

**Produção de proteína microbiana em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de
cervejaria desidratado**

Microbial protein synthesis in Santa Ines lambs fed dehydrated brewery residue

**Producción de proteína microbiana en corderos Santa Inês alimentados con residuos de
cervecería deshidratada**

Recebido: 19/06/2020 | Revisado: 01/07/2020 | Aceito: 05/07/2020 | Publicado: 17/07/2020

Mara Sampaio Feitosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3833-7023>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: mara_vet@hotmail.com

Patrícia Guimarães Pimentel

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6037-5232>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: pgpimentel@hotmail.com

Elisabeth Mary Cunha da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3267-4267>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: elisabeth.cunha@gmail.com

Ana Sancha Malveira Batista

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5585-8758>

Universidade Estadual Vale do Acaraú, Brasil

E-mail: anasancha@yahoo.com.br

Guilherme Rocha Moreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6344-1151>

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Brasil

E-mail: guirocham@gmail.com

João Paulo Arcelino do Rêgo

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2422-1986>

Instituto Federal da Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Brasil

E-mail: joaopaulo.rego@gmail.com

Silas Primola Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0577-1563>

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Brasil

E-mail: silas.primola@unilab.edu.br

Sérgio Luiz Silva Soares

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5433-9550>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: sergiolsilvasoares@gmail.com

Isabelle Abreu de Sales

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0232-9606>

Universidade Federal do Ceará, Brasil

E-mail: isabelleagronomia@gmail.com

Resumo

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de estimar a síntese de proteína microbiana por meio da excreção urinária de derivados de purina em ovinos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado nas proporções de 0; 20; 40; 60 e 80% de inclusão na porção concentrada da ração. Foram utilizados 35 borregos da raça Santa Inês, com peso corporal médio de $16,00 \pm 1,69$ kg, aproximadamente 70 dias de idade, avaliados em delineamento inteiramente casualizado, com cinco rações experimentais e sete repetições. A obtenção das amostras de urina dos borregos ocorreu por meio da técnica de coleta *spot*. A excreção diária de derivados de purina, expressa em mmol/dia, apresentou para alantoína e purinas totais, efeito linear decrescente ($P < 0,05$). Contudo, para o ácido úrico, não houve interferência da inclusão do resíduo de cervejaria desidratado ($P > 0,05$). A absorção diária de purinas microbianas, expressa em mmol/dia, apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) à medida que o resíduo de cervejaria desidratado foi adicionado à ração. A eficiência de síntese de proteína microbiana, expressa em g/kg, para nitrogênio (N) microbiano e proteína bruta (PB) microbiana por matéria orgânica digestível consumida, por matéria orgânica digestível aparentemente fermentada no rúmen e por nutrientes digestíveis totais consumidos não foram influenciadas ($P > 0,05$) pela inclusão de resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada da ração. O resíduo de cervejaria desidratado, quando incluído em até 80% na porção concentrada de rações para borregos Santa Inês, não influencia a síntese de proteína microbiana.

Palavras-chave: Microrganismos ruminais; Pequenos ruminantes; Subproduto agroindustrial.

Abstract

The present study was carried out with the objective of estimating the microbial protein synthesis through the urinary excretion of purine derivatives in Santa Ines sheep fed with dehydrated brewery residue in the proportions of 0; 20; 40; 60 and 80% of inclusion in the concentrated portion of the ration. Thirty-five Santa Ines lambs were used, with an average initial body weight of 16.00 ± 1.69 kg and approximately 70 days of age, evaluated in a completely randomized design, with five experimental rations and seven replicates. The lambs' urine samples were obtained using the spot collection technique. The daily excretion of purine derivatives, expressed in mmol/day, presented for allantoin and total purines, a decreasing linear effect ($P < 0.05$). However, for uric acid, there was no interference from the inclusion of dehydrated brewery residue ($P > 0.05$). The daily absorption of microbial purines, expressed in mmol/day, showed a decreasing linear effect ($P < 0.05$) as the dehydrated brewery residue was added to the ration. The efficiency of microbial protein synthesis, expressed in g/kg, for microbial nitrogen (N) and microbial crude protein (CP) by digestible organic matter consumed, by digestible organic matter apparently fermented in the rumen and by total digestible nutrients consumed were not influenced ($P > 0.05$) by including dehydrated brewery residue in the concentrated portion of the ration. The dehydrated brewery residue, when included up to 80% in the concentrated portion of Santa Ines lambs' rations, does not influence the microbial protein synthesis.

Keywords: Agro-industrial by-product; Ruminal microorganisms; Small ruminants.

Resumen

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de estimar la síntesis de proteína microbiana a través de la excreción urinaria de derivados de purina en ovejas Santa Inês alimentadas con residuos de cervecería deshidratada (RCD) en las proporciones de 0, 20, 40, 60 y 80% de inclusión en la porción concentrada de la alimentación. Se utilizaron 35 corderos Santa Inês, con un peso corporal promedio de 16.00 ± 1.69 kg, aproximadamente 70 días de edad, evaluados en un diseño completamente al azar, con siete repeticiones. Se utilizó la técnica de submuestras de orina colectadas a lo largo del día. La excreción diaria de derivados de purina, expresada en mmol / día, presentó para alantoína y purinas totales, un efecto lineal decreciente ($P < 0.05$). Sin embargo, para el ácido úrico, no hubo interferencia por la inclusión de residuo ($P > 0.05$). La absorción diaria de purinas microbianas, expresada en mmol/día, mostró un efecto lineal decreciente ($P < 0.05$). La eficacia de la síntesis de proteína microbiana, expresada en g/kg, para nitrógeno (N) microbiano y proteína cruda (PC)

microbiana por la materia orgánica digerible consumida, por la materia orgánica digerible aparentemente fermentada en el rumen y por el total de nutrientes digeribles consumidos no se vio afectada ($P > 0.05$) mediante la inclusión de residuos de cervecería deshidratados. El residuo de la cervecería deshidratada, cuando se incluye hasta en un 80% en la porción concentrada de las raciones de cordero de Santa Inês, no influye en la síntesis de proteína microbiana.

Palabras clave: Microorganismos ruminales; Pequeños rumiantes; Subproducto agroindustrial.

1. Introdução

A alimentação representa a maior proporção dos custos de produção de ruminantes, tornando necessária a aquisição de conhecimentos básicos e fundamentais sobre as características e a composição química dos alimentos a serem fornecidos. A formulação das rações deve considerar o balanceamento dos nutrientes de forma que estes atendam à necessidade dos animais, ocasionando a máxima utilização da capacidade digestiva para aproveitamento dos alimentos consumidos.

A busca pela redução dos custos de produção tem sido conduzida para a utilização racional dos recursos alimentares disponíveis na região para a formulação de rações para os animais (Penha *et al.*, 2020). Assim, a utilização de resíduos agroindustriais como ingrediente alternativo para alimentação dos rebanhos possibilita a redução dos custos de produção, contribui para a maximização do potencial produtivo e otimiza o manejo nutricional, permitindo, ainda, o descarte racional do resíduo produzido.

Garantir que haja fornecimento constante e o consumo adequado de nutrientes a partir da inclusão de subprodutos, custo de aquisição acessível, disponibilidade regional e qualidade nutritiva igual ou superior aos ingredientes comumente utilizados é um aspecto de fundamental importância (Rogério *et al.*, 2016). Entre os subprodutos gerados pela agroindústria, o resíduo de cervejaria tem papel de destaque, pois devido a sua adequada composição energética e proteica, este apresenta grande potencial de utilização na alimentação animal, sendo produzido em larga escala, sem entraves com a sazonalidade (Carvalho & Brochier, 2008).

As modificações que a proteína dietética pode sofrer no rúmen não podem ser desconsideradas, o que torna a estimativa do requerimento deste nutriente, para animais ruminantes, complexa. Desse modo, serão considerados, além das exigências proteicas para o

animal, os requerimentos energéticos e de N para a síntese proteica microbiana (Leal *et al.*, 2007). Por meio da quantificação da produção de proteína microbiana, pode-se realizar a estimativa de eficiência da síntese microbiana dos animais, para que haja um melhor conhecimento desse processo e assim otimizá-lo por meio da nutrição, com a inclusão de ingredientes alternativos.

A técnica de análise da produção de proteína microbiana, denominada de excreção urinária dos derivados de purina, possui estimativas próximas à realidade, utilizando-se da vantagem de ser um método não-invasivo, aferindo o fluxo de compostos nitrogenados microbianos para o intestino do animal, possibilitando a mensuração de ácido úrico, alantoína, xantina e hipoxantina, que são os derivados de purina excretados na urina dos ovinos.

Diante do exposto, objetivou-se estimar a síntese de produção de proteína microbiana, por meio da excreção urinária de derivados de purina, em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada da ração.

2. Metodologia

A pesquisa foi conduzida em conformidade com as normas éticas preconizadas pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal (CEUA), da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE (Protocolo 36/2015).

Foram utilizados 35 borregos da raça Santa Inês, com peso corporal médio de $16,00 \pm 1,70$ kg e aproximadamente, 70 dias de idade. Inicialmente, os animais foram pesados, identificados, vermifugados e vacinados contra clostridioses, bem como, foi fornecido complexo vitamínico ADE. Durante 15 dias, os animais permaneceram em baias coletivas para que fossem previamente adaptados às instalações e rotina de manejo. Após este período, os borregos foram distribuídos nos tratamentos aleatoriamente e direcionados para as baias individuais de alvenaria, com piso de concreto forrado com maravalha e providas de comedouros e bebedouros individuais.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos, os quais consistiam em cinco níveis de inclusão do resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada da ração (0; 20; 40; 60 e 80%). O encerramento do experimento ocorreu quando os grupos de animais experimentais atingiram o peso corporal médio de 28 kg.

A obtenção do resíduo de cervejaria ocorreu em forma úmida de uma indústria cervejeira. Para a desidratação, o resíduo foi distribuído em lonas plásticas e exposto ao sol

durante oito dias (entre 08 e 17h), sendo revolvido a cada 60 minutos e recolhido ao final da tarde, até obtenção de, aproximadamente, 80% de matéria seca (MS). Após a secagem, o resíduo de cervejaria desidratado (RCD) foi pesado, acondicionado em sacos plásticos e posteriormente incluso na porção concentrada das rações experimentais de acordo com as proporções avaliadas.

As rações experimentais foram compostas por feno de capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon* L.), grão moído de milho, farelo de soja, fosfato bicálcico, premix mineral e o resíduo de cervejaria desidratado nas proporções avaliadas. As rações foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (2007) para ganho médio diário de 200 g, com relação volumoso: concentrado de 60:40.

O fornecimento das rações experimentais foi realizado duas vezes ao dia (08 e 16 h). As sobras foram pesadas diariamente, permitindo o ajuste na oferta da ração de acordo com o consumo do dia anterior, de modo a se obter sobra de 10% do total fornecido, garantindo o consumo voluntário dos animais. Durante o período experimental, a água esteve permanentemente à disposição dos animais. Na Tabela 1, consta a composição químico-bromatológica dos ingredientes e das rações concentradas experimentais em g/kgMS⁻¹.

Tabela 1. Composição químico-bromatológica dos ingredientes e das rações concentradas experimentais em g/kgMS⁻¹.

Nutrientes	Ingredientes				Resíduo de cervejaria desidratado (%) ¹				
	Feno de capim-Tifton 85	Milho grão moído	Farelo de soja	RCD	0	20	40	60	80
Matéria Seca	928,75	934,01	944,81	937,90	930,85	931,04	956,07	930,33	958,71
Proteína Bruta	74,69	87,69	493,64	288,74	213,24	229,60	223,46	230,50	248,00
Matéria Mineral	57,97	15,24	72,04	34,25	60,14	59,43	53,95	54,38	50,14
Matéria Orgânica	870,78	918,77	872,76	903,65	870,70	871,60	902,20	875,90	908,60
Extrato Etéreo	21,92	49,03	20,45	78,69	37,20	45,08	53,54	56,41	68,29
FDN ²	826,35	169,36	130,73	562,05	134,73	244,53	342,36	453,71	490,66
FDA ³	444,17	67,80	78,20	155,25	95,93	206,38	230,78	257,17	292,74
Lignina	58,50	23,50	29,40	93,20	50,13	83,14	93,95	108,11	118,78
CNF ⁴	69,33	690,20	340,97	193,13	574,35	464,00	388,29	292,76	245,46

¹Níveis de inclusão de RCD na porção concentrada da ração; ²Fibra em detergente neutro; ³Fibra em detergente ácido; ⁴Carboidratos não fibrosos. Fonte: Autores (2020).

Durante o período experimental, foram coletadas amostras dos ingredientes e rações concentradas com seus diferentes níveis de inclusão de RCD. As amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a $65 \pm 5^\circ\text{C}$, por 72 h e após esse período, foram expostas à temperatura ambiente por uma hora e pesadas para determinação da matéria pré-seca. Em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo “Willey”, utilizando-se peneira com crivos de um milímetro, acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posteriores análises.

Na Tabela 2, está apresentada a composição percentual e químico-bromatológica das rações experimentais contendo a inclusão crescente de resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada das rações experimentais.

Tabela 2. Composição percentual e químico-bromatológica das rações experimentais.

Ingredientes (% MN ¹)	Resíduo de cervejaria desidratado ²				
	0	20	40	60	80
Feno de capim Tifton-85	60	60	60	60	60
Milho grão moído	27,60	22,80	18,20	13,44	6,80
Farelo de soja	11,20	8,00	4,60	1,36	0,00
Resíduo de cervejaria desidratado	0,00	8,00	16,00	24,00	32,00
Fosfato bicálcico ³	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Núcleo mineral ⁴	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Composição química (g kg ⁻¹ MS)					
Matéria seca	930,85	931,62	931,56	931,52	931,69
Proteína bruta	135,78	140,27	138,91	142,79	140,13
Matéria mineral	59,36	58,53	56,26	56,94	54,55
Matéria orgânica	940,64	941,47	943,74	943,06	945,45
Extrato etéreo	30,52	34,01	38,77	40,81	42,35
Fibra em detergente neutro	517,39	541,69	566,15	590,49	613,22
Fibra em detergente ácido	280,94	338,00	344,92	354,63	382,40
Lignina	50,13	83,14	93,95	108,11	118,78
Carboidratos não-fibrosos	256,95	225,50	199,91	168,97	149,75
Nutrientes digestíveis totais	518,14	491,40	491,36	533,18	537,15

¹Matéria natural; ²Resíduo de cervejaria desidratado incluído à porção concentrada da ração; ³Ca 24%; P 18%; ⁴Ca 7,5%; P 3%; Fe 16.500 ppm; Mn 9.750 ppm; Zn 35.000 ppm; I 1.000 ppm; Se 225 ppm; Co 1.000 ppm. Fonte: Autores (2020).

Durante o período experimental, foram coletadas amostras dos ingredientes e rações concentradas com seus diferentes níveis de inclusão de RCD. As amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a $65 \pm 5^\circ\text{C}$, por 72 h e após esse período, foram expostas à temperatura ambiente por uma hora e pesadas para determinação da matéria pré-seca. Em seguida, foram moídas em moinho de facas tipo “Willey”, utilizando-se peneira com crivos de um milímetro, acondicionadas em potes plásticos e armazenadas para posteriores análises.

Os ingredientes e as rações concentradas foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM) e extrato etéreo (EE), de acordo com os procedimentos recomendados pela AOAC (1990). As determinações dos teores de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizadas conforme Van Soest *et al.* (1991). Os teores de carboidratos não fibrosos (CNF)

conforme a equação proposta por Weiss (1999): % CNF = 100 - (%FDNcp + %PB + %EE + %MM), sendo FDNcp a fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas. O teor de NDT foi calculado de acordo com Weiss (1999): NDT = PBd + CNFd + FDNcpd + EEd x 2,25; onde PBd, CNFd, FDNcpd e EEd correspondem a proteína bruta digestível, carboidratos não fibrosos digestíveis, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína digestível e extrato etéreo digestível, respectivamente.

Durante o período de coleta, a obtenção das amostras de urina dos borregos ocorreu por meio da técnica de coleta *spot*, onde a amostra de urina é obtida após quatro horas da alimentação dos animais. A urina foi captada com auxílio de um aparato que envolvia o prepúcio dos animais, com amarração no dorso prover sustentação aos sacos plásticos. Após micção espontânea dos animais, o saco plástico foi recolhido e a urina filtrada em gaze. As amostras de urina obtidas (5 mL) foram adicionadas em solução de ácido sulfúrico a 0,036 N (45 mL), para evitar a destruição dos derivados de purina que ocorre em pH básico. Em seguida, o material foi congelado em *freezer* a - 20°C para posteriores análises de creatinina, ácido úrico, alantoína, xantina e hipoxantina.

O volume urinário foi estimado por meio da concentração de creatinina excretada na urina utilizando o *kit* comercial Labtest®. A determinação do ácido úrico na urina também foi realizada por meio de *kit* comercial (Labtest®), sendo a quantidade total de ácido úrico excretado diariamente obtida pela multiplicação da concentração do ácido úrico pelo volume urinário diário. Para a determinação de alantoína, xantina e hipoxantina na urina dos animais adotou-se a marcha laboratorial proposta por Chen e Gomes (1992), com a quantidade total de alantoína e de xantina + hipoxantina excretadas diariamente sendo obtidas pela multiplicação de suas respectivas concentrações pelo volume urinário diário, obtido previamente com o teste de creatinina. Obteve-se a excreção total de derivados de purina por meio da soma da excreção diária de ácido úrico, alantoína e xantina + hipoxantina.

Para o cálculo das estimativas dos derivados de purina, assume-se que uma porção do ácido nucleico dietético alcança o intestino delgado. Os valores para a absorção diária de purinas microbianas foram calculados através da equação proposta por Chen e Gomes (1992): Absorção de purinas microbianas (mmol /dia) = 0,84X + (0,15PC^{0,75} e^{-0,25} X), onde 0,84 é a constante de recuperação das purinas absorvidas como derivados de purina na urina; X equivale a excreção diária de derivados de purina em mmol/dia; 0,15 representa a excreção endógena de derivados de purina, em mmol/dia; PC^{0,75} é a constante para a variável peso metabólico (kg); e e^{-0,25} representa a constante da taxa de substituição da síntese de novo por purinas exógenas absorvidas.

A partir da mensuração dos derivados de purina, foram determinados os dados de produção de nitrogênio de origem bacteriana e a eficiência da síntese microbiana. A síntese ruminal de compostos microbianos nitrogenados foi obtida utilizando a equação proposta por Chen e Gomes (1992), onde o fluxo intestinal de compostos nitrogenados (N) microbianos (\hat{Y} , g N/dia) foi calculado em função das purinas microbianas absorvidas (X, mmol/dia), utilizando-se a equação $\hat{Y} = (70X) / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$, em que 70 representa o conteúdo de N nas purinas (mg N/mmol); 0,83, a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116, a relação descrita para N-purina: N-total dos microrganismos. A estimativa de eficiência microbiana, a qual pode-se obter a produção diária de proteína microbiana, foi determinada pelo valor, em gramas, de N microbiano sintetizado dividido pelo valor, em quilogramas, de matéria orgânica fermentada no rúmen.

As variáveis foram submetidas aos testes de Kolmogorov-Smirnov e Bartlett, para verificação de normalidade e homocedasticidade, respectivamente. Foi realizada análise de variância e, sendo os tratamentos quantitativos, estes foram analisados por meio do desdobramento dos tratamentos em regressão linear, quadrática e desvio por meio do teste F ($P < 0,05$). O *software* estatístico utilizado para as referidas análises foi o Sisvar 5.3 build 77.

3. Resultados e Discussão

O volume de urina dos borregos não foi influenciado pela adição do subproduto ($P > 0,05$), apresentado média de 0,57 L/dia, conforme apresentado na Tabela 3. Contudo, observou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para as excreções totais de creatinina, expressas em mg/kg PC/dia e mg/kg PC^{0,75}, possivelmente devido à redução significativa no peso corporal dos borregos com a inclusão crescente do RCD à porção concentrada da ração. Em que, a cada 1% de RCD adicionado à ração, a excreção de creatinina reduzia em 0,71 mg/kg PC/dia.

Destaca-se que a excreção de creatinina é pouco influenciada pelo teor de proteína, carboidratos não fibrosos ou nitrogênio não proteico da ração. Desta forma, compreende-se que as variações nos níveis de creatinina observados não são proporcionadas pela composição da ração (Oliveira *et al.*, 2001).

Tabela 3. Volume urinário e excreção de creatinina em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado.

Variáveis	Resíduo de cervejaria desidratado					EPM ¹	Valor-P*
	0	20	40	60	80		
Volume urinário							
(L/dia) ²	0,61	0,63	0,52	0,42	0,65	-	0,4577
Excreção total de creatinina							
(mg/kg PC/dia) ³	607,71	596,73	578,12	550,03	560,45	8,18	0,0153
(mg/kg PC ^{0,75} /dia) ⁴	276,40	272,61	266,26	256,48	260,02	2,82	0,0151

¹Erro padrão da média; ² $\hat{Y} = 0,57^{NS}$; ³ $\hat{Y} = 606,85 - 0,71X$ ($R^2 = 0,86$); ⁴ $\hat{Y} = 276,13 - 0,24X$ ($R^2 = 0,86$); NS= Não significativo. *Significativo a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2020).

A Tabela 4 apresenta os valores obtidos para a excreção diária de derivados de purina (mmol/dia), absorção de purinas microbianas (mmol/dia) e síntese de compostos microbianos nitrogenados no rúmen (g/dia) em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado. As excreções diárias de alantoína e purinas totais apresentaram comportamento linear decrescente, à medida que foram aumentados os níveis de inclusão do resíduo de cervejaria na porção concentrada da ração ($P < 0,05$). A cada 1% de inclusão de resíduo de cervejaria, obteve-se redução de 0,03 mmol/dia nos teores de alantoína e de purinas totais.

Tabela 4. Excreção diária de derivados de purina (mmol/dia), absorção de purinas microbianas (mmol/dia) e síntese de compostos microbianos nitrogenados no rúmen (g/dia) em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado.

Variáveis	Resíduo de cervejaria desidratado					EPM ¹	Valor-P*
	0	20	40	60	80		
Alantoína ²	5,52	6,78	3,74	2,92	4,09	0,3211	0,0058
Ácido úrico ³	0,62	0,89	0,44	0,45	0,53	0,0511	0,0884
Xantina+hipoxantina ⁴	0,16	0,17	0,13	0,11	0,16	0,0058	0,0376
Purinas totais ⁵	5,69	6,95	3,88	3,03	4,25	0,3224	0,0057
Ab. de purinas mic ^{6,7}	7,16	9,01	4,40	3,31	5,13	0,4849	0,0079
Síntese de N mic ^{8,9}	5,20	6,56	3,20	2,40	3,73	0,3525	0,0079
Síntese de PB mic ^{10,11}		40,94	20,03	15,02	23,32	2,2033	0,0079
	32,52						

¹Erro padrão da média; ² $\hat{Y} = 5,96 - 0,03X$ ($R^2 = 0,48$); ³ $\hat{Y} = 0,59^{NS}$; ⁴ $\hat{Y} = 0,017 - 0,002X + 0,00002X^2$ ($R^2 = 0,39$); ⁵ $\hat{Y} = 6,11 - 0,03X$ ($R^2 = 0,48$); ⁶ $\hat{Y} = 7,75 - 0,05X$ ($R^2 = 0,46$); ⁷Absorção diária de purinas microbianas; ⁸ $\hat{Y} = 5,63 - 0,44X$ ($R^2 = 0,46$); ⁹Síntese de nitrogênio microbiano; ¹⁰ $\hat{Y} = 35,22 - 0,22X$ ($R^2 = 0,46$); ¹¹Síntese de proteína bruta microbiana; NS = Não significativo; *Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2020).

Para a excreção de ácido úrico, os valores não foram influenciados ($P > 0,05$) pela inclusão do resíduo de cervejaria, com média de 0,59 mmol/dia. Sobre a estimativa de fluxo de nitrogênio microbiano por meio de ácido úrico e alantoína, a atividade da enzima uricase no fígado degradando ácido úrico em alantoína, poderá influenciar na excreção de ácido úrico (Faleiro Neto *et al.*, 2016).

Os teores de xantina + hipoxantina foram influenciados pelo RCD e apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), onde o menor valor de excreção desse derivado foi obtido ao nível de inclusão de 50% de resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada da ração.

A absorção diária de purinas foi influenciada ($P < 0,05$) pela inclusão do RCD e apresentou efeito linear decrescente, reduzindo em 0,05 mmol/dia a cada 1% de resíduo de cervejaria desidratado. Yu *et al.* (2002) concluíram que a excreção de purinas microbianas pode ser influenciada pelo peso corporal, consumo de nutrientes, origem da proteína e energia da dieta e também por características genéticas da própria espécie.

Belenguer *et al.* (2002) afirmaram que para ovinos e caprinos, bem como para animais não ruminantes, como os suínos, dentre os valores de excreção urinária de DP destacam-se as concentrações de xantina + hipoxantina, em relação aos valores excretados por bovinos, que

possuem a ação da enzima xantina oxidase na corrente sanguínea e nos tecidos, excretando assim em maior quantidade alantoína e ácido úrico. Fonseca *et al.* (2006), avaliando a produção microbiana por meio de estimativas em cabras lactantes alimentadas com diferentes teores de proteína na dieta, afirmaram que houve menor contribuição da alantoína entre as purinas, sendo registradas maiores excreções totais de DP em caprinos alimentados com níveis variados de proteína bruta (11,5; 13,5; 15,5 e 17,5% PB na matéria seca) na dieta. Torna-se importante salientar que ocorre concomitância entre o fluxo duodenal dos compostos nitrogenados microbianos e a excreção dos derivados de purina.

Com relação à síntese de compostos nitrogenados, observou-se efeito linear decrescente ($P < 0,05$) para os teores de N microbiano (N_{mic}), e PB microbiana (PB_{mic}), expressos em g/dia. À medida que se acrescentou 1% de resíduo de cervejaria no concentrado, houve a redução da excreção em 0,44 g/dia de N_{mic} , e 0,22 g/dia no teor de PB_{mic} . Para Faleiro Neto *et al.* (2016), o declínio na produção de compostos nitrogenados pode ocasionar alterações no desempenho do animal decorrente de uma menor síntese de proteína microbiana.

A Tabela 5 apresenta a percentagem da excreção diária de alantoína, ácido úrico e xantina + hipoxantina em relação à excreção total de derivados de purina (%) em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado. A adição do resíduo do RCD não influenciou ($P > 0,05$) a proporção dos derivados de purina excretados.

A excreção de alantoína é expressivamente encontrada na proporção de, aproximadamente, 85% nos derivados de purina, ocorrendo variações geradas pelo aumento ou redução da produção total de derivados de purina. Assim como, as porcentagens de variação encontradas, em ovinos, é de 10 a 20% para ácido úrico e 5 a 10% para xantina + hipoxantina (Chen & Gomes, 1992). Os valores médios observados para alantoína e ácido úrico (85,86 e 9,17%, respectivamente) corroboraram com a afirmação realizada pelos pesquisadores citados. Contudo, o valor médio para xantina + hipoxantina, de 3,23%, foi inferior ao relatado.

Tabela 5. Percentagem da excreção diária de alantoína, ácido úrico e xantina + hipoxantina em relação à excreção total de derivados de purina (%) em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado.

Variáveis	Resíduo de cervejaria desidratado					EPM ¹	Valor-P*
	0	20	40	60	80		
Alantoína (%) ²	87,42	86,44	85,96	84,13	85,33	0,4923	0,0722
Ácido úrico (%) ³	9,95	10,94	10,29	12,47	10,91	0,4338	0,2654
Xantina + hipoxantina (%) ⁴	2,63	2,62	3,76	3,40	3,76	0,2513	0,0982

¹Erro padrão da média; ² $\bar{Y} = 85,86^{NS}$; ³ $\bar{Y} = 9,17^{NS}$; ⁴ $\bar{Y} = 3,23^{NS}$; NS = Não significativo; *Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2020).

A eficiência de síntese microbiana (g/kg) em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado está apresentada na Tabela 6. Os valores médios de N microbiano e PBmic, quando expressos em relação à matéria orgânica digestível consumida, à matéria orgânica digestível aparentemente fermentada no rúmen e como proporção dos nutrientes digestíveis totais consumidos não foram influenciados estatisticamente ($P > 0,05$) em função dos níveis de inclusão do resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada da ração. A produção de PBmic pode ser relacionada à energia fermentada no rúmen, expressa como função da matéria orgânica aparentemente degradada (Santos *et al.*, 2016).

Tabela 6. Eficiência de síntese microbiana (g/kg) em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado.

Variáveis	Resíduo de cervejaria desidratado					EPM ¹	Valor-P*
	0	20	40	60	80		
N-Mic/MODC ^{2,3}	11,34	16,76	7,92	6,32	9,69	0,9552	0,0509
N-Mic/MODAFR ^{4,5}	7,38	10,90	5,14	4,10	6,30	0,6210	0,0509
PB-Mic/MODC ^{6,7}	70,88	104,71	49,50	39,50	60,57	5,9698	0,0509
PB-Mic/MODAFR ^{8,9}	46,07	68,07	32,18	25,68	39,37	3,8804	0,0509
N-Mic/NDTC ^{10,11}	10,04	14,51	7,08	5,49	8,60	0,8355	0,0526
PB-Mic/NDTC ^{12,13}	62,76	90,72	44,24	34,30	53,70	5,2218	0,0526

¹Erro padrão da média; ² \bar{Y} = 10,46^{NS}; ³Produção de nitrogênio microbiano por matéria orgânica digestível consumida; ⁴ \bar{Y} = 6,76^{NS}; ⁵Produção de nitrogênio microbiano por matéria orgânica digestível aparentemente fermentada no rúmen; ⁶ \bar{Y} = 65,03^{NS}; ⁷Produção de proteína bruta microbiana por matéria orgânica digestível consumida; ⁸ \bar{Y} = 42,27^{NS}; ⁹Produção de proteína bruta microbiana por matéria orgânica digestível aparentemente fermentada no rúmen; ¹⁰ \bar{Y} = 9,14^{NS}; ¹¹Produção de nitrogênio microbiano por nutrientes digestíveis totais consumidos; ¹² \bar{Y} = 57,14^{NS}; ¹³Produção de proteína bruta microbiana por nutrientes digestíveis totais consumidos; NS = Não significativo; *Teste de Tukey a 5% de probabilidade. Fonte: Autores (2020).

Santos *et al.* (2016) afirmaram que a dieta pode interferir na eficiência do crescimento microbiano e, conseqüentemente no suprimento de aminoácidos que chega ao intestino delgado, sendo o provimento de energia, via ração, fator limitante à produção de proteína microbiana. Portanto, os sistemas nutricionais utilizam as estimativas do fornecimento de energia para os animais de forma a indicar a síntese de proteína microbiana. A produção de proteína microbiana é mensurada com base nos teores de carboidratos digestíveis totais, energia metabolizável, matéria orgânica fermentável ou pelo total de nutrientes digestíveis (NRC, 2001).

As rações, no presente estudo, foram elaboradas para serem isoproteicas, portanto a variação entre os diferentes níveis de inclusão pode ser devido à natureza da proteína contida no resíduo de cervejaria, esclarecendo que existe uma porção proteica do resíduo que não é disponibilizada para a microbiota ruminal e alcança o intestino delgado (Silva *et al.*, 2010). Essa proteína é passível de ser encontrada na forma de proteína não degradável no rúmen, em aproximadamente 50% (Geron *et al.*, 2007).

Durante o processo de fabricação dos produtos da indústria de cervejaria, há a elevação das temperaturas e os produtos podem sofrer ação de elementos biológico ou químicos, o que resulta em desequilíbrio nas características nutritivas alimentares. Para os

sistemas nutricionais, a síntese de proteína bruta microbiana por unidade de energia é considerada inalterável, e com isso, pode-se inferir alguns nutrientes poderão não ser utilizados pelos microrganismos ruminais (Silva *et al.*, 2010). Por fim, Van Soest (1994) afirma que a redução da digestibilidade dos nutrientes pode ocorrer em função da relação entre a digestão e a taxa de passagem. Assim, alimentos ou estratégias nutricionais que resultem em aumento na taxa de passagem acima do desejável, podem ocasionar redução na digestibilidade ruminal dos nutrientes e, conseqüentemente, redução na energia fermentável no rúmen e, conseqüentemente, menor síntese de proteína bruta microbiana.

4. Considerações Finais

Foi possível estimar a síntese de produção de proteína microbiana, por meio da excreção urinária de derivados de purina, em borregos Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desidratado na porção concentrada da ração.

O resíduo de cervejaria desidratado quando incluído, em até 80%, na porção concentrada de rações para borregos Santa Inês não influencia a síntese de proteína microbiana.

Em avaliações futuras, existe a possibilidade de se avaliar a técnica de excreção de derivados de purinas e/ou o uso do resíduo de cervejaria desidratado em outras fases da produção e em outras raças de ovinos, especialmente em raças nativas do Brasil.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro à pesquisa (Proc.474447/2013-8).

Referências

AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. 15th ed. Arlington, V. A: Association of Official Analytical Chemists.

Belenguer, A., Yañez, D., Balcells, J., Ozdemir Baber, N. H., & Gonzales Ronquillo, M. (2002). Urinary excretion of purine derivatives and prediction of rumen microbial outflow in goats. *Livestock Production Science*, 77 (2), 127-135.

Carvalho, S., & Brochier, M. A. (2008). Composição tecidual e centesimal e teor de colesterol da carne de cordeiros terminados em confinamento com dietas contendo níveis crescentes de resíduo úmido de cervejaria. *Ciência Rural*, 38 (7), 2023-28.

Chen, X. B., & Gomes, M. J. (1992). Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of technical details. (*Occasional publication*). Aberdeen: Rowett Research Institute.

Faleiro Neto, J. A., Moreira, E. M., Reis, R. B., Sampaio, I. B. M. S., Saturnino, H. M., Reis, T. C., & Reed, J. A. (2016). Produção de proteína microbiana e derivados de purinas em vacas. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 10(1), 91-9.

Fonseca, C. E. M., Valadares, R. F. D., Valadares Filho, S. C., Leão, M. I., Cecon, P. R., Rodrigues, M. T., Pina, D. S., Marcondes, M. I., Paixão, M. L., & Araújo, A. M. (2006). Estimativa da produção microbiana em cabras lactantes alimentadas com diferentes teores de proteína na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(3), 1168-77.

Geron, L. J. V., Zeoula, L. M., Branco, A. F., Erke, J. A., Parado, O. P., & Jacobi, G. (2007). Caracterização, fracionamento proteico, degradabilidade ruminal e digestibilidade in vitro da matéria seca e proteína bruta do resíduo de cervejaria úmido e fermentado. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 29(3), 291-99.

Leal, T. L., Valadares, R. F. D., Valadares Filho, S. C., Campos, J. M. S., Detmann, E., Barbosa, A. M., Teixeira, R. M. A., & Marcondes, M. I. (2007). Variações diárias nas excreções de creatinina e derivados de purinas em novilhos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36(4), 896-904.

NRC. (2007). *Nutrient requirements of small ruminants*. National Research Council. Washington, DC:Academy Press.

NRC. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. National Research Council. Washington, DC:Academy Press.

Oliveira, A. S., Valadares, R. F. D., & Valadares Filho, S. C. (2001). Produção de proteína microbiana e estimativa das excreções de derivados de purinas e de uréia em vacas lactantes alimentadas com rações isoproteicas contendo diferentes níveis de compostos nitrogenados não-proteicos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30(5), 1621-29.

Penha, D. S., Goes, R. H. T. B., Silva, N. G., Oliveira, R. T., Anschau, D. G., Oliveira, S. S., Picanço, Y. S., Fernandes, A. R. M., Sabedot, M. A., & Vargas Junior, F. M. (2020). Substituição total da soja por grãos de crambe e granola na alimentação de ovinos terminados. *Research, Society and Development*, 9(7), e56973717.

Rogério, M. C. P., Araújo, A. R., Pompeu, R. C. F. F., Maciel e Silva, A. G., Moraes, E., Memória, H. Q., & Oliveira, D. S. (2016). Manejo alimentar de caprinos e ovinos nos trópicos. *Veterinária e Zootecnia*, 23(3), 326-46.

Santos, A. S., Rotta, P. P., Costa e Silva, L. F., Menezes, A. C. B., Pina, D. S., & Valadares Filho, S. C. (2016). Degradação ruminal da proteína dos alimentos e síntese de proteína microbiana. In: Valadares Filho, S. C., Costa e Silva, L. F., Gionbelli, M. P., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Chizzotti, M. L., & Prados, L. F. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-Corte*. Viçosa: UFV.

Silva, V. B., Fonseca, C. E. M., Morenz, M. J. F., Peixoto, E. L. T., Moura, E. S., & Carvalho, I. N. O. (2010). Resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(7), 1595-99.

Van Soest, P. J. (1994). *Nutritional ecology of the ruminant*. Ithaca: Cornell University Press.

Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral-detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-97.

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

Yu, P., Egan, A., Boon-ek, L., & Leury, B. (2002). Purine derivative excretion and ruminal microbial yield in growing lambs fed raw and dry roasted legume seeds as protein supplements. *Animal Feed Science and Technology*, 95(1-2), 33-48.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Mara Sampaio Feitosa – 25%

Patrícia Guimarães Pimentel – 20%

Elisabeth Mary Cunha da Silva – 13%

Ana Sancha Malveira Batista – 6%

Guilherme Rocha Moreira – 6%

João Paulo Arcelino do Rêgo – 6%

Silas Primola Gomes – 6%

Sérgio Luiz Silva Soares – 6%

Isabelle Abreu de Sales – 12%