

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE
MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES**

MARINA DE PAULA ALMEIDA

**RECIFE – PE
2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE
MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES**

MARINA DE PAULA ALMEIDA

Zootecnista

**RECIFE – PE
2022**

MARINA DE PAULA ALMEIDA

RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Zootecnia

Comitê de Orientação:

Profa. Dra. Antonia Sherlânea Chaves Vêras – Orientadora

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira – Co-orientador

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat – Co-orientador

**RECIFE – PE
2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A447r Almeida, Marina de Paula
RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES / Marina de Paula Almeida. - 2022.
85 f.
- Orientador: Antonia Sherlanea Chaves .
Coorientador: Marcelo de Andrade Ferreira, Joao Paulo Ismerio dos Santos .
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2022.
1. Alimentos alternativos. 2. Impacto ambiental. 3. Pequenos ruminantes. 4. Coprodutos da indústria de doces. 5. Utilização de nitrogênio.. I. , Antonia Sherlanea Chaves, orient. II. , Marcelo de Andrade Ferreira, Joao Paulo Ismerio dos Santos, coorient. III. Título

MARINA DE PAULA ALMEIDA

RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 21 de janeiro de 2022.

Comissão Examinadora:

Profa. Dra. Antonia Sherlânea Chaves Vêras
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
Presidente

Profa. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Prof. Dr. Michel do Vale Maciel
Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Profa. Dra. Maria Gabriela da Conceição
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco –UFAPE

Dr. Robert Emilio Mora Luna
Universidade Federal do Norte do Tocantins - UFNT

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

MARINA DE PAULA ALMEIDA, filha de Cypriano Alcides Santos de Almeida e Maria Marta de Paula Almeida, nascida em 21 de julho de 1985, na cidade do Recife– PE. Os estudos foram iniciados no Colégio Gastão Vilarim da 1^a, 2^a e 4^a série do ensino fundamental, localizado na cidade de Olinda – PE, e 3^a série do ensino fundamental, no Colégio de Aplicação César Macêdo, localizado na cidade de Barreiras – BA. Após este período, estudou da 5^a série do ensino fundamental ao 2^o ano do ensino médio, no Colégio Militar do Recife, localizado na cidade do Recife – PE, concluindo o 3^o ano do ensino médio no ano de 2003, no Colégio Santa Emília, na cidade de Olinda – PE. Em agosto de 2006 ingressou no curso de bacharelado em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE, Campus SEDE, obtendo título de Zootecnista em janeiro de 2013. Foi bolsista de Iniciação Científica PIC/CNPq durante o período de 2008 a 2009 e bolsista PIBIC/CNPq de 2010 a 2011 sob orientação do Prof^o. Dr^o. Francisco Fernando Ramos de Carvalho. Em março de 2013 ingressou no Mestrado em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob a orientação da Prof^a Dr^a Antonia Sherlânea Chaves Vêras, desenvolvendo a pesquisa intitulada “Farelo de vagem de algaroba na alimentação de bovinos machos de origem leiteira” na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, ligado à Universidade Federal Rural de Pernambuco – PE, a qual foi defendida em 26 de fevereiro de 2015, obtendo o título de Mestra em Zootecnia, na área de Nutrição Animal. Em julho de 2017 ingressou no Doutorado em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Federal Rural de Pernambuco, sob orientação da Prof^a Dr^a Antonia Sherlânea Chaves Vêras.

*Dedico à minha mãe, Marta, e ao meu irmão, Fernando,
Que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela saúde e por nunca me desamparar quando precisei.

À minha mãe, Marta: devo tudo a você; e, na memória, o meu pai, Alcides (*in memoriam*), que sempre o senti por perto, principalmente nos momentos de “aperreios”.

Ao meu irmão Fernando, que durante essa jornada foi meu grande apoio, além de “irmãotrocínio”, sempre acreditando em mim; sem esquecer do apoio da minha cunhada Tuanny, e sua família, Nadja, Bacelar (*in memoriam*), e Manu, que sempre vibraram com minhas conquistas.

Aos meus avós, Fernando, Francisca, José Maria (*in memoriam*) e Arlete (*in memoriam*), pelas lições de vida, superação e apoio durante toda minha jornada acadêmica.

Aos meus tios, “de Paula” e “Almeida”, por todos os incentivos diante das minhas escolhas profissionais e por acreditarem em mim.

Aos meus primos “de Paula” e “Almeida”, e os agregados, que sempre vibraram com minhas conquistas; em especial, às minhas primas e comadres Ludmila e Mariana, que sempre estiveram perto de mim, mesmo longe fisicamente, e meu compadre Felipe, que sempre foi como um irmão me apoiando e quebrando meus galhos quando precisei.

À Elza, Jacke e Ricardinho, por sempre se fazerem presentes.

A todos meus amigos de toda uma vida, “Luluzinhas”, “Maioneses”, “Só Nós”, “Turma da RapoUsada”, Galera das Olindas, Juliana Amorim, Carlos Amorim, Juliano Santiago e Medeiros: peço desculpas pelas ausências nas datas comemorativas, e agradeço por não “desistirem” de mim e apoiarem minhas escolhas.

Aos meus amigos feitos na Ruralinda: Tomás Guilherme, Luiz Wilker, Erick Magalhães, Camila Souza, Caio César, Raissa Camila, Elayne Soares, Juliana Ferreira, e, em especial, à Maria Gabriela, Rodrigo Andrade, João Vitor e Edwilka Cavalcante, que foram os mais fiéis companheiros de experimento e análises. Devo parte dessa conquista a vocês! E, não menos importantes e especiais, Michelle Siqueira, Carolina Monteiro, Jasiel Moraes, Fábio Santos, Salmo Olegário, Gabriela Melo, Thaís Sougey, Agni Martins e Robert Emílio, que nunca deixaram de me apoiar sempre que precisei de um ombro amigo e palavra de conforto, sempre estiveram prontos para me ajudar e não deixaram minha peteca cair.

À PNPd Luciana Menezes, por sempre estar a disposição para contribuir e ajudar durante a execução da pesquisa; às PNPd Erika e Kelly, por todo suporte dado quando precisei; obrigada pela torcida de sempre, pelos cafezinhos e as conversas boas.

Aos estagiários Margot, Dijaina, Carone, Eduardo, Barbara Cabral e Bruno, pela ajuda na execução do trabalho de tese, sem esquecer da Equipe “Sherlanetes”, pelo apoio quando necessário e momentos de descontração.

À minha querida orientadora, Professora Sherlânea, por sempre acreditar na minha capacidade e apoiar o caminho que eu escolhi; pelas “batidas de pés” tentando me colocar na estação, pelas palavras de conforto, pelo carinho e pela amizade. Sem sua compreensão e seu incentivo, eu não teria conseguido.

Aos meus coorientadores, professor Marcelo Ferreira, a quem hoje eu não saberia expressar a gratidão, por absolutamente tudo que o senhor fez por mim antes e durante o doutorado; e ao Professor João Paulo Monneart, pela contribuição no trabalho, pelo auxílio nas horas de aperreios e dos cafezinhos compartilhados todos esses anos.

Ao professor Francisco, por sempre ter sido uma grande pessoa, acreditar no meu trabalho e na minha capacidade, além de grande incentivador.

Ao professor Evaristo, pela amizade construída ainda quando eu era graduação, firmada durante o mestrado, confiando no meu trabalho na execução do seu projeto, por sempre ter sido receptivo comigo quando precisei tirar uma dúvida ou um conselho.

À professora Andreia, que sempre se fez presente em todos os momentos de dificuldades, pela amizade, e por ajudar e compartilhar ideias.

Aos professores Dorgival, Michel e Josilaine, que sempre foram apoiadores durante minha jornada acadêmica e por suas amizades.

Ao professor José Dubeux, sua família, por todo apoio antes e durante o período em que fiz o estágio sanduíche nos EUA; por seus acolhimentos, palavra amiga e oportunidade de conhecimento durante minha estadia na NFREC.

Ao Professor Nicolas DiLorenzo, pela confiança e oportunidade do estágio sanduíche; e gratidão a Liza e Luci, por todo carinho que vocês tiveram comigo.

À toda equipe NFREC da Universidade da Flórida, nos EUA, onde eu tive a oportunidade de fazer meu estágio sanduíche, em especial à Professora Angela, por ter aberto as portas da sua casa, pela oportunidade de aprendizado; e a Tessa, por sua paciência comigo e com meu inglês, pela confiança no meu trabalho, por muitas vezes deixando nas minhas mãos sua pesquisa de doutorado e por todo conhecimento adquirido com você.

Ao “The Dormizinho”, dividir uma casa com vocês durante 11 meses em meio a uma pandemia foi a experiência mais desafiadora da minha vida, entre sorrisos, lágrimas, “tretas” e churrascos, salvaram-se TODOS, Amém! Em especial, a Fede Tarnosky, encontrei em você uma pessoa sensacional, nas nossas conversas e strong coffee com chocolates, que sempre foi

um incentivador durante esse período, me forçando a falar inglês e me ajudando sempre que precisei; e a Dani: você foi maravilhosa comigo, sempre me estendendo a mão, e Carlos Peruano, que foi um ponto de apoio e ajuda durante esse período.

Aos meus amigos firmes e fortes, Carolina Cerqueira, Helio Vasco, Gleise Medeiros e Erick Santos: eu teria que viver algumas vidas para agradecer por tudo que vocês foram, fizeram por mim e são comigo, APENAS GRATIDÃO!

Aos amigos Flávia, Eric e “Chloe linda”: vocês foram o grande presente que ganhei nos EUA, e a Luana e Davi, obrigada por todo carinho e acolhimento, os laços que existiam só se firmaram mais.

Aos funcionários da UFRPE, Lucinha e Cynthia; os prestadores de serviço Cristina, Pedro, Edson, Rafaela, pelos aperreios diários, pelos momentos de descontração, incentivos e pelas ajudas na execução das pesquisas.

Muito obrigada a todos vocês que sabem que contribuíram de alguma forma para esta conquista!

RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE PEQUENOS RUMINANTES

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição de milho moído por resíduo da indústria de doces (RID) associado ao farelo de glúten de milho (FGM) sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca e seus constituintes, consumo de água, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, dinâmica e parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana, e perfil bioquímico do sangue de pequenos ruminantes. Foram utilizados quatro caprinos e quatro ovinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com idade superior a cinco anos e peso corporal (PC) médio de $70,1 \text{ kg} \pm 0,51$ e $63,5 \text{ kg} \pm 1,08$, respectivamente, distribuídos em dois Quadrados Latinos (4×4) simultâneos. As dietas experimentais consistiram na substituição de milho moído pela mistura RID-FGM nas relações 0; 133; 267 e 400 g/kg da MS da dieta., na relação volumoso:concentrado 50:50. O FGM foi usado na ração com intuito de corrigir o teor de proteína do RID. Os ovinos ingeriram mais MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) que os caprinos. A excreção fecal de nitrogênio (N), assim como o tempo de ruminação e as eficiências de alimentação da MS e da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (aFDNcp) foram maiores e o tempo em ócio foi menor para os ovinos. As espécies não diferiram em relação aos consumos de aFDNcp e água, coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, N na urina, N absorvido, N-ureico no plasma e na urina, além do tempo de alimentação e eficiências de ruminação da MS e da aFDNcp ($P > 0,05$). A mistura RID:FGM não afetou os consumos de MS, MO e aFDNcp, as digestibilidades da MS e aFDNcp ($P > 0,05$), N na urina, Nabsorvido (g/dia), N-ureico urinário (mg kg/PC), tempo de alimentação e eficiências de alimentação e de ruminação de MS e aFDNcp. Houve tendência ($P = 0,08$ e $P = 0,07$) para as ingestões de PB e N, respectivamente; bem como de água total, em kg/dia ($P = 0,06$). O comportamento para os consumos de CNF e NDT foi quadrático, com pontos de máximo de 363,8 e 715,4 g/kg dia, respectivamente. A relação entre o consumo total de água e a ingestão de MS aumentou linearmente ($P \leq 0,05$). As digestibilidades da PB e dos CNF aumentaram linearmente ($P < 0,01$), com tendência de efeito quadrático sobre a digestibilidade da MO ($P = 0,10$). A mistura RID:FGM promoveu redução da excreção de N nas fezes e N-ureico no plasma. A substituição do milho pela mistura RID:FGM na dieta de pequenos ruminantes não afetou os pools de MS ($P = 0,92$) e FDN ($P = 0,25$), bem como as taxas de ingestão (K_i), passagem (K_p) e degradação (K_d) ruminais da MS e FDN. No entanto, o pool de FDNi ($P=0,03$) diminuiu linearmente e a taxa de passagem ruminal da FDNi, K_{pi} ($P=0,02$) aumentou linearmente à medida que houve incremento dos níveis da mistura RID:FGM na dieta. Os caprinos e ovinos não apresentaram diferenças significativas ($P>0,05$) em nenhum dos parâmetros ruminais entre si, e não houve interação entre as espécies e dietas experimentais. Os níveis da mistura RID:FGM na dieta não afetaram o pH ($P = 0,59$). O desdobramento da interação tempo \times níveis da mistura para o pH ruminal mostrou efeito quadrático ($P<0,05$), com pontos mínimos de resposta obtidos em 5,92; 5,94; 5,86 e 5,85 U, que foram alcançados às 3,95; 3,74; 3,59 e 3,44 horas após alimentação, respectivamente. Houve diminuição linear na concentração de N-NH₃ com o incremento da mistura RID:FGM nas dietas dos animais, e efeito sobre o tempo e interação dos níveis RID:FGM com tempo de coleta. A substituição do milho pela mistura promoveu diminuição linear das concentrações de acetato ($P = 0,001$) no rúmen e a relação acetato:propionato diminuiu linearmente ($P<0,0001$). No entanto, foi observado aumento linear ($P = 0,006$) na concentração de propionato ruminal. A concentração de butirato ($P = 0,54$) não foi afetada pela substituição. A relação acetato:propionato apresentou efeito quadrático ($P = 0,0022$) para os tempos de coleta, com concentração mínima estimada de 1,73 $\mu\text{Mol/mL}$ ocorrida às 3,42 horas após alimentação dos

animais. Além disso, houve interação entre os níveis da mistura RID:FGM e tempos de coleta para a concentração de propionato. As variáveis avaliadas para síntese de proteína microbiana não apresentaram diferenças entre caprinos e ovinos, bem como sobre a interação entre as espécies x níveis de substituição. A substituição do milho pela RID:FGM aumentou linearmente ($P = 0,03$), a excreção de ácido úrico (mmol/L), mas não afetou concentração de alantoína, nitrogênio (N) microbiano na urina, N g/kg de MO fermentável no rúmen (MOF) e eficiência da síntese microbiana. As concentrações de triglicérides ($P=0,046$), cálcio ($P=0,001$), fósforo ($P=0,042$), potássio ($P=0,020$) e magnésio ($P=0,028$) diferiram significativamente entre as espécies, mas não houve diferença significativa ($P>0,05$) na interação entre a espécie e os níveis de substituição para os demais parâmetros. No entanto, glicose ($P = 0,83$), proteína sérica ($P = 0,43$), albumina ($P = 0,64$), creatinina ($P = 0,79$) e ácido úrico ($P = 0,22$), bem como perfis enzimáticos ($P > 0,05$) e mineral ($P > 0,05$) não foram influenciados pelo aumento da mistura nas dietas. A mistura do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho RID:FGM (na proporção de 870:130 g/kg de MS) pode ser utilizada como substituto total de milho moído na dieta de ovinos e caprinos, sem afetar negativamente o consumo e digestibilidade dos nutrientes, consumo de água, balanço de compostos nitrogenados, comportamento ingestivo e metabolismo animal, quando alimentados com até 400g da mistura por kg de matéria seca. A utilização de RID:FGM na dieta de caprinos e ovinos pode contribuir para a mitigação do impacto ambiental por reduzir a excreção de nitrogênio fecal.

Palavras-Chave: Alimentos alternativos. Impacto ambiental. Pequenos ruminantes. Coprodutos da indústria de doces. Utilização de nitrogênio.

CANDY INDUSTRY RESIDUE ASSOCIATED WITH CORN GLUTEN MEAL IN THE FEEDING OF SMALL RUMINANTS

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of replacing ground corn with candy industry residue (CIR) associated with corn gluten meal (CGM) on the intake and digestibility of dry matter and its constituents, water intake, nitrogen balance, ingestive behavior, ruminal dynamics and parameters, microbial protein synthesis, and blood biochemical profile of small ruminants. Four male goats and four male sheep (castrated, fistulated and cannulated in the rumen), with mean aged of over five years and mean body weight (BW) of $70.1 \text{ kg} \pm 0.51$ and $63.5 \text{ kg} \pm 1.08$, respectively, were used in a replicated 4 x 4 Latin Square with two squares. The experiment lasted 76 days, with four periods of 19 consecutive days, divided into 12 days for adaptation to diets and management and seven days for data collection and samples. The experimental diets consisted of levels of replacement of ground corn with the CIR:CGM mixture in the levels of 0, 133, 267, and 400 g/kg of DM in the diet and were formulated to meet the nutritional requirements for animal maintenance with roughage:concentrated ratio of 50:50. The CGM was used in the ratio in order to correct the protein content of the CIR. Sheep ingested more DM, organic matter (OM), crude protein (CP), non-fibrous carbohydrates (NFC) and total digestible nutrients (TDN) than goats. Fecal nitrogen (N) excretion, as well as rumination time and feeding efficiencies of DM and neutral detergent fiber corrected for ash and protein (aNDFac) were higher and idle time was shorter for sheep. The species did not differ in relation to aNDF and water consumption, apparent nutrient digestibility coefficients, N in urine, N absorbed, N-urea in plasma and urine, in addition to feeding time and rumination efficiencies of DM and aNDF ($P > 0.05$). The CIR:CGM mixture did not affect the intake of DM, MO and cNDF, DM and cNDF digestibilities ($P > 0.05$), N in urine, Naabsorbed (g/day), N-urea urinary (mg kg/BW), feeding time and feeding and rumination efficiencies of MS and aNDFcp. There was a trend ($P = 0.08$ and $P = 0.07$) for CP and N intakes, respectively; as well as total water, in kg/day ($P = 0.06$). The behavior for the consumption of CNF and TDN was quadratic, with maximum points of 363.8 and 715.4 g/kg day, respectively. The relationship between total water consumption and DM intake increased linearly ($P \leq 0.05$). CP and NFC digestibilities increased linearly ($P < 0.01$), with a trend towards a quadratic effect on OM digestibility ($P = 0.10$). CP and CNF digestibilities increased linearly ($P < 0.01$). The CIR:CGM mixture promoted a reduction in the excretion of N in the feces and N-urea in the plasma. The replacement of corn by the CIR:CGM mixture in the diet of small ruminants did not affect the DM ($P = 0.92$) and NDF ($P = 0.25$) pools, as well as the rates of ingestion (K_i), passage (K_p) and ruminal degradation (K_d) of MS and NDF. However, the NDFi pool ($P=0.03$) linearly decreased and the ruminal passage rate of NDFi, K_{pi} ($P=0.02$) increased linearly as the levels of CIR:CGM mixture in the diet increased. Goats and sheep did not show significant differences ($P>0.05$) in any of the ruminal parameters among themselves, and there was no interaction between species and experimental diets. Dietary levels of the CIR:CGM mixture did not affect pH ($P = 0.59$). The unfolding of the interaction time x mixture levels for ruminal pH showed a quadratic effect ($P<0.05$), with minimum response points obtained at 5.92; 5.94; 5.86 and 5.85, which were reached at 3.95; 3.74; 3.59 and 3.44 hours after feeding, respectively. There was a linear decrease in N-NH₃ concentration with increasing CIR:CGM mixture in the animals' diets, and an effect on the time and interaction of CIR:CGM levels with collection time. The replacement of corn by the mixture promoted a linear decrease of acetate concentrations ($P = 0.001$) in the rumen and the acetate:propionate ratio decreased linearly ($P < 0.0001$). However, a linear increase ($P = 0.006$) was observed in ruminal propionate concentration. Butyrate concentration ($P = 0.54$) was not affected by substitution. The acetate:propionate ratio showed

a quadratic effect ($P = 0.0022$) for the collection times, with an estimated minimum concentration of $1.73 \mu\text{Mol/mL}$ at 3.42 hours after feeding the animals. In addition, there was interaction between the levels of the CIR:CGM mixture and collection times for the concentration of propionate. The variables evaluated for microbial protein synthesis did not show differences between goats and sheep, as well as on the interaction between species \times substitution levels. The replacement of corn by CIR:CGM linearly increased ($P = 0.03$), uric acid excretion (mmol/L), but did not affect the concentration of allantoin, microbial nitrogen (N) in urine, N g/kg MO rumen fermentability (MOF) and efficiency of microbial synthesis. The concentrations of triglycerides ($P=0.046$), calcium ($P=0.001$), phosphorus ($P=0.042$), potassium ($P=0.020$) and magnesium ($P=0.028$) differed significantly between species, but there was no significant difference ($P > 0.05$) in the interaction between the species and the substitution levels for the other parameters. However, glucose ($P = 0.83$), serum protein ($P = 0.43$), albumin ($P = 0.64$), creatinine ($P = 0.79$) and uric acid ($P = 0.22$), as well as enzymatic ($P > 0.05$) and mineral ($P > 0.05$) profiles were not influenced by the increase in the mixture in the diets. The mixture of candy industry residue with CIR:CGM corn gluten meal (in the proportion of 870:130 g/kg DM) can be used as a total substitute for ground corn in the diet of sheep and goats, without adversely affecting the nutrient intake and digestibility, water intake, balance of nitrogen compounds, ingestive behavior and animal metabolism, when fed with up to 400g of the mixture per kg of dry matter. The use of CIR:CGM in the diet of goats and sheep can contribute to the mitigation of the environmental impact by reducing the excretion of fecal nitrogen.

Keywords: Alternative foods. Environmental impact. Small ruminants. By coproducts of the candy industry. Nitrogen utilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Valores de pH ruminal de caprinos e ovinos em função dos níveis da mistura RID:FGM ao longo do tempo	70
Figura 2	Valores das concentrações de N-NH ₃ de caprinos ovinos em função dos níveis da mistura RID:FGM ao longo do tempo	71
Figura 3	Relação acetato:propionato ao longo do tempo	72
Figura 4	Valores da concentração de propionato ruminal para os níveis de RID:FGM ao longo do tempo	72

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1	Composição química dos ingredientes das dietas experimentais	38
Tabela 2	Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais	39
Tabela 3	Consumo de nutrientes e água e coeficiente de digestibilidade de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído	43
Tabela 4	Balanço de nitrogênio de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído	47
Tabela 5	Comportamento ingestivo de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído	49

Capítulo 2

Tabela 1	Composição química dos ingredientes das dietas experimentais	61
Tabela 2	Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais.....	61
Tabela 3	Dinâmica ruminal de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído.....	67
Tabela 4	Parâmetros ruminais de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído.....	69
Tabela 5	Síntese de proteína microbiana de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído.....	77
Tabela 6	Perfil bioquímico de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído	79

SUMÁRIO

	Página
Resumo geral.....	ix
Abstract.....	xi
Lista de Figuras	xiii
Lista de Tabelas	xiv
Introdução.....	16
Revisão de literatura.....	17
Referências.....	28
Capítulo I - Consumo, Digestibilidade, Balanço de nitrogênio e Comportamento ingestivo de pequenos ruminantes alimentados com dietas contendo resíduo da indústria de doces associado ao farelo de glúten de milho.....	33
Resumo.....	34
Abstract.....	35
Introdução.....	36
Material e Métodos.....	37
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	50
Referências.....	51
Capítulo 2 - Dinâmica e Fermentação ruminais, Síntese de proteína microbiana e Perfil bioquímico sanguíneo de caprinos e ovinos alimentados com a mistura de resíduo da indústria de doces e farelo de glúten de milho.....	54
Resumo.....	55
Abstract.....	57
Introdução.....	59
Material e Métodos.....	60
Resultados e Discussão.....	66
Conclusões.....	79
Referências.....	80
Considerações Finais.....	83

INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, o Brasil vem tendo uma tradição na criação de caprinos e ovinos, responsáveis pela sustentação econômica e nutricional de muitas famílias da zona rural, principalmente aquelas de menor renda (SORIO, 2017), especificamente no semiárido brasileiro. A região Nordeste atinge atualmente o maior percentual no efetivo total do rebanho nacional das duas espécies; caprinos 10.687.777 cabeças e ovinos 13.512.739 cabeças (IBGE, 2019).

Os sistemas de produção utilizados nestes tipos de criações requerem adaptações à realidade encontrada na região, buscando por alimentos disponíveis de baixo custo, para substituírem alimentos tradicionais, sejam volumosos (silagens de milho e feno de gramíneas) ou concentrados (grão de milho e farelo de soja) (MACIEL *et al.* 2019; VASCONCELOS *et al.*, 2019).

O uso de resíduos da indústria alimentícia na alimentação animal tem mostrado resultados positivos em todo o mundo (CAPARRA *et al.*, 2007; SENA *et al.*, 2015; LEITE *et al.*, 2018). Os elevados custos na aquisição de ingredientes, especialmente milho e farelo de soja, têm aumentado a procura de subprodutos agroindustriais na alimentação animal, como alternativa para reduzir os custos de produção, bem como a poluição ambiental (VASCONCELOS *et al.*, 2019). Assim, com o intuito de diminuir a dependência do milho na dieta de ruminantes, alguns estudos foram conduzidos no Brasil com uso de alimentos alternativos de baixo custo na sua alimentação (SANTOS FILHO *et al.*, 2015; CARDOSO *et al.*, 2016), que são disponíveis na região.

Doces e derivados à base de sacarose são produzidos mundialmente para o consumo humano. No Brasil, em 2019, foram produzidas 214 milhões de toneladas desses produtos (ABICAB, 2020). A região Nordeste, em destaque o estado de Pernambuco, vem crescendo bastante no setor industrial com produtos à base de açúcares (balas, caramelos, confeitos, bombons, pastilhas, sucos em pó, etc.). Portanto, diante desse volume de produção, estima-se que cerca de 74 mil toneladas de produtos sejam descartadas por defeitos de fabricação; então, uma alternativa para evitar o descarte inapropriado dos resíduos da indústria de doces no meio ambiente seria a comercialização dos produtos para utilização na alimentação animal (LEITE; PAWLOWSKY, 2005), principalmente os ruminantes, por converter esse tipo de alimentos em carne e leite (BRODERICK *et al.*, 2018; ADESOGAN *et al.*, 2020).

O resíduo da indústria de doce (RID) é coproduto da fabricação de doces e derivados do açúcar. O RID tem um alto conteúdo de carboidratos não fibrosos (CNF; ~98% na matéria seca – MS), mas apresenta baixos teores de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN),

ambos abaixo de 1% (MORAIS, 2020). Por essa razão, para ser utilizado na ração de ruminantes, é essencial fazer uma correção das concentrações desses nutrientes com alimentos adjuvantes para manutenção e bom funcionamento do ambiente ruminal.

A utilização de resíduo agroindustriais na dieta de ruminantes requer atenção quanto à composição nutricional (PB e FDN), fazendo-se necessário o balanceamento da dieta com a associação a ingredientes que possam melhorar o aproveitamento dos resíduos. Portanto, o farelo de glúten de milho (FGM) tem as características nutricionais necessárias para corrigir as deficiências de PB e FDN do RID.

O FGM é um coproduto obtido pela moagem úmida do grão de milho para fabricação de amido, óleos e outros produtos derivados. Após o processo de obtenção dos produtos, o resíduo úmido é seco para alcançar a umidade necessária para facilitar o transporte por longa distância e armazenagem. O FGM contém 90,55 %/kg de material natural e 63,96 % PB/kg de MS, 36% na forma de proteína degradável no rumén (PDR)/kg de PB e 60,13 % na forma de proteína não degradável no rumén (PNDR)/kg de PB, 6,91% FDN/kg de MS e 86,98% de nutrientes digestíveis totais (NDT)/kg de MS (VALADARES FILHO *et al.*, 2019).

Morais *et al.* (2021), utilizando diferentes níveis da mistura RID e glúten de milho (GM) não observaram efeitos da substituição do milho moído pela mistura RID:GM (relação 613:387 g/kg de MS) na alimentação de cordeiros em crescimento, não observaram efeitos da mistura RID:GM sobre o consumo e a digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho animal. Embora o FGM e GM tenham a mesma matéria prima (grão de milho), o processo de obtenção e composição químicas são diferentes.

Com isso, há necessidade de mais pesquisas sobre a utilização de resíduos das indústrias alimentícias, para que possam ser utilizados na alimentação animal, com intuito de baratear custos com alimentação, suprir as exigências nutricionais e uso de produtos que não são utilizados na alimentação humana, associado aos benefícios na sustentabilidade ambiental; além disso, a utilização de resíduos na alimentação de ruminantes pode diminuir a competição por grãos de cereais (ADESOGAN *et al.*, 2020).

REVISÃO DE LITERATURA

Evolução do Rebanho Nacional e no Nordeste de Caprinos e Ovinos

Ao longo dos anos, o Brasil tem uma tradição na criação de caprinos e ovinos, sendo atividades responsáveis pela sustentação econômica e nutricional de muitas famílias da zona

rural, principalmente aquelas de menor renda (SORIO, 2017), especificamente no semiárido brasileiro.

Considerando essa importância social e econômica, o Brasil tem uma alta demanda pelos produtos oriundos da caprinovinocultura, mas necessita da importação para abastecer o mercado local, visto a quantidade de animais e produtos que foram importados pelo país desde a década de 1990 (EMBRAPA, 2016).

Segundo o IBGE (2019), o rebanho nacional de caprinos foi de 11.301.481 cabeças e de ovinos 19.715.587 cabeças. A região Nordeste se apresenta significativamente na atividade pecuária do Brasil, que atinge atualmente o maior percentual do efetivo total do rebanho nacional das duas espécies: caprinos 10.687.777 cabeças e ovinos 13.512.739 cabeças. O estado de Pernambuco tem destaque, posicionando-se em 2º e 3º lugar como maior rebanho caprino (2.596.855 cabeças) e ovino (2.702.636 cabeças), respectivamente (IBGE, 2019). Ainda assim, a produção não atende à demanda, travando o desenvolvimento. Entre outros motivos, este entrave se dá pela falta de planejamento no orçamento de forragem, e, conseqüentemente, escassez de alimentos leva à diminuição dos índices produtivos dos animais.

Para minimizar os prejuízos e aumentar a produtividade na época de escassez de alimentos, a conservação de forragens na forma de feno ou silagem, assim como o fornecimento de alimentos concentrados para os ruminantes são técnicas utilizadas para melhorar a eficiência animal, pois podem reduzir a idade ao abate e diminuir a oscilação entre a oferta e qualidade dos produtos no mercado (OLIVEIRA, 2018). Porém, os custos com os alimentos concentrados causam aumento no investimento da produção, visto que os concentrados geralmente têm custos mais elevados que os volumosos. Dessa forma, é de grande importância a avaliação de alimentos alternativos, visando à redução de custos e da poluição ambiental, levando os resíduos das indústrias a serem aproveitados na alimentação animal.

Alimentação Alternativa e a Indústria de doces

Os sistemas de produção utilizados na caprinovinocultura requerem adaptações à realidade encontrada na região, buscando por alimentos disponíveis, à estabilidade na oferta e os custos de produção e aquisição, sejam alimentos volumosos, concentrados tradicionais, ou até mesmo subprodutos da agroindústria.

A utilização de alimentos regionais alternativos da agroindústria, oriundos da lavoura de grãos, da fruticultura e de empresas processadoras de frutas e de indústrias de alimentos na alimentação de ruminantes vem sendo amplamente estudada sob vários aspectos, como valor

nutritivo e digestibilidade dos alimentos, além do desempenho, parâmetros ruminais e sanguíneos dos animais, a produção e qualidade da carne ou do leite e a viabilidade econômica deste uso (OLIVEIRA *et al.*, 2012). Essa inclusão pode ser vantajosa para o produtor rural, porque além da redução do custo com alimentação pode manter a produtividade e a qualidade dos produtos, desde que as dietas sejam balanceadas para atender às exigências nutricionais dos animais (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Os alimentos alternativos são usados na formulação de rações como uma possibilidade de diminuição dos custos de produção (FRIEDT; MCKINNON, 2012), por conta do seu menor valor quando comparados aos alimentos tradicionais, como soja e milho. Além disso, os ruminantes são capazes de transformar materiais não úteis para os seres humanos em produtos de origem animal de elevado valor biológico, devido à fermentação microbiana (CARRERA *et al.*, 2012).

O milho é um dos principais ingredientes em rações animais, porém, em decorrência das constantes altas, a busca por formas alternativas de alimentos com o objetivo de diminuir a competição alimentar e os custos com a importação do milho das regiões produtoras, tornou-se uma necessidade para alguns pesquisadores a avaliação de alimentos não comestíveis para humanos na dieta de ruminantes (BRODERICK, 2018; ERTL *et al.*, 2015; MÜNNICH *et al.*, 2017; PETRI *et al.*, 2019), como os resíduos de agroindústrias alimentícias.

Apesar do milho ser uma das razões para a busca por ingredientes alternativos, apresenta potencial para gerar subprodutos advindos do beneficiamento do grão. Dentre eles encontra-se o farelo de glúten de milho (FGM), que tem alto teor de proteína bruta (PB; 639,6 g/kg de MS), proteína degradável no rúmen (PDR; 360,0 g/kg de PB) e nutrientes digestíveis totais (NDT; 869,8 g/kg de MS), porém pouca fibra em detergente neutro (FDN; 69,1 g/kg de MS) (VALADARES FILHO *et al.*, 2019), o que pode ser usado para o balanceamento de ração mais econômica para ruminantes como fontes de PB e NDT, para diminuir os alimentos tradicionais (milho e farelo de soja) que são importados das regiões produtoras.

O FGM é obtido por meio do processamento do grão por via úmida, após a remoção da maior parte do amido, gérmen e porções fibrosas, conforme Butolo (1999); e justamente por ser ingrediente altamente proteico, pode ser utilizado como fonte proteica nas rações, e assim se associar a alimentos que tenham baixo teor de proteínas. Diante disso, produtores estão em busca por ingredientes alternativos para formular rações eficientes, e que sejam economicamente viáveis.

A utilização de resíduos industriais como alternativa alimentar de ruminantes vem se tornando bastante comum, e com resultados que podem ser uma ótima opção para a nutrição

dos animais e economicamente viável para os sistemas de criação, reduzindo os custos de produção. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (ABICAB, 2020), o volume produzido de balas em 2019 foi de 214 milhões de toneladas, e partes desses produtos geram resíduos que podem ser destinados à alimentação animal. Diante desse volume de produção, estima-se que haja 74 mil toneladas de produtos que sejam descartados por defeitos de fabricação e validade vencida. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2018), os produtos que são gerados neste processo e que apresentam defeitos na fabricação são denominados resíduos, e, com isso, este resíduo passa a ser denominado coproduto, podendo ser destinado à alimentação animal.

Os acúmulos de grandes volumes de resíduos armazenados em locais inadequados podem causar sérios problemas de contaminação ambiental, principalmente dos recursos hídricos e solo. Além disso, o acúmulo de resíduos pode criar um ambiente propício para proliferação de vetores transmissores de doenças, como moscas, formigas, ratos e baratas, os quais podem levar sérios riscos à saúde humana.

De acordo com Paim *et al.* (2014), a utilização de resíduos da indústria alimentícia na formulação de rações animais apresenta benefício econômico, por ser uma alternativa de baixo custo; desta forma, os resíduos das indústrias açucareira ou de produtos doces (balas, caramelos, confeitos, bombons, pastilhas, sucos em pó, etc.) podem ser também uma opção. Os resíduos derivados da indústria de doces como balas, caramelos, bombons, pastilhas, sucos artificiais em pó, entre outros, possuem sacarose como ingrediente base. Até onde foi possível pesquisar na literatura consultada foi encontrado apenas um trabalho (MORAIS *et al.*, 2021), testando esses resíduos na alimentação de ovinos.

A utilização de resíduos de doces (balas, confeitos, etc.) ou “candies” foi recomendada por Schroeder (2012) para alimentação de vacas leiteiras, destacando que esses resíduos industriais são fontes de açúcar e gordura, muito palatáveis, podendo ser fornecidos em até 2,25 kg/dia; sua composição média é de 5,2% de proteína bruta (PB); 24% de extrato etéreo (EE); 2,42 Mcal/kg de energia líquida (EL); 11% de fibra em detergente neutro (FDN); 5% de fibra em detergente ácido (FDA); 0,07% de cálcio (Ca); e 0,17% de fósforo (P). Normalmente, ingredientes com baixo teor de FDN e, conseqüentemente, com alto teor de carboidratos não fibrosos (CNF), como pode ser o caso de resíduos da indústria de doces, apresentam alta degradabilidade ruminal (OLIVEIRA *et al.*, 2003), principalmente por esses CNF englobarem maior quantidade de açúcares simples.

Por outro lado, trabalhos com menor inclusão de sacarose em dietas para vacas relataram aumento de CMS. Oba (2011) destacou que a inclusão de açúcar nas dietas de vacas em lactação frequentemente aumentava o consumo de MS. Outros trabalhos reportam o aumento do CMS com a inclusão de sacarose. Broderick *et al.* (2008) relataram que o CMS aumentou linearmente à medida que a suplementação com sacarose aumentou de 25 para 75 g/kg de MS da dieta. Da mesma forma, Penner e Oba (2009) observaram que a alimentação com adição de sacarose a 47 g/kg de sacarose na MS da dieta, que correspondeu ao total de 87 g/kg de MS de carboidratos solúveis na dieta, aumentou o CMS em vacas em início de lactação.

O aproveitamento desses coprodutos na nutrição animal minimiza impactos ambientais, evitando a deposição de resíduos no meio ambiente, e como a maioria dos resíduos industriais tem produção estacional, geralmente coincidente com o período de escassez de forragem, o que permite ao produtor acesso a ingredientes alimentares com menor custo em períodos de escassez. Porém, os resíduos produzidos pela indústria de alimentos são acumulados durante todo o ano, o que torna uma alternativa viável para sua utilização na alimentação animal.

Carboidratos na alimentação de ruminantes

Os carboidratos constituem 50-80% da matéria seca de forragens e cereais e fisiologicamente classificam-se em: (a) açúcares simples e seus conjugados ativos no metabolismo intermediário das plantas; (b) compostos de reserva ou armazenamento (amido, sacarose e frutanas); e (c) polissacarídeos estruturais, principalmente pectinas, hemiceluloses e celulose (VAN SOEST, 1994).

Os carboidratos ou glicídios são substâncias compostas de carbono, hidrogênio e oxigênio (ANDRIGUETTO *et al.*, 1983). Os carboidratos dietéticos fornecem cerca de metade da energia necessária para o trabalho metabólico, crescimento, reparo, secreção, excreção e trabalho mecânico na maior parte dos animais de sangue quente (REECE *et al.*, 2006). A disponibilidade nutricional dos carboidratos depende da capacidade dos animais em quebrar as ligações glicosídicas nos diferentes carboidratos e outras substâncias (VAN SOEST, 1994).

A fermentação dos carboidratos no rúmen produz ácidos graxos voláteis que representam a principal fonte de energia para os ruminantes (GOULARTE *et al.*, 2011), atendendo até 80% de seus requerimentos diários, além de maximizarem a síntese de proteína microbiana e a manutenção da função ruminal (ISHLER *et al.*, 1996; VARGA; KONONOFF, 1999).

Os ruminantes necessitam extremamente da produção dos AGV, principalmente do acetato, propionato e butirato, pela fermentação anaeróbica dos carboidratos dietéticos e de

outros constituintes alimentares no rúmen, por inúmeras espécies de bactérias e protozoários, e AGV em menor quantidade decorrente da fermentação no intestino grosso. A depender da composição da dieta, os AGV podem contribuir com até 80% da energia total necessária para o ruminante. Outros constituintes dietéticos também contribuem com carbono para a síntese dos AGV, como pode ser o caso dos resíduos de doces, que oferecem os monossacarídeos prontamente disponíveis para a microbiota do rúmen.

Amido x Açúcares x Fibra

Amido

O amido é o maior componente fornecedor de energia e representa 60 a 80% dos grãos de cereais, os quais são importantes componentes das dietas utilizadas para as produções intensivas de leite e carne (CAÑIZARES *et al.*, 2009). O mecanismo de hidrólise do amido pelas bactérias é iniciado com sua adesão ao grânulo, e este processo começa com uma interação iônica hidrofóbica envolvendo forças de Van der Waals com a superfície do substrato, com a anulação das cargas, tanto da membrana celular da bactéria quanto do substrato, principalmente Ca e Mg, pois ambas têm carga negativa no exterior (VAN SOEST, 1994).

Como qualquer outro CNF, tem como características a alta taxa de fermentação, produção de ácido lático como subproduto e redução do pH ruminal com consequente possibilidade de prejudicar a degradação da fibra. Por outro lado, em pequenas quantidades podem ajudar no crescimento inicial das bactérias ruminais, reduzindo o tempo de colonização das partículas de alimentos pelas bactérias. O tempo de colonização, ou lag-time, é o tempo entre o início da colonização até o início da degradação. Em geral, o aumento na quantidade de amido fermentável proveniente de grãos na dieta é associado com aumento na produção de ácidos orgânicos, aumento na produção de proteína microbiana, diminuição na digestão da fibra, diminuição nas concentrações de amônia e diminuição na relação entre o acetato e o propionato (OBA; ALLEN, 2003).

A digestão ruminal do amido pode ser elevada com o processamento do grão; além de produzir ácidos graxos voláteis para absorção e energia para a síntese microbiana. Diversas são as espécies de bactérias ruminais que apresentam a habilidade para digerir o amido. Organismos amilolíticos são encontrados em grandes porcentagens da população microbiana total quando dietas com elevado amido são fornecidas.

Açúcares

Nos ruminantes, os carboidratos provenientes da dieta são fermentados em AGV e menos de 10% das exigências corporais de glicose são provenientes da digestão no trato gastrintestinal. Assim, a principal fonte de glicose para os ruminantes é a gliconeogênese, sendo o propionato o principal substrato (YOUNG *et al.*, 1989). A quantidade de propionato absorvida do rúmen em animais bem alimentados é frequentemente suficiente para atender às exigências para a síntese de glicose.

Os açúcares fermentam rapidamente no rúmen. Sniffen *et al.* (1992) estimaram que os açúcares fermentam a 300%/h, enquanto a taxa de fermentação do amido pode variar de 15 a 40%/h, dependendo dos tipos de grãos e métodos de processamento. Weisbjerg *et al.* (1998) mostraram que as taxas de hidrólise dos açúcares variaram de 248 a 1.404%/h, e que fermentam quase completamente (ou seja, >95%) no rúmen. Portanto, substituir o amido da dieta por açúcares geralmente aumenta o CMS (DEFRAIN *et al.*, 2004; BRODERICK *et al.*, 2008; PENNER; OBA, 2009).

Penner *et al.* (2009) e Penner e Oba (2009) relataram que, ao alimentar vacas com sacarose no lugar de milho moído, há uma tendência de aumento do pH ruminal sem afetar a concentração de butirato no fluido ruminal, mas a possibilidade de maior produção de butirato para tratamento com sacarose não deve ser descartada. Com isso, os efeitos na alimentação causados pelos açúcares na produção de ácido da fermentação devem ser avaliados para determinar se a produção de butirato no rúmen é afetada.

Por outro lado, é esperado que o pH ruminal seja mais baixo para dietas contendo açúcares, devido à rápida fermentação em relação às outras frações de carboidratos (OBA, 2011). É necessário identificar os efeitos de curto prazo dos açúcares da alimentação na fermentação ruminal para elucidar os mecanismos de como a alimentação com açúcar afeta o desempenho animal (OBA *et al.*, 2015).

Fibra

A fibra é utilizada para caracterizar os alimentos (VAN SOEST, 1994) e para estabelecer limites de inclusão de ingredientes nas rações, porém, não existe um consenso a respeito da sua definição, bem como a respeito da concentração de fibra na dieta que otimiza o consumo de energia. Segundo Weiss (1993), a fibra pode ser definida como sendo o componente estrutural das plantas (parede celular), a fração menos digestível dos alimentos, a fração do alimento que não é digerida por enzimas de mamíferos ou a fração do alimento que promove a ruminação e a saúde do rúmen. A fibra da dieta afeta profundamente as proporções dos ácidos graxos

voláteis (AGV) no rúmen e estimula a mastigação (WELCH; SMITH, 1970; SUDWEEKS *et al.*, 1981; BEAUCHEMIN, 1989).

A fibra representa a fração dos carboidratos de digestão lenta ou indigestível do alimento que ocupa espaço no trato gastrintestinal e, em função de sua concentração e digestibilidade, impõe limitações ao consumo voluntário de matéria seca (MS), minerais e energia. É fundamental concentrações mínimas de fibra na dieta que permitam manter a atividade de mastigação e motilidade do rúmen para ter condições saudáveis dos ruminantes. Segundo o NRC (2001), o nível mínimo de fibra em detergente neutro (FDN) dietético deve ser de 25%, ressaltando que, para que se garanta o metabolismo adequado no rúmen, 76% desta FDN devem ser oriundos de forragens.

A brusca redução nos níveis de fibras nas dietas de ruminantes poderá causar prejuízos à digestibilidade dos alimentos, visto que a fibra é fundamental para a manutenção das condições ótimas do rúmen, pois altera as proporções de AGV, estimula a mastigação e mantém o pH em níveis adequados para a atividade microbiana, que está na faixa entre 6,5 e 6,8 (ROMNEY; GIL, 2000). O processo de digestão da fibra consiste na hidrólise dos polissacarídeos e a conversão dos monossacarídeos resultantes em AGV, gases da fermentação e calor (TAMMINGA *et al.*, 1990).

Sincronismo energia-proteína

Os microrganismos ruminais dependem de fontes de energia e nitrogênio fermentáveis para sua atividade metabólica, influenciando fortemente a digestibilidade ruminal e, assim o fluxo de nutrientes, tanto de AGV quanto de proteína microbiana para o ruminante. A energia é o nutriente exigido em maior quantidade pelos ruminantes, e, em seguida, é a proteína, que tem como principal função fornecer os aminoácidos para a promoção dos muitos processos de síntese que ocorrem no organismo dos ruminantes.

Sincronização da fermentação energética e da degradação da PB é essencial para eficiente utilização da energia e proteína pelos microrganismos ruminais (EKINCI; BRODERICK, 1997). Os carboidratos são considerados a principal fonte de energia para o crescimento microbiano e a proteína microbiana, a principal fonte de aminoácidos para o hospedeiro, as variações em suas frações, bem como nas taxas de digestão entre e dentro de alimentos, que podem afetar o suprimento de proteína microbiana ao intestino delgado e, conseqüentemente, o desempenho animal.

Os ruminantes têm uma relação simbiótica com microrganismos ruminais, pois fornecem nutrientes e favorecem ótimas condições ambientais para fermentação de alimentos,

além de degradarem a fibra, bem como sintetizarem a proteína microbiana como fonte de energia e proteína para o animal (AFRC, 1993).

A utilização de dietas ricas em carboidratos, principalmente de fontes de alta degradabilidade associadas a fontes de baixa degradabilidade, pode originar situações com excesso de energia e deficiência de nitrogênio para a fermentação ruminal. O excesso de energia acaba sendo utilizado apenas para a manutenção microbiana, sem gerar efeitos nos processos de síntese e crescimento da microbiota e até mesmo acarretando a utilização de ciclos fúteis para eliminação do excesso de carboidratos (RUSSELL, 1998); e o excesso também pode ser depositado na forma de gordura. A sincronização entre as fontes de carboidratos e as de nitrogênio pode acarretar maximização da eficiência microbiana e diminuição da perda de nitrogênio em forma de amônia e da energia dos carboidratos, promovendo melhoria na digestão da matéria seca (MS), especialmente da fração fibrosa. O aumento na eficiência microbiana permitiria aumento na disponibilidade de proteína microbiana para ser absorvida no intestino, fornecendo, assim, os aminoácidos essenciais (ALVES *et al.*, 2010).

A produtividade de ruminantes depende de sua habilidade para consumir e obter energia dos alimentos disponíveis (ALLEN, 1996). O conhecimento da ingestão de alimentos, por ser o principal fator a afetar o desempenho e a eficiência produtiva do animal, é necessário para a formulação de dietas, para a predição do desempenho animal e para o planejamento e controle do sistema de produção.

Fermentação e Dinâmica Ruminais

A ruminação é um ciclo essencial que pode ser modificado de diversas formas, como por exemplo, por doenças intercorrentes, estresse ou erros de manejo (WELCH; SMITH, 1970; BEAUCHEMIN, 1991; ALBRIGHT, 1993). Estes fatores são capazes de ocasionar variações metabólicas que podem levar a diminuição do fluxo da corrente sanguínea que alimenta o epitélio ruminal e a redução da taxa de digestão (SORIANI *et al.*, 2013).

Dietas ricas com fibra efetiva intensificam o processo de ruminação e estimulam maior produção de saliva, que favorece o tamponamento, a degradação do conteúdo ruminal e preserva as condições para sintetização de bactérias celulolíticas, diminuindo flutuações no pH do rúmen, mantendo o turnover ruminal e a reabsorção do nitrogênio pelo ciclo da ureia (CALAMARI *et al.*, 2014).

Os parâmetros de fermentação ruminal são resultados de atividades físicas e microbiológicas, promovendo a transformação dos componentes da dieta em produtos úteis aos ruminantes, tornando-se possível expressar o seu potencial de produtividade. No entanto, os

produtos da fermentação ruminal diferem entre os alimentos, pois os microrganismos apresentam maior especificidade em digerir determinados substratos (ITÁVO *et al.*, 2005) e são de extrema importância para verificar o padrão da fermentação para promover melhores desempenhos.

O pH trata-se de um fator químico e fisiológico que influencia o crescimento da microbiota, e é bastante afetado pela dieta e por outros fatores correlacionados, como o nível de consumo, manejo alimentar, quantidade e qualidade da forragem, além da proporção volumoso:concentrado da dieta. Deve ser ressaltado que o pH ruminal pode influenciar negativamente na degradabilidade de proteína, celulose, hemicelulose e pectina, embora seus efeitos sejam menores sobre a digestão do amido (FERNANDES, 2012). Para que o pH se mantenha em níveis satisfatórios, é essencial que esteja numa faixa de 5,5 e 7,0, sendo a saliva o principal regulador (BERCHIELLI *et al.*, 2006).

Outro parâmetro para verificar se a dieta fornecida está adequada às características fisiológicas do ruminante é a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), sendo sua manutenção no rúmen indispensável para o crescimento bacteriano e, nas mais variadas situações, 40 a 80% do nitrogênio exigido pelos microrganismos pode ser derivado do nitrogênio amoniacal (SILVEIRA *et al.*, 2009). No mesmo sentido, os AGV constituem a principal fonte de energia para os ruminantes, posto que são produzidos no rúmen pela fermentação microbiana de carboidratos e, em alguns casos, da proteína.

Segundo Hoover e Stokes (1991), a disponibilidade de energia vai determinar a taxa de crescimento microbiano e a eficiência de utilização de amônia no rúmen; e o fornecimento de carboidratos rapidamente fermentado pode diminuir a concentração de amônia ruminal (HRISTOV *et al.* 2005), que terá melhor utilização na síntese microbiana.

No estudo da dinâmica ruminal, alguns fatores podem alterar os parâmetros de fermentação, tornando-se necessário realizar alterações no manejo nutricional. Sendo assim, a composição da dieta é um fator determinante na fermentação ruminal, já que influencia as comunidades de microrganismos e altera a proporção molar dos ácidos acético, propiônico e butírico (BERGMAN, 1990).

A taxa de passagem refere-se ao fluxo de resíduos não digeridos e indigestíveis através do trato digestivo num determinado tempo (VAN SOEST, 1994). Quando o alimento chega ao rúmen está sujeito a dois mecanismos que determinam seu aproveitamento no trato gastrointestinal: a degradação e a passagem para as porções posteriores. A importância do estudo da cinética de passagem das partículas se deve ao fato da remoção da digesta ruminal afetar a extensão da digestão proteica, a eficiência de síntese de proteína microbiana (ØRSKOV;

MCDONALD, 1979), a digestão da parede celular e a digestibilidade in vivo da dieta (VAN SOEST, 1994; ALLEN; MERTENS, 1988; SNIFFEN; ROBINSON, 1987).

A digestão e a passagem atuam de forma simultânea e competitiva para a remoção da digesta no rúmen, sendo necessário saber os efeitos combinados da digestão e da taxa de passagem para maximizar o consumo de nutrientes digestíveis. Vários fatores influenciam a taxa de passagem, os quais podem ser classificados como inerentes à dieta ou aos animais. Dentre aqueles relativos ao animal pode-se destacar a classe sexual. Com relação à dieta, tem-se a sua natureza, tamanho e densidade das partículas e o nível de ingestão (HRISTOV, 2003; DE VEGA; POPPI, 1997). Além disso, a estratificação das partículas no rúmen como também as contrações reticulares que afetam a abertura do orifício retículo-omasal têm influência direta na saída da fração sólida e líquida do rúmen (SEO *et al.*, 2009).

REFERÊNCIAS

- ABICAB. **Associação Brasileira das Indústrias de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados**, 2020. Disponível em:< <http://www.abicab.org.br/paginas/estatisticas/balagomas/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL. **Energy and protein requirements of ruminants**. Cambridge: CAB International, 1993. 159p.
- ALBRIGHT, J.L. Feeding behavior of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, 76: 486-498, 1993.
- ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. Food Agriculture Organization of United States Nations. **World agriculture towards 2030/2050 the 2012 revision**. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/016/ap106e/ap106e.pdf>.
- ALLEN, M.S. Physical constraints on voluntary intake of forages by ruminants. **J Anim Sci**, 74: 3063-3075, 1996.
- ALLEN, M. S.; MERTENS, D.R. Evaluating constraints on fiber digestion by rumen microbes. **Journal of Nutrition**, v.118, n.1, p.261-270, 1988.
- ALVES, E.M. *et al.* Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, Londrina, V. 4, N. 20, Ed. 125, Art. 845, 2010.
- ANDRIGUETTO, J. M. *et al.* **Nutrição animal 2: Alimentação animal**. Editora Ltda. São Paulo - SP, v. 2, 425 p, 1983.
- BEAUCHEMIN, K. A. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and supplementary long hay on chewing activities and milk production of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 9, p. 2288-2300, 1989.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal /SP: editora Funep, 2006, 583p.
- BERGMAN, E.N. Energy contributions of VFA from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological reviews**. v.70, n.2. p.567-590, 1990.
- BRODERICK, G.A.; LUCHINI, N.D.; REYNAL, S.M.; VARGA, G.A.; ISHLER, V.A. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. **Journal Dairy Science**, 91, pp. 4801-4810, 2008.
- BRODERICK, G.A. Review: Optimizing ruminant conversion of feed protein to human food protein. **Animal** 12,pp.1722–1734, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731117002592>.
- BUTOLO, E. A. F. *et al.* Determinação do valor nutricional energético e nutritivo do gérmen de milho desengordurado para frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1999, Campinas. **Anais**. Campinas: FACTA, p.40.

CALAMARI, L.; SORIANI, N.; PANELLA, G.; PETRERA, F.; MINUTI, A; TREVISI, E. Rumination time around calving: An early signal to detect cows at greater risk of disease. **Journal of Dairy Science**, 97: 3635–3647, 2014.

CAÑIZARES, G. I.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M. C. **Metabolism of Non-Structural Carbohydrates in Ruminants**. *Metabolism Clinical and Experimental*, pp. 63-73, 2009.

CARRERA, R.A.B. *et al.* Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.5, p.1202-1211, 2012.

DEFRAIN, J. M.; HIPPEN, A. R.; KALSCHUR, K. F.; SCHINGOETHE, D. J. Feeding lactose increases ruminal butyrate and plasma b-hydroxybutyrate in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 87: 2486-2494, 2004.

DE VEGA, A.; POPPI, D.P. Extent of digestion and rumen condition as factor affecting passage of liquid and digesta particles in sheep. **Journal of Agriculture Science**, v.128, p. 207-215. 1997.

EKINCI, C.; BRODERICK, G.A. Effect of processing high moisture ear corn on ruminal fermentation and milk yield. *J Dairy Sci*, 80: 3298-3307, 1997.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema de produção de caprinos e ovinos de corte para o semiárido brasileiro**. 2016. Disponível em: Acesso em: 23 jul. 2020.

ERTL, P.; ZEBELI, Q.; ZOLLITSCH, W.; KNAUS, W. Feeding of by-products completely replaced cereals and pulses in dairy cows and enhanced edible feed conversion ratio. **Journal of Dairy Science**. 98, 1225–1233, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8810>.

FERNANDES, G.M. **Degradabilidade in situ e parâmetros ruminais de ovinos alimentados com Feno de ArachisPintoicv**. Belmonte. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, 2012. 80 f.

FRIEDT, A. D.; MCKINNON, J. J. Effects of feeding wheat bran and condensed liquid whey in diets of growing cattle. **Journal Animal Science**. 92: 501-504, 2012.

GOULARTE, S.R.; ÍTAVO, L. C. V.; SANTOS, G. T. *et al.* Ácidos graxos voláteis no rúmen de vacas alimentadas com diferentes teores de concentrado na dieta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia** [online]. v.63, n.6, p. 1479-148, 2011.

HOOVER, W.H.; STOKES, S.R. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield. **Journal of Dairy Science**, 74: 3630, 1991.

HRISTOV, A. N.; ROPP, J. K. Effect of dietary carbohydrate composition and availability on utilization of ruminal ammonia nitrogen for milk protein synthesis in dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.86, p.2416–2427, 2003.

HRISTOV, A.N.; ROPP, J.K.; GRANDEEN, K.L.; ABEDI, S.; ETTER, R.P.; MELGER, A.; FOLEY, A.E. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating cows. *Journal of Animal Science*, 83: 408-421, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/>. Acesso em: 05 set. 2021.

ISHLER, V.; HEINRICHS, J.; VARGA, G. **From feed to milk**: understanding rumen function. Willard Building: Penn State Cooperative Extension (Extension Circular, 422), 1996. 52p.

ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F. Parâmetros ruminais e suas correlações com desempenho, consumo e digestibilidade em ruminantes. In: UCDB, E. (Ed.). **Nutrição e ruminantes**: aspectos relacionados à digestibilidade e ao aproveitamento de nutrientes. Campo Grande, 49–72, 2005.

LEITE, B.Z.; PAWLOWSKY, U. Waste minimization measures in a food industry located in the metropolitan area of Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 10, pp. 96–105, 2005.

MAPA, 2018. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N° 81 de 19 de dezembro de 2018**. Diário Oficial da União, Brasília, 20 de dezembro de 2018, Seção 1.

MORAIS, J. S. **Mistura do resíduo da indústria de doce e farelo de glúten de milho na alimentação de cordeiros em crescimento**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2020.

MORAIS, J.S. *et al.* Effect of dietary replacing of corn grain with the blend of residues from the candy industry and corn gluten feed on performance of growing lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.282,p.115130, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115130>.

MÜNNICH, M. *et al.* A meta-analysis of feeding sugar beet pulp in dairy cows: Effects on feed intake, ruminal fermentation, performance, and net food production. **Animal Feed Science and Technology**. 224, 78–89, 2017.

NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. Seventh revised edition. Washington, DC: National Academies Press, 2001.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. **The Journal of Nutrition**, v. 133, n. 4, p. 1094–1099, 2003.

OBA, M. Review: effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. **Can. J. Anim. Sci.** 91, pp. 37–46, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4141/CJAS10069>.

OBA, M.; MEWIS, J.L.; ZHINING, Z. Effects of ruminal doses of sucrose, lactose, and corn starch on ruminal fermentation and expression of genes in ruminal epithelial cells. **J. Dairy Sci.** 98, pp. 586–594, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8697>.

ØRSKVO, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements of feed weighted according to rate passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, pp.499-503, 1979.

OLIVEIRA, M.V.M. de. *et al.* Ruminal Degradability and Intestinal Digestibility of Feeds by Means of Associated Technical In Situ and Mobile Nylon Bag. **Revista Brasileira de Zootecnia** 32, 2023–2031, 2003.DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800028>.

OLIVEIRA, R.L.; CÂNDIDO, E.P.; LEÃO, A.G. A nutrição de ruminantes no Brasil. In: Tópicos Especiais em Ciência Animal I - **Coletânea da I Jornada Científica da Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da Universidade Federal do Espírito Santo**, 2012, 169p.

PAIM, T. do P. *et al.* Carcass traits and fatty acid profile of meat from lambs fed different cottonseed by-products. **Small Ruminant Research**, v. 116, n. 2–3, pp. 71–77, 2014.

PENNER, G. B.; GUAN, L. L.; OBA, M. Effect of feeding Fermenten on ruminal fermentation in lactating Holstein cows fed two dietary sugar concentrations. **J. Dairy Sci.** 92: 1725-1733, 2009.

PENNER, G.B.; OBA, M. Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of the transition period. **J Dairy Sci.**, 92, pp. 3341–53, 2009.

PETRI, R.M. *et al.* Graded replacement of corn grain with molassed sugar beet pulp modulates the fecal microbial community and hindgut fermentation profile in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. 102, pp. 5019–5030, 2019.

REECE, W.O. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12 ed. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan S.A, 926 p, 2006.

ROMNEY, D.L.; GILL, M. Intake of forages. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, H.M. (Eds.) **Forage evaluation in ruminant nutrition**. CAB. London. pp. 43-62, 2000.

RUSSELL, J.B. Strategies that ruminal bacteria use to handle excess carbohydrate. **J Anim Sci**, 76, pp. 1955-1963, 1998.

SCHROEDER, J. W. By-products and regionally available alternative feedstuffs for dairy cattle. n. **NDSU Extension Publication AS-1180**, pp. 1–16, 2012.

SEO, S.; LANZAS, C.; TEDESCHI, L. O.; PELL, A. N.; FOX, D. G. Development of a mechanistic model to represent the dynamics of particle flow out of the rumen and to predict rate of passage of forage particles in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.92, pp.3981–4000, 2009.

SILVEIRA, R. N. *et al.* Influência do nitrogênio degradável no rúmen sobre a degradabilidade in situ, os parâmetros ruminais e a eficiência de síntese microbiana em novilhos alimentados com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 38: pp. 570-579, 2009.

- SNIFFEN, C.J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.
- SNIFFEN, C.J.; ROBINSON, P.H. Protein and fiber digestion, passage and utilization in lactating cows: microbial growth and flow as influenced by dietary manipulation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.70, n.2, p.425-441, 1987.
- SORIANI, N.; PANELLA, G.; CALAMARI, L. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. **Journal of Dairy Science**, 96: 1–13, 2013.
- SORIO, A. Diagnóstico da oferta e demanda de ovinos e caprinos para processamento de carne, pele e leite na região central do Tocantins. Tocantins: Triunfal, 2017.
- SUDWEEKS, E. M.; ELY, L. O.; MERTENS, D. R.; SISK, L. R. Assessing Minimum Amounts and Form of Roughages in Ruminant Diets: Roughage Value Index System. **J. Anim. Sci.**, p. 1406-1411, 1981.
- TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A.M.; VAN DER KOELEN, C.J. Ruminal behavior of structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. **Netherland J Agric Sci**, 38: 513-526, 1990.
- VALADARES FILHO, S. DE C. *et al.* **CQBAL 4.0. Tabela Brasileira de composição de alimentos para ruminantes** [WWW Document]. UFV, 2019. Disponível em: <http://www.cqbal.com.br/#/>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Cornell University Press, 1994, 476 p.
- VARGA, G.A.; KONONOFF, P. Dairy ration using structural and nonstructural carbohydrates: from theory to practice. In: Southwest Nutrition and Management Conference, 1999, Arizona. **Proceedings**... Arizona: University of Arizona, pp.77-90, 1999.
- VASCONCELOS, G.A. *et al.* Replacement of corn by cassava dregs in lambs' diet. **Small Ruminant Research**. 181, pp. 1–5, 2019.
- WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T.; BIBBY, B.M. Hydrolysis and fermentation rate of glucose, sucrose and lactose in the rumen. **Acta Agric. Scand. Animal Sci.** 48, 12–18, 1998. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064709809362398>.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, v.76, p.1802, 1993.
- WELCH, J. G.; SMITH, A. M. Forage Quality and Rumination Time in Cattle. **Science**, v. 6, n. 53, p. 797-800, 1970.
- YOUNG, J. W.; AMARAL, D. M.; VEENHUIZEN, J. J. Exogenous Glucose in Dairy Cows at Energy Equilibrium 1. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 5, p. 1244-1254, 1989

CAPÍTULO I

CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E COMPORTAMENTO
INGESTIVO DE PEQUENOS RUMINANTES ALIMENTADOS COM RESÍDUO DA
INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE MILHO

CONSUMO, DIGESTIBILIDADE, BALANÇO DE NITROGÊNIO E COMPORTAMENTO INGESTIVO DE PEQUENOS RUMINANTES ALIMENTADOS COM RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES ASSOCIADO AO FARELO DE GLÚTEN DE MILHO

Marina de Paula Almeida*¹, Antonia Sherlânea Chaves Vêras¹

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da substituição de milho moído por resíduo da indústria de doces associado com farelo de glúten de milho (RID:FGM) sobre o consumo e digestibilidade de matéria seca (MS) e seus constituintes, consumo de água, balanço de nitrogênio e comportamento ingestivo pequenos ruminantes. Foram utilizados quatro caprinos e quatro ovinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com idade superior a cinco anos e peso corporal (PC) médio de 63,5 kg \pm 1,08 e 70,1 kg \pm 0,51, respectivamente, distribuídos em dois quadrados latinos (4x4) simultâneos. As dietas experimentais consistiram na substituição de milho moído pela mistura RID-FGM nas relações 0; 133; 267 e 400 g/kg da MS da dieta na relação volumoso:concentrado 50:50. Os ovinos ingeriram mais MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT) que os caprinos. A excreção fecal de nitrogênio (N), assim como o tempo de ruminação e as eficiências de alimentação da MS e da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) foram maiores e o tempo em ócio foi menor para os ovinos. As espécies não diferiram em relação aos consumos de FDNcp e água, coeficiente de digestibilidade aparentes dos nutrientes, N da urina, N absorvido, N-ureico no plasma e na urina, além do tempo de alimentação e eficiências de ruminação da MS e da FDNcp ($P > 0,05$). A mistura RID:FGM não afetou os consumos de MS, MO e FDNcp, as digestibilidades da MS e FDNcp ($P > 0,05$), N na urina ou absorvido (g/dia), N-ureico urinário (mg kg⁻¹ PC), tempo de alimentação e eficiências de alimentação e de ruminação de MS e FDNcp. Houve tendência ($P = 0,08$ e $P = 0,07$) para as ingestões de PB e N, respectivamente; bem como de água total, em kg ($P = 0,06$). O comportamento para os consumos de CNF e NDT foi quadrático, com pontos de máximo de 363,8 e 715,4 g/kg dia, respectivamente. A relação entre o consumo total de água e a ingestão de MS aumentou linearmente ($P \leq 0,05$). As digestibilidades da PB e dos CNF aumentaram linearmente ($P < 0,01$), com tendência de efeito quadrático sobre a digestibilidade da MO ($P = 0,10$). A mistura RID:FGM promoveu redução da excreção de N nas fezes e N-ureico no plasma. A mistura RID:FGM (na proporção de 870:130 com base na MS) pode substituir totalmente o milho moído em até 400 g/kg de MS da dieta para caprinos e ovinos.

Palavras-chave: Açúcares. Caprinos. Excreção de N. Impacto ambiental. Ovinos. Subprodutos da indústria de doces.

¹ *autor para correspondência: marinalmeid@gmail.com;

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco.

INTAKE, DIGESTIBILITY, NITROGEN BALANCE AND INGESTIVE BEHAVIOR OF
SMALL RUMINANTS FED WITH CANDY INDUSTRY RESIDUE ASSOCIATED WITH
CORN GLUTEN MEAL

Marina de Paula Almeida*¹, Antonia Sherlânea Chaves Vêras²

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of replacing ground corn with candy industry residue associated with corn gluten meal (CIR:CGM) on intake and digestibility of the dry matter (DM), water intake, nitrogen balance, and ingestive behavior. Four male goats and four male sheep (castrated, fistulated, and cannulated in the rumen), with mean age of over five years and mean body weight (BW) of $63.5 \text{ kg} \pm 1.08$ and $70.1 \text{ kg} \pm 0.51$, respectively, were used in a replicated 4 x 4 Latin Square with two squares. The experimental diets consisted of levels of replacement of ground corn with the CIR:CGM mixture in the levels of 0, 133, 267, and 400 g/kg of DM in the diet with roughage:concentrated ratio of 50:50. Sheep ingested more DM, organic matter (OM), crude protein (CP), non-fibrous carbohydrates (NFC), and total digestible nutrients (TDN) than goats. The fecal nitrogen (N) excretion, as well as the rumination time and the feeding efficiencies of DM and neutral detergent fiber corrected for ash and protein (acpNDF) were greater, and inactivity time was lesser, for sheep. There was no difference between species for NDF and water intakes, apparent nutrient digestibility coefficient, urine N, absorbed N, ureic N in plasma and urine, feeding time, and DM and acpNDF rumination efficiencies ($P > 0.05$). The CIR:CGM mixture did not affect DM, MO, and acpNDF intakes, DM and acpNDF digestibilities, N in urine or absorbed (g/day), N-ureic urinary (mg/ kg PC), feeding time, and DM and acpNDF feeding and rumination efficiencies ($P > 0.05$). There was a trend ($P = 0.08$ and $P = 0.07$) for the intake of CP and N, respectively; as well as total water intake in kg ($P = 0.06$). There was a quadratic effect for the NFC and TDN intakes, with maximum intake of 363.8 and 715.4 g/kg day, respectively. The relationship between total water intake and DM intake increased linearly ($P \leq 0.05$). The CP and NFC digestibilities increased linearly ($P < 0.01$), with a tendency towards a quadratic effect on the OM digestibility ($P = 0.10$). The CIR:CGM mixture reduced the excretion of N in feces and N-ureic in plasma. The CIR:CGM mixture (870:130 on a DM basis) can fully replace ground corn in up to 400 g/kg DM in the goat and sheep diet.

Keywords: Sugars. Goats. N excretion. Environmental impact. Sheep. Candy industry by-products.

*corresponding author: marinalmeid@gmail.com;

¹Federal Rural University of Pernambuco.

1. INTRODUÇÃO

O grão de milho é um cereal com alto teor de amido e fornece mais de 85% do amido produzido mundialmente, destacando-se como a principal e mais importante safra de cereais do mundo, com cerca de 30% da utilizada como matéria-prima industrial (ZHANG *et al.*, 2021). É uma commodity internacional de alto impacto nos custos da produção pecuária, por fazer parte da alimentação de ruminantes, não ruminantes e humanos (MORAIS *et al.*, 2021), além da larga utilização para fins não alimentícios.

Para resolver questões relativas aos atendimentos das demandas de energia dos ruminantes, redução da competição pelo uso de alimentos comestíveis para humanos, redução do pH ruminal pelo uso de dietas com alto teor de amido e prover aumento da densidade energética das dietas, é necessário avaliar fontes alternativas de energia, que possam substituir os grãos ricos em amido (ZHANG *et al.*, 2021).

O uso de resíduos da indústria alimentícia para humanos na alimentação animal tem mostrado resultados em todo o mundo, tanto em países em desenvolvimento, quanto desenvolvidos. Os elevados custos na aquisição de ingredientes, especialmente milho e farelo de soja, têm aumentado a procura por subprodutos agroindustriais para alimentação animal como alternativa para reduzir os custos de produção, bem como destinar os resíduos da indústria reduzindo a poluição ambiental (VASCONCELOS *et al.*, 2019).

Os resíduos derivados da indústria de doces, como balas, caramelos, bombons, pastilhas, sucos artificiais em pó, entre outros, possuem sacarose como ingrediente base. Até onde foi possível pesquisar na literatura consultada foi encontrado apenas um trabalho (MORAIS *et al.*, 2021) testando esses resíduos na alimentação de ovinos.

Doces e derivados à base de sacarose são produzidos mundialmente para o consumo humano. No Brasil, em 2019, foram produzidas 214 milhões de toneladas desses produtos (ABICAB, 2020); diante desse volume de produção, estima-se que haja cerca de 74 mil toneladas de produtos que sejam descartados por defeitos de fabricação. Assim, para evitar o descarte no meio ambiente, produtos que não se prestam ao consumo humano poderiam ser comercializados e utilizados na alimentação animal (LEITE; PAWLOWSKY, 2005).

Os resíduos da indústria de doces (RID) apresentam alta concentração de carboidratos não fibrosos (CNF; 972,8 g/kg de MS) e baixas de proteína bruta (PB; 3,4 g/kg de MS) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (aFDN_{cp}; 10,2 g/kg de MS), de acordo com Moraes (2020). O autor também utilizou a mistura RID e glúten de milho, em substituição ao milho, em dietas de ovinos em terminação, em que o glúten de milho continha 23,27% de PB e 34,88% de aFDN_{cp} para manter a composição em PB e FDN do milho.

O farelo de glúten de milho tem sido amplamente utilizado na dieta de ruminantes como um substituto econômico do grão de milho (WU *et al.*, 2020). Já o glúten de milho 60, ou farelo de glúten de milho 60, possui 63,9% de PB e 6,5% de FDN_{cp} (VALADARES FILHO *et al.*, 2019), que também pode ser uma boa fonte de proteína para utilizar na combinação com o RID.

O equilíbrio entre a energia e nitrogênio no rúmen é a chave para a lucratividade e a sustentabilidade ambiental, porque reduz a excreção de resíduos ricos em N dos ruminantes (BELANCHE *et al.* 2012). A combinação do resíduo da indústria de doces (RID), como fonte de energia rapidamente disponível, e o glúten de milho (GM) como fonte de proteína foi utilizada satisfatoriamente em ovinos, e podem-se esperar economias nos custos de alimentação; além de alguma contribuição para mitigar os efeitos ambientais, ao diminuir o desperdício de alimentos (MORAIS *et al.*, 2021).

Portanto, hipotetizou-se que o subproduto da indústria de doces associado ao farelo de glúten de milho pode substituir integralmente o milho moído, como fonte de energia, sem causar prejuízos nutricionais em pequenos ruminantes.

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição de milho moído por resíduo da indústria de doces associado com farelo de glúten de milho (RID:FGM) sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca e seus componentes, ingestão de água, balanço de nitrogênio e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos fistulados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local e dietas experimentais

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado na cidade do Recife – PE, Brasil, nas coordenadas geográficas: Latitude: 8° 3' 15" Sul, Longitude: 34° 52' 53" Oeste. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFRPE (CEUA/UFRPE), sob Licença nº 120/2017.

Quatro caprinos e quatro ovinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com idade superior a cinco anos e peso corporal (PC) médio de 63,5 kg ± 1,08 e 70,1 kg ± 0,51, respectivamente, foram distribuídos em dois quadrados latinos (4x4) simultâneos, sendo quatro tratamentos e quatro períodos. O experimento teve duração de 76 dias, com quatro períodos de 19 dias consecutivos, divididos em 12 dias para adaptação às dietas e ao manejo e sete para coletas de dados e amostras.

Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitos Ivomec (Ivermectina 1%, Boehringer Ingelheim, Paulínia

– São Paulo, Brasil) e receberam complexo vitamínico (Vit ADE, Calbos Saúde Animal, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil). Os animais foram alojados em galpão coberto, com baias individuais (2,0 m x 1,0 m), piso ripado, e com livre acesso a comedouros e bebedouros.

As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais de pequenos ruminantes adultos no nível de manutenção (NRC, 2007; Tabela 2). As dietas foram compostas por volumoso à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon* L.) e concentrado contendo milho moído, farelo de soja, sal comum, mistura mineral, e mistura RID:FGM; com relação volumoso:concentrado 50:50 (Tabela 1). Neste estudo, o milho moído foi substituído pela associação RID:FGM (nas relações 0; 133; 267 e 400 g/kg de MS, respectivamente), cuja mistura foi na proporção de 870:130, com base na MS). Vale ressaltar que o FGM foi usado na mistura com intuito de corrigir a PB do RID, bem como pela pouca participação na dieta, com vistas à expressão da inclusão do RID, sem alterar substancialmente a energia da dieta (Tabela 2).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Item, g/kg	Feno de Tifton 85	Milho Moído	F. Soja	RID	FGM	Sal Comum	Mistura Mineral
MS*	890,5	925,5	943,4	997,4	951,7	990	990
MO**	916,1	987,1	930,6	999,1	970,6	0,0	0,0
PB**	113,5	85,0	437,0	2,0	658,0	0,0	0,0
EE**	12,8	41,5	17,5	2,4	23,6	0,0	0,0
FDN _{cp} ^{1**}	710,0	106,7	164,7	0,0	173,0	0,0	0,0
FDN _i **	234,2	17,9	17,6	0,0	17,6	0,0	0,0
MM**	83,9	12,9	69,4	0,9	29,4	946,5	891,9
CNF**	79,8	753,9	311,4	994,7	116,0	0,0	0,0

*g/Kg de MN; **g/Kg de MS; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; ¹FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.; FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível; MM = matéria mineral; CNF = carboidratos não fibrosos; RID = resíduo da indústria de doces; FGM = farelo de glúten de milho.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (g/kg na MS)	RID:FGM (g/kg de MS)			
	0	133	267	400
Feno de Tifton 85	500	500	500	500
Milho moído	400	267	133	0
Farelo de soja	80	80	80	80
RID:FGM	0	133	267	400
Sal Comum	5	5	5	5
Mistura Mineral	15	15	15	15
Composição química, g/kg MS				
Matéria seca (g/kg MN)	911	920	928	937
Matéria orgânica	929	931	932	933
Proteína bruta	126	126	126	126
Extrato etéreo	24	20	15	10
Fibra em detergente neutro _{cp} ¹	411	400	388	377
Fibra em detergente neutro _i ²	125,7	123,6	121,5	119,4
Matéria mineral	71	70	69	67
Carboidratos não fibrosos	368,3	385,3	402,7	418,9

MS = matéria seca; MN = matéria natural; RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); ¹FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.; ²FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível.

As dietas foram fornecidas na forma de mistura completa, duas vezes ao dia, às 8h00 e 15h30, e o consumo pelos animais foi ajustado diariamente, permitindo-se sobras em torno 150 g/kg de MS.

Consumo e Digestibilidade Aparente dos Nutrientes

Os consumos de matéria seca e seus componentes foram obtidos pela diferença entre as quantidades fornecidas aos animais e sobras deixadas nos comedouros. Durante todos os períodos de coleta foram amostrados os ingredientes dos concentrados, volumoso e sobras. Em seguida, essas amostras foram identificadas e armazenadas em freezer, para posteriores análises. As amostras foram agrupadas, de forma proporcional, a cada período, constituindo-se em amostras compostas.

Para determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes foi realizada coleta total de fezes (FUKUMOTO *et al.*, 2007) do 14° ao 16° dias de cada período experimental, utilizando-se bolsas coletoras nos animais, com dois dias de adaptação antes do período de coletas. As bolsas foram esvaziadas a cada quatro horas e, ao final de 24 horas, as fezes de cada animal foram pesadas e homogeneizadas, sendo retirada uma porção de 150g por dia e por animal e armazenada. Ao final do período de coleta total, as amostras foram descongeladas e

homogeneizadas amostras compostas por animal, sendo retirados 10% do total de fezes produzidas para pré-secagem.

As amostras de alimentos, sobras e fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada com temperatura de 55°C, durante 72 horas; em seguida, as amostras foram moídas em macro moinho tipo Willey (R-TE-650/1 - TECNAL[®]), com peneira de crivos de 1 mm, para análises quanto aos teores de matéria seca (MS; método 934.06), matéria mineral (MM; método 930.05), proteína bruta (PB; método 968.06), extrato etéreo (EE; método 920.39) e matéria orgânica (MO = 100 – MM), segundo a metodologia descrita por AOAC (2000). A fibra em detergente neutro (FDN) foi determinada conforme Van Soest *et al.* (1991), com adição de enzima α -amilase termoestável (MERTENS, 2002) e utilizando o equipamento autoclave (SENGER *et al.*, 2008). O resíduo da FDN foi corrigido para cinzas (FDNc; MERTENS, 2002), por incineração em mufla (600°C por quatro horas); a correção da PB foi obtida pela subtração da proteína insolúvel na fibra em detergente neutro (FDNp), segundo Licitra *et al.* (1996). Depois disso, a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (aFDNcp) foi obtida pela equação proposta por Detmann e Valadares Filho (2010): aFDNcp (g/kg de MS) = aFDN – (aFDNc – aFDNp).

Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados, segundo Sniffen *et al.* (1992), com modificações de Detmann e Valadares Filho (2010), quanto ao uso da aFDNcp: $CNF_{cp} = 100 - (\%aFDN_{cp} + \%EE + \%MM + \%PB)$. O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS, MO, PB, EE, aFDNcp e CNFcp foi calculado como: $CDA (g/kg) = [(nutriente\ ingerido, g - nutrientes\ excretados\ nas\ fezes, g) / nutriente\ ingerido, g]$. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados segundo Weiss (1999), sendo: $NDT (g/dia) = PBD + aFDNDcp + CNFD + (2,25 \times EED)$, sendo aFDNDcp e CNFD corrigidos para cinzas e compostos nitrogenados.

Consumo de água

O consumo de água foi determinado do 14^o ao 16^o dias de coleta de dados. A água era fornecida em baldes plásticos com capacidade de 10 litros, identificados para cada animal. O consumo foi determinado por meio da diferença de peso dos baldes antes e após a ingestão, levando em consideração a quantidade evaporada; sendo posicionados dois baldes em pontos distintos do galpão, com peso conhecido, os quais eram pesados diariamente, segundo metodologia descrita por Souza *et al.* (2010).

Balanço de nitrogênio

A coleta total de urina foi realizada do 14° ao 16° dias de cada período experimental, utilizando funis coletores equipados com mangueira, com dois dias de adaptação antes do período das coletas, e um recipiente para coleta da urina, contendo 100 mL de solução de ácido sulfúrico (H₂SO₄) à 10%; e quando necessário o pH foi ajustado para ser mantido inferior a 3,0 (CHEN E GOMES, 1992). O pH da urina foi aferido a cada seis horas.

Antes de iniciar a coleta, o funil foi acoplado na região do prepúcio de cada animal. Ao final de cada dia de coleta foram determinados o peso e o volume total de urina (CHEN; GOMES, 1992) para posteriores análises e determinação da quantidade de nitrogênio total, conforme a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2012). Após coleta diária foi retirada uma alíquota de 50 mL de urina de cada animal, que foi armazenada em tubo plástico e congelada a -20°C para as análises químicas. O balanço de compostos nitrogenados foi estimado pela subtração das excreções de nitrogênio (N) urinário e fecal do total de N ingerido.

Comportamento Ingestivo

A avaliação do comportamento ingestivo foi realizada no 12° dia de cada período experimental, sendo iniciada após o fornecimento da alimentação matinal aos animais (às 8h). O método utilizado foi o proposto por Martin e Bateson (2007), de varredura instantânea (“Scan sampling”), modificado para o intervalo de observações, que foi a cada 10 minutos. Para avaliação comportamental foram utilizados dois avaliadores por turno, os quais foram posicionados para minimizar a interferência e registrar os dados comportamentais (alimentação, ruminação e ócio) dos animais; além disso, as observações noturnas foram registradas em ambiente com iluminação artificial, que foi mantida durante todo período experimental.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: tempo em alimentação, tempo em ruminação e tempo em ócio, por 24 horas, expressos em hora/dia.

As eficiências de alimentação e ruminação da MS e FDN_{cp} (g/h) foram obtidas pela relação entre a ingestão de cada um desses nutrientes e o tempo total de alimentação e ruminação, respectivamente (BÜRGER *et al.*, 2000).

$$EALMS = CMS/TAL$$

$$EALFDN_{cp} = CFDN_{cp}/TAL$$

$$ERUMS = CMS/TRU$$

$$ERUFDN_{cp} = CFDN_{cp}/TRU$$

em que:

EAL (g MS/h; g FDN/h) é eficiência de alimentação; CMS (g MS/dia) consumo de MS; CFDN_{cp} (g FDN_{cp}/dia), consumo de FDN_{cp}; TAL (h/dia), tempo de alimentação; ERU (g MS/h; g FDN/h), eficiência de ruminação; TRU (h/dia), tempo de ruminação.

Análises Estatísticas

Os dados foram analisados considerando o delineamento experimental em Quadrado Latino simultâneo, composto por oito animais (quatro caprinos e quatro ovinos) e quatro níveis de inclusão, de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + D_j + P_k + (A_l/Q_i) + Q^*D_{ij} + e_{ijkl}$$

Em que: Y_{ijkl} = variável dependente; μ = efeito geral da média; Q_i = efeito da espécie animal, sendo $i = 1$ e 2 ; D_j = efeito do tratamento j , sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 ; $P_{k(i)}$ = efeito do período experimental k no quadrado i , sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ; A_l/Q_i = efeito do animal l no quadrado i ; Q^*D_{ij} = efeito da interação entre a espécie e o tratamento e e_{ijkl} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijkl} .

Foi utilizado o procedimento PROC MIXED do software SAS (v 9.4, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA), em que os dados foram avaliados em função dos níveis de substituição do milho pelo RID:FGM submetidos às análises de contrastes ortogonais polinomiais. Para as análises dos efeitos das dietas sobre as variáveis foi adotado nível de significância de $P \leq 0,05$, e tendência considerada como $0,05 < P < 0,10$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Consumo e Digestibilidade dos Nutrientes

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para interação entre espécie x níveis de substituição (Tabela 3).

Os ovinos consumiram maiores quantidades de MS, MO, PB, EE, CNF e NDT (g/dia; $P < 0,05$), quando comparados com os caprinos, com exceção da aFDN_{cp} (g/dia; $P = 0,22$) e água (kg/dia e kg/kg de MS; $P = 0,12$ e $0,56$, respectivamente). Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes não diferiram entre as espécies caprina e ovina ($P > 0,05$), conforme Tabela 3. O peso corporal (PC) médio dos ovinos (70,1 kg) utilizado neste trabalho foi maior que dos caprinos (63,5 kg) e, por essa razão, influenciou o consumo de MS, pelo fato de não ter sido observado efeito no consumo de MS, expresso em g/kg PC e g/PC^{0,75} ($P > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Consumo de nutrientes e água e coeficiente de digestibilidade de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Variáveis	Espécie		EPM ¹	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ¹	P-Valor			
	Caprina	Ovina		0	133	267	400		E ²	E*NS ³	L ⁴	Q ⁵
Consumo, g/dia												
Matéria seca	894,5 ^b	1102,3 ^a	47,5	1013,4	1070,1	1009,8	900,4	58,4	0,02	0,69	0,13	0,15
CMS (g/kg PC)	14,21	15,90	0,98	15,50	16,06	15,19	13,49	0,98	0,27	0,72	0,07	0,18
CMS (g/kg PC ^{0,75})	39,96	45,83	2,27	44,01	45,81	43,30	38,48	2,55	0,12	0,71	0,08	0,17
Matéria orgânica	841,6 ^b	1035,5 ^a	43,7	952,6	1005,5	949,5	846,6	55,6	0,02	0,71	0,14	0,17
Proteína bruta	100,1 ^b	126,9 ^a	7,5	111,4	120,6	115,9	106,1	7,3	0,03	0,45	0,37	0,08
Extrato etéreo	14,49 ^b	17,94 ^a	0,95	24,19	19,47	13,75	7,45	0,89	0,04	0,18	<0,01 ⁶	0,26
FDN _{cp}	314,2	376,2	33,1	355,4	368,0	342,7	314,8	31,9	0,22	0,45	0,20	0,42
CNF	293,6 ^b	386,4 ^a	19,4	312,0	357,4	363,8	326,8	19,2	0,01	0,61	0,40	0,01 ⁷
NDT	587,0 ^b	734,0 ^a	37,6	637,2	715,4	682,0	607,4	41,0	0,03	0,49	0,46	0,05
EM (Mcal/dia)	2,12	2,65	0,14	2,304	2,586	2,466	2,196	0,15	0,03	0,49	0,46	0,05
Consumo de água												
Ingestão Total (kg)	1,74	2,32	0,23	1,89	2,18	2,15	1,91	0,20	0,12	0,51	0,94	0,06
IT/CMS (kg/kg de MS)	1,96	2,09	0,15	1,88	1,99	2,13	2,11	0,13	0,56	0,38	0,05	0,48
Digestibilidade, g/kg MS												
Matéria seca	814,4	805,5	13,6	789,7	824,2	815,7	810,2	14,8	0,61	0,79	0,33	0,11
Matéria orgânica	822,5	815,9	13,6	798,8	833,0	825,7	819,4	14,7	0,71	0,80	0,31	0,10
Proteína bruta	790,9	765,2	16,5	740,3	786,8	782,1	803,0	18,9	0,11	0,92	<0,007 ⁸	0,35
Extrato etéreo	706,9	681,1	19,64	811,0	792,4	709,8	462,8	27,6	0,38	0,99	<0,001 ⁹	0,01
FDN _{cp}	655,8	645,6	27,3	621,6	673,5	664,7	642,9	34,0	0,73	0,81	0,67	0,22
CNF	929,0	936,1	7,7	911,7	936,5	938,5	943,4	7,5	0,54	0,36	<0,002 ¹⁰	0,12

RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidrato não fibroso; NDT = nutrientes digestíveis totais; ¹EPM = Erro padrão da média (n=32); ²E = Efeito da espécie; ³E*NS = Efeito entre espécie e níveis de substituição; ⁴L = Efeito linear; ⁵Q = Efeito quadrático; ⁶Ŷ = 24,589 - 0,1676X; ⁷Ŷ = 311,88 + 2,004x - 0,0185x²; ⁸Ŷ = 750,67 + 0,5503x; ⁹Ŷ = 862,95 - 3,396x; ¹⁰Ŷ = 918,05 + 0,2909x.

Nota-se que os ovinos consumiram uma quantidade de MS superior aos caprinos (1102,3 x 894,5 g/kg dia, Tabela 3), e mesmo assim o tempo de alimentação não foi afetado; possivelmente pela característica do hábito alimentar dos ovinos que são classificados como consumidores de gramíneas e alimentos grosseiros, enquanto os caprinos são do tipo intermediário, usualmente chamados de selecionadores (VAN SOEST, 1994).

A ingestão de nutrientes é relacionada com o consumo de MS (NRC, 2001). Portanto, a maior ingestão de MO, PB, EE, CNF e NDT observada para os ovinos pode ser atribuída ao maior consumo de MS, independente da dieta utilizada. Esse resultado sugere que animais alimentados com a mistura RID:FGM não rejeitaram as dietas, mesmo as que continham alta proporção desse ingrediente, à medida que milho foi substituído nas dietas.

O nível de substituição do milho moído pela mistura de RID:FGM não afetou os consumos (g/dia) de MS, MO e aFDN_{cp} ($P > 0,05$). O consumo de PB (g/dia) apresentou tendência de efeito quadrático ($P = 0,08$), enquanto a ingestão de CNF ($P = 0,01$) e NDT ($P = 0,05$) apresentaram efeito quadrático, com pontos de máximo de 364,3 e 707,8 g/kg dia, nos níveis de 209 e 175 g/kg de MS de RID:FGM, respectivamente. A ingestão de EE (g/dia) apresentou comportamento linear decrescente ($P < 0,05$), diminuindo à medida que a mistura foi aumentando. As dietas com maiores níveis do RID:FGM apresentaram menores níveis de EE, o que pode explicar a redução na ingestão de EE, de 24,19 g/dia para 7,45 g/dia (Tabela 3). Tal comportamento pode ser pelo fato de o EE do milho moído utilizado ter 41,5 g/kg de MS, enquanto o RID ter 2,4 g/kg de MS (Tabela 1).

Houve tendência ($P = 0,06$) de efeito quadrático para o consumo total de água (kg/dia), e efeito linear ($P = 0,05$) da quantidade água ingerida em função do consumo de MS (kg/kg de MS). A mistura RID:FGM não afetou as digestibilidades de MS e aFDN_{cp} ($P > 0,05$), mas as digestibilidades de PB e dos CNF aumentaram linearmente ($P < 0,01$), enquanto houve tendência de efeito quadrático sobre a digestibilidade da MO ($P = 0,098$), conforme Tabela 3. A digestibilidade do EE (g/dia) apresentou comportamento linear decrescente ($P < 0,05$), diminuindo à medida que a mistura foi aumentando. A ausência de efeito da mistura RID:FGM sobre o consumo de MS pode ser um indicativo que a inclusão de açúcares nas dietas não limitou o consumo, mesmo no nível mais elevado de inclusão 400 g/kg de MS). Morais *et al.* (2021) também não relataram efeito do nível da mistura RID:GM para ovinos em terminação, de forma que o conteúdo de RID utilizado na dieta de maior nível foi de 353 g/kg de MS. Vale ressaltar que o referido autor utilizou a proporção 613:387g/kg de MS. No entanto, achados de Herzog *et al.* (2021) demonstraram que, mesmo com semelhante CMS (kg/dia), adição de sacarose até 45 g / kg MS do concentrado reduziu a palatabilidade da dieta, levando os cordeiros a rejeitarem

parcialmente o concentrado e aumentarem o consumo de fibra do feno nas dietas fornecidas em confinamento. Da mesma forma, alguns autores (VARGAS-RODRIGUEZ *et al.*, 2014; RAZZAGHI *et al.*, 2015), fornecendo dietas contendo 19g de sacarose ou 84g de açúcares totais/kg de MS para vacas em lactação; ou 52 g de sacarose/kg de MS para cabras lactantes, também não encontraram efeito da adição de sacarose sobre o CMS.

As características das dietas utilizadas neste trabalho (0; 133; 267; e 400 g de RID:FGM/kg de MS) foram isoproteicas, e as concentrações de aFDN_{cp} reduziram e as de CNF aumentaram (Tabela 2).

Os resultados de consumo e digestibilidade encontrados na Tabela 3 corroboram as características das dietas ofertadas, permitindo-se inferir que, mesmo com conteúdo similar de PB (inclusive por ter sido utilizado um coproduto do milho), a substituição do milho em grão moído pelo FGM pode modificar a natureza do concentrado, principalmente pelo maior aporte de aminoácidos livres e enxofre, contidos no FGM, conforme reportado por Teklebrhan *et al.* (2020) e Wu *et al.* (2020), podendo ser o fator responsável pelo aumento linear da digestibilidade da PB.

Adicionalmente, em resposta à melhora da digestibilidade da PB e ao aumento do conteúdo de CNF das dietas conforme aumentava o nível da mistura RID:FGM, a digestibilidade dos CNF também aumentou, sem ter influenciado a eficiência de síntese de proteína microbiana (Ver Capítulo II), promovida pelo sincronismo de utilização de carboidrato e nitrogênio das dietas, em função do aumento do nível de substituição do milho pela mistura RID:FGM (Tabela 3). Além disso, a tendência quadrática da digestibilidade da MO parece ter refletido o conteúdo de NDT calculado nas dietas. As dietas com maiores níveis do RID:FGM apresentaram menores níveis de EE, o que pode explicar a redução também na digestibilidade do EE, de 811,0 g/dia para 462,8 g/dia (Tabela 3). Este comportamento pode também está correlacionado aos teores de EE do milho moído utilizado ter 41,5 g/kg de MS, enquanto o RID ter 2,4 g/kg de MS (Tabela 1), além da ingestão de EE, de 24,19 g/dia para 7,45 g/dia, que também diminuiu a medida que foi sendo feito a substituição do milho moído pela mistura (Tabela 3).

O fato de não ter sido identificada diferença estatística entre as ingestões de água pelos ovinos e caprinos pode ter sido devido ao elevado erro padrão da média, conforme pode ser observado na Tabela 3. Nesse contexto, uma vez que houve diferença entre as espécies animais quanto ao CMS, era de se esperar que as ingestões de água também divergissem (NCR, 2007). Esse resultado, possivelmente, poderia ter refletido sobre a tendência quadrática de consumo de água observada em função do incremento de RID:FGM nas dietas.

O aumento linear observado para a relação ingestão de água/CMS pode ser atribuído ao cálculo matemático, uma vez que houve uma tendência quadrática para o consumo de água e ausência de efeito quanto ao consumo de MS.

Balanço de nitrogênio

Os ovinos avaliados neste estudo consumiram ($P = 0,03$) e excretaram ($P = 0,01$) maior quantidade de nitrogênio (N, g/dia) que os caprinos. Por outro lado, as espécies não diferiram ($P > 0,05$) quanto ao N urinário, N absorvido (g/dia e % do N ingerido), N-ureico no plasma (NUP) e N-ureico urinário (NUU), conforme Tabela 4. E não houve diferença significativa ($P > 0,05$) para interação entre espécie x níveis de substituição.

Ainda na Tabela 4, observa-se que a inclusão da mistura RID-FGM em substituição ao milho não alterou ($P > 0,05$) o N ingerido, excretado na urina ou absorvido (g/dia), bem como o NUU (mg/ kg PC). No entanto, a mistura promoveu redução da excreção de N nas fezes (g/dia; $P = 0,03$). Estes resultados corroboram com o aumento da digestibilidade aparente de PB, assim como demonstram que a mistura na dieta de pequenos ruminantes possivelmente pode ter contribuído para mitigação do impacto ambiental provocado pela excreção de N, de forma que o maior nível de inclusão de RID:FGM promoveu redução de 21,4% do N fecal (Tabela 4).

Adicionalmente, NUP (mg/ dL; $P < 0,05$) foi influenciado de forma linear decrescente. A redução da concentração de NUP é um indicativo de que a substituição do milho pela mistura de RID:FGM favoreceu a utilização do N ruminal, possivelmente promovida pela maior oferta de sacarose, um açúcar simples e abundante na composição do RID, facilmente degradável no rúmen para utilização na síntese microbiana.

A adição de sacarose à dieta pode acelerar o desenvolvimento ruminal e melhorar a utilização da proteína da dieta, aumentando assim o desempenho de cordeiros (HERZOG *et al.*, 2021). A capacidade dos ruminantes em utilizar eficientemente os nutrientes da dieta está intimamente relacionada aos ingredientes da ração e à composição e estrutura dos microrganismos ruminais. Com isso, algumas técnicas mais atuais, como transplante fecal, já estão sendo utilizadas no sentido de modificar a estrutura da população microbiana ruminal, para aumentar a eficiência de utilização do nitrogênio (TAN *et al.*, 2021).

Tabela 4. Balanço de nitrogênio de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Variáveis	Espécie		EPM ¹	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ¹	P-Valor			
	Caprina	Ovina		0	133	267	400		E ²	E*NS ³	L ⁴	Q ⁵
Balanço de N (g/dia)												
N ingerido	15,88 ^b	20,30 ^a	1,21	17,54	19,29	18,55	16,98	1,18	0,03	0,42	0,53	0,07
N fezes	3,122 ^b	4,789 ^a	0,34	4,25	4,16	4,08	3,34	0,33	0,01	0,18	0,03 ⁶	0,54
N urina	6,477	8,157	0,94	6,36	7,27	7,97	7,67	0,91	0,25	0,54	0,18	0,42
N absorvido	6,355	7,354	0,62	7,09	7,87	6,50	5,96	0,88	0,31	0,37	0,26	0,46
Plasma (mg dL⁻¹)												
N-ureico (NUP)	15,18	15,45	1,08	17,28	14,66	14,74	14,57	1,05	0,87	0,53	0,05 ⁷	0,16
Urina (mg kg⁻¹ PC)												
N-ureico (NUU)	106,76	151,51	29,05	116,79	111,17	146,17	142,38	27,81	0,29	0,55	0,26	0,96

N = nitrogênio; RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; ¹EPM = Erro padrão da média (n=32); ²E = Efeito da espécie; ³E*NS = Efeito entre espécies e níveis de substituição; ⁴L = Efeito linear; ⁵Q = Efeito quadrático; ⁶Ŷ = 4,3728 - 0,0084x; ⁷Ŷ = 16,516 - 0,0242x.

A utilização de estratégias nutricionais que auxiliem o uso de N pelos ruminantes e concomitante redução na emissão de N_2O e NH_3 tem sido uma prática na nutrição com vistas à sustentabilidade dos sistemas produtivos e favorecimento do desempenho animal (TAN *et al.*, 2021).

Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos animais diferiu entre as espécies, de modo que os ovinos passaram mais tempo ruminando ($P < 0,001$) e menos tempo em ócio ($P < 0,002$), além de maior eficiência de alimentação (g/h) em função dos consumos de MS ($P = 0,02$) e de aFDN_{cp} ($P = 0,04$) que os caprinos. Não houve diferença entre as espécies para tempo de alimentação (h/dia; $P=0,51$), e eficiências de ruminação (g/h) da MS ($P=0,15$) e aFDN_{cp} ($P = 0,25$), conforme Tabela 5. E não houve diferença significativa ($P>0,05$) para interação entre espécie x níveis de substituição. Percebeu-se que, mesmo que os ovinos tenham consumido quantidade de MS superior aos caprinos (1102,3x894,5g/dia, Tabela 3), o tempo de alimentação não foi afetado, possivelmente pela característica do hábito alimentar menos selecionador dos ovinos, que possibilitou maior ingestão de MS em tempo similar aos caprinos.

A substituição do milho pela mistura de RID:FGM não afetou o tempo despendido com alimentação (h/dia), como também não foram afetadas ($P> 0,05$) as eficiências de alimentação e de ruminação da MS e da aFDN_{cp} (g/h). No entanto, foi observado um efeito de tendência ($P= 0,08$) para redução linear do tempo de ruminação (h/dia). Entretanto, foi observado aumento linear ($P = 0,05$) do tempo que os animais estiveram em ócio (h/dia), conforme aumentou o nível da mistura RID:FGM na dieta (Tabela 5).

A ausência de efeito da mistura RID:FGM sobre o tempo de alimentação e ruminação (h/dia), possivelmente ocorreu devido à semelhança no consumo de MS e aFDN_{cp} entre as dietas. O tempo de ruminação tendeu a diminuir à medida que o nível da mistura de RID:GM aumentou, porque a concentração de aFDN_{cp} reduziu de 411 para 377 g/kg de MS das dietas ofertadas u, aliada a maior concentração de CNF, que passou de 368 para 419g/kg de MS entre o menor e maior nível de substituição, contribuindo para o aumento do tempo despendido em ócio (h/dia), já que esta atividade é inversamente proporcional às de ruminação e alimentação (Tabela 5).

Tabela 5. Comportamento ingestivo de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Parâmetro	Espécie		EPM ¹	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ¹	P-Valor			
	Caprina	Ovina		0	133	267	400		E ²	E*NS ³	L ⁴	Q ⁵
Atividades, h/dia												
Alimentação	2,67	2,48	0,19	2,75	2,46	2,63	2,46	0,21	0,51	0,37	0,38	0,72
Ruminação	4,29 ^b	6,49 ^a	0,34	5,58	5,81	5,42	4,75	0,41	<0,01	0,43	0,08	0,21
Ócio	17,04 ^a	15,03 ^b	0,27	15,67	15,73	15,96	16,79	0,38	<0,01	0,65	0,05 ⁶	0,31
Eficiência de alimentação, g/h												
Matéria seca	341,13 ^b	474,75 ^a	33,71	376,34	462,02	415,53	377,85	44,75	0,02	0,75	0,83	0,16
FDN _{cp}	119,33 ^b	160,97 ^a	15,55	132,29	156,18	139,22	132,89	19,30	0,04	0,97	0,84	0,37
Eficiência de ruminação, g/h												
Matéria seca	220,93	173,68	20,18	184,01	190,79	202,99	211,44	20,20	0,15	0,39	0,22	0,96
FDN _{cp}	79,95	59,15	11,58	63,57	67,58	70,20	76,86	10,22	0,25	0,17	0,20	0,85

FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; ¹EPM = Erro padrão da média (n=32); ²E = Efeito da espécie; ³E*NS = Efeito entre espécies e níveis de substituição; ⁴L = Efeito linear; ⁵Q = Efeito quadrático; ⁶Ŷ = 15,499 + 0,0108x.

No trabalho desenvolvido por Moraes *et al.* (2021), utilizando a mistura do RID com GM em substituição ao milho moído, na alimentação de ovinos em terminação foram observados maiores tempo gasto com alimentação e ruminação à medida que houve o incremento da mistura RID:GM, sem promover alterações no consumo de nutrientes. Porém, é importante destacar que o glúten de milho possui um pouco mais que o dobro do conteúdo de FDN (348 g/kg de MS), comparado ao FGM (173 g/kg de MS), fato que pode ter ocasionado comportamento diferente do observado nos animais desta pesquisa.

4. CONCLUSÕES

A mistura do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho RID:FGM (na proporção de 870:130 g/kg de MS) pode ser utilizada como substituto total de milho moído na dieta de ovinos e caprinos, sem afetar negativamente o consumo e digestibilidade dos nutrientes, consumo de água, balanço de compostos nitrogenados e comportamento ingestivo.

A utilização de RID:FGM na dieta de caprinos e ovinos contribui para a mitigação do impacto ambiental por reduzir a excreção de nitrogênio fecal.

REFERÊNCIAS

- ABICAB. **Associação Brasileira das Indústrias de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados**, 2020. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/paginas/estatisticas/balasangomas/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.
- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. Arlington, VA, 2000.
- BELANCHE, A.; DOREU, M.; EDWARDS, J. E.; et al. 2012. Shifts in the Rumen Microbiota Due to the Type of Carbohydrate and Level of Protein Ingested by Dairy Cattle Are Associated with Changes in Rumen Fermentation. **The Journal of Nutrition**, v.142, p.1684–1692. DOI: <https://doi.org/10.3945/jn.112.159574>.
- BÜRGER, P.J. *et al.* Consumo e digestibilidades aparentes total e parcial em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 29(1), pp. 206-214, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100028>.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- An overview of the technical details. **International Feed Resources Unit Rowett Research Institute**, Bucksburn Aberdeen, UK. Occasional Publication. 21, 1992.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n. 4, pp. 980-984, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352010000400030>
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG, 2012.
- FUKUMOTO, N.M. *et al.* Consumo e digestibilidade da matéria seca de feno de braquiária decumbens e amendoim forrageiro em ovinos estimados por meio de n-alcanos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.2, pp.471-479, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200026>.
- HERZOG, A. G. M. *et al.* Effects of dietary sucrose levels on the ingestive behavior, blood parameters, and performance of feedlot lambs. **Small Ruminant Research**, v.94, p.106281, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106281>
- LEITE, B.Z.; PAWLOWSKY, U. Waste minimization measures in a food industry located in the metropolitan area of Curitiba. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. 10, pp. 96–105, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522005000200002>
- LICITRA, G.; HERNANDES, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology** 57, pp. 347-358, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3)
- MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring behavior: An Introductory guide** (3rd Edition), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International** 85, pp. 1217-1240, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.6.1217>

MORAIS, J. S. **Mistura do resíduo da indústria de doce e farelo de glúten de milho na alimentação de cordeiros em crescimento. Tese (Doutorado)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2020.

MORAIS, J.S. *et al.* Effect of dietary replacing of corn grain with the blend of residues from the candy industry and corn gluten feed on performance of growing lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.282, p.115130, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115130>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle** 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001, 381p.

_____. **Nutrient requirements of small ruminants**, 2007, 362p.

RAZZAGHI, A. *et al.* Effects of sucrose and sunflower oil addition to diet of Saanen dairy goats on performance and milk fatty acid profile. **Livestock Science**, v.173, pp.14-23, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.12.002>

SENGER, C. C. D. *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feed stuffs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 146, n. 98, pp. 169-174, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.12.008>.

SNIFFEN, C.J. *et al.* A net carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**. v.70 n.11. p.3562-3577, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

SOUZA, E.J.O. *et al.* Comportamento ingestivo e ingestão de água em caprinos e ovinos alimentados com feno e silagem de Maniçoba. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.4, pp.1056-1067, 2010.

TAN, P. *et al.* Review - Amino acids metabolism by rumen microorganisms: Nutrition and ecology strategies to reduce nitrogen emissions from the inside to the outside. **Science of The Total Environment**, v.800, p. 149596, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149596>

TEKLEBRHAN, T. *et al.* Effect of dietary corn gluten inclusion on rumen fermentation, microbiota and methane emissions in goats. **Animal Feed Science and Technology**, v.259, p.114314, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114314>

VALADARES FILHO, S. DE C. *et al.* **CQBAL 4.0. Tabela Brasileira de composição de alimentos para ruminantes** [WWW Document]. UFV, 2019. Disponível em: <http://www.cqbal.com.br/#/>. Acesso em: 15 ago. 2021.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Cornell University Press, 1994, 476 p.

VARGAS-RODRIGUEZ, C.F. *et al.* Effects of dietary amylase and sucrose on productivity of cows fed low-starch diets. **Journal of Dairy Science**, v.97, pp.4464-4470, 2014. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7845>

VASCONCELOS, G.A. *et al.* Replacement of corn by cassava dregs in lambs' diet. **Small Ruminant Research**. 181, pp. 1–5, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.09.016>

WEISS, W. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Proceedings of 61th Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Ithaca: Cornell University, 1999.

WU, J. *et al.* Replacing corn grain with corn gluten feed: Effects on the rumen microbial protein synthesis, functional bacterial groups and epithelial amino acid chemosensing in growing goats. **Animal Feed Science and Technology**, v. 270, p.114684, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114684>

ZHANG, R. *et al.* Comprehensive utilization of corn starch processing by-products: A review. **Grain & Oil Science and Technology**, v.4, p.89-107, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2021.08.003>

CAPÍTULO II

EFEITOS DIETÉTICOS DA MISTURA DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES E
FARELO DE GLÚTEN DE MILHO SOBRE OS PARÂMETROS RUMINAIS EM
PEQUENOS RUMINANTES

EFEITOS DIETÉTICOS DA MISTURA DO RESÍDUO DA INDÚSTRIA DE DOCES E
FARELO DE GLÚTEN DE MILHO SOBRE OS PARÂMETROS RUMINAIS EM
PEQUENOS RUMINANTES

Marina de Paula Almeida*¹, Antonia Sherlânea Chaves Vêras¹

*autor para correspondência: marinalmeid@gmail.com;

¹Universidade Federal Rural de Pernambuco.

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da substituição dietética de milho moído por resíduo da indústria de doces associado com farelo de glúten de milho (RID:FGM) sobre a dinâmica e parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana e perfil bioquímico do sangue na dieta de pequenos ruminantes. Foram utilizados quatro caprinos e quatro ovinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com idade superior a cinco anos e peso corporal (PC) médio de $63,5 \text{ kg} \pm 1,08$ e $70,1 \text{ kg} \pm 0,51$, respectivamente, distribuídos em dois quadrados latinos (4x4) simultâneos. As dietas experimentais consistiram na substituição de milho moído pela mistura RID-FGM nas relações 0; 133; 267 e 400 g/kg da MS da dieta na relação volumoso:concentrado 50:50. Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na dinâmica ruminal para as espécies e interação entre espécie x níveis de substituição. A substituição do milho pela mistura RID:FGM na dieta de pequenos ruminantes não afetou os pools de MS ($P = 0,92$) e FDN ($P = 0,25$), bem como as taxas de ingestão (K_i), passagem (K_p) e degradação (K_d) ruminal da MS e FDN. No entanto, o pool de FDNi ($P = 0,03$) diminuiu linearmente e a taxa de passagem ruminal da FDNi, K_{pi} ($P = 0,02$) aumentou linearmente à medida que houve incremento os níveis da mistura RID:FGM na dieta. Os caprinos e ovinos não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) em nenhum dos parâmetros ruminais entre si, e não houve interação entre as espécies e dietas experimentais. Os níveis da mistura RID:FGM na dieta não afetaram o pH ($P = 0,59$). O desdobramento da interação tempo x níveis da mistura para o pH ruminal mostrou efeito quadrático ($P < 0,05$), com pontos mínimos de resposta obtidos em 5,92; 5,94; 5,86 e 5,85 U, que foram alcançados às 3,95; 3,74; 3,59 e 3,44 horas após alimentação, respectivamente. Houve diminuição linear na concentração de N-NH_3 com o incremento da mistura RID:FGM nas dietas dos animais, e efeito sobre o tempo e interação dos níveis RID:FGM e tempo de coleta. A substituição do milho pela mistura promoveu diminuição linear das concentrações de acetato ($P = 0,001$) no rúmen e a relação acetato:propionato diminuiu linearmente ($P < 0,0001$). No entanto, foi observado aumento linear ($P = 0,006$) na concentração de propionato ruminal. A concentração de butirato ($P = 0,54$) não foi afetada pela substituição. A relação acetato:propionato apresentou efeito quadrático ($P = 0,0022$) para os tempos de coleta, com concentração mínima estimada de $1,73 \mu\text{Mol/mL}$ ocorrida às 3,42 horas após alimentação dos

animais. Além disso, houve interação entre os níveis da mistura RID:FGM e tempos de coleta para a concentração de propionato. As variáveis avaliadas para síntese de proteína microbiana não apresentaram diferenças entre caprinos e ovinos, bem como sobre a interação entre as espécies x níveis de substituição. Os níveis de substituições do milho pela RID:FGM aumentaram linearmente ($P=0,03$) a excreção de ácido úrico (mmol/L), mas não afetaram a concentração de alantoína, nitrogênio (N) microbiano na urina, N g/kg de MO fermentável no rúmen (MOF) e eficiência da síntese microbiana. A concentração de triglicerídeos ($P=0,046$), cálcio ($P=0,001$), fósforo ($P=0,042$), potássio ($P=0,020$) e magnésio ($P=0,028$) diferiram significativa entre as espécies, mas não houve diferença significativa ($P>0,05$) na interação entre a espécie e os níveis de substituição para os demais parâmetros. No entanto, glicose ($P = 0,83$), proteína sérica ($P = 0,43$), albumina ($P = 0,64$), creatinina ($P = 0,79$) e ácido úrico ($P=0,22$), bem como perfis enzimáticos ($P>0,05$) e mineral ($P>0,05$) não foram influenciados pelo aumento da mistura nas dietas. É recomendada a associação de resíduos da mistura RID:FGM (na proporção 870:130 g/kg de MS) na alimentação de caprinos e ovinos sem que haja comprometimento no metabolismo animal, quando alimentados com até 400g da mistura por kg de matéria seca.

Palavras-chave: Ácidos graxos volatéis. Impacto ambiental. Parâmetros ruminais. Substituição de milho. Taxa de passagem. Utilização de nitrogênio.

DIETARY EFFECTS OF INDUSTRY CANDY WASTE MIXTURE AND CORN GLUTEN MEAL ON RUMINAL PARAMETERS OF SMALL RUMINANTS

Marina de Paula Almeida*¹, Antonia Sherlânea Chaves Vêras¹

*autor para correspondência: marinalmeid@gmail.com;
¹Federal Rural University of Pernambuco.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the effect of dietary replacement of ground corn with candy industry residue associated with corn gluten meal (CIR:CGM) on ruminal dynamics and fermentative parameters, microbial protein synthesis, and blood biochemical profile in the diet of small ruminants. Four male goats and four male sheep (castrated, fistulated, and cannulated in the rumen), with mean age of over five years and mean body weight (BW) of $63.5 \text{ kg} \pm 1.08$ e $70.1 \text{ kg} \pm 0.51$, respectively, were used in a replicated 4 x 4 Latin Square with two squares. The experimental diets consisted of levels of replacement of ground corn with the CIR:CGM mixture in the levels of 0, 133, 267, and 400 g/kg of DM in the diet with roughage:concentrated ratio of 50:50. There was no significant difference ($P>0.05$) in the ruminal dynamics for species and interaction between species x replacement levels. The replacement of corn with the CIR:CGM mixture in the diet of small ruminants did not affect DM ($P = 0.92$) and NDF ($P = 0.25$) ruminal pools, as well as ingestion (K_i), passage (K_p) rates, and ruminal degradation (K_d) of DM and NDF. However, the NDFi pool ($P=0.03$) decreased linearly and the ruminal passage rate of NDFi, K_{pi} ($P=0.02$) increased linearly as the levels of the CIR:CGM mixture increased in the diet. Goats and sheep did not show significant differences ($P>0.05$) in any of the ruminal parameters, and there was no interaction between species and experimental diets. Dietary CIR:CGM mixture levels did not affect pH ($P = 0.59$). The unfolding of the time x mixture levels interaction for ruminal pH showed a quadratic effect ($P<0.05$), with minimum response points obtained at 5.92, 5.94, 5.86, and 5.85, which were reached at 3.95, 3.74, 3.59, and 3.44 hours after feeding, respectively. There was a linear decrease in the N-NH₃ concentration with the increase of the CIR:CGM mixture in the diet, and an effect time and interaction of CIR:CGM levels and collection time. The replacement of corn with the mixture promoted a linear decrease in acetate concentrations ($P= 0.001$) in the rumen and the acetate:propionate ratio linearly decreased ($P <0.0001$). However, a linear increase ($P=0.006$) in ruminal propionate concentration was observed. The concentration of butyrate ($P=0.54$) was not affected by the dietary replacement. The acetate:propionate ratio showed a quadratic effect ($P=0.0022$) for collection times, with an estimated minimum concentration of $1.73 \text{ } \mu\text{Mol/mL}$ occurring at 3.42 hours after feeding. Furthermore, there was an interaction

between the levels of the CIR:CGM mixture and collection times for the propionate concentration. The variables evaluated for microbial protein synthesis showed no differences between goats and sheep, as well as on the interaction between species x replacement levels. The levels of corn substitutions with CIR:CGM linearly increased ($P=0.03$) uric acid excretion (mmol/L), but did not affect the concentration of allantoin, microbial N in urine, N g/kg of rumen fermentable MO (MOF) and efficiency of microbial synthesis. The concentration of triglycerides ($P=0.046$), calcium ($P=0.001$), phosphorus ($P=0.042$), potassium ($P=0.020$), and magnesium ($P=0.028$) differed significantly between species, but there was no significant difference ($P>0.05$) in the interaction between species and substitution levels for the other parameters. However, glucose ($P = 0.83$), serum protein ($P=0.43$), albumin ($P=0.64$), creatinine ($P=0.79$) and uric acid ($P=0.22$), as well as enzymatic ($P>0.05$) and mineral ($P>0.05$) profiles were not influenced by the increase of mixture in the diets. The CIR:CGM mixture (in the ratio 870:130 g/kg of DM) is recommended in the feeding of goats and sheep without compromising the animal metabolism, when fed with up to 400g of the mixture per kg of dry matter.

Keywords: Ambiental impact. Short-chain fatty acids. Ruminant parameters. Corn replacement. Passage rate. nitrogen utilization.

1. INTRODUÇÃO

A substituição de amido de milho por fontes de sacarose é uma estratégia alimentar importante para diminuir riscos de acidose ruminal (PENNER; OBA, 2009). A produção de animais em confinamento usa dietas com alta concentração de carboidratos não fibrosos ricos em amido para aumentar o desempenho e melhorar a qualidade da carne. No entanto, além desse tipo de dieta usar ingredientes de commodities (farelo de soja e grãos de milho) internacionais e pelos altos custos de transporte, que refletem no aumento dos custos de produção. Além do fato de a segurança alimentar ser debatida mundialmente, devido a estimativa do crescimento populacional até 2050 (FAO, 2016), em que é prevista uma alta demanda de grãos de cereais para alimentação humana.

Diante disso, algumas pesquisas têm mostrado que ruminantes podem ser alimentados com resto de culturas, coprodutos da agroindústria e da indústria alimentícia em substituição aos alimentos convencionais, sem prejudicar o seu desempenho. Esses animais têm capacidade de converter alimentos não comestíveis para humanos em produtos de origem animal de alto valor biológico (BRODERICK, 2018). Além disso, o uso de alimentos não convencionais na dieta de ruminantes pode mitigar efeitos ambientais (ADESOGAN *et al.*, 2020).

O resíduo da indústria de doce (RID) é um tipo de alimento não convencional, rico em sacarose. A sacarose é um carboidrato de rápida fermentação ruminal (SNIFFEN *et al.*, 1992), que pode ou não afetar o pH ruminal (OBA, 2011). Estimou-se em 2019 uma produção industrial de produtos à base de açúcares (balas, caramelos, confeitos, bombons, pastilhas, sucos em pó, etc.) em torno de 214 mil toneladas, segundo a Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados (ABICAB, 2020), o que sugere uma quantidade 74 mil toneladas de resíduos para descarte por diversos motivos, surgindo a possibilidade do uso desses resíduos na alimentação animal.

No entanto, para usar o RID na alimentação de ruminantes, é necessário o uso de alimento adjuvante para corrigir sua baixa concentração de proteína bruta (PB) e fibra em detergente neutro (FDN) (<1% na MS), mas com alta concentração de carboidratos não fibrosos (~98% na MS) (MORAIS, 2020). Este autor usando RID misturado com glúten de milho (GM; ~23% de PB) na dieta de ovinos observou que a mistura RID:GM, na relação 61,3:38,7% na MS, em substituição ao milho moído, não influenciou o consumo de nutrientes e o desempenho animal.

O farelo de glúten de milho é um coproduto da moagem úmida do milho, com elevadas concentrações de PB (63,96% na MS) e nutrientes digestíveis totais (NDT), de 86,98% na MS; e baixa de FDN (6,91 % na MS), segundo Valadares Filho *et al.* (2019). Essas características

podem ter potencial para substituir parte do milho na alimentação de ruminantes. Portanto, hipotetizou-se que o resíduo da indústria de doce (RID) associado ao farelo de glúten de milho (FGM) pode substituir integralmente o milho moído, como fonte de energia e proteína, na dieta de pequenos ruminantes.

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição de milho moído pela mistura RID:FGM na dieta de caprinos e ovinos fistulados, sobre a dinâmica e parâmetros ruminais, síntese de proteína microbiana e perfil bioquímico sanguíneo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Local e dietas experimentais

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), localizado na cidade do Recife – PE, Brasil, nas coordenadas geográficas: Latitude: 8° 3' 15" Sul, Longitude: 34° 52' 53" Oeste. Todos os procedimentos experimentais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal Rural de Pernambuco (CEUA/UFRPE), sob Licença nº 120/2017.

Quatro caprinos e quatro ovinos machos, castrados, fistulados e canulados no rúmen, com idade superior a cinco anos e peso corporal (PC) médio de 63,5 kg ± 1,08 e 70,1 kg ± 0,51, respectivamente, foram distribuídos em dois quadrados latinos (4x4) simultâneos, com quatro tratamentos e quatro períodos. O experimento teve duração de 76 dias, com quatro períodos de 19 dias consecutivos, divididos em 12 para adaptação às dietas e ao manejo e sete para coletas de dados e amostras.

Antes do início do período experimental, os animais foram pesados, identificados e tratados contra ecto e endoparasitos com Ivermectina 1% (Ivomec[®], Boehringer Ingelheim, Paulínia – São Paulo, Brasil) e receberam complexo de vitamina A, D, E (Vit ADE[®], Calbos Saúde Animal, São José dos Pinhais, Paraná, Brasil). Os animais foram alojados em galpão coberto, com baias individuais (2,0 m x 1,0 m), piso ripado, e com livre acesso a comedouros e bebedouros.

As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais de pequenos ruminantes adultos no nível de manutenção (NRC, 2007; Tabela 2). E compostas por volumoso à base de feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon L.*) e concentrado contendo milho moído, farelo de soja, sal comum, mistura mineral, e mistura RID:FGM; com relação volumoso:concentrado 50:50 (Tabela 1). Neste estudo, o milho moído foi substituído pela associação RID:FGM (nas relações 0; 133; 267 e 400 g/kg de MS, respectivamente), cuja mistura foi na proporção de 870:130 com base na MS. Vale ressaltar que o FGM foi usado na

mistura com intuito de corrigir a PB do RID, bem como pela pouca participação na dieta, com vistas à expressão da inclusão do RID, sem alterar substancialmente a energia da dieta (Tabela 2).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

Item, g/kg	Feno de Tifton 85	Milho Moído	F. Soja	RID	FGM	Sal Comum	Mistura Mineral
MS*	890,5	925,5	943,4	997,4	951,7	990	990
MO**	916,1	987,1	930,6	999,1	970,6	0,0	0,0
PB**	113,5	85,0	437,0	2,0	658,0	0,0	0,0
EE**	12,8	41,5	17,5	2,4	23,6	0,0	0,0
FDN _{cp} ^{1**}	710,0	106,7	164,7	0,0	173,0	0,0	0,0
FDN _i **	234,2	17,9	17,6	0,0	17,6	0,0	0,0
MM**	83,9	12,9	69,4	0,9	29,4	946,5	891,9
CNF**	79,8	753,9	311,4	994,7	116,0	0,0	0,0

*g/Kg de MN; **g/Kg de MS; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN_{cp}¹ = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.; FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível; MM = matéria mineral; CNF = carboidratos não fibrosos; RID = resíduo da indústria de doces; FGM = farelo de glúten de milho.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais

Ingredientes (g/kg na MS)	RID:FGM (g/kg de MS)			
	0	133	267	400
Feno de Tifton 85	500	500	500	500
Milho moído	400	267	133	0
Farelo de soja	80	80	80	80
RID:FGM	0	133	267	400
Sal Comum	5	5	5	5
Mistura Mineral	15	15	15	15
Composição química, g/kg MS				
Matéria seca (g/kg MN)	911	920	928	937
Matéria orgânica	929	931	932	933
Proteína bruta	126	126	126	126
Extrato etéreo	24	20	15	10
Fibra em detergente neutro _{cp} ¹	411	400	388	377
Fibra em detergente neutro _i ²	125,7	123,6	121,5	119,4
Matéria mineral	71	70	69	67
Carboidratos não fibrosos	368,3	385,3	402,7	418,9

MS = matéria seca; MN = matéria natural; RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); ¹FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.; ²FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível.

As dietas foram fornecidas na forma de mistura completa, duas vezes ao dia, às 8h00 e 15h30, e o consumo pelos animais foi ajustado diariamente, permitindo-se sobras em torno 150 g/kg de MS.

Dinâmica Ruminal

O esvaziamento ruminal total foi realizado manualmente no 17º e 19º dias de cada período experimental, por meio da cânula ruminal, quatro horas após a alimentação matinal (às 12h00). Após o esvaziamento ruminal, a digesta foi pesada, seguida da separação das frações líquida e sólida, mediante filtração com tecido de algodão, para determinar as taxas de digestão e os “pools” ruminais, utilizando-se a técnica descrita por Allen e Linton (2007). Uma amostra representativa de ambas as frações (sólida e líquida) foi coletada e congelada para posteriores análises de MS, aFDN e fibra em detergente neutro indigestível (aFDNi). Após a amostragem, as frações foram novamente misturadas e o restante do conteúdo ruminal foi devolvido ao rúmen. Para determinação da taxa de passagem das partículas no rúmen foi utilizada a aFDNi como marcador interno (TAMMINGA *et al.*, 1989).

As amostras foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas para a fração sólida; já a fração líquida permaneceu durante 10 dias. As amostras pré-secas de fração sólida foram moídas em macro moinho tipo Willey (R-TE-650/1 - TECNAL®), utilizando peneira de 2 mm; na sequência foram homogeneizadas e divididas em duas porções, uma das quais foi moída novamente, utilizando peneira de 1 mm; a fração líquida foi processada no moinho de bola com câmara fechada – Modelo TE 350. Em ambas as frações foram realizadas análises da composição química.

O teor de aFDNi nas amostras de alimentos, conteúdo ruminal e sobras foi determinado por meio do procedimento de incubação ruminal *in situ* em bovinos durante 288 horas, segundo Krizsan e Huhtanen (2013), usando sacos de TNT (VALENTE *et al.*, 2011).

As taxas de ingestão ($K_i = \text{g} \cdot \text{h}^{-1}$ consumidos/g no rúmen), passagem ($k_p = \text{fluxo} \cdot \text{h}^{-1} / \text{g no 24 rúmen}$), degradação ($k_d = k_i - k_p$) da MS e da aFDN e taxa de passagem da FDNi (k_{pi}) foram estimadas segundo Robinson, Tamminga e Van Vuuren (1987).

Parâmetros Ruminais

Foram coletadas, após homogeneização, amostras de conteúdo ruminal no 13º dia de cada período experimental, às 0; 2; 4 e 6 horas após o fornecimento da ração matinal (8h00). O material foi filtrado em tecido de algodão para obtenção do líquido, tomando-se uma alíquota de 100 mL, na qual foi, imediatamente, mensurado o pH, com um potenciômetro (Kasavi,

Modelo K39-0014P, Taiwan). O fluido foi dividido em duas alíquotas de 30 mL e acidificado com 1,5 mL de solução de ácido clorídrico (1:1). As amostras foram congeladas a -20°C, para posterior determinação da concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) ruminal (NAR) e ácidos graxos volatéis (AGV- acético, propiônico e butírico).

Para análise do N-NH₃ foi utilizada a metodologia (INCT-CA N-007/1) descrita por Detmann *et al.* (2012), pelo método da destilação de Kjeldahl. As amostras foram descongeladas e homogeneizadas; em seguida foram adicionados 10 mL de fluido ruminal e 1 mL de ácido tricloroacético (100 g/L) e em um tubo de ensaio, deixando descansar por 30 minutos. Após esse tempo, o material foi centrifugado a 3000 rpm por 10 minutos. Na sequência foi separado o sobrenadante e mantido sob refrigeração até o momento da análise. Para destilação, foram utilizados 2 mL do sobrenadante do líquido ruminal nos tubos de ensaio. Prosseguiu-se a destilação adicionando aos tubos de ensaio 10 mL de hidróxido de potássio (KOH) e, nos erlenmeyers foram adicionados 10 mL de ácido bórico para capturação da amônia. Após a destilação de 50 mL de amostra, seguido da titulação com solução de ácido clorídrico 0,005N. O volume titulado foi usado para calcular a quantidade de N-NH₃ em cada amostra.

Para a determinação dos ácidos graxos voláteis (AGV) foi utilizada a técnica de cromatografia gasosa (ERWIN *et al.*, 1961), com um cromatógrafo a gás modelo CG – Master. O cromatógrafo foi utilizado com a seguinte programação: Temperatura: 120°C; Coluna Carbowax: 30m; Temperatura do forno: 120°C; Temperatura do vaporizador: 250°C; Temperatura do detetor: 260°C; 1 mL/min; H₂ split lesS.

As amostras de líquido ruminal foram descongeladas em temperatura ambiente, em repouso para facilitar a separação do sobrenadante, depois foram centrifugadas a 3000 rpm durante 10 minutos, transferindo-se o sobrenadante para eppendorfs®.

No momento da análise foram preparados padrões individuais na concentração de 0,5% para os ácidos acético, propiônico e butírico, sendo esses, posteriormente, injetados no equipamento. Após a leitura, foram geradas as curvas padrões dos AGV e, a partir daí foram injetadas as amostras, uma por vez, sempre acompanhando o resultado obtido com a curva padrão. O tempo de leitura de cada amostra foi em torno de 4 minutos. Após a leitura das amostras, os gráficos foram interpretados por meio do software Peaksimple e geradas as proporções, para serem calculadas as porcentagens e concentrações dos principais AGV presentes no ambiente ruminal e a relação acetato:propionato.

Síntese de proteína microbiana

A coleta total de urina foi realizada do 14° ao 16° dias de cada período experimental, utilizando-se de funis coletores com mangueiras acopladas aos animais para conduzir a urina até um recipiente de plástico contendo 100 mL de solução de ácido sulfúrico a 10%, sendo ajustada a quantidade de ácido, quando necessário, para manter o pH inferior a 3,0 (CHEN; GOMES, 1992); para isso, o pH foi aferido a cada seis horas. Ao final de cada dia do período de coleta foram determinados o peso e o volume total de urina; em seguida foi retirada uma alíquota de 50 mL, que foi congelada a -20°C para posteriores análises químicas. O teor de nitrogênio total foi determinado utilizando-se a metodologia descrita por Detmann *et al.* (2012).

As análises de alantoína foram realizadas pelo método colorimétrico, conforme descrito por Chen e Gomes (1992). O Ácido úrico foi analisado por meio de kits comerciais - LABTEST®, em analisador bioquímico automático LABMAX 240® (LabTest, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil). A matéria orgânica digestível fermentada no rúmen (MOF) foi considerada a matéria orgânica digestível, multiplicada por 0,65.

A síntese de proteína microbiana no rúmen foi estimada pelas purinas absorvidas (X, mmol/dia), a partir da excreção total de derivados de purinas (DP) na urina (Y, mmol/dia), segundo Chen *et al.* (1990a): $Y=0,84X + (0,150*PC^{0,75} \cdot e^{-0,25X})$. Foi determinada a concentração de DP na urina: alantoína, segundo a metodologia descrita por Chen *et al.* (1990b), cuja quantidade excretada foi calculada em função de volume urinário. Para ácido úrico na urina foram utilizados kits comerciais - LABTEST®, em analisador bioquímico automático LABMAX 240® (LabTest, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Y, gN/dia), foi calculada em função das purinas absorvidas (PA, mmol/dia), utilizando-se a equação (CHEN; GOMES, 1992): $Y = (70x PA)/0,83x0,116x1000$, em que 70 é o conteúdo de N de purinas (mgN/mol), 0,116 a relação N purina : N total nas bactérias e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas.

Coleta de sangue e perfil bioquímico do soro e plasma

A coleta de sangue foi realizada no 15° dia de cada período experimental, quatro horas após o fornecimento da alimentação martinal (às 12h00), via punção da veia jugular, utilizando-se tubos Vacutainer® contendo fluoreto/EDTA (tubo BD Vacutainer® Fluoride, Becton Dickinson, Curitiba, Paraná, Brasil), para determinação de glicose plasmática, e Vacutainer® sem anticoagulante (tubo seco BD Vacutainer®, Becton Dickinson, Curitiba, Paraná, Brasil) para determinação de metabólitos energéticos, proteicos e minerais séricos. As amostras foram centrifugadas a 3000 rpm por 15 minutos para separação do soro e plasma, sendo em seguida acondicionadas em microtubos de 2 mL e armazenadas a -20°C.

Os metabólitos analisados foram: glicose (CAT 133-1/500), colesterol (CAT 76-2/100), triglicerídeos (CAT 87-2/100), proteína sérica (CAT 99-250), albumina (CAT 19/250), globulina, ureia (CAT 104-450), creatinina (CAT 127-2/72), ácido úrico (CAT 140-1/100); as enzimas analisadas foram: aspartato aminotransferase (CAT 109-4/30), gama-glutamilttransferase (105-2/50), fosfatase alcalina (CAT 79-4/30), frutossamina (CAT 97-6/15), creatina quinase (CAT 117-2/30); e os minerais analisados foram: cálcio (CAT.95-2/50), fósforo (CAT 42-100), sódio (CAT 124-1/38), potássio (CAT 125-1/33) e magnésio (CAT 50-200), utilizando kits comerciais (Labtest Diagnóstica®, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil). As análises bioquímicas foram processadas em analisador automático (Labmax 240®, Labtest, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil). O aparelho foi previamente calibrado com soro controle universal (Calibra H® e Qualitrol 1 H®, LabTest Diagnóstica®, Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil).

Análises estatísticas

Os dados foram analisados considerando o delineamento experimental em quadrado latino duplo, composto por oito animais (quatro caprinos e quatro ovinos) e quatro níveis de inclusão, de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + D_j + P_k + (A_l/Q_i) + Q^*D_{ij} + e_{ijkl};$$

Em que: Y_{ijkl} = variável dependente; μ = efeito geral da média; Q_i = efeito da espécie animal, sendo $i=1$ e 2 ; D_j = efeito do tratamento j , sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 ; $P_{k(i)}$ = efeito do período experimental k no quadrado i , sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ; A_l/Q_i = efeito do animal l no quadrado i ; Q^*D_{ij} = efeito da interação entre a espécie e o tratamento e e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijkl} .

Utilizou-se o procedimento PROC MIXED do software Statistic Analysis System v 9.4 (SAS, Institute Cary Inc., NC, EUA), cujos dados em função dos níveis de substituição do milho pela mistura RID:GM foram submetidos a análises de contrastes ortogonais polinomiais. Os efeitos foram considerados significativos quando $P \leq 0,05$, e tendência considerada como $0,05 < P < 0,10$.

Para o pH ruminal, N-NH₃ e AGV foi assumido o efeito do tempo de amostragem, com medidas repetidas no tempo, e as variáveis foram avaliadas por meio da análise de variância e teste de Tukey, utilizando-se o PROC MIXED do SAS, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{ijklm} = \mu + Q_i + D_j + P_k + A_{(i)l} + T_m + (Q^*D)_{ij} + (D^*T)_{jm} + (Q^*T)_{im} + (Q^*D^*T)_{ijm} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijklm} = variável dependente; μ = efeito geral da média; Q_i = efeito do quadrado latino, sendo $i = 1$ e 2 ; D_j = efeito da dieta do tratamento j , sendo $j = 1, 2, 3$ e 4 ; P_k = efeito do período

experimental k , sendo $k = 1, 2, 3$ e 4 ; $A_{(i)l}$ = efeito do animal l no quadrado i ; T_m = efeito do tempo m , sendo $m = 0, 2, 4$ e 6 horas; $(Q*D)_{ij}$ = efeito da interação entre o quadrado i e a dieta do tratamento j ; $(D*T)_{jm}$ = efeito da interação entre a dieta do tratamento j e o tempo m ; $(Q*T)_{im}$ = efeito da interação entre o quadrado i e o tempo m ; $(Q*D*T)_{ijm}$ = efeito da interação entre o quadrado i , a dieta do tratamento j e o tempo m ; e $ijklm$ = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijklm} .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dinâmica Ruminal

Não houve diferença significativa ($P > 0,05$) na dinâmica ruminal para as espécies e interação entre espécie x níveis de substituição (Tabela 3).

A substituição do milho pela mistura RID:FGM na dieta de pequenos ruminantes não afetou os pools de MS ($P = 0,92$) e FDN ($P = 0,25$), bem como as taxas de ingestão (K_i), passagem (K_p) e degradação (K_d) ruminal da MS e FDN. No entanto, o pool de FDNi ($P = 0,03$) diminuiu linearmente e a taxa de passagem ruminal da FDNi, K_{pi} ($P = 0,02$) aumentou linearmente à medida que houve incremento os níveis da mistura RID:FGM na dieta.

O aumento de carboidratos não fibrosos (CNF) dietético e a redução na concentração de aFDNcp e FDNi nas dietas eram esperados. É importante avaliar o processo digestivo como um todo, especialmente as taxas de degradação e passagem ruminal, porque a ingestão de MS pelos animais depende do tempo de permanência do alimento e disponibilidade de energia no rúmen (DETMANN *et al.*, 2009).

De fato, a ausência de efeito sobre os pools de MS e FDN podem ter sido afetadas pela similaridade das taxas de passagem e ingestão da MS e FDN, que, por sua vez, pode ser reflexo da diminuição no N-NH₃ à medida que aumentaram os níveis da mistura RID:FGM na dieta dos animais. Segundo Detmann *et al.* (2009), a otimização de degradação e ingestão da FDN ocorrem quando as concentrações de N-NH₃, de 8 a 15 mg/dL, respectivamente, são maximizadas no fluido ruminal.

Tabela 3. Dinâmica ruminal de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Variáveis	Espécie		EPM ¹	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ¹	P-Valor			
	Caprina	Ovina		0	133	267	400		E ²	E*NS ³	L ⁴	Q ⁵
Pool (g)												
MS	565,69	670,88	96,04	605,38	639,13	622,88	605,75	75,99	0,46	0,20	0,93	0,48
FDN	342,69	407,94	71,15	395,63	388,88	363,00	353,75	58,06	0,52	0,24	0,25	0,97
FDNi	191,56	217,13	55,96	247,63	211,15	181,38	176,63	46,98	0,74	0,44	0,03 ⁶	0,51
MS (Kg.h⁻¹)												
Ki	0,072	0,072	0,009	0,075	0,072	0,075	0,065	0,008	0,99	0,79	0,23	0,54
Kp	0,012	0,013	0,002	0,011	0,013	0,014	0,013	0,002	0,85	0,59	0,34	0,57
Kd	0,059	0,059	0,007	0,064	0,059	0,062	0,052	0,006	0,97	0,90	0,13	0,63
FDN (Kg.h⁻¹)												
Ki	0,042	0,041	0,007	0,041	0,042	0,045	0,039	0,005	0,97	0,08	0,84	0,14
Kp	0,009	0,009	0,002	0,008	0,009	0,010	0,009	0,002	0,80	0,45	0,13	0,31
Kd	0,033	0,032	0,005	0,034	0,033	0,035	0,030	0,004	0,90	0,07	0,22	0,13
Kpi FDNi	0,021	0,022	0,005	0,017	0,021	0,026	0,023	0,004	0,80	0,45	0,02 ⁷	0,08

Ki = Taxa de ingestão; Kp = Taxa de passagem ruminal; Kd = Taxa de degradação; Kpi= taxa de passagem ruminal da FDNi; FDNi = fibra em detergente neutro indigestível; RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; ¹EPM = Erro padrão da média (n=32); ²E = Efeito da espécie; ³E*NS = Efeito entre espécies e níveis de substituição; ⁴L = Efeito linear; ⁵Q = Efeito quadrático; ⁶ $\hat{Y} = 240,39 - 0,7274x$; ⁷ $\hat{Y} = 0,0183 + 0,00007x$.

Em outra análise, o aumento da concentração de CNF, seguido de uma redução da aFND_{cp} dietética, pode ter levado à diminuição das bactérias fibrolíticas, devido à baixa concentração de pH (Figura 1) após alimentação, e conseqüentemente, ter contribuído para a semelhança na digestibilidade aparente (Ver Capítulo I), taxas de passagem e de ingestão da aFDN. Os CNF, principalmente os açúcares e amido apresentam diferentes taxa de fermentação ruminal e local de absorção no trato gastrointestinal (SNIFFEN *et al.*, 1992; WEISBJERG *et al.*, 1998).

Embora tenha havido diminuição linear para o pool e aumento da taxa de passagem da FDN_i, esse resultado pode ser atribuído a redução da concentração de FDN_i na mistura RID:FGM (Tabela 1). No entanto, esse resultado não refletiu em melhorias sobre as taxas de degradação e de ingestão da MS e aFDN.

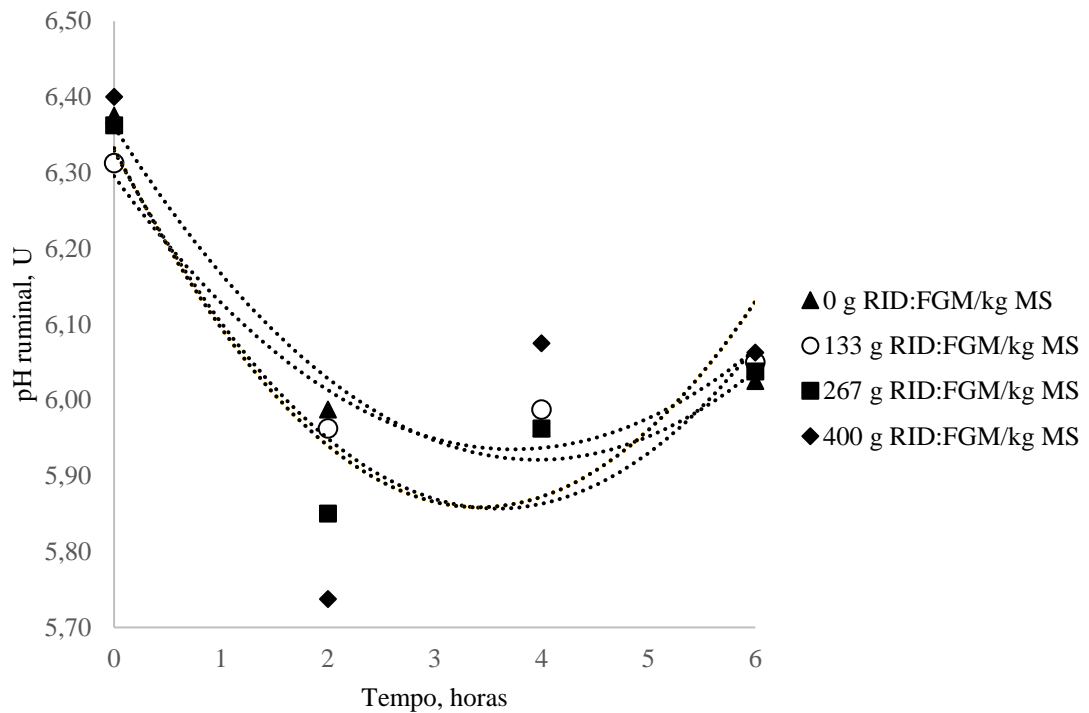
Parâmetros Ruminais

Os caprinos e ovinos não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) em nenhum dos parâmetros ruminais entre si, e não houve interação entre as espécies e dietas experimentais (Tabela 4), devido às duas espécies terem recebido os mesmos tratamentos. Os níveis da mistura RID:FGM na dieta não afetaram o pH ($P = 0,59$). Por outro lado, o tempo e interação dos níveis da mistura RID:FGM e tempo de coleta promoveram efeitos sobre o pH ruminal ($P < 0,05$). O desdobramento da interação tempo x níveis da mistura para o pH ruminal mostrou efeito quadrático ($P < 0,05$), com pontos mínimos de resposta obtidos em 5,92; 5,94; 5,86 e 5,85, que foram alcançados às 3,95; 3,74; 3,59 e 3,44 horas após alimentação, respectivamente, em função dos níveis de RID:FGM na dieta ao longo dos tempos (Figura 1).

Tabela 4. Parâmetros ruminiais de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Variáveis	Espécie		EPM ¹	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ¹	P-Valor				
	Caprino	Ovino		0	133	267	400		E ²	L ³ TRAT	Q ⁴ TRAT	TEMPO	TRAT*TEMPO
pH	6,04	6,11	0,065	6,09	6,08	6,05	6,07	0,06	0,34	0,59	0,71	<0,0001	0,03
N-NH ₃ , mg dL ⁻¹	11,64	12,01	1,816	13,29	13,20	10,39	10,43	1,85	0,87	0,049 ⁵	0,96	<0,0001	0,0076
Concentração de AGV, µMol/mL													
Acetato	44,26	55,87	7,00	58,93	49,65	48,55	43,14	6,89	0,09	0,0007 ⁶	0,53	0,36	0,87
Propionato	22,78	27,37	0,30	17,87	23,02	30,59	28,82	4,05	0,30	0,0062 ⁷	0,30	0,07	0,0399
Butirato	6,36	8,57	1,34	7,43	8,00	7,80	6,63	1,49	0,06	0,54	0,36	0,85	0,61
ACE:PROP	2,42	2,53	0,29	3,46	2,27	1,89	1,79	0,34	0,79	0,0003 ⁸	0,0934 ⁹	<0,0001	0,738
CH ₄	16,20	21,04	2,93	24,58	19,21	16,55	14,14	3,03	0,11	<,0001	0,39	0,19	0,86

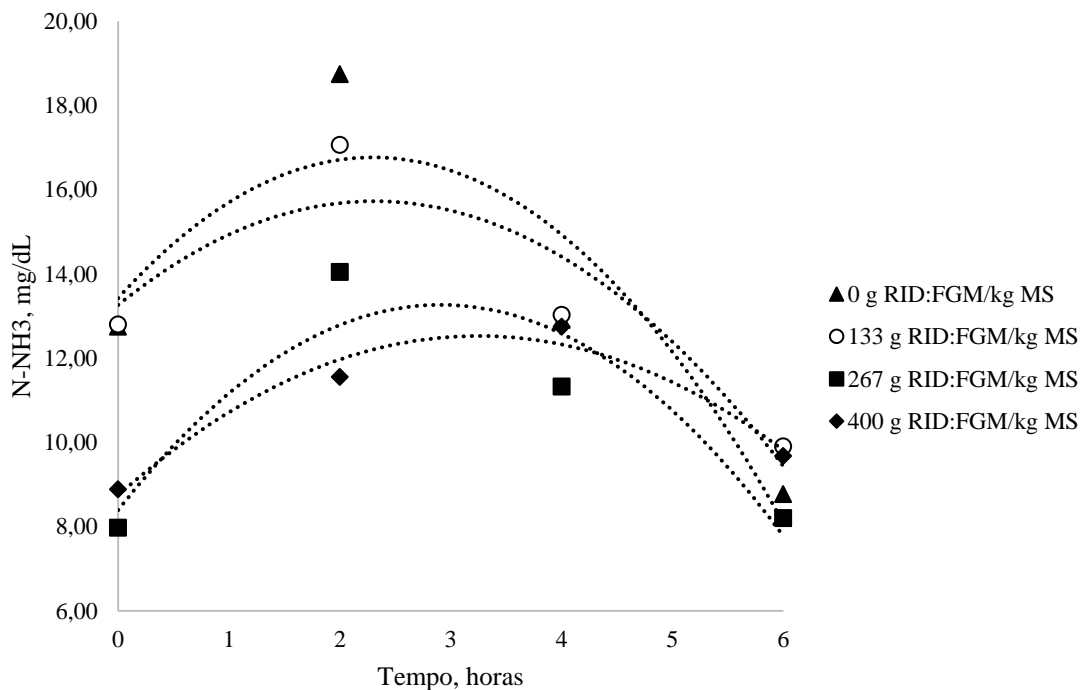
RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; AGV = Ácidos Graxos de voláteis; ACE:PROP = relação acetato:propionato; RID = resíduo da indústria de doces; ¹EPM = Erro padrão da média (n=32); ²E = Efeito da espécie; ³LTRAT = Efeito linear do tratamento; ⁴QTRAT = Efeito quadrático do tratamento; TEMPO = Efeito linear do tempo; TRAT*TEMPO = Efeito entre níveis de substituição e o tempo; ⁶Ŷ = 57,305 - 0,1455x; ⁷Ŷ = 13,526 - 0,0341x; ⁸Ŷ = 3,3143 - 0,0169x; ⁹Ŷ =



0 g RID:FGM: $\text{pH} = 6,36125 (\pm 0,07262) - 0,22250 (\pm 0,07262) \times T + 0,02813 (0,00931) \times T^2$, RMSE = 0,211, $R^2 = 0,3612$, $P = 0,0006$
 133 g RID:FGM: $\text{pH} = 6,29562 (\pm 0,05871) - 0,19281 (\pm 0,04714) \times T + 0,02578 (\pm 0,00753) \times T^2$; RMSE = 0,170, $R^2 = 0,3639$, $P = 0,0005$
 267 g RID:FGM: $\text{pH} = 6,32937 (\pm 0,06500) - 0,26344 (\pm 0,05219) \times T + 0,03672 (\pm 0,00834) \times T^2$; RMSE = 0,189, $R^2 = 0,4539$, $P < 0,0001$
 400 g RID:FGM: $\text{pH} = 6,35035 (\pm 0,10246) - 0,28737 (\pm 0,07966) \times T + 0,04180 (\pm 0,01255) \times T^2$; RMSE = 0,279, $R^2 = 0,2721$, $P = 0,0045$.

Figura 1. Valores de pH ruminal de caprinos e ovinos em função dos níveis da mistura RID:FGM ao longo do tempo.

Houve diminuição linear na concentração de N-NH_3 com o incremento da mistura RID:FGM nas dietas dos animais, e efeito sobre o tempo e interação dos níveis RID:FGM e tempo de coleta. Com exceção da dieta com 400 g RID:FGM/kg de MS, que tendeu para efeito quadrático no tempo ($P = 0,058$), as demais promoveram efeito quadrático ($P < 0,05$) ao longo do tempo para as concentrações de N-NH_3 , sendo que máximas respostas foram obtidas em 16,77; 15,73 e 13,27 mg/dL, para os tempos 2,30; 2,31 e 2,91 horas após alimentação (Figura 2).



0 g RID:FGM: $N-NH_3 = 13,42394 (\pm 2,00798) + 2,90916 (\pm 1,61231) \times T - 0,63289 (\pm 0,25752) \times T^2$; RMSE = 5,827, $R^2 = 0,2002$, $P = 0,0149$.
 133 g RID:FGM: $N-NH_3 = 13,26056 (\pm 1,65437) + 2,13341 (\pm 1,32839) \times T - 0,46164 (\pm 0,21217) \times T^2$; RMSE = 4,80, $R^2 = 0,1518$, $P = 0,035$.
 267 g RID:FGM: $N-NH_3 = 8,39156 (\pm 1,67953) + 3,34828 (\pm 1,34858) \times T - 0,57508 (\pm 0,21539) \times T^2$; RMSE = 4,83, $R^2 = 0,1436$, $P = 0,0402$.
 400 g RID:FGM: $N-NH_3 = 8,72738 \pm (2,20227)$; $P = 0,4042$

Figura 2. Valores das concentrações de N-NH₃ de caprinos ovinos em função dos níveis da mistura RID:FGM ao longo do tempo.

A substituição do milho pela mistura promoveu diminuição linear das concentrações de acetato ($P=0,001$) no rúmen e a relação acetato:propionato diminuiu linearmente ($P < 0,0001$). No entanto, foi observado aumento linear ($P=0,006$) na concentração de propionato ruminal. A concentração de butirato ($P=0,54$) não foi afetada pela substituição.

A relação acetato:propionato apresentou efeito quadrático ($P=0,0022$) para os tempos de coleta (Figura 4), com concentração mínima estimada de 2,00 $\mu\text{Mol/mL}$ ocorrida às 3,65 horas após alimentação dos animais. Além disso, houve interação entre os níveis da mistura RID:FGM e tempos de coleta ($P=0,0399$; Figura 3) para a concentração de propionato. A concentração de propionato teve um comportamento quadrático em função do nível de 267 g de RID:FGM ao longo do tempo, com pico máximo de concentração em 40,50 $\mu\text{Mol/mL}$ obtido às 3,27 horas após alimentação. Por outro lado, as demais variáveis não foram influenciadas pelos tempos de coleta e não houve interação RID:FGM x tempo ($P > 0,05$).

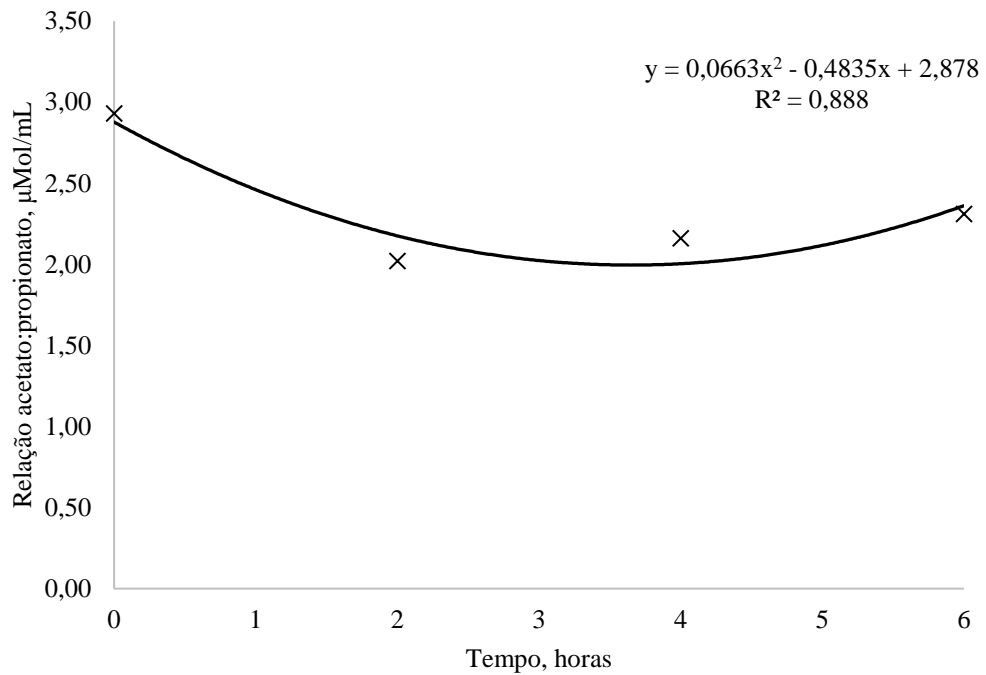
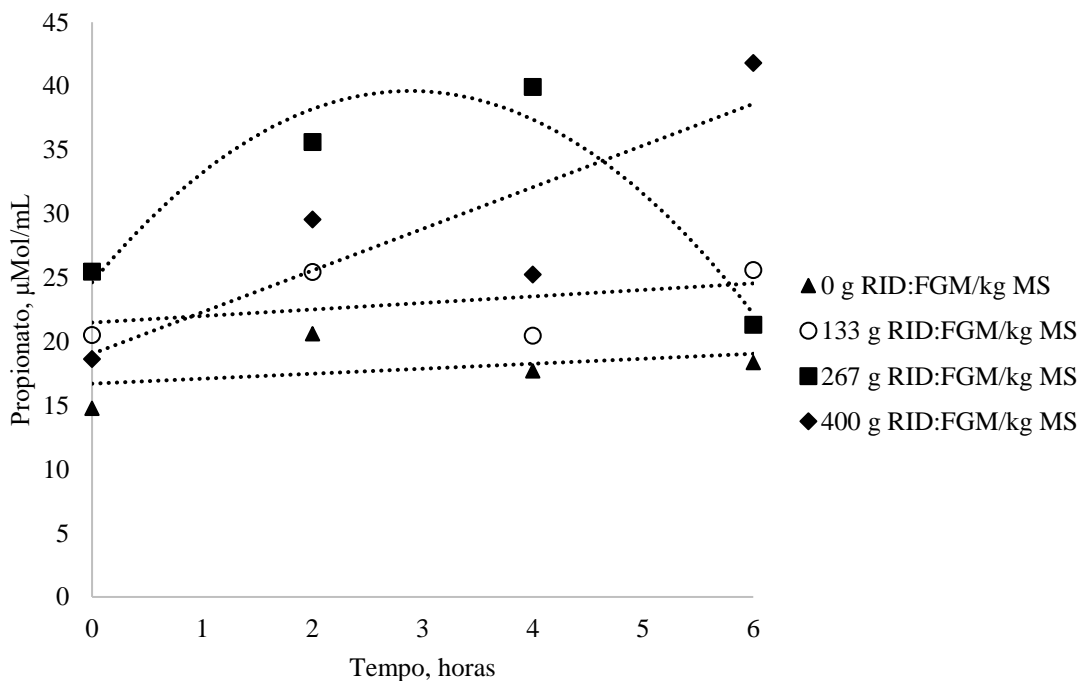


Figura 3. Relação acetato:propionato ao longo do tempo.



0 g RID:FGM: propionato = $15,077547 (\pm 1,87420)$, $P = 0,5069$

133 g RID:FGM: propionato = $21,28024 (\pm 2,38919)$, $P = 0,5761$

267 g RID:FGM: propionato = $13,39861 (\pm 6,75139) + 16,58590 (\pm 5,07094) \times T - 2,53682(0,78645) \times T^2$; RMSE = 17,11, $R^2 = 0,2328$, $P = 0,0107$

400 g RID:FGM: propionato = $20,44019 (6,09590)$, $P = 0,0759$

Figura 4. Valores da concentração de propionato ruminal para os níveis de RID:FGM ao longo do tempo.

Os valores médios (variando de 6,05 a 6,09 U) da concentração de pH no líquido ruminal estão dentro da faixa de normalidade relatada pela literatura consultada para animais alimentados com dietas ricas em CNF (ZEOULA *et al.*, 2002; COMMUM *et al.*, 2009). Embora tenha havido uma redução de aFDN_{cp} e aumento de CNF dietéticos com o aumento da mistura RID:FGM, esse resultado não comprometeu a concentração do pH ruminal, e consequentemente não afetou a digestibilidade da aFDN_{cp} (ver Capítulo 1; ZEOULA *et al.*, 2002). Isso provavelmente ocorreu porque a quantidade de fibra longa–no volumoso foi inalterada, pois havia a mesma relação volumoso:concentrado de 50:50.

Os valores mínimos estimados da concentração de pH ruminal em função dos níveis da mistura RID:FGM ao longo do tempo estão acima de 5,8 relatados pela literatura como indicativo para acidose subaguda no rúmen (COMMUM *et al.*, 2009). Segundo esses autores, quando a concentração de pH ruminal está abaixo de 5,8, isso pode levar os animais a um quadro de acidose subaguda, e inibir a taxa de digestão da fibra e aumentando o tempo de colonização para degradação da parede celular (VAN SOEST, 1994), o que não foi observado neste estudo (Ver Capítulo I). As menores concentrações de pH ruminal observadas entre as 3,44 e 3,74 horas após alimentação dos animais podem ser devidas à rápida taxa de hidrólise da sacarose presente no RID. Segundo Weisbjerg *et al.* (1998), a sacarose apresenta uma alta taxa de hidrólise (de até 1200 a 1404b%/h).

A concentração de N-NH₃ depende da ingestão, tipo e utilização de substrato pelos microrganismos ruminais. Embora o N-NH₃ tenha diminuído com aumento da mistura RID:FGM nas dietas (Tabela 4), os valores estão dentro do limite mínimo relatado pela literatura (8 a 15 mg/dL do conteúdo ruminal) para otimizar a degradação e ingestão de FDN (DETMANN *et al.*, 2009; DETMANN *et al.*, 2014); no entanto, não foi observado efeito para ingestão e digestibilidade da aFDN_{cp} (ver Capítulo I) e taxa de degradação da aFDN.

As dietas deste estudo foram formuladas para conterem 126 g de PB/kg de MS. Portanto, de acordo com a proposta de Detmann *et al.* (2009), a concentração de N-NH₃ seria estimada em 17 mg/dL ($N-NH_3 = -29,829 + 0,37178 \times PBg/kg \text{ de MS}$) no fluido ruminal. As concentrações de N-NH₃ na presente pesquisa foram estimadas em 16,77; 15,73 e 13,27 mg/dL de conteúdo ruminal para animais que receberam às dietas com 0; 133 e 267 g da mistura RID:FGM, e foram alcançadas às 2,30; 2,31 e 2,9 horas após alimentação, respectivamente. De acordo com Santos e Pedrosa (2011), a máxima concentração de N-NH₃ pode ocorrer de uma a cinco horas após alimentação, dependendo do tipo de ingrediente utilizado na dieta.

Assim, uma possível explicação para ausência de efeito sobre a taxa de degradação da FDN, a ingestão e a digestibilidade da aFDN_{cp} à medida que os níveis de substituição

aumentaram, é que a rápida taxa de hidrólise e fermentação da sacarose em relação ao amido (SNIFFEN *et al.*, 1992; WEISBJERG *et al.*, 1998) tenha limitado o suprimento de energia para os microrganismos ruminais (OBA, 2011), uma vez que houve efeito quadrático para consumo de EM (Ver Capítulo I), e conseqüentemente, devido às respostas da concentração de propionato ruminal, quando foi medido de zero até seis horas após alimentação (Figura 3).

A diminuição do acetato e aumento do propionato no rúmen, possivelmente podem estar correlacionados com a redução da aFDN_{cp} e aumento dos CNF dietéticos (VAN SOEST, 1994), respectivamente, conforme aumentou os níveis da mistura RID:FGM, mas isso não afetou a concentração de butirato. O equilíbrio da produção de pH ruminal é determinado pela produção e remoção de ácidos via neutralização, absorção e passagem (ALLEN, 2007). Assim, o aumento da concentração de propionatos nas dietas não afetou o pH ruminal, bem como ao longo do tempo, que pudesse comprometer a digestibilidade da fibra.

Morais *et al.* (2021) relataram que o comportamento ingestivo dos animais alimentados com níveis da mistura RID:GM pode ter sido influenciado pela saciedade, causada pelo aumento da glicemia no sangue, mas que não foi confirmada porque a coleta de sangue para análise da concentração ocorreu quatro horas após alimentação.

De fato, embora a concentração de propionato tenha aumentado com o incremento da mistura (Tabela 3), foi observada ausência de efeito na concentração de glicose plasmática, devido ao tempo de coleta ter ocorrido às quatro após alimentação. Isso ocorreu porque a maior concentração de propionato no rúmen foi estimada em 40,5 µMol/mL às 3,25 horas após alimentação para os animais que receberam a dieta com 267g de RID:FGM/kg de MS (Figura 4), uma vez que o propionato é o precursor de glicose (VAN SOEST, 1994). Assim, a suspeita levantada por Morais *et al.* (2021) de que a saciedade pode ter afetado o comportamento ingestivo dos animais devido ao aumento da concentração de propionato, e conseqüentemente, de glicose plasmática, neste trabalho os resultados confirmam a suspeita porque níveis o aumento da concentração de propionato no rúmen ocorreu antes das quatro horas após alimentação.

Na literatura ainda não está claro o uso de açúcares (sacarose) na dieta de ruminantes sobre a fermentação ruminal, particularmente os ácidos graxos voláteis (AGVs; OBA, 2011). Penner e Oba *et al.* (2009), usando 4,7% de sacarose na dieta de vacas fistuladas, não observaram diferença na produção de AGVs. No entanto, Oba *et al.* (2015) observaram que vacas suplementadas com sacarose têm uma menor produção de acetato e uma maior concentração de propionato e butirato, quando comparadas a vacas alimentadas com dieta ricas

em amido. Portanto, os resultados observados por Oba *et al.* (2015) corroboram em parte com os AGV obtidos no presente estudo.

A estimativa de emissão de CH₄ entérico entre caprinos e ovinos não apresentaram diferença significativas ($P>0,11$) (Tabela 4). No entanto, a substituição de milho pela mistura RID:FGM reduziu linearmente ($P<0,0001$) a emissão de CH₄ entérico. Até onde se sabe, este é primeiro relato que mostra a capacidade da mistura RID:FGM em reduzir a emissão de CH₄ entérico, portanto, poder ser uma estratégia inibir o metanogênio.

O aumento na quantidade de CNF na dieta promove aumento na concentração de AGVs, principalmente ao aumento da concentração de propionato e diminui o acetato, devido à rápida fermentação ruminal desse componente. Assim, neste estudo, a substituição do milho pela mistura RID:FGM, rica em açúcares promoveu alterações na concentração de acetato e propionato, mas sem afetar o butirato. Essa alteração na concentração de AGVs contribuiu para a captura de ions de H⁺ para ser incorporado à produção de propionato e, assim, diminuir a formação de CH₄ entérico. De fato, o aumento de propionato em 71,18% reduziu a emissão de CH₄ entérico em 26,40%.

A produção de metano entérica é uma técnica com altos custos e requer metodologias adequadas. Desse modo, a estimativa da emissão CH₄ entérico é bastante utilizada pelo fato de ser preditas por cálculos estequiométricos (MOSS *et al.*, 2000) e por meio da ingestão de MS e EM (RAMIN; HUHTANEN, 2013). Assim, esses métodos de estimativa podem contribuir para mitigação de CH₄ no meio ambiente e proporcionar um sistema criação mais sustentável.

Síntese de proteína microbiana

As variáveis avaliadas para síntese de proteína microbiana não apresentaram diferenças entre caprinos e ovinos, bem como sobre a interação entre as espécies x níveis de substituição (Tabela 5). Os níveis de substituições do milho pela RID:FGM aumentaram linearmente ($P=0,03$) a excreção de ácido úrico (mmol/L), mas não afetaram a concentração de alantoína, nitrogênio (N) microbiano na urina, N g/kg de MO fermentável no rúmen (MOF) e eficiência da síntese microbiana.

O N-ureico plasmático é um parâmetro utilizado como indicador do uso de N (ALVES *et al.*, 2014). O aumento da excreção de ácido úrico na urina é atribuído à diminuição da concentração de ureia sérica, o que explica a ausência de efeito na excreção N na urina, conforme aumentaram os níveis de substituição do milho pela mistura RID:FGM na dieta dos animais, e conseqüentemente, baixa eficiência de utilização de N pelo animal. O ácido úrico é metabólito final do metabolismo de derivados de purinas (CHEN; GOMES, 1992).

Como comentado anteriormente, pode ter ocorrido uma limitação de energia no rúmen ao longo do tempo, devido à rápida taxa de fermentação ruminal de fontes de sacarose (SNIFFEN *et al.*, 1992; WEISBJERG *et al.*, 1998;), o que pode ter favorecido falta de sincronização de utilização de N e energia pelos microrganismos ruminais, uma vez que houve aumento na digestibilidade da PB (Ver Capítulo I). De fato, essa falta de sincronização de N e energia no rúmen pode ter promovido o aumento da excreção de ácido úrico na urina, seguida por uma redução na ureia sérica circulante, o que explica a similaridade da concentração de ácido úrico sérico circulante e os demais metabólitos proteicos séricos.

Embora o ácido úrico excretado na urina tenha aumentado, a síntese da proteína dos animais foi semelhante entre as dietas. Os valores médios da síntese de proteína microbiana estão condizentes aos relatados pela literatura para caprinos e ovinos (VIEIRA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2018; CARDOSO *et al.*, 2019).

Tabela 5. Síntese de proteína microbiana de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Variáveis	Espécie		EPM ¹	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ¹	P-Valor			
	Caprina	Ovina		0	133	267	400		E ²	E*NS ³	L ⁴	Q ⁵
Alantoína (mmol/L)	3,86	4,79	0,49	4,58	3,61	4,10	5,01	0,61	0,23	0,69	0,50	0,13
Alantoína (mmol/d)	3,32	4,31	0,66	3,82	3,57	4,14	3,73	0,57	0,33	0,68	0,85	0,84
Ácido Úrico (mmol/L)	0,79	0,98	0,11	0,81	0,75	0,90	1,10	0,11	0,20	0,70	0,03 ⁶	0,16
Ácido Úrico (mmol/d)	0,68	0,90	0,11	0,73	0,72	0,88	0,83	0,12	0,21	0,83	0,37	0,85
DPE (mmol/d)	4,01	5,20	0,75	4,54	4,29	5,02	4,56	0,65	0,30	0,73	0,69	0,82
DPA (mmol/d)	3,64	4,61	0,91	4,70	3,40	4,33	4,08	0,92	0,48	0,43	0,79	0,50
gNmic/d	2,76	3,35	0,70	3,63	2,47	3,15	2,97	0,71	0,57	0,35	0,63	0,42
gN/Kg MOF*	5,51	6,57	1,44	7,55	4,77	6,07	5,76	1,47	0,62	0,34	0,47	0,33
E.g Pmic/kg de NDT	37,28	40,52	5,37	49,40	31,21	36,71	38,29	7,16	0,69	0,93	0,39	0,18

RID:FGM = Associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; DPE = Derivados de Purinas Excretadas; DPA = Derivados de Purinas Absorvidas; N microbiano = nitrogênio; E.Pmic = Eficiência de Proteína microbiana; *MOF = matéria orgânica fermentável; ¹EPM = Erro padrão da média (n=32); ²E = Efeito da espécie; ³E*NS = Efeito entre espécies e níveis de substituição; ⁴L = Efeito linear; ⁵Q = Efeito quadrático; ⁶Ŷ = 0,7374 + 0,003x.

Perfil bioquímico do sangue

A concentração de triglicerídeos ($P=0,046$), cálcio ($P=0,001$), fósforo ($P=0,042$), potássio ($P=0,020$) e magnésio ($P=0,028$) diferiram significativa entre as espécies (Tabela 6), mas não houve diferença significativa ($P>0,05$) na interação entre a espécie e os níveis de substituição para os demais parâmetros.

No entanto, glicose ($P=0,83$), proteína sérica ($P=0,43$), albumina ($P=0,64$), creatinina ($P=0,79$) e ácido úrico ($P=0,22$), bem como perfis enzimáticos ($P > 0,05$) e mineral ($P > 0,05$) não foram influenciados pelo aumento da mistura nas dietas.

A maior concentração de triglicerídeos plasmáticos em ovinos comparados aos caprinos provavelmente pode estar relacionada ao maior consumo de NDT e CNF para os ovinos ($P<0,05$; dados mostrados no Capítulo I). Isso porque, aumento na ingestão de energia dietética resulta no aumento da síntese hepática dos triglicerídeos (SANTOS *et al.*, 2020).

Em outra análise, a redução das concentrações de colesterol e triglicerídeos está relacionada com a diminuição da concentração de acetato no rúmen, possivelmente pode ser atribuído à redução da concentração de EE e aFDNcp à medida que aumentou os níveis de substituição na dieta. Isso porque a mistura RID:FGM (na relação 830:170 g/kg na MS) apresentou menor concentração de EE e aFDNcp em relação ao milho (Tabela 1).

Por outro lado, o aumento de CNF rapidamente fermentável no rúmen não implicou efeitos na concentração de glicose plasmática, possivelmente em função do tempo de coleta. Os valores médios observados estão dentro do limite relatado pela literatura (MORSY *et al.*, 2015).

Como açúcares e amido apresentam diferentes taxas de fermentação ruminal (SNIFFEN *et al.*, 1992; WEISBJERG, 1998), isso poderia causar efeitos metabólicos, como acidose ruminal (AFONSO *et al.*, 2002; COMMUM *et al.*, 2009), causando abcesso no fígado e diminuição no CMS (NOCEK, 1997). Portanto, tais alterações metabólicas não foram observadas, uma vez que não houve efeitos no perfil enzimático, os quais estavam dentro do limite recomendados para as espécies (KANEKO *et al.*, 2008).

A diferença significava observada para cálcio, fósforo, potássio e magnésio séricos dos animais pode ser devido às exigências serem diferentes entre as espécies (NRC, 2007), mas estão dentro da normalidade para as espécies (KANEKO *et al.*, 2008).

Tabela 6. Perfil bioquímico de caprinos e ovinos fistulados alimentados com RID associado ao FGM em substituição ao milho moído

Variáveis	Espécie		EPM ²	RID:FGM (g/kg de MS)				EPM ²	P-Valor			
	Caprina	Ovina		0	133	267	400		E ³	E*NS ⁴	L ⁵	Q ⁶
Energético, mg/dL												
Glicose	57,64	57,77	1,93	56,86	59,48	55,93	58,54	2,11	0,95	0,32	0,83	1,00
Colesterol	41,41	50,14	5,80	52,05	46,48	42,32	42,26	4,45	0,33	0,12	<0,01 ⁷	0,19
Triglicerídeos	2,94	9,66	1,91	7,87	7,03	6,95	3,36	1,77	0,05	0,62	0,04 ⁸	0,31
Proteicos, mg/dL												
Proteína Sérica	7,15	8,36	0,35	7,77	7,64	7,72	7,90	0,27	0,05	0,14	0,43	0,24
Albumina	2,66	2,77	0,13	2,73	2,71	2,73	2,69	0,10	0,50	0,87	0,64	0,75
Ureia	32,57	33,15	2,31	37,09	31,47	31,62	31,26	2,25	0,87	0,53	0,05 ⁹	0,16
Creatinina	1,22	1,10	0,09	1,19	1,16	1,157	1,17	0,07	0,41	0,25	0,79	0,59
Ácido Úrico	0,06	0,06	0,01	0,05	0,06	0,06	0,07	0,01	0,43	0,10	0,22	0,65
Enzimático, U/L												
FA	152,94	87,43	34,61	131,36	125,34	111,35	112,69	25,79	0,23	0,77	0,12	0,70
Frutosamina	207,65	210,33	7,85	210,62	211,26	211,29	202,80	8,12	0,82	0,70	0,46	0,51
CCK	71,94	59,18	8,89	66,49	65,07	65,10	65,58	7,46	0,33	0,43	0,89	0,83
Mineral												
Cálcio, mg/dL	8,24 ^b	9,41 ^a	0,22	8,66	8,83	9,04	8,78	0,25	<0,01	0,48	0,47	0,24
Fósforo, mg/dL	7,38 ^a	5,77 ^b	0,49	6,87	6,17	6,87	6,40	0,46	0,04	0,15	0,62	0,73
Sódio, mEq/L	167,95	166,93	2,13	168,05	166,79	169,72	165,20	2,50	0,60	0,17	0,51	0,39
Potássio, mEq/L	5,09 ^b	5,46 ^a	0,15	5,29	5,30	5,35	5,15	0,17	0,02	0,88	0,50	0,37
Magnésio, mg/dL	1,97 ^b	2,34 ^a	0,09	2,07	2,23	2,16	2,16	0,09	0,03	0,73	0,48	0,21

FA= Fosfatase Alcalina; CCK= Creatinina quinase; RID:FGM = associação do resíduo da indústria de doces com farelo de glúten de milho (proporção de 870:130 com base na MS); MS = matéria seca; ²EPM = Erro padrão da média (n=32); ³E = Efeito da espécie; ⁴E*NS = Efeito entre espécie e níveis de substituição; ⁵L = Efeito linear; ⁶Q = Efeito quadrático; ⁷Y=50,773 - 0,1004x; ⁸Y=8,3438 - 0,0041x; ⁹Y=35,441 - 0,0519x.

4. CONCLUSÕES

É recomendada a associação de resíduos da indústria de doces com farelo de glúten de milho (na proporção 870:130 g/kg de MS) na alimentação de caprinos e ovinos fistulados sem que haja comprometimento no metabolismo animal, quando alimentados com até 400g da mistura por kg de matéria seca.

REFERÊNCIAS

ABICAB. **Associação Brasileira das Indústrias de Chocolates, Cacau, Amendoim, Balas e Derivados**, 2020. Disponível em: <<http://www.abicab.org.br/paginas/estatisticas/balasangomas/>>. Acesso em: 15 ago. 2021.

ADESOGAN, A.T. *et al.* Animal source foods: Sustainability problem or malnutrition and sustainability solution? Perspective matters. **Global Food Security**. Volume 25, 100325, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.100325>

AFONSO, J.A.B. *et al.* Metabolismo oxidativo dos neutrófilos de ovinos tratados com monensina sódica e experimentalmente submetidos à acidose ruminal. **Pesquisa Veterinária Brasileira**. 22, 129–134, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2002000400001>

ALLEN, M.S.; LINTON, J.A.V. In vivo methods to measure digestibility and digestion kinetics of feed fractions in the rumen. In: Rennó, F.P., Silva, L.F.P. (Eds.), **Proceedings of the Simpósio Internacional Avanços em Técnicas de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes**, 2007. Pirassununga, São Paulo, Brasil, pp.72–89, 2007.

ALVES, E. M. *et al.* Nitrogen metabolism and microbial synthesis in sheep fed diets containing slow release urea to replace the conventional urea **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, 36(1), pp. 55-62, 2014. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i1.21377>

BRODERICK, G.A. Review: Optimizing ruminant conversion of feed protein to human food protein. **Animal**. 12, 1722–1734. 2018. <https://doi.org/10.1017/S1751731117002592>

CARDOSO, D. B. *et al.* Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs, **Animal Feed Science and Technology**, V. 247, pp. 23-31, 2019. ISSN 0377-8401. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2018.10.016>.

CHEN, X. B. *et al.* Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivative excretion by sheep. **British Journal of Nutrition**, v.63, n. 1, pp. 131-142, 1990a.

CHEN, X.B. *et al.* Measurement of purine derivatives in urine of ruminants using automated methods. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.53, n.1, p. 23-33, 1990b.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives- An overview of the technical details. **International Feed Resources Unit Rowett Research Institute**, Bucksburn Aberdeen, UK. Occasional Publication. 21, 1992.

COMMUN, L. *et al.* Risk of subacute ruminal acidosis in sheep with separate access to forage and concentrate. **Journal of Animal Science**, Volume 87, Issue 10, October 2009, pp. 3372 – 3379. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1968>.

DETMANN, E. *et al.* Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, 126, pp. 136-146, 2009.

DETMANN, E. *et al.* An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. **Livestock Science**. 162, pp. 141–153, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG, 2012.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768–1771, 1961.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 6.ed. San Diego: Academic, 2008, 916p.

KRIZSAN, S. J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, pp. 1715–1726, 2013.

MORAIS, J. S. **Mistura do resíduo da indústria de doce e farelo de glúten de milho na alimentação de cordeiros em crescimento. Tese (Doutorado)** – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2020.

MORAIS, J.S. *et al.* Effect of dietary replacing of corn grain with the blend of residues from the candy industry and corn gluten feed on performance of growing lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v.282, p.115130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.115130>, 2021.

MORSY, T. *et al.* Influence of Sunflower Whole Seeds or Oil on Ruminal Fermentation, Milk Production, Composition, and Fatty Acid Profile in Lactating Goats. **Animal Biosciences**. 28(8):1116-1122, 2015. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0850>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. 2007, 362p.

NOCEK, J.E. Bovine Acidosis: Implications on Laminitis, **Journal of Dairy Science**, V. 80, N. 5, pp.1005-1028, 1997. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76026-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76026-0).

OBA, M. Review: effects of feeding sugars on productivity of lactating dairy cows. **Canadian Journal of Animal Science**, v.91, pp.37–46, 2011. DOI: <https://doi.org/10.4141/CJAS10069>.

OBA, M.; MEWIS, J. L.; ZHINING, Z. Effects of ruminal doses of sucrose, lactose, and corn starch on ruminal fermentation and expression of genes in ruminal epithelial cells, **Journal of Dairy Science**, V. 98, N. 1, pp. 586-594, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2014-8697>.

PENNER, G.B.; OBA, M. Increasing dietary sugar concentration may improve dry matter intake, ruminal fermentation, and productivity of dairy cows in the postpartum phase of the transition period. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.3341–3353, 2009. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1977>.

ROBINSON, P.J.; TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A.M. Influence of declining level of feed intake and varying proportion of starch in the concentrate on rumen ingesta quantity,

composition and kinetics of ingesta turn over in dairy cows. **Livestock Production Science**, 17, pp. 37–62, 1987.

SANTOS, A. C. S.; SANTOS, S. A.; CARVALHO, G. G. P.; 2018. A comparative study on the excretion of urinary metabolites in goats and sheep to evaluate spot sampling applied to protein nutrition trials, **Journal of Animal Science**, Volume 96, Issue 8, August. Pages 3381–3397, <https://doi.org/10.1093/jas/sky198>.

SNIFFEN, C.J.; PEREZ, V. D. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, v.70, p.3562-3577, 1992.

TAMMINGA, S. *et al.* Feed components as internal markers in digestion studies with dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, 27(1-2), pp. 49–57, 1989. DOI:10.1016/0377-8401(89)90128-4.

VALADARES FILHO, S. de C. *et al.* **CQBAL 4.0. Tabela Brasileira de composição de alimentos para ruminantes** [WWW Document]. UFV, 2019. Disponível em: <http://www.cqbal.com.br/#/> Acesso em: 15 ago. 2021.

VALENTE, T. N. P. *et al.* In situ estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, pp. 666–675, 2011.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Cornell University Press, 1994, 476 p.

VIEIRA, E. L. *et al.* Effects of hay inclusion on intake, in vivo nutrient utilization and ruminal fermentation of goats fed spineless cactus (*Opuntia fícus-indica* Mill) based diets, **Animal Feed Science and Technology**, V. 141, N. 3–4, pp. 199-208, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.05.031>.

WEISBJERG, M. R.; HVELPLUND, T.; MARTIN BIBBY, B. M. Hydrolysis and fermentation rate of glucose, sacarose and lactose in the rumen, **Acta Agriculturae Scandinavica, Section A-Animal Science**, V. 48, N. 1, pp. 12-18, 1998. DOI: 10.1080/09064709809362398.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de produção utilizados para caprinos e ovinos requerem adaptações à realidade encontrada na região, buscando por alimentos disponíveis, à estabilidade na oferta e os custos de aquisição de subprodutos da agroindústria. Com isso, a inclusão de alimentos não comestíveis para humano disponíveis na região, como a mistura de RID:FGM, pode auxiliar a redução de custos alimentares.

A mistura RID:FGM (na proporção 870:130 g/kg de MS) na alimentação de caprinos e ovinos pode ser um alimento alternativo ao milho, sem que haja comprometimento no consumo e digestibilidade dos nutrientes, consumo de água, balanço de compostos nitrogenados e comportamento ingestivo, além do metabolismo animal, substituindo o milho em até 400g por kg de matéria seca. E ainda, sua utilização na dieta desses animais pode contribuir para a mitigação do impacto ambiental por reduzir a excreção de nitrogênio fecal, sem influenciar sua excreção urinária.