período de adaptação que consistiu na oferta das rações de forma restrita, com aumento progressivo da quantidade ofertada no decorrer do período de adaptação até atingir consumo *ad libitum*, como segue:

- 1º ao 2º dia: oferta de ração total equivalente a 1,8% do PV do animal.
- 3º ao 4º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do PV do animal.
- 5º ao 6º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PV do animal.
- 6º ao 8º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PV do animal.
- 9º ao 10º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PV do animal.
- 11º ao 12º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PV do animal.
- A partir do 13º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

Diariamente as sobras de cada unidade experimental foram pesadas para ajuste da quantidade ofertada. As dietas foram misturadas utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 25 mg/kg de MS.

A variação no peso corporal (sem jejum alimentar) dos animais foi acompanhada por meio de pesagens (Balança Coimma – Indústria e Comércio de Madeiras e Metalúrgica São Cristóvão Ltda.) realizadas nos dias 0 e 22 pela manhã.

3.2.3. Digestibilidade aparente dos nutrientes

Entre o 16º e 20ºdia do período experimental, às 07h00min da manhã a produção fecal total dos animais foi quantificada através das bolsas coletoras, além disso, também foi feita a pesagem das sobras de ração, e uma amostra representativa de 10% da produção fecal diária e das sobras foi colhida e armazenada a -20 °C. Ao término do experimento as amostras de fezes e sobras foram compostas por animal e por período experimental antes de serem analisadas.

3.2.4. Balanço de nitrogênio

Entre o 16º e 20º dia do período experimental foi realizada a colheita total de urina dos animais. A urina foi colhida automaticamente pelos colhedores das gaiolas metabólicas em vasilhames contendo de 40 a 60 mL de ácido clorídrico 6 N. O volume de ácido era suficiente para manter o pH da urina abaixo de 3,0. No mesmo horário da colheita de fezes, o volume de urina foi mensurado com o uso de provetas graduadas e uma amostra (10% do volume total) foi colhida e congelada a -20 ºC para posterior análise.

3.2.5. Características de fermentação ruminal

Amostras do fluido ruminal foram colhidas no 21º dia de cada período experimental. As colheitas foram realizadas na hora 0, 4, 8, 12,16, 20 e 24 após o fornecimento da ração. Em cada horário uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, através de uma seringa com uma mangueira e com tecido de nylon na extremidade para possibilitar a filtragem, obtendo-se, aproximadamente, 200 mL de fluido ruminal, que, em seguida, foi utilizado para a medição imediata do pH em pH-metro digital (DIGIMED® DM20, São Paulo, Brasil). Após a determinação do pH, foram retirados 3 ependorfes de 2 ml do fluido ruminal que foram congelados a -20ºC para posterior análise dos AGCC (acetato, propionato, butirato, isobutirato e isovalerato) e N amoniacal ($N\text{-}NH_3$).

3.2.6. Análises laboratoriais e cálculos

Depois de descongeladas, as amostras dos ingredientes, das rações ofertadas, das sobras e fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 65 ºC por 72 h ou até atingirem

peso constante. Em seguida, todas as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) em peneira com crivos de 1,0 mm. O teor de MS final das amostras foi determinado por meio da secagem em estufa a 105 °C por 24 horas, a matéria mineral (MM) foi obtida por meio da incineração da amostra em mufla a 550 °C por 4 horas (AOAC, 1990). A concentração de N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac N (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1997). O extrato etéreo foi determinado utilizando o método de extração Soxhlet. A concentração de FDN foi determinada segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando α-amilase termoestável e sulfito de sódio, em um aparelho Ankom A2000 Fiber Analyzer (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados de acordo com a equação: CNF (%) = 100% - (% FDN + % PB + % EE + % MM). O nutriente digestível total (NDT) foi calculado por meio da equação: NDT (%) = [(digPB x %PB)/100]+{[(digEE x %EE)/100] x 2,25}+[(digFDN x %FDN)/100]+[(digCNF x %CNF)/100]. A energia metabolizável (EM, Mcal/kg de MS) foi determinada de acordo com as recomendações do NRC (1984) de acordo com a fórmula: EM = NDT (kg) x 4,4 x 0,82.

Para determinação dos AGCC; 1,6 mL de fluido ruminal adicionado com 0,4 mL de solução 3:1 de ácido metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados (Sorvall Superspeed RC2-B, Newton, CT, EUA) por 60 minutos a 4°C. Após a centrifugação 1,2 mL de cada amostra foi transferida para *vials* cromatográficos. Do extrato obtido, 1 mL foi injetado em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (19091F-112; 25 m; 0,320 mm; 0,50 mm; J & W Agilent Technologies). A injeção foi realizada de maneira automática, o gás de arraste foi o H_2, mantido em um fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260 °C. O tempo total da corrida cromatográfica foi de 16,5 minutos (min) dividido em três rampas de aquecimento, como segue: 80 °C (1 min), 120 °C (20 °C/min; 3 min), 205 °C (10 °C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM/L) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de N-NH_3 foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em leitor de microplacas (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando-se filtro para absorbância de 550 nm.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram calculados pela diferença entre cada nutriente consumido (MS, MO, PB, EE, FDN e CNF) e sua excreção

fecal. O balanço de nitrogênio foi calculado conforme as fórmulas que seguem: Retenção de N (g/dia) = ($N_{consumido}$-N_{fezes}- N_{urina}); Retenção de N (% N consumido) = [($N_{consumido}$- N_{fezes}- N_{urina})/$N_{consumido}$]; Retenção de N (% N absorvido) = [($N_{consumido}$- N_{fezes}- N_{urina})/($N_{consumido}$x Absorvido de N)].

3.2.7. Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento para modelos mistos do programa computacional "*Statistical Analysis System"* (SAS, versão 9.4, 2018), de acordo com o modelo estatístico que segue para medidas repetidas no tempo: $Y = \mu + A_i + P_j + T_k + H_l + (TH)_{kl} + E_{ijkl}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal (i =1 a 4) P_j =efeito de período (j =1 a 4), T_k= efeito de tratamento (k =1 a 4), H_l = efeito de horário de colheita (l =1 a 8), $(TH)_{kl}$ = interação entre tratamento e horário de colheita, E_{ijkl} = erro residual.

E o modelo para medidas únicas: $Y = \mu + A_i + P_j + T_k + E_{ijk}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal (i =1 a 4) P_j = efeito de período (j =1 a 4), T_k = efeito de tratamento (k = 1 a 4), E_{ijk} = erro residual.

As médias foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos teores de bicarbonato de sódio nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Foi realizado um contraste: CONT *vs* dietas contendo bicarbonato de sódio. Os efeitos de período e interação entre tratamentos e períodos foram determinados pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando $P \leq 0,05$.

3.3. Resultados

3.3.1. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

Não houve efeito dos tratamentos para o consumo de MS, MO, EE e PB (Tabela 3). Nos contrastes, houve efeito ($P < 0,001$) dos tratamentos sobre o consumo de FDN e FDA, com valores superiores para o CONT. O consumo de CNF também diferiu no contraste, sendo superior para as dietas contendo bicarbonato (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem sobre o consumo de nutrientes por cordeiros

Item	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]		
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT
Consumo, kg/d								
Matéria seca	0,972	0,881	0,906	0,862	0,05	0,90	0,79	0,47
Matéria orgânica	0,919	0,842	0,855	0,818	0,05	0,86	0,83	0,48
Extrato etéreo	0,021	0,031	0,023	0,023	0,002	0,06	0,32	0,15
Proteína bruta	0,160	0,129	0,131	0,133	0,008	0,84	0,98	0,17
Fibra insolúvel em detergente neutro	0,272	0,130	0,086	0,083	0,02	0,16	0,47	<0,001
Fibra insolúvel em detergente ácido	0,159	0,057	0,025	0,023	0,02	0,18	0,48	<0,001
Carboidratos não fibrosos	0,407	0,588	0,593	0,580	0,03	0,90	0,90	0,01

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.
[2]EPM: Erro padrão da média.
[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a digestibilidade da MS, MO, EE e PB. Entretanto, houve efeito ($P < 0,05$) dos tratamentos sobre a digestibilidade da FDN e CNF e sobre os valores de NDT e EM. A digestibilidade da FDN foi superior para o CONT ($P = 0,03$; Tabela 4). Para a digestibilidade do CNF, os maiores valores foram para as dietas contendo bicarbonato de sódio. Os valores de NDT (% da MS) e EM (Mcal/kg MS) foram superiores para as dietas contendo bicarbonato de sódio ($P = 0,04$; Tabela 4).

Tabela 4. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem na digestibilidade aparente dos nutrientes em cordeiros

Item	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]		
	CONT	1SB	2SB	3SB		L	Q	SB×CONT
Digestibilidade aparente, %								
Matéria seca	89,34	90,41	91,16	92,84	0,81	0,24	0,78	0,21
Matéria orgânica	90,26	91,50	92,23	93,82	0,74	0,20	0,77	0,14
Extrato etéreo	81,80	87,82	85,34	87,46	1,10	0,89	0,31	0,06
Proteína bruta	88,21	87,25	89,75	91,29	1,05	0,14	0,82	0,55
Fibra insolúvel em detergente neutro	90,95	75,31	67,77	76,91	3,77	0,85	0,26	0,03
Fibra insolúvel em detergente ácido	90,97	74,50	63,43	77,21	4,51	0,82	0,24	0,07
Carboidratos não fibrosos	91,07	95,44	96,29	97,06	0,69	0,15	0,97	<0,001
Nutrientes digestíveis totais	86,98	91,10	88,80	90,94	0,77	0,92	0,14	0,04
Energia metabolizável, Mcal/kg MS	3,29	3,21	3,28	3,14	0,03	0,92	0,14	0,04

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.

[2]EPM: Erro padrão da média.

[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle.

[4]EM = NDT (kg)×4,4×0,82.

3.3.2. Fermentação ruminal

Não houve efeito de interação entre os tratamentos e as horas de colheita de fluído ruminal sobre nenhuma das características de fermentação ruminal avaliadas. Entretanto, houve efeito ($P < 0,01$) dos tratamentos sobre a concentração ruminal de acetato, isobutirato, butirato e isovalerato. No contraste maiores concentrações ($P < 0,01$) de acetato, isobutirato, butirato, isovalerato e AGCC totais foram observadas para os animais que receberam o CONT (Tabela 5).

Não houve efeito dos tratamentos sobre a concentração ruminal de propionato, valerato, relação acetato:propionato e concentração de amônia (Tabela 5). Contudo, o pH ruminal apresentou resposta quadrática ($P = 0,05$) aos teores de bicarbonato de sódio, com maiores valores observados para o 2BS (Tabela 5).

Tabela 5. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem nas características de fermentação ruminal de cordeiros

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]				
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT	Hora	Trat×Hora
Ácidos graxos de cadeia curta - AGCC, mM/L										
Acetato	44,62	35,40	31,48	34,99	1,06	0,87	0,07	<0,0001	<0,01	0,96
Propionato	32,97	31,83	25,45	28,30	1,76	0,44	0,25	0,24	0,008	1,00
Isobutirato	0,62	0,41	0,36	0,48	0,02	0,15	0,06	<0,0001	<0,01	0,91
Butirato	8,50	5,38	4,72	4,28	0,31	0,08	0,83	<0,0001	0,13	1,00
Isovalerato	1,18	0,84	0,60	0,87	0,06	0,88	0,06	<0,01	0,10	0,98
Valerato	1,70	1,41	1,66	1,79	0,10	0,16	0,79	0,70	0,05	0,95
AGCC totais	89,59	64,14	63,36	70,52	2,78	0,36	0,51	<0,001	<0,01	0,99
Acetato:Propionato	1,65	1,76	1,85	1,41	0,09	0,21	0,24	0,91	0,29	1,00
pH	5,81	5,77	5,99	5,87	0,04	0,32	0,05	0,43	<0,0001	1,00
Amônia, g/dL	14,52	14,25	13,38	14,77	0,75	0,81	0,54	0,82	0,74	0,91

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.

[2]EPM: Erro padrão da média.

[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle, Hora: efeito da hora de colheita, Trat×Hora: interação entre tratamento e hora de colheita.

[4]AGCC: ácidos graxos de cadeia curta expressos em milimolar; pH: potencial hidrogeniônico do fluido ruminal.

3.3.3. Balanço de nitrogênio

Não houve efeito dos tratamentos sobre o balanço de nitrogênio (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem no balanço de nitrogênio em cordeiros

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]		
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT
N, g/dia								
Ingerido	26,93	22,29	26,00	21,33	1,38	0,74	0,24	0,14
Fezes	3,19	2,90	2,16	2,10	0,33	0,48	0,64	0,25
Urina	14,82	14,89	13,46	13,80	0,71	0,54	0,58	0,56
Absorvido	23,74	19,41	23,31	19,44	1,29	0,99	0,29	0,24
Retenção								
g/dia	8,92	4,19	7,71	7,09	1,41	0,61	0,66	0,47
% N ingerido	31,68	22,18	17,68	26,62	3,42	0,68	0,48	0,20
% N absorvido	35,92	23,04	17,58	25,74	4,08	0,87	0,54	0,20

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja em substituição ao milho moído; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.
[2]EPM: Erro padrão da média.
[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle
[4]% N ingerido: porcentagem de N ingerido que foi retido; % N absorvido: porcentagem de N absorvido que foi retido.

3.4. Discussão

3.4.1. Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

O milho possui um NDT de 86% (Valadares Filho, 2002) enquanto a casca de soja possui NDT de 77% (NRC, 2007), entretanto, apesar da menor densidade energética da casca de soja, o CMS não diferiu entre CONT e BS. Isso pode estar associado à fibra da casca de soja, com grandes quantidades de celulose e hemicelulose e pouca lignina (média de 2,6% da MS), que é extensivamente digestível para ruminantes (Ipharraguerre; Clark, 2003). Era esperado em efeito no CMS com relação aos teores de bicarbonato de sódio, mas isso não aconteceu no presente experimento. Isso pode ser devido aos teores de bicarbonato de sódio usados, um tratamento sem o bicarbonato poderia ter evidenciado a diferença entre as dietas com e sem o bicarbonato. Somado a isso, o consumo expressado em % do peso vivo não foi muito alto, em torno de 2,08%. De Paula Carlis et al. (2021) em um experimento de metabolismo avaliaram diferentes níveis de FDN fisicamente efetiva de forragem e encontraram um CMS de 3,2% do peso vivo para o tratamento sem forragem, mostrando que talvez o CMS deste experimento pode não ter sido suficiente para mostrar diferença estatística. Além disso, o CMS em experimentos de metabolismo normalmente é menor quando comparado com experimentos de desempenho.

O maior consumo de FDN e FDA pelos animais do tratamento CONT foi devido aos teores superiores de FDN (62,0 e 9,0%) e FDA (46,0 e 3,0%) da casca de soja quando comparada ao milho (NRC, 2007), respectivamente. A diferença na composição dos ingredientes alterou a composição das dietas, sendo que as médias de FDN e FDA para o CONT foi 27,4 e 16,1% para o CONT e 10,1 e 2,8% para as dietas contendo bicarbonato de sódio, respectivamente. Por outro lado, o maior consumo de CNF e o menor consumo de FDN das dietas contendo bicarbonato podem ser explicados pela maior quantidade de milho nestas dietas quando comparadas com o CONT, visto que o milho possui maior concentração de CNF e menor concentração de FDN que a casca de soja.

A digestibilidade mais elevada da fração de FDN para o tratamento CONT está relacionada com a adição da casca de soja, uma vez que a substituição do milho pela casca de soja pode aumentar a digestibilidade dessa fração (Cunningham et al., 1993; Firkins; Eastridge, 1992; Nakamura; Owen, 1989; Pantoja et al., 1994). Esse aumento pode ser explicado pela maior quantidade de fibra que foi fermentada no rúmen dos animais que receberam a dieta contendo casca de soja, uma vez que a fração fibrosa da casca de soja

possui grandes quantidades de celulose (média de 43,0% MS) e hemicelulose (média de 18,0% MS) e baixa lignina (média de 2,6% MS; Ipharraguerre; Clark, 2003). Também pode estar associado com a redução do efeito associativo negativo do milho sobre a digestibilidade da fibra (Nakamura; Owen, 1989). Ferreira et al. (2011) relataram tendência de aumento na digestibilidade da FDN quando substituíram o milho em até 45% pela casca de soja em dietas para cordeiros. Em conjunto, os dados demonstram o elevado potencial de digestão da FDN da casca de soja na comparação com dietas com maiores teores de amido.

No contraste, a maior digestibilidade do CNF das dietas contendo bicarbonato pode estar associada ao seu maior teor de milho, tendo em vista que o principal CNF do milho é o amido, podendo estar presente entre 70 e 80% da sua composição (Rostagno et al., 2000) e apenas 9,0% de FDN (NRC, 2007). Já a casca de soja, avaliando a fração dos carboidratos solúveis em detergente neutro, possui maior quantidade de pectina (62,0% do CNF), com pouco amido (19,0%; NRC, 2001) e elevado teor de FDN (62,0% da MS; NRC, 2007). Eckermann (2021) avaliou diferentes teores de FDN de forragem na dieta de cordeiros e encontrou redução na digestibilidade do amido com o aumento no teor de FDN, sendo que a dieta contendo menor inclusão de FDN e maior inclusão de milho apresentou maior digestibilidade do amido. Contudo, vale ressaltar que a digestibilidade da FDN da casca de soja normalmente é superior à digestibilidade da FDN de forragem (Firkins, 1997). Essa substituição de amido por pectina com a inclusão da CS pode justificar a menor digestibilidade dos CNF para o CONT. Além disso, Nakamura e Owen (1989) relataram aumento na taxa de passagem com a inclusão da casca de soja em substituição ao milho, o que também pode ter acontecido no presente estudo e ter contribuído para menor digestibilidade dos CNF da dieta CONT.

Os valores superiores de NDT e EM para as dietas contendo bicarbonato de sódio são explicados pela maior quantidade de milho dessas dietas, já que ele possui NDT = 86% (Valadares Filho, 2002) enquanto a casca de soja possui NDT = 77% (NRC, 2007).

3.4.2. Fermentação ruminal

A maior concentração ruminal de acetato para a dieta contendo casca de soja se deve ao seu maior teor de FDN, já que o acetato é o principal AGCC produzido durante a fermentação da fibra (Firkins et al., 2006). A inclusão da casca de soja em substituição ao milho em dietas tem, consistentemente, aumentado a concentração ruminal de acetato (Cunningham et al., 1993; Ferreira et al., 2011b; Ipharraguerre et al., 2002), o que indica a capacidade da casca de soja de modificar o padrão de fermentação ruminal.

A maior concentração dos isoácidos no tratamento CONT também se deve a casca de soja, já que é um alimento com teor de proteína considerável (PB = 13%; NRC, 2007), dessa forma, a degradação das aminas e proteínas no rúmen causa uma elevação da concentração desses ácidos. Com alguns AGCC em maiores concentrações, a concentração de AGCC totais também foi maior. Ipharraguerre e Clark (2003) em revisão sobre a casca de soja na alimentação de vacas leiteiras relataram que a inclusão da casca de soja resulta numa fermentação que mantém ou aumenta a concentração total de AGCC, corroborando com os dados do presente trabalho. Pantoja et al. (1994) e Sarwar et al. (1992) propuseram que a FDN de alta digestibilidade presente na casca de soja poderia permitir uma maior fermentação ruminal, resultando, possivelmente, em maiores concentrações de AGCC.

O pH ruminal superior para o 2BS é justificado pela ação do bicarbonato de sódio, que é considerado um tamponante ruminal. Rogers et al. (1982) relataram aumento na taxa de diluição do fluido ruminal com a adição de bicarbonato de sódio e que isso, possivelmente, estaria associado ao aumento no fluxo de amido do rúmen, o que diminuiria a fermentação desse carboidrato. Com menos amido para ser fermentado no rúmen, a produção de propionato seria menor, justificando a mudança no pH ruminal, como foi proposto por Russell e Chow (1993). Os dados encontrados corroboram com os de Santra et al. (2003), que encontraram efeito positivo do bicarbonato de sódio sobre o pH ruminal, que foi superior para os grupos que receberam o aditivo.

Alguns trabalhos com ovinos (Adams et al., 1981; Kawas et al., 2005a) relataram aumento no CMS com o fornecimento de bicarbonato de sódio. Em um experimento avaliando as mesmas dietas do presente estudo e seus efeitos sobre o desempenho, comportamento ingestivo e características de carcaça (abordado no próximo capítulo desta dissertação), o CMS foi superior ($P < 0,01$) para o 2BS. Dessa forma, pode ser que o bicarbonato também tenha efeito sobre o consumo, o que pode contribuir para uma maior taxa de passagem ruminal dos nutrientes e, consequentemente, menor fermentação do amido, contribuindo também para o pH superior de dietas contendo bicarbonato.

No presente estudo, a concentração de propionato não diferiu, mas quando a produção do tratamento 2BS foi comparada com 1BS e 3BS, ela foi inferior em 20 e 10%, respectivamente, para o tratamento 2BS, mostrando que a concentração de propionato foi menor neste tratamento, contribuindo então para o pH superior. O 1BS pode ter sido insuficiente para proporcionar alteração na taxa de diluição do fluido ruminal, não alterando o fluxo de amido e propiciando maior produção de propionato (25% superior), que por sua vez contribuiu para o pH inferior. Já o 3BS pode ter excedido a dose ideal. Gastaldello et al.

(2013) não encontraram efeito da adição do bicarbonato de sódio sobre o pH ruminal de cordeiros, o que também está de acordo com os resultados do presente experimento, uma vez que utilizaram dose fixa de apenas 1%, que pode ter sido insuficiente.

Além disso, Santra et al. (2003) avaliaram o fornecimento do bicarbonato de sódio para cordeiros e seus efeitos na população de protozoários ciliados do rúmen e encontraram um aumento dessa população com a suplementação do tamponante. É bem estabelecido que os protozoários do rúmen têm um efeito na estabilização do pH ruminal através do engulfamento de partículas de amido em excesso e armazenamento como amilopectina (Hristov et al., 2001; Santra; Karim, 2002). Com a ingestão de grânulos de amido, os protozoários diminuem a taxa de degradação no rúmen (William; Coleman, 1992), desacelerando o processo de fermentação e prevenindo queda no pH ruminal. Em dietas sem forragem e com alto concentrado o número de protozoários ciliados é menor, mas ainda existe (Nigri et al., 2017), consequentemente, eles podem ajudar a melhorar o ambiente ruminal.

3.4.3. Balanço de nitrogênio

Alguns fatores podem afetar a utilização de nitrogênio pelos ruminantes, como a concentração de proteína dietética, a composição do nitrogênio da proteína, a interação com outros nutrientes (Firkins; Reinolds, 2005), a degradabilidade e o *status* energético do animal (Kebreab et al., 2002). Entretanto, no presente estudo não houve efeito dos tratamentos sobre o balanço de nitrogênio. Pode ser que a quantidade de milho que foi substituída pela casca de soja tenha sido insuficiente para causar mudanças. Além disso, a ausência de efeito pode ser explicada pelo consumo similar de PB (Tabela 3), uma vez que as dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, assim como também a digestibilidade dessas frações não diferiu.

3.5. Conclusões

O bicarbonato de sódio no teor de 2,0% da MS aumenta o pH ruminal sem interferir nas características de consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, assim como na concentração de AGCC, mostrando ser eficiente em melhorar o pH ruminal em dietas sem forragem para cordeiros confinados. Além disso, quando comparado com a dieta contendo casca de soja, o bicarbonato de sódio teve efeito similar com relação ao pH ruminal, entretanto, a dieta com casca de soja possibilitou maiores concentrações de acetato, butirato, isobutirato, isovalerato e AGCC totais.

Referências

Adams, D.C., Galyean, M.L., Kiesling, H.E., Wallace, J.D., Finkner, M.D., 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. J. Anim. Sci. 53, 780–789. https://doi.org/10.2527/jas1981.533780x

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC international, 14th ed. AOAC international., Arlington. V.A.

AOAC, 1997. Official Methods of Analysis of AOAC international, 16th ed. AOAC international., Arlington. V.A.

Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. Journal of Animal Science 82 (1), 149–169.

Cunningham, K.D., Cecava, M.J., Johnson, T.R., 1993. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. J. Dairy Sci. 76, 3523–3535. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(93)77691-2

Eckermann, N.R., 2021. Exigência de FDN fisicamente efetiva de forragem (FDN fef) para cordeiros em terminação. Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura " Luiz de Queiroz ."

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Araujo, R.C., Gentil, R.S., Loerch, S.C., 2011. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls1. J. Anim. Sci. 89, 4127–4133. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3419

Firkins, J.L., 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion 1. J. Dairy Sci. 80, 1426–1437. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76072-7

Firkins, J.L., Eastridge, M.L., 1992. Replacement of forage or concentrate with combinations of soyhulls, sodium bicarbonate, or fat for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 75, 2752–2761. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)78038-2

Firkins, J.L., Hristov, A.N., Hall, M.B., Varga, G.A., St-Pierre, N.R., 2006. Integration of ruminal metabolism in dairy cattle,. J. Dairy Sci. 89, E31–E51. https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(06)72362-1

Firkins, J.L., Reynolds, C., 2005. Whole-animal nitrogen balance in cattle., in: nitrogen and phosphorus nutrition of cattle: reducing the environmental impact of cattle operations. CABI, Wallingford, pp. 167–186. https://doi.org/10.1079/9780851990132.0167

Garcia, I.F.F., Costa, T.I.R., Almeida, A.K. de, Pereira, I.G., Alvarenga, F.A.P., Lima, N.L.L., 2010. Performance and carcass characteristics of Santa Inês pure lambs and crosses with Dorper e Texel at different management systems. Rev. Bras. Zootec. 39, 1313–1321. https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000600021

Gastaldello, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Amaral, R.C., Gentil, R.S., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., Eastridge, M.L., 2013. Limestone with different particle size and sodium bicarbonate to feedlot lambs fed high grain diets with or without monensin. Small Rumin. Res. 114, 80–85. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.05.009

Herod, E.L., Bechtle, R.M., Bartley, E.E., Dayton, A.D., 1978. Buffering ability of several compounds in vitro and the effect of a selected buffer combination on ruminal acid production in vivo. J. Dairy Sci. 61, 1114–1122. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(78)83695-9

Hristov, A.N., Ivan, M., Rode, L.M., McAllister, T.A., 2001. Fermentation characteristics and ruminal ciliate protozoal populations in cattle fed medium- or high-concentrate barley-based diets. J. Anim. Sci. 79, 515. https://doi.org/10.2527/2001.792515x

Ipharraguerre, I.R., Clark, J.H., 2003. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: A Review. J. Dairy Sci. 86, 1052–1073. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73689-3

Ipharraguerre, I.R., Shabi, Z., Clark, J.H., Freeman, D.E., 2002. Ruminal fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. J. Dairy Sci. 85, 2890–2904. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74377-4

Kawas, J.R., García-Castillo, R., Fimbres-Durazo, H., Garza-Cazares, F., Hernández-Vidal, J.F.G., Olivares-Sáenz, E., Lu, C.D., 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on nutrient intake, digestibility, and ruminal fermentation of light-weight lambs fed finishing diets. Small Rumin. Res. 67, 149–156. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.010

Kebreab, E.; France, J.; Mills, J.A.N.; Allison, R.; Dijkstra, J. 2002. A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. Journal of Animal Science 80: 248-259. https://doi.org/10.2527/2002.801248x

Laskoski, L.M., Muraro, L.S., Santana Júnior, M.S., Carvalho, M.B., Freitas, S.H., Dória, R.G.S., M. D. Santos, Dittrichi, R.L., 2014. Sodium bicarbonate as prevention of metabolic acidosis in sheep submitted to experimental ruminal acidosis. Pesqui. Veterinária Bras. 34, 822–826. https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000900003

Nagaraja, T.G., Lechtenberg, K.F., 2007. Acidosis in feedlot cattle. Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract. 23, 333–350. https://doi.org/10.1016/J.CVFA.2007.04.002

Nagaraja, T.G., Newbold, C.J., van Nevel, C.J., Demeyer, D.I., 1997. Manipulation of ruminal fermentation, in: The Rumen Microbial Ecosystem. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 523–632. https://doi.org/10.1007/978-94-009-1453-7_13

Nakamura, T., Owen, F.G., 1989. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. J. Dairy Sci. 72, 988–994. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(89)79193-1

Nigri, A.C.A., Ribeiro, I.C.O., Vieira, E.A., Silva, M.L.F., Virgínio-Júnior, G.., Abrão, F.O., Geraseev, L.C., Duarte, E.R., 2017. População de protozoários ruminais em novilhos zebuínos alimentados com ou sem volumoso. Arq. Bras. Med. Veterinária e Zootec. 69, 1339–1345. https://doi.org/10.1590/1678-4162-9009

NRC, 1984. Nutrient Requeriments of Beef Cattle, 6th ed. National Academy Press, Washington, DC.

NRC, 2001. Nutrient requirements for dairy cattle.National Research Council. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.

NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, and Cervids, New World Camelids. National Academy Press, Washington, D.C.

Okeke, G.C., Buchanan-Smith, J.G., Grovum, W.L., 1983. Effects of buffers on ruminal rate of passage and degradation of soybean meal in steers. J. Anim. Sci. 56, 1393–1399. https://doi.org/10.2527/jas1983.5661393x

Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R., 1998. Acidosis in cattle: a review. J. Anim. Sci. 76, 275. https://doi.org/10.2527/1998.761275x

Pantoja, J., Firkins, J.L., Eastridge, M.L., Hull, B.L., 1994. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77, 2341–2356. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77177-0

Rogers, J.A., Davis, C.L., 1982. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. J. Dairy Sci. 65, 944–952. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82295-9

Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2000. 141p.

Russell, J.B., Chow, J.M., 1993. Another theory for the action of ruminal buffer salts: decreased starch fermentation and propionate production. J. Dairy Sci. 76, 826–830. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77407-X

Santos, J.W. dos, Cabral, L.D.S., Zervoudakis, J.T., Souza, A.L. de, Abreu, J.G. de, Bauer, M.D.O., 2008. Casca de soja em dietas para ovinos. Rev. Bras. Zootec. 37, 2049–2055. https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001100022

Santra, A., Chaturvedi, O.., Tripathi, M.., Kumar, R., Karim, S.., 2003. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs. Small Rumin. Res. 47, 203–212. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00241-9

Santra, A., Karim, S.A., 2002. Influence of ciliate protozoa on biochemical changes and hydrolytic enzyme profile in the rumen ecosystem. J. Appl. Microbiol. 92, 801–811. https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.2002.01583.x

Sarwar, M., Firkins, J.L., Eastridge, M.L., 1992. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. J. Dairy Sci. 75, 1533–1542. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(92)77910-7

Valadares Filho, S. C.; Rocha Júnior, V. R.; Capelle, E. R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Suprema Gráfica Ltda, 2002. 297p.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Wang, Q., Wang, Y., Hussain, T., Dai, C., Li, J., Huang, P., Li, Y., Ding, X., Huang, J., Ji, F., Zhou, H., Yang, H., 2020. Effects of dietary energy level on growth performance, blood parameters and meat quality in fattening male Hu lambs. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. (Berl). 104, 418–430. https://doi.org/10.1111/jpn.13278

William, A.G., Coleman, G.S., 1992. The Rumen Protozoa. Springer, New York.

4. USO DE DIETAS SEM FORRAGEM PARA TERMINAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS: DESEMPENHO, CARACTERÍSTICAS DE CARCAÇA, MORFOMETRIA RUMINAL E COMPORTAMENTO INGESTIVO

RESUMO

A carne ovina é uma fonte de proteína de alto valor nutricional e pode contribuir para atender à crescente demanda por proteína de origem animal. A cadeia produtiva de carne de cordeiros enfrenta um desafio de sazonalidade produtiva de forragem, comprometendo o crescimento e desempenho dos animais. O uso de dietas com alta proporção de concentrado é uma alternativa para aumentar o ganho médio diário e diminuir o tempo de terminação dos animais. Contudo, essas dietas são um desafio para a saúde ruminal. Este estudo foi desenvolvido para avaliar o efeito da inclusão de bicarbonato de sódio e a comparação com a dieta contendo casca de soja em dietas sem forragem a base de milho moído sobre o desempenho, características de carcaça, morfometria ruminal e comportamento ingestivo de cordeiros confinados. Foram utilizados 28 cordeiros não castrados mestiços (Dorper × Santa Inês), com peso corporal inicial médio de 30,2 ± 4,5 kg e 94 ± 8,4 dias de idade. O delineamento experimental utilizado foi blocos completos casualizados, com 7 blocos e 4 tratamentos, os blocos foram definidos de acordo com o peso e a idade inicial dos animais. As dietas experimentais foram: CONT – controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, contendo casca de soja em 40% na matéria seca; e três dietas à base de grão de milho moído contendo 1 (1BS), 2 (2BS) e 3% (3BS) de bicarbonato de sódio em % na matéria seca. A inclusão do bicarbonato nas dietas aumentou de forma quadrática o peso final, consumo de matéria seca, ganho médio diário, eficiência alimentar, peso ao abate, peso de carcaça quente e fria, área de olho de lombo, índice de compacidade de pernil e os pesos dos seguintes cortes: pescoço, paleta, costela e pernil, com maiores valores para o 2BS. No contraste entre CONT *vs* BS houve diferença para o consumo de matéria seca e de fibra em detergente neutro e sobre o tempo de ruminação e mastigação em min/d, sendo superiores para o CONT. A adição do bicarbonato diminuiu linearmente a área e a altura das papilas. Nenhum animal apresentou abscessos hepáticos. Contudo, na avaliação de lesões no epitélio ruminal, três animais apresentaram lesões do tipo F (vilosidades aderidas), sendo dois do 3BS e um do CONT. O uso do bicarbonato de sódio melhorou os índices de desempenho e aumentou os pesos de carcaça quente e fria, com melhores resultados observados no teor de 2%, mostrando ser eficiente em dietas sem forragem para cordeiros confinados.

Palavras-chave: Concentrado, Abate, Sem forragem.

ABSTRACT

Sheep meat is a source of protein of high nutritional value and can contribute to meet the growing demand for animal protein. The production chain of lamb meat faces a challenge of forage production seasonality, compromising the growth and performance of animals. The use of diets with high proportion of concentrate is an alternative to increase the average daily gain and decrease the finishing time of animals. However, these diets are a challenge to rumen health. This study was carried out to evaluate the effect of inclusion of sodium bicarbonate and soybean hulls in diets based on ground corn without forage on performance, ingestive behavior and carcass characteristics of confined lambs. Twenty-eight ram lambs (Dorper × Santa Inês), with initial average body weight of 30.2 ± 4.5 kg and 94 ± 8.4 days old were used. They were assigned to a randomized complete block design experiment with 7 blocks and 4 diets, the blocks were defined by body weight and initial age. Experimental diets were CONT – positive control, without forage and without sodium bicarbonate, containing soybeans hulls in 40% of dry matter; and three diets without forage based on ground corn containing 1 (1SB), 2 (2SB) and 3% (SB) of of dry matter of sodium bicarbonate. The inclusion of sodium bicarbonate quadratically increased final body weight, dry matter intake, average daily gain, feed eficiency, slaughter body weight, hot and cold carcass weight, loin muscle area, leg compactness index and the weights of the following cuts: neck, shoulder, rib and leg, with higher values for the 2SB. When comparing CONT *vs* SB, there was a difference for dry matter and neutral detergent fiber intake and rumination and chewing time in min/d, being higher for CONT. The addition of bicarbonate linearly decreased the area and height of the papillae. No animal had liver abscesses. However, in the evaluation of lesions in the rumen epithelium, three animals presented type F lesions (adhered villi), two from the 3SB and one from CONT. The use of sodium bicarbonate improved the performance and increased hot and cold caracass weights, with better results observed in the 2.0% level, showing to be efficient in diets without forage for feedlot lambs.

Keywords: Concentrate, Slaughter, Without forage.

4.1. Introdução

A carne ovina é uma fonte de proteína de alto valor nutricional e pode contribuir para atender à crescente demanda por proteína de origem animal. A cadeia produtiva de carne de cordeiros enfrenta um desafio de sazonalidade produtiva de forragem (Nascimento et al., 2020), o que resulta em comprometimento do crescimento e desempenho dos animais, bem como na qualidade da carcaça e da carne. Com o objetivo de melhorar o desempenho dos animais para o abate precoce, o uso de dietas com alta proporção de concentrado tem sido

mais freqüente (Ferreira et al., 2011a; Gastaldello Júnior et al., 2010; Polizel et al., 2016), já que essas dietas são uma alternativa para aumentar GMD e diminuir o tempo de terminação dos animais (Parente et al., 2016).

Contudo, dietas com alto teor de concentrado são um desafio devido a alta proporção de carboidratos fermentescíveis disponíveis e o baixo teor de fibra, o que pode reduzir o pH ruminal e contribuir no desenvolvimento de lesões no rúmen e formação de abscessos hepáticos (Jensen et al., 1954), comprometendo o desempenho animal. A adição de tamponantes, como o bicarbonato de sódio, em dietas com alto teor de concentrado ajuda a prevenir oscilações no pH ruminal, favorecendo o crescimento microbiano e o desempenho animal (Santra et al., 2003). Informações com relação ao efeito do bicarbonato de sódio em dietas com alto concentrado ainda são controvérsias. Sen et al. (2006) relataram aumento no peso de abate de cordeiros terminados com dietas de alto concentrado e Santra et al. (2003) relataram maior GMD e ganho de peso total para os grupos tratados com bicarbonato de sódio. Por outro lado, Gastaldello Júnior et al. (2010) não encontraram efeito do fornecimento de bicarbonato de sódio em dietas de alto concentrado para cordeiros confinados.

Além disso, a inclusão de co-produtos da indústria associados à essas dietas, como a casca de soja, também pode melhorar as condições ruminais durante a fermentação, devido à sua composição química, em que o acetato é o principal AGCC produzido (Firkins et al., 2006), contribuindo para uma fermentação favorável (Muller; Prado, 2005). Além de melhorar o ambiente ruminal, esse ingrediente também aumenta a concentração ruminal de AGCC totais (Ipharraguerre et al., 2003).

O uso de dietas sem forragem para cordeiros confinados ainda é um tópico recente e, nas buscas realizadas, não foram encontrados trabalhos que avaliassem dietas sem forragem associadas ao bicarbonato de sódio, já que os estudos encontrados usaram uma fonte de volumoso (Gastaldello Júnior et al., 2010; Kawas et al., 2007; Sen et al., 2006; Supratman et al., 2018), que não foi o caso do presente trabalho. Portanto, é importante estudar como essas dietas podem contribuir para um ambiente ruminal melhor, resultando em melhor desempenho e qualidade de carcaça.

Esse estudo foi desenvolvido para avaliar o uso do bicarbonato de sódio em dietas sem forragem para cordeiros confinados sobre o desempenho, características de carcaça, morfometria ruminal e comportamento ingestivo e a comparação destas dietas com a dieta contendo casca de soja (40% da MS).

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Local, animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para confinamento de ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba-SP (22º 42' 24'' S e 47º 37' 53'' O), Brasil. O experimento foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo número 8846110320.

Foram utilizados 28 cordeiros não castrados Dorper × Santa Inês, com aproximadamente 30,2 ± 4,5kg de peso corporal inicial e 94 ± 8,4 dias de idade. Os animais foram confinados em baias cobertas (um animal/baia) com piso de concreto e dimensões de 1,3 m × 3,5 m, providos de bebedouro e cocho para fornecimento de ração. Todos os animais foram desverminados com cloridrato de levamisol à 5% (Ripercol® L, Zoetis Indústria de Produtos Veterinários Ltda., Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/10 kg de peso corporal.

4.2.2. Delineamento experimental, tratamentos e manejo alimentar

O delineamento experimental foi em blocos completos casualizados com 4 tratamentos e 7 blocos. Os blocos foram definidos de acordo com o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental teve duração de 84 dias, com 3 períodos de 28 dias.

Os tratamentos experimentais foram:

- CONT – controle positivo, dieta sem forragem e sem bicarbonato de sódio, contendo casca de soja em 40% na MS.
- 1BS – dieta sem forragem à base de grão de milho moído contendo 1,0% de bicarbonato de sódio na MS.
- 2BS – dieta sem forragem à base de grão de milho moído contendo 2,0% de bicarbonato de sódio na MS.
- 3BS – dieta sem forragem à base de grão de milho moído contendo 3,0% de bicarbonato de sódio na MS.

O uso da casca de soja como um controle positivo foi devido à sua habilidade de aumentar e estabilizar o pH ruminal (Ferreira et al., 2011). Por outro lado, um controle negativo (dieta sem a inclusão do bicarbonato de sódio e da casca de soja) não foi usado devido ao risco de acidose ruminal. As dietas experimentais foram formuladas utilizando-se o

"Small Ruminant Nutrition System" (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004), as quais estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes, % MS	Tratamentos[1]			
	CONT	1BS	2BS	3BS
Milho moído[2]	45,1	83,98	82,97	81,92
Farelo de soja[3]	8,5	8,5	8,5	8,5
Casca de soja[4]	40,0	-	-	-
Mistura mineral[5]	4,5	4,5	4,5	4,5
Ureia	0,9	1,02	1,04	1,07
Melaço de cana	1,0	1,0	1,0	1,0
Monensina, mg/kg de MS	25,0	25,0	25,0	25,0
Bicarbonato de sódio	-	1,0	2,0	3,0
Composição química, % MS				
Matéria seca	94,6	94,4	94,3	94,3
Matéria orgânica	93,7	94,5	94,7	93,7
Proteína bruta	16,2	16,9	17,0	16,3
Fibra insolúvel em detergente neutro	32,2	8,7	7,4	8,3
Fibra insolúvel em detergente ácido	21,3	3,5	3,1	3,4
Carboidratos não fibrosos	43,1	65,5	67,1	65,7
Extrato etéreo	2,2	3,4	3,2	3,4

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.
[2]MS = 96,3%, MO = 98,8%, PB = 9,5%, FDN = 8,1%, FDA = 2,9%, EE = 4,8%.
[3]MS = 96,2%, MO = 93,3%, PB = 51,2%, FDN = 11,4%, FDA = 6,9%, EE = 2,5%.
[4]MS = 96,3%, MO = 95,3%, PB = 10,4%, FDN = 64,7%, FDA = 45,8%, EE = 2,4%.
[5]Mistura mineral: P = 3,4%; Ca = 22,1%; Na = 6,5%; Mg = 1,5%; S = 3,5%; Cu = 110 ppm; Co = 22 ppm; Zn = 18 ppm; Se = 6 ppm.

O milho foi moído utilizando um moedor (Nogueira DPM – 4, Itapira, São Paulo, Brasil), sem peneira. A casca de soja utilizada foi farelada. A distribuição do tamanho de partículas dos ingredientes e das dietas foi determinada através de peneiramento a seco, inserindo 100 g de amostra em um agitador de peneiras (Produtest T Model, Telastem, Sao Paulo, Brazil) com peneiras de 2,00; 0,51; 0,42; 0,297 e 0,18 mm. O tempo de agitação usado foi de 5 min. A distribuição das dietas e dos ingredientes está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização física dos ingredientes e das dietas experimentais

	Dietas/ingredientes (% retido)[1]						
Crivo das peneiras, mm	CONT	1BS	2BS	3BS	Milho	CS	FS
2,00	12,3	30,3	28,0	24,7	26,9	1,3	1,6
0,51	34,4	33,9	29,2	31,0	29,8	54,0	44,5
0,42	28,9	17,7	19,0	20,4	21,1	27,2	33,1
0,297	7,4	3,6	5,6	4,6	5,8	5,8	7,5
0,18	4,0	2,5	3,1	2,1	3,4	4,2	3,5
Fundo	13,0	12,0	15,1	17,2	13,0	7,5	9,8

[1]CONT: controle positivo sem forragem e sem bicarbonato de sódio contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio; CS: casca de soja; FS: farelo de soja.

As dietas foram misturadas utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). A monensina sódica (Elanco do Brasil, São Paulo, Brasil) foi adicionada na proporção de 25 mg/kg de MS. Amostras das dietas e dos ingredientes foram coletadas e armazenadas a – 20 ºC para posterior análise.

Diariamente, as dietas foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas às 8h, com consumo *ad libitum*, foi realizada a leitura de cocho e ajustes foram feitos quando necessários para que as sobras fossem menores que 10% da quantidade ofertada. Os animais de todos os tratamentos iniciaram o experimento recebendo suas respectivas dietas experimentais, contudo foram submetidos a uma adaptação por restrição, com aumento progressivo da quantidade ofertada no decorrer do período até atingir consumo *ad libitum*, como segue:

- 1º dia: oferta de ração total equivalente a 2,0% do PV do animal.
- 2º dia: oferta de ração total equivalente a 2,4% do PV do animal.
- 3º dia: oferta de ração total equivalente a 2,8% do PV do animal.
- 4º dia: oferta de ração total equivalente a 3,2% do PV do animal.
- 5º dia: oferta de ração total equivalente a 3,6% do PV do animal.
- A partir do 6º dia: oferta de ração total para garantir consumo *ad libitum*.

Os animais foram pesados nos dias 0, 28, 56 e 84 após jejum de 16 horas para determinar GMD e EA. Ao final de cada período as sobras eram pesadas e compostas por tratamento, depois uma amostra era retirada e armazenada a – 20 ºC para posterior análise.

4.2.3. Análises laboratoriais e cálculos

As amostras das rações ofertadas, sobras e dos ingredientes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 ºC por 72 h ou até atingirem peso constante, depois foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm e analisadas para determinação da MS por meio da secagem das amostras em estufa a 105 °C por 24 h, MM através da incineração das amostras em mufla a 550 °C por 4 h (AOAC, 1990). O nitrogênio total foi determinado por combustão utilizando um aparelho Leco TruMac N (Leco Corporation, St. Joseph, MI), conforme a AOAC (1997). Os teores da FDN e FDA foram determinados em um aparelho Ankom 2000 Fiber Analyzer (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY), conforme Van Soest, Robertson e Lewis (1991), utilizando α-amilase termoestável e sulfito de sódio. O teor de extrato etéreo foi determinado utilizando o método de extração Soxhlet.

4.2.4. Comportamento ingestivo

Nos dias 26, 54 e 82 de cada período experimental foi realizada a avaliação do comportamento ingestivo de cada animal, durante 24 horas, com observações realizadas a cada 5 minutos. Um observador, devidamente treinado, foi utilizado para cada turno de avaliação de 3 horas. Foram determinados os tempos gastos com ingestão, ruminação, mastigação, ócio e ingestão de água em min/dia. O tempo despendido em cada atividade (expresso em min/d) foi calculado por meio da multiplicação do número de observações por 5. O tempo total de mastigação foi considerado como a soma dos tempos de ingestão e ruminação (Weidner; Grant, 1994b). Os tempos de ingestão, ruminação e mastigação foram também expressos em min/g de MS e min/g de FDN ingeridos.

4.2.5. Escore de fezes

Ao final de cada período foi avaliado o escore de fezes de cada animal por três dias consecutivos conforme metodologia descrita por Dickson e Jolly (2011). Foram atribuídas notas de 1 a 5: 1- fezes com formato uniforme e rígidas; 2- fezes levemente desuniformes e friáveis; 3 - fezes desuniformes, forma uma pilha macia; 4 - fezes pastosas, forma uma pilha solta; 5 - fezes líquidas, inclui diarreia, conforme a figura 1:

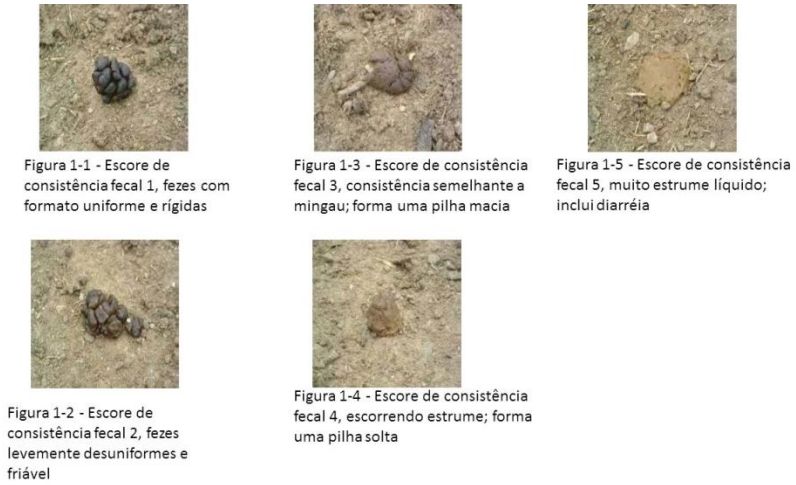

Figura 1: Escore de consistência fecal, adaptado de Dickson e Jolly (2011).

4.2.6. Abate dos animais e características de carcaça

Ao final do período de confinamento todos os animais foram abatidos após jejum de sólidos de 16 horas. Imediatamente antes do abate os animais foram pesados para obtenção do peso ao abate (PA). As carcaças quentes foram pesadas (PCQ), e resfriadas em câmara de refrigeração a 4 °C por 24 horas, sendo novamente pesadas para a obtenção do peso da carcaça fria (PCF). O rendimento da carcaça quente (RCQ), rendimento da carcaça fria (RCF) e a perda por resfriamento (PR) foram calculados pelas fórmulas: RCQ = (PCQ/PCA) x 100; RCF = (PCF/PCA) x 100 e PR = [(PCQ – PCF)/PCQ)] x 100.

Após 24 h de refrigeração foi mensurado o comprimento externo de carcaça (CEC), perímetro de pernil (PP) e perímetro de garupa (PG). Depois a carcaça foi seccionada em dois lados simétricos, entre as 12º e 13º costelas dos dois lados da carcaça foram avaliados o escore de marmoreio (EM), a espessura de gordura subcutânea (EGS) e espessura de parede corporal (EPC) utilizando-se um paquímetro digital (Battery, modelo SR44) graduado em mm. A face exposta do músculo *Longissimus lumborum* foi desenhada em papel vegetal para obtenção da área de olho de lombo (AOL) (Cézar; Souza, 2007; 2010). A partir dos valores obtidos do lado direito e esquerdo da carcaça, foi calculada a média aritmética da EGS, EPC e AOL por carcaça. Também foi medido o comprimento interno de carcaça (CIC), profundidade de tórax (PT) e comprimento de pernil (CP). Também foram determinados os índices de compacidade de carcaça (ICC) = PCF/CIC e de compacidade de pernil (ICP) = peso do pernil/CP (Cezar; Wandrick, 2007). Após este processo, as carcaças foram seccionadas de acordo com Cézar e Souza (2010), com adaptações, nos cortes: pescoço,

paleta, matambre, costela, pernil, rabo e lombo, os quais foram pesados separadamente. A gordura perirrenal também foi pesada.

4.2.7. Morfologia ruminal

Após o abate, os animais foram eviscerados e o compartimento do rúmen foi isolado. O excesso de tecido conjuntivo circundante foi removido e o compartimento foi esvaziado e lavado com água corrente. Em seguida, um fragmento de 5 cm² foi coletado da região ventral do saco cranial do rúmen.

As amostras do rúmen de cada animal foram imediatamente colocadas em um recipiente contendo solução de álcool 70% previamente separado e identificado. Depois foram refrigeradas por cerca de um dia para a realização das mensurações morfológicas macroscópicas da parede do rúmen.

Foi cortado um quadrado de 1 cm² do fragmento coletado do saco cranial do rúmen e as variáveis morfológicas macroscópicas avaliadas foram número de papilas por cm² de parede (NP), altura, largura e área média das papilas (AMP), área da superfície absortiva por cm² de parede (ASA) e porcentagem de papilas por área de superfície absortiva (% papilas/ASA). A área da superfície absortiva bem como a área e a altura das papilas foram mensuradas utilizando-se o programa para análise de imagens ImageJ. O quadrado de 1 cm² foi colocado em uma placa de petri, juntamente com 12 papilas para que fosse possível realizar as medidas anteriores; este material foi digitalizado em uma impressora com uma escala de 1 cm desenhada para que fosse possível adicionar a escala no programa no momento da análise. A área de superfície absortiva da parede (ASA) em cm² foi calculada como: 1 + (NP × AMP) - (NP × 0,002), onde 1 representa 1 cm^2 de fragmento coletado e 0,002 é a área basal estimada das papilas em centímetros quadrados. A área das papilas, expressa em porcentagem de ASA, foi calculada como: (NP × AMP)/(ASA × 100) (Pereira et al., 2020; Resende Jr. et al., 2006). O número médio de papilas por cm² foi avaliado como a quantidade de papilas inseridas em cada fragmento contada manualmente por 3 avaliadores, onde o valor final foi a média das 3 contagens.

4.2.8. Ruminite

A classificação quanto às lesões sugestivas de ruminite foi realizada pela abertura longitudinal do rúmen, onde foi observada a presença de lesões no epitélio ruminal e classificadas conforme Garcia Neto (2018) em lesões do tipo I, II, III, IV, V e VI, conforme figura 2.

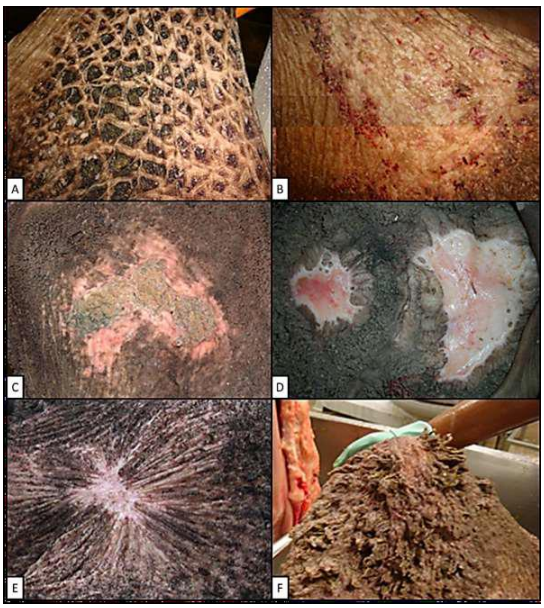

Figura 2 - Padrões de lesão macroscópica no rúmen de bovinos acometido por ruminite em consequência de distúrbios metabólicos em decorrência da ingestão excessiva de carboidratos altamente fermentáveis no rúmen. Em (A): lesão tipo I ou "retalhos aderentes". Em (B): lesão tipo II ou "erosiva" com hemorragia. Em (C): lesão tipo III ou "pseudomembranosa" com membrana diftérica. Em (D): lesão tipo IV ou "ulcerativa". Em (E): lesão tipo V ou "retração cicatricial". Em (F): lesão tipo VI ou "vilosidades aderidas".

4.2.9. Abscesso hepático

Após a separação do fígado, foram realizadas palpações e cortes longitudinais do órgão para observação de abscessos hepáticos. Para classificação, foi utilizada a metodologia de Brown et al. (1975), sendo 0 = nenhum abscesso; A- = um ou dois abscessos pequenos ou resquício de cicatrizes de abscessos; A= dois a quatro abscessos bem organizados; A+ = um ou mais abscessos grandes ou múltiplos abscessos pequenos e ativos.

4.2.10. Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento para modelos mistos do programa computacional "*Statistical Analysis System"* (SAS, versão 9.4, 2018), de acordo com o

modelo estatístico que segue para medidas repetidas no tempo: $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + P_l + (TP)_{kl} + E_{ijkl}$, em que: μ = média geral, A_i= efeito de animal (i = 1 a 28), B_j= efeito de bloco (j = 1 a 7), T_k= efeito de tratamento (k = 1 a 4), P_l = efeito de período (l = 1 a 3), $(TP)_{kl}$ = interação entre tratamento e período experimental, E_{ijkl} = erro residual.

Para medidas únicas, foi utilizado o seguinte modelo: $Y = \mu + A_i + B_j + T_k + E_{ijk}$, em que: μ = média geral, A_i= efeito de animal (i = 1 a 28), B_j= efeito de bloco (j = 1 a 7), T_k = efeito de tratamento (k = 1 a 4), E_{ijk} = erro residual.

As médias foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos teores de bicarbonato de sódio nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Foi realizado um contraste: CONT *vs* dietas contendo bicarbonato de sódio. Os efeitos de período e interação entre tratamentos e períodos foram determinados pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando $P \leq 0,05$.

4.3. Resultados

4.3.1. Desempenho

O desempenho dos animais foi avaliado no decorrer de três períodos experimentais. Não houve interação entre os tratamentos e os períodos experimentais para nenhuma das variáveis avaliadas.

O CMS apresentou resposta quadrática tanto em kg/dia ($P < 0,01$), quanto em % do PV ($P = 0,01$) e em g/kg de $PV^{0,75}$ ($P = 0,02$) para os teores de BS, sendo o maior no tratamento 2BS. No contraste, o CMS em kg/dia, % PV e g/kg de $PV^{0,75}$ foi superior ($P = 0,0001$, $P < 0,0001$ e $P < 0,0001$, respectivamente) para o CONT (Tabela 3).

Houve efeito quadrático entre os teores de bicarbonato de sódio para o GMD ($P < 0,01$), peso final (PF; $P = 0,02$) e EA ($P < 0,01$), com valores superiores para o 2BS. No contraste não houve diferença o GMD nem para EA (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem no desempenho de cordeiros confinados

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]				
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT	Per	Trat×Per
Idade inicial, dias	91,7	96,0	90,3	97,8	1,59	-	-	-	-	-
PI, kg	30,3	30,2	30,2	30,2	0,85	-	-	-	-	-
PF, kg	51,1	46,1	52,8	46,4	1,29	0,93	0,02	0,27	-	-
CMS										
kg/dia	1,349	1,019	1,228	1,022	0,03	0,96	<0,01	0,0001	0,01	0,93
% PV	3,07	2,58	2,82	2,58	0,05	0,94	0,01	<0,0001	<0,0001	0,82
g/kg de $PV^{0,75}$	78,79	63,28	70,89	64,66	1,45	0,69	0,02	<0,0001	<0,01	0,97
GMD, kg	0,248	0,189	0,269	0,193	0,01	0,87	<0,001	0,13	<0,0001	0,40
EA, GMD/CMS	0,18	0,18	0,22	0,18	0,01	0,85	<0,01	0,10	<0,0001	0,10

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.
[2]EPM: Erro padrão da média.
[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle; Per: efeito de período, Trat×Per: interação entre tratamento e período.
[4]PI: peso inicial, PF: peso final, CMS: consumo de matéria seca, PV: peso vivo, GMD: ganho médio diário, EA: eficiência alimentar.

4.3.1. Comportamento ingestivo

Não houve efeito da interação entre tratamento e período. Houve efeito quadrático (P < 0,01) entre os teores de bicarbonato para o CMS, sendo superior para o 2BS. Além disso, no contraste, o CMS diferiu (P < 0,0001) e o CFDN também (P < 0,001), sendo superior para o CONT (Tabela 4).

O tempo de ingestão, ruminação e mastigação em min/ g de MS apresentou resposta quadrática (P < 0,01) entre os teores de bicarbonato, sendo o menor valor para o 2BS. Entretanto no contraste não houve diferença. O tempo de ingestão em min/ g de FDN não diferiu entre os teores de bicarbonato, mas no contraste foi inferior (P < 0,001) para o CONT. A ingestão em min/d não diferiu (Tabela 4).

No contraste o tempo de ruminação em min/ d diferiu (P < 0,001), sendo superior para o CONT, e em min/ g de FDN (P < 0,001) foi inferior para o mesmo tratamento, não houve diferença em min/ g de MS (Tabela 4).

Houve efeito quadrático entre os teores de bicarbonato no tempo despendido na mastigação em min/ d (P = 0,04), min/ g de MS (P < 0,001) e min/ g de FDN (P = 0,04), sendo os menores valores para o 2BS. No contraste, o tempo mastigando em min/ d diferiu (P < 0,01), sendo superior para o CONT, também diferiu em min/ g de FDN (P < 0,001), porém com menor valor para o CONT. Não houve efeito para o tempo mastigando em min/ g de MS. O consumo de água e o tempo em ócio não diferiram entre os tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem no comportamento ingestivo de cordeiros confinados

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]				
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT	Per	Trat×Per
CMS, kg/d	1,69	1,223	1,549	1,309	0,04	0,39	<0,01	<0,0001	0,66	0,37
CFDN, g/d	513,27	101,36	101,82	102,19	21,39	0,97	0,99	<0,001	0,80	0,89
Ingerindo										
Min/d	139,76	147,86	130,00	140,24	4,38	0,53	0,19	0,97	0,91	0,89
Min/g de MS	0,09	0,12	0,08	0,11	0,004	0,09	<0,01	0,08	0,56	0,82
Min/g de FDN	0,30	1,51	1,30	1,38	0,07	0,26	0,15	<0,001	0,88	0,76
Ruminando										
Min/d	174,05	147,86	105,71	114,76	6,59	0,04	0,06	<0,001	<0,001	0,41
Min/g de MS	0,11	0,12	0,07	0,09	0,005	0,008	<0,01	0,15	0,01	0,51
Min/g de FDN	0,36	1,48	1,08	1,15	0,07	0,03	0,07	<0,001	0,01	0,47
Mastigando										
Min/d	313,81	295,71	235,71	255,00	8,64	0,07	0,04	<0,01	0,02	0,82
Min/g de MS	0,20	0,25	0,15	0,20	0,007	0,01	<0,001	0,88	0,10	0,73
Min/g de FDN	0,65	3,00	2,38	2,53	0,12	0,03	0,04	<0,001	0,16	0,47
Água, min/d	9,52	26,43	8,81	11,42	4,39	0,23	0,35	0,55	0,33	0,42
Ócio, min/d	982,14	913,81	952,38	930,48	39,1	0,86	0,72	0,53	<0,001	0,95

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.

[2]EPM: Erro padrão da média.

[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle; Per: efeito de período, Trat×Per: interação entre tratamento e período.

[4]CMS = consumo de matéria seca; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro.

4.3.2. Carcaça

Houve efeito quadrático dos teores de bicarbonato sobre o PA (P = 0,02), PCQ (P = 0,02), PCF (P = 0,02), AOL (P = 0,05) e ICP (P = 0,05), sendo superior para o 2BS (Tabela 5). As demais características de carcaça não foram afetadas pelos tratamentos. Há uma diferença entre o PF e o PA dos animais devido ao intervalo de quatro dias entre o término do período experimental e o dia do abate.

Tabela 5. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem sobre as características de carcaça de cordeiros confinados

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]		
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT
PA	52,47	46,70	53,21	47,46	1,25	0,78	0,02	0,14
PCQ	28,16	25,77	29,36	25,47	0,76	0,86	0,02	0,36
PCF	27,70	25,34	28,91	25,07	0,75	0,87	0,02	0,36
RCQ	53,59	55,04	55,11	53,69	0,43	0,26	0,47	0,30
RCF	52,72	54,12	54,28	52,85	0,43	0,28	0,44	0,28
PR	1,64	1,67	1,52	1,56	0,04	0,30	0,26	0,54
EPC	22,45	22,17	24,34	22,15	0,95	0,99	0,37	0,84
EGS	3,74	3,74	4,31	3,39	0,34	0,66	0,28	0,91
EM	1,00	1,00	1,00	1,14	0,03	0,17	0,42	0,57
GPR	0,58	0,57	0,67	0,59	0,05	0,87	0,51	0,83
AOL	18,04	16,78	18,17	16,62	0,31	0,84	0,05	0,21
PT	26,36	25,71	26,57	25,86	0,22	0,83	0,17	0,56
PG	76,21	74,57	76,07	73,78	0,73	0,60	0,16	0,26
PP	46,50	44,50	46,93	43,36	0,67	0,53	0,10	0,41
CP	36,21	35,14	36,21	34,43	0,40	0,53	0,15	0,30
ICP	0,11	0,11	0,12	0,11	0,002	0,78	0,05	0,91
CIC	69,43	65,93	68,71	63,21	1,21	0,42	0,17	0,21
ICC	0,40	0,38	0,42	0,42	0,01	0,34	0,45	0,81

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.

[2]EPM: Erro padrão da média.

[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle.

[4]PA: peso ao abate; PCQ: peso de carcaça quente; PCF: peso de carcaça fria; RCQ: rendimento de carcaça quente; RCF: rendimento de carcaça fria; PR: perda por resfriamento; EPC: espessura de parede corporal; EG: espessura de gordura subcutânea; EM: escore de marmoreio; GPR: gordura peri-renal; AOL: área de olho de lombo; PT: profundidade de tórax; PG: perímetro de garupa; PP: perímetro de pernil; CP: comprimento de pernil; ICP: índice de compacidade de pernil; CIC: comprimento interno de carcaça; ICC: índice de compacidade de carcaça.

Quanto aos cortes da carcaça, houve efeito quadrático dos teores de bicarbonato sobre o peso de alguns cortes expressos em kg, sendo eles pescoço (P = 0,01), paleta (P = 0,02), costela (P = 0,03) e pernil (P = 0,01), cujos maiores valores foram superiores para 2BS (Tabela 6). Nos demais cortes não houve diferença. Nos contrastes não houve diferença nas variáveis analisadas.

Tabela 6. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem sobre o peso dos cortes de cordeiros confinados

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]		
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT
Pescoço								
kg	0,97	0,88	1,06	0,92	0,03	0,59	0,01	0,73
% PCF	3,52	3,47	3,67	3,66	0,07	0,3	0,49	0,6
Paleta								
kg	2,46	2,16	2,46	2,16	0,06	0,99	0,02	0,08
% PCF	8,91	8,54	8,59	8,63	0,1	0,7	0,96	0,09
Costela								
kg	3,62	3,38	3,85	3,27	0,12	0,67	0,03	0,6
% PCF	13,04	13,3	13,22	13,05	0,13	0,44	0,87	0,58
Lombo								
kg	1,06	0,9	1,07	0,95	0,03	0,53	0,07	0,26
% PCF	3,84	3,57	3,68	3,81	0,07	0,25	0,94	0,36
Pernil								
kg	4,15	3,84	4,33	3,77	0,09	0,74	0,01	0,35
% PCF	15,03	15,2	15,1	15,02	0,14	0,63	0,98	0,8
Matambre								
kg	0,84	0,77	0,88	0,74	0,03	0,7	0,09	0,56
% PCF	3,01	3,02	3	2,95	0,06	0,67	0,94	0,91
Rabo								
kg	0,16	0,14	0,15	0,14	0,01	0,79	0,65	0,48
% PCF	0,55	0,57	0,54	0,55	0,03	0,85	0,83	0,98

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.

[2]EPM: Erro padrão da média.

[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle.

[4]% PCF: Cortes expressos em porcentagem do peso da carcaça fria.

4.3.3. Trato gastrointestinal

Na avaliação de papilas, houve efeito linear dos teores de bicarbonato sobre a área de papilas ($P < 0,01$) e a altura ($P = 0,01$), sendo inferiores para o tratamento 3BS. As demais características não apresentaram diferença. Nos contrastes, não houve diferença para nenhuma das características avaliadas (Tabela 7).

Quanto à presença de abscessos hepáticos, nenhum animal apresentou abscesso. Com relação à presença de lesões no epitélio ruminal, três animais apresentaram lesões do tipo F, sendo dois animais do tratamento 3BS e um do tratamento CONT (dados não apresentados).

Tabela 7. Efeito de teores crescentes de bicarbonato de sódio em dietas sem forragem na morfometria ruminal de cordeiros confinados

Item[4]	Tratamentos[1]				EPM[2]	Efeito[3]		
	CONT	1BS	2BS	3BS		L	Q	BS×CONT
Nº papilas	56,74	64,40	67,67	67,43	2,94	0,72	0,80	0,17
Área papilas, cm²	0,21	0,30	0,22	0,20	0,01	<0,01	0,46	0,32
ASA, cm²	12,85	19,27	16,09	14,5	0,92	0,06	0,70	0,07
% papilas/ASA	92,16	94,53	93,25	92,56	0,40	0,08	0,75	0,16
Altura, cm	0,58	0,64	0,55	0,53	0,02	0,01	0,29	0,75
Largura, cm	0,19	0,24	0,21	0,20	0,01	0,09	0,85	0,12

[1]CONT: controle positivo, sem forragem e sem bicarbonato de sódio, à base de milho moído contendo 40% de casca de soja; 1BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 1% de bicarbonato de sódio; 2BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 2% de bicarbonato de sódio; 3BS: dieta sem forragem à base de milho moído contendo 3% de bicarbonato de sódio.

[2]EPM: Erro padrão da média.

[3]L: efeito linear, Q: efeito quadrático, BS×CONT: dietas sem forragem à base de milho moído contendo bicarbonato de sódio vs dieta controle.

[4]N°. papilas: número de papilas ruminais; ASA: área de superfície absortiva; %papilas/ASA: porcentagem de papilas por área de superfície absortiva, Altura: altura média de papilas, Largura: largura média de papilas.

4.4. Discussão

4.4.1. Desempenho

A resposta quadrática no CMS pode ser explicada pela ação do bicarbonato de sódio. O uso de tamponantes modifica a fermentação ruminal através do aumento ou menor oscilação do pH ruminal (Erdman, 1982; Kovacik et al., 1986; Rogers et al., 1982) e do aumento do fluxo do fluido ruminal pelo orifício retículo-omasal ou pela diluição do fluido ruminal (Okeke et al., 1982; Rogers et al., 1982). Conforme observado no capítulo anterior, o 2BS proporcionou melhor ambiente ruminal através da elevação do pH ruminal, isso reflete em um CMS superior e mais estável, uma vez que esses animais não estão acometidos com distúrbios metabólicos, pois em casos de acidose pode haver uma redução no cosumo de alimentos (Nagaraja; Chengappa, 1998).

Leventini et al. (1990) encontraram maior CMS no experimento de metabolismo e melhora numérica no CMS no experimento de desempenho com a adição de sesquicarbonato e atribuíram isso ao aumento da taxa de saída de fluidos e partículas do rúmen, que leva a um maior "turn over" de partículas com um correspondente aumento no CMS. Respostas quadráticas no consumo em g/d também foram encontradas por Tripathi et al. (2004) com a suplementação de bicarbonato na terminação de cordeiros utilizando dietas de alto concentrado nos teores de 7,5; 15,0 e 22,5 g/kg de MS. Kawas et al. (2005) também constataram aumento no CMS entre os dias 31 e 60 com o fornecimento de bicarbonato de sódio para cordeiros confinados, entretanto, considerando todo o período experimental eles não encontraram diferença no CMS. De acordo com os autores, essa ausência de efeito foi devido à forma de fornecimento da ração, metade do sorgo foi fornecida moída e a outra metade foi fornecida inteira, de modo que a mastigação do grão pode ter contribuído para maior salivação, que contém bicarbonato de sódio, reduzindo o efeito do bicarbonato adicionado na ração.

O tratamento 3BS diminuiu o CMS e está de acordo com os resultados encontrados por González et al. (2008). Esse menor CMS pode ser devido a uma redução na palatabilidade da dieta causada pela presença do tamponante. Keunen et al. (2003) disponibilizaram bicarbonato de sódio de maneira contínua e a vontade para vacas, mas o consumo diário não excedeu 40 g, sendo que o recomendado pelo NRC (2001) é 0,6 a 0,8% do CMS (em torno de 200 g) de tamponante para vacas de leite. Eles atribuíram esse menor consumo de bicarbonato de sódio às suas propriedades organolépticas, que diminuiriam a palatabilidade.

No contraste CONT×BS, a diferença no CMS pode ser devido ao tamanho de partículas da casca de soja, já que o CONT possuía menor porcentagem de partículas retida na peneira 2,00 mm e maior porcentagem retida na peneira de 0,42 mm quando comparado com as dietas contendo bicarbonato de sódio (Tabela 2). Devido ao menor tamanho de partícula e alta gravidade específica da casca de soja quando hidratada, a taxa de passagem pode se elevar (Weidner; Grant, 1994). Além disso, a energia das dietas e a relação com os mecanismos de regulação de consumo também podem ter contribuído. Quando os animais são alimentados com rações palatáveis, baixas em capacidade de enchimento e prontamente digestíveis, o consumo é regulado a partir da demanda energética do animal (Mertens, 1994). A casca de soja possui um NDT de 77% (NRC, 2007) enquanto o milho tem um NDT de 86% (Valadares Filho, 2002) essa menor densidade energética contribui para o maior CMS da dieta contendo casca de soja como uma forma de compensar a menor energia quando comparada com as dietas contendo bicarbonato, que tinham maior quantidade de milho. Os dados corroboram com os de Ferreira et al. (2011a) e Polizel et al. (2016), que também encontraram maior CMS com o uso da casca de soja.

Entre os teores de bicarbonato, o GMD foi maior para o tratamento 2BS e é justificado pelo maior CMS, que possibilitou maior consumo de energia para os animais que receberam essa dieta. Estes dados estão de acordo os dados encontrados por Tripathi et al. (2004), que também encontraram relação quadrática entre o aumento do teor de bicarbonato de sódio e o CMS. No contraste, apesar do maior CMS para o CONT, o GMD não diferiu, uma vez que o maior consumo aconteceu para compensar a menor densidade energética desta dieta.

4.4.2. Comportamento ingestivo

O CFDN diferiu no contraste, sendo superior para o CONT, devido à quantidade superior de fibra da casca de soja quando comparada ao milho, sendo 65 e 9%, respectivamente (NRC, 2007). Além disso, o maior CFDN está atrelado também ao maior CMS devido aos mecanismos de regulação de consumo relatados por Forbes (2000).

O tempo de ruminação tem alta correlação (r^2 = 0,96) com o consumo de FDN (Welch; Hooper, 1988) e a mastigação também é influenciada pelo teor de FDN, o que explica o maior tempo de ruminação e mastigação (em min/d) para o CONT, que possuía maior quantidade de FDN.

O menor tempo de ingestão em min/g de FDN para o CONT pode ser explicado pela maior CFDN, já que esses animais gastaram menos tempo unidade de FDN devido ao maior

consumo deste nutriente. O tempo gasto com ingestão, ruminação e mastigação em min/g de MS foi menor para o tratamento 2BS entre os teores de bicarbonato e pode ser explicado pelo maior CMS deste tratamento, então os animais gastaram mais tempo por unidade de MS nessas atividades. Provavelmente, as melhores condições ruminais proporcionadas pela adição de 2% de bicarbonato de sódio à dieta ocasionaram em maior velocidade de passagem e esvaziamento ruminal, que levou ao maior consumo de MS/tempo. Com maiores quantidades de comida consumida, menos tempo é gasto ruminando por unidade de MS ou fibras ingerida (Welch; Smith, 1969).

4.4.3. Carcaça

O GMD superior para o 2BS proporcionou maior peso de abate e, consequentemente, maior peso de carcaça quente e fria para os animais deste tratamento, já que o peso da carcaça é diretamente relacionado com o peso de abate (Oliveira et al., 2018). O peso dos cortes do pescoço, paleta, costela e lombo estão relacionados com as carcaças mais pesadas, sendo superiores para o 2BS. Com o peso do pernil superior, o ICP também foi superior, já que existe um aumento na deposição de tecidos por unidade de comprimento.

A maior AOL para o tratamento 2BS pode ser atribuída ao maior peso do lombo já que o peso de cortes comerciais é influenciado pelo peso do abate (Garcia et al., 2010). Além disso, a AOL também tem uma correlação positiva com a porção comestível da carcaça, quanto maior a AOL, maior a porção comestível da carcaça (Luchiari Filho, 2000), o que é uma vantagem no momento da comercialização. Sen et al. (2006) também encontraram maior PA e maior AOL para os animais que receberam bicarbonato em suas dietas nas quantidades de 0,75; 1,50 e 2,25% da MS.

No contraste, o CONT proporcionou mesmo GMD que os tratamentos contendo bicarbonato, portanto não diferiu nas características de carcaça devido ao mesmo peso de abate e das carcaças. Polizel et al. (2016) usaram casca de soja substituindo o milho e também não encontraram diferença no RCQ, RCF, EPC e EGS entre a dieta controle (com milho) e a dieta contendo casca de soja. Provavelmente, as melhores condições ruminais devido a manutenção do pH ruminal dentro de valores favoráveis à um melhor padrão de fermentação acarretaram em maior disponibilidade de nutrientes para o crescimento animal.

4.4.4. Trato gastrointestinal

A menor área e altura das papilas para o tratamento 3BS podem ser atribuídas ao tipo da dieta. Dietas com alta energia têm grande proporção de carboidratos altamente fermentáveis no rúmen, consequentemente, grandes quantidades de AGCC, que podem causar distúrbios metabólicos como a acidose (Krause; Oetzel, 2005), processo de paraqueratose, o que pode acarretar em danos na parede ruminal (Nagaraja, 2000) e rompimento do epitélio (Owens et al., 1998). Corroborando com essas informações, dois animais do tratamento 3BS apresentaram lesões, o que pode ter sido reflexo da dieta e ter interferido na altura e largura de papilas deste tratamento.

4.5. Conclusões

O uso do bicarbonato de sódio melhorou o desempenho através do maior consumo de matéria seca e ganho médio diário, aumentou os pesos de carcaça quente e fria e o peso dos cortes, com melhores resultados observados no teor de 2,0%, mostrando ser eficiente em dietas sem forragem para terminação de cordeiros confinados. Quando comparado com a casca de soja, o bicarbonato de sódio proporcionou desempenho e características de carcaça semelhantes.

Referências

AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC international, 14th ed. AOAC international., Arlington. V.A.

AOAC, 1997. Official Methods of Analysis of AOAC international, 16th ed. AOAC international., Arlington. V.A.

Brown, H., Bing, R.F., Grueter, H.P., McAskill, J.W., Cooley, C.O., Rathmacher, R.P., 1975. Tylosin and chlortetracycline for the prevention of liver abscesses, improved weight gains and feed efficiency in feedlot cattle. J. Anim. Sci. 40, 207–213. https://doi.org/10.2527/jas1975.402207x.

Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. Journal of Animal Science 82 (1), 149–169.

Cézar, M. F.; Sousa, W. H. 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Editora Agropecuária Tropical: Uberaba, MG. 147 pp.

Cézar, M. F.; Sousa, W. H. 2010. Proposta de avaliação e classificação de carcaças de ovinos deslanados e caprinos. Tecnologia & Ciência Agropecuária. v.4, n.4, p.41-51, dez.

Cezar, M.F.S., Wandrick, H. 2007. Manual técnico-científico de avaliação da carcaça ovina e caprina. Editado por Marcilio Fontes Cezar e Wandrci K Hauss De Sousa.

Dickson, H., Jolly, S., 2011. National procedures and guidelines for intensive sheep and lamb feeding systems. Mla Publication., 125. https://www.integritysystems.com.au/globalassets/mla-corporate/research-and-development/documents/l.lsm.0022_national_procedures_and_guidelines_for_intensive_sheep_and_lamb_feeding_systems.pdf.

Erdman, R.A., Hemken, R.W., Bull, L.S., 1982. Dietary sodium bicarbonate and magnesium oxide for early postpartum lactating dairy cows: effects of production, acid-based metabolism and digestion. J. Dairy Sci. 65, 712–731. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82259-5

Ferreira, E.M., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011a. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. J. Anim. Sci. 89, 4120–4126. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417

Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Queiroz, M.A.A., Araujo, R.C., Gentil, R.S., Loerch, S.C., 2011b. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. J. Anim. Sci. 89, 4127–4133. https://doi.org/10.2527/jas.2010-3419

Forbes, J.M. 2000. Physioogical and metabolic aspects of feed intake control. In. Farm Animal Metabolism and Nutrition. CAB International, Wallingford, UK. P 319-333

Garcia, C.A., Monteiro, A.L.G., Costa, C., Neres, M.A., Rosa, G.J.M., 2003. Medidas objetivas e composição tecidual da carcaça de cordeiros alimentados com diferentes níveis de energia em creepfeeding. Rev. Bras. Zootec. 32, 1380–1390. https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000600013

Garcia Neto, F., 2018. Ruminite, abscessos hepáticos e enfermidades podais em bovinos: avaliação dos achados após o abate. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia (EVZ). Programa de Pós Graduação em Ciência Animal, Goiânia, 78f.: il. https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/8853/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Ant%c3%b4nio%20Ferreira%20Garcia%20Neto%20-%202018.pdf

Gastaldello Júnior, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Desempenho e características de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo alta proporção de concentrado adicionadas de agentes tamponantes. Rev. Bras. Zootec. 39, 556–562. https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000300015

González, L.A., Ferret, A., Manteca, X.,Calsamiglia, S., 2008. Increasing sodium bicarbonate level in high-concentrate diets for heifers. II. Effects on chewing and feeding behaviors. Animal 2, 713–722. https://doi.org/10.1017/S1751731108001663

Jensen, R., H. M. Deane, L. J. Cooper, V. A. Miller, and W. R. Graham. 1954. The rumenitis-liver abscess complex in beef cattle. Am. J. Vet. Res. 15: 202–216. PMID: 13148469

Kawas, J.R., García-Castillo, R., Garza-Cazares, F., Fimbres-Durazo, H., Olivares-Sáenz, E., Hernández-Vidal, G., Lu, C.D., 2007. Effects of sodium bicarbonate and yeast on productive performance and carcass characteristics of light-weight lambs fed finishing diets. Small Rumin. Res. 67, 157–163. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.09.011

Keunen, J.E., Plaizier, J.C., Kyriazakis, I., Duffield, T.F., Widowski, T.M., Lindinger, M.I., McBride, B.W., 2003. Short communication: Effects of subacute ruminal acidosis on free-choice intake of sodium bicarbonate in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 86, 954–957. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73678-9

Kovacik, A.M., Loerch, S.C., Dehority, B.A., 1986. Effect of supplemental sodium bicarbonate on nutrient digestibilities and ruminal pH measured continuously. J. Anim. Sci. 62, 226–234. https://doi.org/10.2527/jas1986.621226x

Krause, K.M., Oetzel, G.R., 2006. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. Anim. Feed Sci. Technol. 126, 215–236. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2005.08.004

Leventini, M.W., Hunt, C.W., Roffler, R.E., Casebolt, D.G., 1990. Effect of dietary level of barley-based supplements and ruminal buffer on digestion and growth by beef cattle.J. Anim. Sci. 68, 4334–4344. https://doi.org/10.2527/1990.68124334x

Luchiari Filho, A. 2000. Pecuária da carne bovina, 1ed. São Paulo: Vieira, 134p.

Nagaraja, T.G., Chengappa, M.M., 1998. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. J. Anim. Sci. 76, 287. https://doi.org/10.2527/1998.761287x

Mertens, D. R. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation and utilization (G. C. Fahey, Jr. Edition), American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Madison, WI, 1994. p. 450– 493.

Nascimento, C.O., Santos, S.A., dos S. Pina, D., Tosto, M.S.L., Pinto, L.F.B., Eiras, D.N., de Assis, D.Y.C., Perazzo, A.F., de Araújo, M.L.M.L., Azevêdo, J.A.G., Mourão, G.B., de Carvalho, G.G.P., 2020. Effect of roughage-to-concentrate ratios combined with different preserved tropical forages on the productive performance of feedlot lambs. Small Rumin. Res. 182, 15–21. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.11.002

Muller, M.; Prado, I.N., 2005. Metabolismo da pectina em animais ruminantes - uma revisão. Rev. Varia Sci. 04, pgs 45-56.

Nagaraja, T.G., 2000. Liver abscesses in beef cattle: potential for dairy monitoring? Proc. Thirty-Third Annu. Conf. Am. Assoc. Bov. Pract. Rapid City, South Dakota, USA, Sept. 21-23, 2000 65–68.

NRC, 2001. Nutrient requirements for dairy cattle. National Research Council. Natl. Acad. Sci. Washington, DC.

NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, and Cervids, New World Camelids. National Academy Press, Washington, D.C.

Okeke, G.C., Buchanan-Smith, J.G., Grovum, W.L., 1983. Effects of buffers on ruminal rate of passage and degradation of soybean meal in steers. J. Anim. Sci. 56, 1393–1399. https://doi.org/10.2527/jas1983.5661393x

Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R., 1998. Acidosis in cattle: a review. J. Anim. Sci. 76, 275. https://doi.org/10.2527/1998.761275x

Parente, H.N., Parente, M.O.M., Gomes, R.M.S., Sodré, W.J.S., Moreira Filho, M.A., Rodrigues, R.C., Santos, V.L.F., Araújo, J.S., 2016. Increasing levels of concentrate digestibility, performance and ingestive behavior in lambs.Rev. Bras. Saúde e Produção Anim. 17, 186–194. https://doi.org/10.1590/S1519-99402016000200006

Pereira, M.C.S., Dellaqua, J.V.T., Sousa, O.A., Santi, P.F., Felizari, L.D., Reis, B.Q., Pinto, A.C.J., Bertoldi, G.P., Silvestre, A.M., Watanabe, D.H.M., Estevam, D.D., Arrigoni, M.D.B., Millen, D.D., 2020. Feedlot performance, feeding behavior, carcass and rumen morphometrics characteristics of Nellore cattle submitted to strategic diets prior the adaptation period. Livest. Sci. 234, 103985. https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.103985

Polizel, D.M., Gobato, L.G.M., Souza, R.A. de, Gentil, R.S., Ferreira, E.M., Freire, A.P.A., Susin, I., 2016. Performance and carcass traits of goat kids fed high-concentrate diets containing citrus pulp or soybean hulls. Ciência Rural 46, 707–712. https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150450

Resende Júnior, J.C., Alonso, L.S., Pereira, M.N., Magallanes, M.G.R., Duboc, M.V., Oliveira, E.C., Melo, L.Q., 2006. Efeito do padrão alimentar sobre a morfologia da parede ruminal de vacas e carneiros. Brazilian J. Vet. Res. Anim. Sci. 43, 526. https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26469

Rogers, J.A., Davis, C.L., 1982. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. J. Dairy Sci. 65, 944–952. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82295-9

Santra, A., Chaturvedi, O., Tripathi, M., Kumar, R., Karim, S., 2003.Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on fermentation characteristics and ciliate protozoal population in rumen of lambs.Small Rumin. Res. 47, 203–212. https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00241-9

Sen, A.R., Santra, A., Karim, S.A., 2006. Effect of dietary sodium bicarbonate supplementation on carcass and meat quality of high concentrate fed lambs. Small Rumin. Res. 65, 122–127. https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.05.032

Supratman, H., Ramdani, D., Kuswaryan, S., Budinuryanto, D.C., Joni, I.M., 2018. Application of probiotics and different size of sodium bicarbonate powders for feedlot sheep fattening, in: AIP Conference Proceedings. p. 030045. https://doi.org/10.1063/1.5021238

Tavares, N.C., Barbosa, A.A., Bermudes, R.F., Rechsteiner, S.M.E.F., Cruz, L.A.X., Bruhn, F.R.P., Silva, P.M., Martins, C.F., 2019.Impact of high-energy diets on the rumen environment and digital cushion in confined cattle.Pesqui. Veterinária Bras. 39, 970–977. https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-6230

Tripathi, M., Santra, A., Chaturvedi, O.,Karim, S., 2004. Effect of sodium bicarbonate supplementation on ruminal fluid pH, feed intake, nutrient utilization and growth of lambs fed high concentrate diets. Anim. Feed Sci. Technol. 111, 27–39. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.07.004

Valadares Filho, S. C.; Rocha Júnior, V. R.; Capelle, E. R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. Suprema Gráfica Ltda, 2002. 297p.

Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74, 3583–3597. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2

Weidner, S.J., Grant, R.J., 1994. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77, 513–521. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76979-4

Welch, J.G. and Smith, A.M., 1969. Effect of varying amounts of forage intake on rumination Journal of Animal Science, 28, 827–830. https://doi.org/10.2527/jas1969.286827x

Welch, J. G., Hooper, A. P., 1988. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Reston, p. 108-116. https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84890772300andorigin=inwardandtxGid=ea17946078658e00b9f01c19b57e7359 #.