

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

**Utilização de resíduo úmido de cervejaria como fonte proteica
em dietas para ovinos**

Rhaíssa Garcia de Assis

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

**Piracicaba
2023**

Rhaíssa Garcia de Assis
Mestre em Zootecnia

**Utilização de resíduo úmido de cervejaria como fonte proteica em dietas para
ovinos**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

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

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

Piracicaba
2023

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

Assis, Rhaíssa Garcia de

Utilização de resíduo úmido de cervejaria como fonte proteica em dietas para ovinos / Rhaíssa Garcia de Assis. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

119 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Coproduto agroindustrial 2. Carcaça 3. Desempenho 4. Ingrediente proteico 5. Metabolismo I. Título

DEDICATÓRIA

Dedico,

Aos meus pais, Mara Rosane Leal Garcia e Walfredo Antonio de Assis, meus grandes exemplos de vida.

Aos meus irmãos, Bruno, Rômulo e Gabriela Garcia de Assis, meus queridos irmãos.

Ao meu namorado, Christian Gehrke, meu grande companheiro de todas as horas.

Aos meus avós, Dozolina Maraschin de Assis, Sueli Leal Garcia (in memoriam), Zelio Lima de Assis (in memoriam) e Marino Garcia (in memoriam), por serem a base de todo o amor, carinho, ensinamento e educação passados a mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, por ter me dado esta oportunidade, me proporcionado os maiores ensinamentos e por guiar e cuidar de cada passo meu.

Aos meus pais, Walfredo Antônio de Assis e Mara Rosane Leal Garcia, por serem minha fonte de inspiração, verdadeiros batalhadores e exemplos de vida, por todo amor, dedicação, carinho, por me mostrarem os passos certos, por todo o incentivo durante esta jornada e por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus irmãos, Bruno, Rômulo e Gabriela Garcia de Assis, por compreenderem minha ausência, me incentivarem em tudo que faço e por serem meus melhores amigos.

Ao meu namorado, Christian Gehrke, por sempre me apoiar em tudo que faço, por toda atenção e preocupação comigo ao longo do meu doutorado, por todo apoio e companheirismo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Evandro Maia Ferreira, por ter me aceito no programa, por toda atenção e carinho que teve comigo desde a minha graduação até a finalização do doutorado, por ter me proporcionado grandes ensinamentos, por todo apoio e incentivo. Minha gratidão ao senhor é eterna.

Ao Dr. Daniel Montanher Polizel, por todo conhecimento transmitido, por toda paciência e tempo disponibilizados a mim, por toda a ajuda no desenvolvimento do meu projeto. Saiba que és um exemplo de profissional a ser seguido.

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, uma grande pessoa e grande profissional, por ter contribuído com seus ensinamentos, me dando apoio e incentivo durante todo o meu doutorado.

À Dra. Janaína Socolovski Biava, por toda ajuda pessoal e profissional, por contribuir com seus conhecimentos e por sua amizade ao longo da minha graduação e pós-graduação.

À Prof. Dra. Carla Maris Machado Bittar, pela orientação no Programa de Aperfeiçoamento ao ensino – PAE na disciplina de Produção Animal II.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), por me proporcionar excelentes condições de trabalho na condução dessa pesquisa.

Aos professores do Departamento de Zootecnia por terem contribuído com minha formação científica e pessoal.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior),

pela concessão da bolsa durante o doutorado.

Ao Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos – SIPOC, por me disponibilizar o local, suas instalações, funcionários e os animais para a realização do experimento.

Aos funcionários do SIPOC: Marcos Polizel, Adilson Rosa (Zica), Roberto Gonçalves e Joseval Mandro, pela ajuda, amizade e conhecimento que me proporcionaram ao longo de todos esses anos.

Aos meus colegas do Sistema intensivo de produção de ovinos e caprinos – SIPOC: Teresinha Teixeira de Souza, Thamires Ubices Sturion, Nathalia R. Eckermann, Isabela Jorge dos Santos, Adrielly Lais Alves, Matheus Souza de Paula Carlis, Ana Caroline Silva Vicente, Paulo Cesar G. Dias Júnior, Jennifer Mayara Gasparina, Natália de Aguiar Bandoria, Brenda Alves, Taylon Antonio S. da Silva e Jamile Haddad Comelli por toda a ajuda, momentos compartilhados e amizade construída ao longo desses anos.

Às minhas amigas e estagiárias Thais de Oliveira Lopes e Thais Souza por toda a ajuda no desenvolvimento dos meus experimentos, todo o apoio e amizade. Saibam que vocês foram essenciais para o desenvolvimento do meu projeto.

À Leticia Carolina Bortolanza Soares pela ajuda e por todo o apoio que me deu para a finalização da minha pesquisa.

À Luciana Castelar, técnica do laboratório LNRA da ESALQ, pelos ensinamentos e ajuda com as análises laboratoriais.

Ao Fabrício Rosales pela colaboração no desenvolvimento da análise de custo da minha pesquisa.

Agradeço à cervejaria Cevada Pura pela doação do RUC utilizado para a realização dos estudos.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens. A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

E aos animais, que fizeram parte dos experimentos.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

Rhaíssa Garcia de Assis, filha de Mara Rosane Leal Garcia e Walfredo Antonio de Assis, nascida em 10 de outubro de 1993, natural de Ponta Grossa, Paraná. Ingressou na graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa – Paraná em fevereiro de 2012, concluindo a graduação em fevereiro de 2017. Em fevereiro de 2017 iniciou o Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual de Ponta Grossa, na área de Produção Animal, finalizando em fevereiro de 2019. Em julho de 2019 iniciou o Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Escola Superior de Agricultura “Luiz e Queiroz” – ESALQ-USP.

EPÍGRAFE

“Se quiser triunfar na vida, faça da perseverança a sua melhor amiga; da experiência, o seu conselheiro; da prudência, o seu irmão mais velho; e da esperança, o seu anjo da guarda.”

Joseph Addison

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	16
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	18
1 INTRODUÇÃO	19
Referências.....	20
2 REVISÃO DE LITERATURA	25
2.1 Indústria cervejeira.....	25
2.2 Processamento da cerveja.....	25
2.3 Resíduo úmido de cervejaria	27
2.4 Utilização de RUC na alimentação animal	29
2.5 Fatores envolvidos no consumo de matéria seca em ruminante	33
2.6 Custo de produção.....	36
Referências.....	38
3 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA SOBRE O CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DE CORDEIROS	45
Resumo	45
Abstract.....	46
3.1 Introdução	46
3.2 Material e Métodos.....	47
3.2.1 Animais, instalações e delineamento experimental	48
3.2.2 Manejo alimentar e coleta de dados	48
3.2.3 Análises laboratoriais e cálculos	51
3.2.4 Análise estatística	52
3.3 Resultados	53
3.3.1 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes	53
3.3.2 Fermentação ruminal	55
3.3.3 Balanço de nitrogênio	57
3.4 Discussão	59

3.4.1	Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes.....	59
3.4.2	Fermentação ruminal.....	60
3.4.3	Balanço de nitrogênio.....	61
3.5	Conclusão.....	61
	Referências	62
4	SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA NA DIETA DE CORDEIROS EM TERMINAÇÃO.....	65
	Resumo.....	65
	Abstract.....	66
4.1	Introdução.....	67
4.2	Materiais e Métodos	68
4.2.1	Animais, instalações e delineamento experimental	68
4.2.2	Manejo alimentar e coleta de dados.....	69
4.2.3	Comportamento ingestivo.....	72
4.2.4	Abate dos animais e medidas de carcaça	72
4.2.5	Análises laboratoriais e cálculos.....	73
4.2.6	Custo operacional efetivo e análise de sensibilidade	74
4.2.7	Análise estatística.....	78
4.3	Resultados.....	79
4.3.1	Desempenho	79
4.3.2	Parâmetros de carcaça	82
4.3.3	Comportamento ingestivo.....	82
4.3.4	Custo operacional efetivo e análise de sensibilidade	84
4.4	Discussão	87
4.4.1	Desempenho	87
4.4.2	Parâmetros de carcaça	89
4.4.3	Comportamento ingestivo.....	90
4.4.4	Custo operacional efetivo e análise de sensibilidade	91
4.5	Conclusão.....	93
	Referências	93
5	SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA NA DIETA DE BORREGAS NA FASE DE RECRIA.....	99
	Resumo.....	99
	Abstract.....	100

5.1	Introdução	101
5.2	Materiais e Métodos	102
5.2.1	Animais, instalações e delineamento experimental	102
5.2.2	Manejo alimentar e coleta de dados	103
5.2.3	Análises laboratoriais e cálculos	106
5.2.4	Custo da alimentação e análise de sensibilidade	107
5.2.5	Análise estatística	108
5.3	Resultados	109
5.3.1	Desempenho.....	109
5.3.2	Custo da alimentação e análise de sensibilidade	112
5.4	Discussão	114
5.4.1	Desempenho.....	114
5.4.2	Custo da alimentação e análise de sensibilidade	116
5.5	Conclusão	116
	Referências.....	117

RESUMO

Utilização de resíduo úmido de cervejaria como fonte proteica em dietas para ovinos

Foram conduzidos três experimentos com objetivo de avaliar os efeitos da substituição do farelo de soja por teores crescentes de resíduo úmido de cervejaria (RUC) em dietas para ovinos. Experimento 1: Foram utilizados 5 cordeiros com peso médio inicial de $48,3 \pm 2,0$ kg e $250,4 \pm 20,3$ dias de vida (média \pm DP), canulados no rúmen. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5×5 . As dietas experimentais foram compostas de 10% de volumoso (feno de *Coastcross*) e 90% de concentrado. A dieta controle continha 14,6% de farelo de soja (% MS), sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja nas proporções de 25 (25RUC), 50 (50RUC), 75 (75RUC) e 100% (100RUC), resultando em 0; 7,6; 15,1; 22,8 e 30,2% de RUC na MS. Não houve efeito de dieta sobre o consumo de MS, MO e PB, entretanto foi observado aumento linear no consumo de FDN ($P < 0,001$), FDA ($P < 0,001$), EE ($P < 0,01$) e redução linear ($P < 0,001$) no consumo de CNF. Houve efeito quadrático sobre a digestibilidade da MS ($P < 0,05$), MO ($P < 0,05$) e PB ($P < 0,01$), com o menor valor observado para a dieta 75RUC e redução linear na digestibilidade do CNF em resposta ao aumento nos teores de RUC. A substituição do farelo de soja pelo RUC aumentou linearmente a proporção molar de acetato ($P < 0,01$) e diminuiu linearmente o propionato ($P < 0,01$), havendo como consequência aumento linear na relação acetato:propionato ($P = 0,04$). Além de promover aumento na proporção molar de isovalerato ($P < 0,05$). O pH ruminal aumentou linearmente ($P < 0,001$) com a inclusão do RUC nas dietas, reduzindo linearmente o tempo de permanência do pH ruminal abaixo de 5,5. Embora a excreção de nitrogênio nas fezes tenha sido maior com a substituição de 75% do farelo de soja por RUC ($P < 0,05$), não houve efeito ($P > 0,10$) sobre o N retido. Experimento 2: Quarenta e cinco cordeiros com peso médio inicial de $23,68 \pm 0,18$ kg e $73,46 \pm 7,27$ dias de vida (média \pm DP) foram distribuídos em delineamento experimental em blocos completos casualizados (5 tratamentos e 9 repetições). As dietas experimentais foram compostas de 10% de volumoso (feno de *Coastcross*) e 90% de concentrado. A dieta controle continha 14,6% de farelo de soja (% MS), sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja nas proporções de 25 (25RUC), 50 (50RUC), 75 (75RUC) e 100% (100RUC), resultando em 0; 7,6; 15,1; 22,8 e 30,2% de RUC na MS. O CMS (kg/d) apresentou resposta quadrática ($P < 0,001$) com maior consumo apresentado pelos animais da dieta 25RUC. Para os dados de GMD e EA não houve efeito das dietas, contudo houve tendência de efeito quadrático ($P = 0,07$) para o GMD, com os maiores ganhos para os animais consumindo a dieta 25RUC. Para os dados de comportamento ingestivo, o tempo despendido com ruminação em min/d apresentou aumento linear ($P < 0,001$) com a inclusão do RUC na dieta. O tempo gasto com mastigação em min/d aumentou linearmente ($P < 0,01$) o que consequentemente reduziu linearmente ($P < 0,01$) o tempo em ócio. Na análise de custo operacional efetivo (COE) e de sensibilidade, a substituição de 75 e 100% do farelo de soja por RUC reduziu o COE, já a substituição de 25, 50 e 100% aumentou o resultado operacional e a margem bruta. A substituição total levou ao menor risco de redução da rentabilidade com a alteração dos preços do farelo de soja e do RUC. Experimento 3: Sessenta e três borregas com peso inicial de $24,6 \pm 3,6$ kg e $105,3 \pm 11,0$ dias de vida (média \pm DP), foram distribuídas em blocos completos casualizados (3 tratamentos e 21

repetições). As dietas experimentais foram compostas de 20% de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar *in natura*) e 80% de concentrado. A dieta controle continha 18% de farelo de soja na MS da dieta, sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja na proporção de 50 (50RUC) e 100% (100RUC) da concentração original do farelo de soja, resultando em 0, 10 ou 20% de RUC na MS da dieta. Houve diminuição linear ($P < 0,001$) no CMS em kg/d, GMD e peso corporal no final de cada período experimental, à medida que o RUC substituiu o farelo de soja. A EA reduziu linearmente no primeiro período ($P < 0.001$), no entanto, no segundo período não houve diferença na EA entre as dietas experimentais. A análise de custo apresentou redução do custo da dieta por kg de MS e com base no CMS conforme aumentou o teor de RUC, por outro lado, o custo da dieta por kg de GMD, aumentou à medida que se aumentou o RUC. Em conclusão, a substituição do farelo de soja por RUC para cordeiros alimentados com dietas de alto concentrado durante a engorda, minimizam o risco de acidose e não alteram a EA, e nem os parâmetros de carcaça, isso associado ao decréscimo do preço da ração, proporcionam aumento no resultado operacional do sistema de confinamento, sendo viável a curto prazo, se apresentando, portanto, como uma alternativa de ingrediente proteico para engorda de cordeiros em confinamento, podendo reduzir o impacto ambiental oriundo da indústria cervejeira. Já a substituição do farelo de soja pelo RUC na dieta de borregas na fase de recria, contendo como fonte de volumoso o bagaço de cana *in natura*, apenas a substituição de até 50% proporcionam ganhos de peso adequados, sendo a substituição total, prejudicial para o ganho de peso, limitando o desenvolvimento das borregas. Economicamente, a substituição de 50% e 100% do farelo de soja pelo RUC reduz os custos diários com alimentação, no entanto, com a substituição de 100%, o decréscimo no ganho de peso é demasiado, o que pode comprometer o peso das borregas ao início da vida reprodutiva.

Palavras-chave: Coproduto agroindustrial, Carcaça, Desempenho, Ingrediente proteico, Metabolismo

ABSTRACT

Use of wet brewers' grains as a protein source in sheep diets

Three experiments were carried out with the aim of evaluating the effects of substituting soybean meal with increasing levels of wet brewers' grains (WBG) in diets for sheep. Experiment 1: Five lambs (Dorper × Santa Inês) with average initial body weight of 48.3 ± 2.0 kg and 250.4 ± 20.3 days of age (mean \pm SD) were cannulated in the rumen. The experimental design used was the 5 x 5 Latin square. The experimental diets were composed of 10% roughage (Coastcross hay) and 90% concentrate. The control diet contained 14.6% soybean meal (% DM), without inclusion of WBG (0WBG). In the other diets, WBG replaced soybean meal in proportions of 25 (25WBG), 50 (50WBG), 75 (75WBG), and 100% (100WBG), resulting in 0; 7.6; 15.1; 22.8 and 30.2% WBG in DM. There was no effect of diet on DM, OM, and CP intake, however, a linear increase was observed in the intake of NDF ($P < 0.001$), ADF ($P < 0.001$), EE ($P < 0.01$) and linear reduction ($P < 0.001$) on NFC intake. There was a quadratic effect on DM ($P < 0.05$), OM ($P < 0.05$), and CP ($P < 0.01$) digestibility, with the lowest value observed for the 75WBG diet and linear reduction in NFC digestibility in response to the increase in WBG levels. The replacement of soybean meal by WBG linearly increased the molar ratio of acetate ($P < 0.01$), and linearly decreased propionate ($P < 0.01$), resulting in a linear increase in the acetate:propionate ratio ($P = 0.04$). In addition to promoting an increase in the molar proportion of isovalerate ($P < 0.05$). The ruminal pH linearly increased ($P < 0.001$) with the inclusion of WBG in the diets, linearly reducing the time the ruminal pH remained below 5.5. Although fecal nitrogen excretion was higher with 75% replacement of soybean meal by WBG ($P < 0.05$), there was no effect ($P > 0.10$) on retained N. Experiment 2: Forty-five lambs (Dorper × Santa Inês) with average initial body weight of 23.68 ± 0.18 kg and 73.46 ± 7.27 days of age (mean \pm SD) were distributed in randomized complete block design (5 treatments and 9 repetitions). The experimental diets were composed of 10% roughage (Coastcross hay) and, 90% of concentrate. The control diet contained 14.6% of soybean meal (% DM), without inclusion of WBG (0WBG). In the other diets, WBG replaced soybean meal in proportions of 25 (25WBG), 50 (50WBG), 75 (75WBG), and 100% (100WBG), resulting in 0; 7.6; 15.1; 22.8 and 30.2% of WBG in dietary DM. The DMI (kg/d) showed a quadratic response ($P < 0.001$) with higher intake presented by animals on the 25WBG diet. For the ADG and FE data, there was no effect of the diets, however, there was a tendency of a quadratic effect ($P = 0.07$) for the ADG, with the greatest gains for the animals consuming the 25WBG diet. For ingestive behavior data, the time spent ruminating in min/d showed a linear increase ($P < 0.001$) with the inclusion of WBG in the diet. The time spent chewing in min/d increased linearly ($P < 0.01$) which consequently linearly decrease ($P < 0.01$) the idle time. In the effective operating cost (EOC) and sensitivity analysis, 75 and 100% of replacing soybean meal with WBG decrease the EOC, while 25, 50, and 100% replacing increased operating profit and gross margin. Total replacement (100WBG) led to the lowest risk of reduced profitability with the changes in soybean meal and WBG prices. Experiment 3: Sixty-three ewe lambs (Dorper × Santa Inês) with initial body weight of 24.6 ± 3.6 kg and 105.3 ± 11.0 days of age (mean \pm SD) were distributed in randomized complete block design (3 treatments and 21 repetitions). The experimental diets were composed of 20% of roughage and 80% of concentrate. The control diet contained 18% of soybean meal in the diet DM, without the inclusion of

WBG (0WBG). In the other diets, WBG replaced soybean meal in the proportion of 50 (50WBG) and 100% (100WBG) of the original concentration of soybean meal, resulting in 0, 10 or 20% of WBG in the DM of the diet. There was a linear decrease ($P < 0.001$) in DMI in kg/d, ADG, and body weight at the end of each period, as WBG replaced soybean meal. The FE decreased linearly in the first period ($P < 0.001$), however in the second period there was no difference in FE between the experimental diets. The cost analysis showed a reduction in the cost of the diet per kg of DM and based on the DMI as the WBG content increased, on the other hand, the cost of the diet per kg of ADG, increased as the WBG increased. In conclusion, replacing soybean meal with WBG for lambs fed high-concentrate diets during fattening minimizes the risk of acidosis and does not change FE or carcass parameters, this associated with a decrease in feed price, increase the operational result of the confinement system, being viable in the short term, presenting, therefore, as an alternative protein ingredient for fattening lambs in confinement, being able to reduce the environmental impact originated from the brewing industry. On the other hand, the replacement of soybean meal by WBG in the diet of female lambs in the rearing phase, containing in natura sugarcane bagasse as a source of roughage, only the replacement of up to 50% provides adequate weight gains, with total replacement being harmful to weight gain, limiting the development of the female lambs. Economically, replacing 50% and 100% of soybean meal with WBG reduces daily feed costs, however, with 100% replacement, the decrease in weight gain is too much, which can compromise the weight of female lambs at the beginning of reproductive life.

Keywords: Agroindustrial co-product, Carcass, Metabolism, Performance, Protein ingredient

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Regulação do consumo quando limitado pela demanda energética ou pela limitação física.....	35
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do resíduo úmido de cervejaria (% da MS)	28
Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).....	49
Tabela 3. Composição química do resíduo úmido de cervejaria, farelo de soja e milho moído presentes nas dietas experimentais (% da MS).	50
Tabela 4. Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes em cordeiros alimentados com teores crescentes de substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria.	54
Tabela 5. Parâmetros de fermentação ruminal de cordeiros alimentados com teores crescentes de substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria	56
Tabela 6. Balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com teores crescente de substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria.	58
Tabela 7. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).....	70
Tabela 8. Composição química do resíduo úmido de cervejaria, farelo de soja e milho moído presentes nas dietas experimentais (% da MS)	71
Tabela 9. Custo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.	77
Tabela 10. Composição do custo operacional efetivo individual.	77
Tabela 11. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no consumo de matéria seca e FDN de cordeiros em terminação (kg/dia).	80
Tabela 12. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no desempenho de cordeiros em terminação (GMD e EA).	81
Tabela 13. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria nos parâmetros de carcaça de cordeiros em terminação.	82
Tabela 14. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria sobre o comportamento ingestivo de cordeiros.	83
Tabela 15. Custo de cada ingrediente por kg de MS das dietas experimentais (R\$/kg MS).....	85
Tabela 16. Custos operacionais e margem bruta conforme a dieta experimental.....	86

Tabela 17. Sensibilidade da dieta com aumento de 1% no valor do farelo de soja e/ou resíduo úmido de cervejaria (%/animal).....	87
Tabela 18. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).....	104
Tabela 19. Composição química do resíduo úmido de cervejaria, farelo de soja e bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i> presentes nas dietas experimentais (% da MS).....	105
Tabela 20. Custo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais em MS (R\$/MS).....	107
Tabela 21. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no consumo de matéria seca e de FDN de borregas.....	110
Tabela 22. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no desempenho de borregas.....	111
Tabela 23. Custo de cada ingrediente por kg de MS das dietas experimentais (R\$/kg MS).....	113
Tabela 24. Custo diário com as dietas experimentais.....	113
Tabela 25. Sensibilidade do custo da dieta com o aumento de 1% no valor do farelo de soja e/ou resíduo úmido de cervejaria (%/animal).....	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
AOL – Área de olho de lombo
CFDN – Consumo de fibra em detergente neutro
CMS – Consumo de matéria seca
CNF – Carboidrato não fibroso
COE – Custo operacional efetivo
EE – Extrato etéreo
EGS – Espessura de gordura subcutânea
EPC – Espessura de parede corporal
EPM – Erro padrão da média
FDA – Fibra em detergente ácido
FDN – Fibra insolúvel em detergente neutro
FDN_{fe} – Fibra fisicamente efetiva
GMD – Ganho de peso médio diário
MM – Matéria mineral
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
N – NH₃ – Amônia ruminal
NIDN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
PB – Proteína Bruta
PCA – Peso corporal ao abate
PCF – Peso de carcaça fria
PCQ – Peso de carcaça quente
PR – Perda por resfriamento
PSPS – Penn State Particle Separator
RCF – Rendimento de carcaça fria
RCQ – Rendimento de carcaça quente
RUC – Resíduo úmido de cervejaria
RSC – Resíduo seco de cervejaria
SNC – Sistema nervoso central

1 INTRODUÇÃO

A ovinocultura é uma atividade em expansão no Brasil, mostrando crescimento importante nos últimos anos, com aumento de 3,3% do ano de 2019 para 2020 atingindo 20,5 milhões de cabeças (IBGE, 2021). Diversos fatores são responsáveis para a ocorrência deste crescimento, como: mercado, manejo, melhoramento genético e alimentação (Monteiro et al., 2021). Estes fatores que auxiliam no desenvolvimento deste setor geram gastos, entre eles, a alimentação é responsável por cerca de 70% dos custos dentro da produção pecuária (Barros et al. 2009; Lopes et al., 2013), sendo um dos entraves para a rentabilidade do setor. O farelo de soja é comumente utilizado na alimentação de ruminantes, porém devido ao volume de exportação deste ingrediente, faz com que ele chegue ao produtor brasileiro com altos custos, sendo muitas vezes o ingrediente mais caro das rações (Souza, 2010). Em 2022 o Brasil exportou entre janeiro e outubro cerca de 17,8 milhões de toneladas de farelo de soja, aumento de 25% em relação ao mesmo período do ano de 2021 (CONAB, 2022). Este cenário acarreta elevados custos do farelo de soja no mercado interno brasileiro, com consequente aumento de procura por ingredientes alternativos mais baratos, que não apresentem redução de oferta sazonalmente e que consigam atender as exigências nutricionais dos animais (Bezerra et al., 2021). A utilização de coprodutos da indústria agrícola, vem surgindo como uma alternativa nos últimos anos com o intuito de suprir a necessidade do produtor, reduzir os custos sem a interferência negativa na produção, além de destinar adequadamente potenciais poluidores do meio ambiente (Brochier; Carvalho, 2009).

O setor cervejeiro do Brasil é o terceiro maior do mundo, com produção de 14,3 bilhões de litros por ano (MAPA, 2022), perdendo apenas para China e Estados Unidos. Toda esta produção gera resíduos, sendo o resíduo úmido de cervejaria (RUC) o coproduto mais abundante da indústria cervejeira, não apresentando problemas com sazonalidade, sendo gerado em grande escala no país. Bochier e Carvalho (2009) ao estudarem a geração e o poder poluente do RUC, constataram que o poder poluente do RUC se equivale aos dejetos de suínos, o qual é considerado resíduo com alto poder poluente. Segundo Verde (2018) a quantidade de resíduos gerados durante a fabricação da cerveja é cerca de 300 gramas de sólido para cada 1 litro de cerveja produzido, sendo que o RUC representa 98,03%

do total destes resíduos. Com isso estima-se que mais de 4,2 bilhões de quilos de RUC, sejam gerados por ano no país, mostrando a importância da busca por alternativas para utilização desse coproduto, diminuindo assim, o impacto ambiental oriundo da indústria cervejeira.

A utilização de RUC tem se tornado uma alternativa de uso na dieta animal ao redor do mundo, devido ao seu baixo custo, principalmente quando a indústria se encontra próxima à propriedade. Além disso, a composição bromatológica deste resíduo apresenta características positivas à alimentação animal, com valor nutricional interessante para o uso em dietas de ruminantes, se destacando por conter elevado teor proteico com valores de proteína bruta (PB) em torno de 18 a 31% (Johnson et al., 1987; Freitas, 1995; Tedeschi et al., 2002; Geron et al., 2008; Gilaverte et al. 2011; Souza et al., 2015), sendo assim, um possível substituto ao farelo de soja.

Existem diversos estudos na literatura que apresentam resultados positivos com a utilização do RUC como substituto ao ingrediente volumoso, energético e também proteico (Polan et al., 1985; Westendorf; Wohlt, 2002; Firkins, 2002; Brochier; Carvalho, 2009; Silva et al., 2010; Figueiredo et al., 2012; Souza, 2013; Frasson et al., 2018; Rant et al., 2018; Manzoni, 2019). No entanto, estudos que avaliem os efeitos da substituição do farelo de soja por RUC na dieta de ovinos, bem como a viabilidade da substituição, são escassos na literatura, havendo uma lacuna científica a ser preenchida.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a substituição parcial e total do farelo de soja por RUC na dieta de ovinos em diferentes fases da criação.

Referências

- Barros, C. S. Monteiro, A.L.G., Poli, C.H.E.C., Dittrich, J.R., Canziani, J.R.F., Fernandes, M.A.M., 2009. Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa*. 38(11), 2270-2079.
- Bezerra, L. R., Sousa, S. V., Diogenés, L. V., Oliveira, J. P. F., 2021. Viabilidade nutricional e perspectivas econômicas de coprodutos usados na alimentação de bovinos no nordeste do Brasil. *Revista científica de Produção Animal*. 23, 21-35.
- Brochier, M.A., Carvalho, S., 2009. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros

- em sistema de confinamento. *Ciência e Agrotecnologia*. 33, 1392-1399. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500028>
- CONAB, 2022. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4838-exportacoes-de-oleo-e-farelo-de-soja-registram-recorde-entre-janeiro-e-outubro>. Acesso em: dezembro 2022.
- Figueiredo, H.F., Faturil, C., Rodrigues, L.F.S., Mangas, T.P., Ramos, A.F.O., Cardoso, A.M., Santos, K.T.A., 2012. Terminação de bovinos de corte em pasto com suplementação de resíduo úmido de cervejaria, associado ao uso de modificador orgânico e ivermectina. *Revista Ciências Agrárias*. 55, 26-32. <http://dx.doi.org/10.4322/rca.2012.033>
- Firkins, J.L., Haratine, D.I., Sylvester, J.T., Eastridge, M.L., 2002. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grain or whole cottonseed to replace forage. *Journal of Dairy Science*. 85, 2662-2668. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74351-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74351-8)
- Frasson, M.F., Carvalho, S.C., Jaurena, M.G., Menegon, A.M., Severo, M.M., Motta, J.H., Teixeira, W.S., 2018. Intake and performance of lambs finished in feedlot with wet brewer's grains. *Journal of Animal Science and Technology*. 60, 1-5. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0166-8>
- Freitas, G.L., 1995. Potencial antioxidante e compostos fenólicos na cerveja, chopp, cevada (*Hordeum vulgare* L.) e no bagaço de brassagem. Dissertação (Mestrado) Programa de pós-graduação em ciência dos alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. 87p
- Geron, L.J.V., Zeoula, L.M., Ekerl, J.A., Prado, I.N. do, Jonker, R.C., Guimarães, K.C., 2008. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(9), 1685-1695. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000900023>
- Gilaverte, S., Susin, I., Pires, A.V., Ferreira, E.M., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Biehl, M.V., Rodrigues, G.H., 2011. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 639-647, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000300024>.
- Johnson, C.O.L.E., Huber, J.T., King, K.J., 1987. Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 70, 98-107. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)79984-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)79984-6)
- Lopes, M.A., Ribeiro, A.D.B., Nogueira, T.M., Demeu, A.A., Barbosa, F.A., 2013. Análise econômica da terminação de bovinos de corte em confinamento no estado de Minas Gerais: estudo de caso. *Revista Ceres*. 60(4), 465-473.

- Manzoni, V.G., 2019. Características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados com diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. 71p. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/17906/TES_PPGZOOTECNIA_2019_MANZONI_VERONICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 03 fevereiro 2020
- MAPA, 2022. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sumário Executivo, Complexo Soja. Secretaria de Política Agrícola. 15p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/sumarios-executivos-de-produtos-agricolas/soja-pdf> Acesso em: dezembro 2022.
- Monteiro, M.G., Brisola, M. V., Vieira Filho, J. E. R., 2021. Diagnóstico da cadeia produtiva de caprinos e ovinos no Brasil. Instituto de pesquisa Econômica Aplicada. 31p. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10621/2/td_2660.pdf Acesso em: dezembro de 2022.
- Polan, C.E., Herrington, T.A., Wark, W.A., Armentano, L.E., 1985. Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers grains, or soybean meal. *Journal of Dairy Science*. 68(8), 2016-2026. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81063-8](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(85)81063-8)
- Rant, A.R., Rant, W, Niznikowski, R., Świątek, M., Szymanska, Z., Ślęzak, M., Niemiec, T., 2018. The effect of the addition of wet brewers grain to the diet of lambs on body weight gain, slaughter value and meat quality. *Archives Animal Breeding*. 61, 245–251. <https://doi.org/10.5194/aab-61-245-2018>
- SENAR, 2015. Serviço Nacional de Aprendizagem. Ovinocultura no Brasil: cenário atual.
- 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. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700028>
- Souza, L.C., 2013. Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá. 164f.
- Souza, L.C., Zambom, M.A., Gundt, M.P., Pasqualotto, M., Santos, G.T., Castagnara, D.D., Kazama, D.C.S., 2015. Composição química e degradabilidade ruminal de forragens e subprodutos agroindustriais na região oeste do Paraná. *Bioscience Journal*, 31, 171-180. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-17252>
- Souza, M.O., Marques, D.V., Souza, G.S., Marra, R., 2010. O complexo de soja: Aspectos descritivos e previsões. *Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento, EMBRAPA*. 2, 1-86.

- Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Lanna, D.P.D., Boin, C., 2002. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell net carbohydrate and protein system model. *Scientia Agricola*, 59, 1-18. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100001>
- Verde, A.A., Cucolo, M.C., Oliveira, M.L.C.; Cavaliere, F.L.B.,Andreazzi, M.A., Emanuelli, I.P., 2018. Destino sustentável de resíduos de cervejaria artesanal: um estudo de caso em uma granja de suínos. *Revista Valore*, v.4 (Edição Especial). 84-93. <https://doi.org/10.22408/rev40201931784-93>
- Westendorf, M.L., Wohlt, J.E., 2002. Brewing by-products: their use as animal feeds. *Veterinary Clinical Food Animal*. 18, 233-252. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(02\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(02)00016-6)

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indústria cervejeira

A cerveja é uma bebida produzida por meio da fermentação alcoólica do mosto de cereal maltado, geralmente malte de cevada (Santos; Ribeiro, 2005). A sua produção estima-se que tenha surgido por volta de 8000 anos A.C. pelos povos da Mesopotâmia (Standage, 2005), chegando ao Brasil pelos portugueses no ano de 1808 (Mega et al., 2011).

Atualmente, a cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo, incluindo o Brasil. Quando comparada com as demais bebidas a cerveja é a terceira mais consumida ficando atrás apenas da água e do chá (Hornsey, 2016). Os principais tipos de cervejas que existem são: Altbier, Barley Wine, Belgian Ale, Bitter, Brown, Ale, Pale Ale, Porter, Stout, Scottish, Abadia, Bock Doppelbock, Münchener e Pilsen.

No mundo 180,3 bilhões de litros de cerveja são produzidos, sendo o Brasil o terceiro maior produtor e o país que apresentou maior aumento no volume de produção em 10 anos, com crescimento de aproximadamente, 4 milhões de litros. Atualmente a produção de cerveja no país é de 14,3 bilhões de litros, atrás apenas da China (35,9 bilhões de litros) e dos EUA (20,4 bilhões de litros), superando a Alemanha que apresenta tradição na produção da cerveja (Statista, 2022).

O cereal mais utilizado para produção da cerveja no Brasil é a cevada, sendo a produção da cevada em território nacional quase que exclusivamente destinada para a fabricação do malte. Em 2021 a produção de cevada no Brasil bateu recorde com 452.827 toneladas do grão, sendo a região sul responsável por praticamente toda a cevada produzida no país (IBGE, 2021). No entanto, esta produção atende menos de 40% da demanda, havendo a necessidade de importação de mais de 70% do restante da cevada de países da Europa, EUA, Canadá e Argentina para atender a indústria nacional (MAPA, 2021).

2.2 Processamento da cerveja

O processo de produção da cerveja é iniciado com a obtenção do malte (processo de maltagem), nesta etapa os grãos de cevada são selecionados e

recebem água para atingir umidade de 45% em relação ao seu peso permanecendo em ambiente com temperatura e oxigênio controlados. Este processo é realizado para que as sementes germinem e emitam radículas de cerca de oito centímetros (Santos; Ribeiro, 2005), pois as cadeias de amido do grão germinado são menores do que as do grão de cevada inicial, tornando assim o grão menos duro e, conseqüentemente, mais solúvel. Quando atinge esta fase, a germinação é interrompida por meio de secagem a temperatura controlada, reduzindo a umidade sem afetar as enzimas formadas neste processo (Cruz et al., 2008), dando origem ao malte de cevada. Em seguida o malte é moído para facilitar a solubilização do amido na próxima etapa.

O malte moído é então misturado em água quente a uma temperatura constante de, aproximadamente, 65°C, por cerca de uma a cinco horas, a depender do tipo de cerveja que será produzida, solubilizando os carboidratos não fibrosos (CNF) e algumas proteínas solúveis, formando o mosto (processo de mosturação ou brassagem) (Santos; Ribeiro, 2005). Nesse processo, o malte pode ser adicionado sozinho ou junto a outros complementos como grão de arroz e de milho, além de caramelo (no caso da cerveja preta), dependendo do tipo de cerveja a ser fabricada. Na mosturação ocorre a gelatinização e então hidrólise do amido a açúcares, ocorrendo a extração de até 65% dos sólidos totais (ST) do malte. No caso de adição dos complementos como milho e/ou arroz a extração dos sólidos totais dos mesmos pode ser de 80 a 90% (Junior et al., 2009). Os ST extraídos juntamente com a água formam o mosto, que então é filtrado em peneira para separar a parte líquida da sólida. A parte sólida é o primeiro resíduo gerado no processo de produção, chamado de resíduo úmido de cervejaria (RUC) (Oliveira, 2009).

Após a separação da fase sólida (RUC) da líquida (mosto), o mosto formado passa pelo processo de fervura durante duas a cinco horas, sendo adicionado o lúpulo (planta aromática que confere o sabor da cerveja). Após a fervura, o mosto é separado do lúpulo, gerando o segundo resíduo chamado de trub grosso (gordura vegetal e proteínas coaguladas), seguindo para o último processo da fabricação que é a fermentação, etapa na qual adicionam-se leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* ou *S. uvarum* (*S. carlsbergensis*) ao mosto, responsáveis pelo processo de fermentação do mosto, produzindo álcool e CO₂. Ao final desse processo, uma parte da grande quantidade de leveduras formada é filtrada gerando o último resíduo da fabricação chamado de trub fino (gordura vegetal e levedura) ou “Levedo de

cerveja” (Oliveira, 2009), para então a cerveja ser finalmente envasada (Santos; Ribeiro, 2005).

A quantidade de resíduos gerados durante a fabricação da cerveja é cerca de 300 gramas de resíduos sólidos para cada 1 litro de cerveja produzida, sendo que o RUC representa 98,03% do total destes resíduos (Verde et. al., 2019). Com base nestas informações e da produção de cerveja supracitada, estima-se que a produção de RUC no ano de 2021, no Brasil, foi de, aproximadamente, 4,2 bilhões de quilos, quantia que demonstra a elevada disponibilidade do produto e a importância da destinação adequada do RUC para evitar problemas ao meio ambiente.

2.3 Resíduo úmido de cervejaria

Para produção de cerveja, a indústria cervejeira no Brasil utiliza o malte de cevada, muitas vezes misturado a outros cereais (na maioria das vezes o milho) e/ou a maltase. O RUC, também conhecido como bagaço de malte, polpa de cervejaria e erroneamente de cevada, é definido como resíduo gerado no processo de produção da cerveja tradicionalmente comercializada.

O RUC está disponível em grande quantidade em determinadas regiões do Brasil, principalmente nas regiões sul e sudeste, maiores responsáveis pela produção de cerveja do país, gerado em larga escala, sem apresentar problemas de sazonalidade, estando disponível ao longo do ano, apresentando-se como um ingrediente alternativo para os pecuaristas, principalmente os que se encontram próximos às indústrias cervejeiras. Além disso, a composição bromatológica deste resíduo apresenta características positivas à alimentação animal.

O RUC, como a maioria dos resíduos industriais, apresenta variações em sua composição química, que depende diretamente da qualidade da matéria-prima, das proporções dos ingredientes utilizados e do processo de fabricação para a obtenção da cerveja (Westendorf; Wohlt, 2002). Contudo, em geral, o RUC possui elevado teor proteico, sendo considerado pela indústria como concentrado proteico (Geron et al., 2007), o que chama a atenção para a sua utilização em dietas de ruminantes.

Na Tabela 1 são apresentados valores da composição químico-bromatológica do RUC encontrados em diferentes estudos.

Tabela 1. Composição química do resíduo úmido de cervejaria (% da MS).

Item ¹	MS	FDN	PB	EE	MM
Tedeschi et al. (2002)	15,2	58,0	30,1	10,1	3,9
Brochier e Carvalho (2009)	22,6	60,9	24,6	8,42	3,25
Gilaverte et al. (2011)	20,7	62,1	26,1	-	4,6
Souza (2013)	18,4	61,1	23,1	6,4	4,3
Faccenda (2015)	20,6	55,1	23,8	6,1	-
Pereira et al. (2018)	21,4	-	18,3	13,6	3,8
Rant et al. (2018)	26,1	-	25,5	5,9	-

¹MS – matéria seca; FDN – fibra insolúvel em detergente neutro; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; MM – matéria mineral.

O RUC apresenta-se como ingrediente promissor para alimentação de ovinos, principalmente devido ao seu elevado teor de PB (Tabela 1). Segundo Clark et al. (1987) o RUC pode apresentar valores, proporcionalmente superiores de PB que o próprio grão de cevada, devido à retirada do amido para fabricação da cerveja, elevando os demais nutrientes.

Devido a este atrativo no teor de PB do RUC, diversos autores têm buscado avaliar as características da fração proteica deste coproduto (Merchen et al., 1979; Santos et al., 1984; Geron et al., 2007; Mendonça et al., 2012; Mizubuti et al., 2014). Pesquisas tem mostrado que mais de 50% da sua PB passa pelo rúmen e chega intacta ao intestino delgado, sendo, portanto, fonte rica de proteína “by-pass”. Santos et al. (1984), realizaram estudo com vacas leiteiras, com o objetivo de mensurar a fermentação ruminal, fluxo e absorção de aminoácidos no intestino e concluíram que dietas contendo RUC apresentam maiores quantidades de aminoácidos disponíveis para absorção no intestino delgado, quando comparado a dietas contendo farelo de soja.

No sistema americano “Cornell Net Carbohydrate and Protein System” (CNCPS, 2002), classificam-se as proteínas e os carboidratos de acordo com sua taxa de degradação, enfatizando a importância de sincronização destas no rúmen, para que ocorra a síntese de proteína microbiana com máxima eficiência e, conseqüentemente, a redução de perdas energéticas e nitrogenadas durante a fermentação ruminal. A proteína do alimento segundo o CNCPS é dividida em frações A, B1, B2, B3 e C. Sendo a fração A, proteína de rápida disponibilidade, constituída, basicamente, de nitrogênio não proteico; A fração B1 é rapidamente degradável no rúmen e constituída de proteínas solúveis (peptídeos, oligopeptídeos e globulinas); já a fração B2, proteína com degradação intermediária, composta de

proteínas citoplasmáticas, albuminas e glutelinas; a fração B3, proteína de degradação lenta no rúmen, composta por proteínas insolúveis, associadas à parede celular, prolaminas e proteínas desnaturadas em detergente neutro; a fração C, proteína lignificada indisponível no rúmen e no intestino. Geron et al. (2007) comparando as frações nitrogenadas do farelo de soja com as do RUC e da silagem de resíduo de cervejaria, observaram que o RUC apresenta maiores frações B3, ou seja, proteína de degradação lenta, em comparação ao farelo de soja, o que o torna fonte rica de proteína “by pass”, isso é maior quantidade de proteína que passa ileso pelo rúmen chegando ao intestino delgado e podendo ser aproveitada diretamente pelo animal. Além da proteína, o RUC também é rico em FDN (NRC, 2001), o que torna esse coproduto, uma possível fonte de fibra não forrageira para a dieta de ruminantes.

2.4 Utilização de RUC na alimentação animal

O aproveitamento de resíduos agroindustriais na alimentação animal torna-se uma alternativa, principalmente para ruminantes, que possuem capacidade de transformar resíduos vegetais em nutrientes nobres, de alto valor biológico para alimentação dos seres humanos. Diante disso, a utilização de RUC como alternativa na alimentação de ruminantes tem grande potencial sendo cada vez mais utilizado na alimentação de ruminantes, substituindo em parte os alimentos tradicionais mais onerosos da dieta, como a soja e o milho (Hoffman; Armetano, 1988; Stern; Ziemer, 1993; Cozzi; Polan, 1994; Cavilhão et al. 2013; Silva et al., 2010). Além disso, seu uso também é justificado pelos elevados teores de PB, EE e FDN em sua composição (Senthilkumar et al., 2010). No entanto, apenas quantidades limitadas desse resíduo podem ser fornecidas com sucesso nas dietas de ruminantes, de modo que não comprometa o consumo de matéria seca (CMS) e o desempenho animal (Westendorf; Wohlt, 2002).

O CMS é de fundamental importância na nutrição animal, pois estabelece a quantidade de nutrientes disponível para a manutenção e a produção (NRC, 2001). Existem vários fatores que podem influenciar na capacidade de consumo, sendo aqueles relacionados ao próprio animal, às características do alimento ou ao ambiente e às condições de manejo. Segundo Younker et al. (1998), grandes quantidades de RUC causam enchimento ruminal, reduzindo o CMS quando se

utiliza esse coproduto em substituição a ingredientes que compõem o concentrado da dieta. Davis et al. (1983) ao avaliarem a substituição do concentrado por 0, 20, 30 ou 40% de RUC na dieta de vacas lactantes, observaram que o CMS reduziu nos teores de 30% e 40% da MS. Brochier e Carvalho (2008) avaliando dietas para cordeiros da raça Texel terminados em confinamento contendo proporções de 0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do alimento concentrado por RUC, também verificaram efeito quadrático sobre o CMS. Contudo, o consumo de energia líquida e o GMD diminuíram linearmente com o aumento da proporção de RUC. Por outro lado, a utilização do RUC como substituto do volumoso da dieta acarreta comportamento contrário, aumentando o CMS a medida em que substitui o volumoso da dieta (Polan et al., 1985; Phipps et. al., 1995; Munguer; Jans, 1997), esse comportamento pode estar relacionado ao teor de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) da dieta, o qual promove maior efeito de ruminação e de enchimento ruminal. A substituição do concentrado pelo RUC na dieta acarreta aumento do teor de FDNfe da dieta, uma vez que o RUC apresenta maior teor de FDNfe em relação ao concentrado, promovendo limitação física do consumo. Já a utilização do RUC como substituto do volumoso da dieta, acarreta redução do teor de FDNfe e além da taxa de passagem de coprodutos ser maior em comparação a taxa de passagem de forragem, o que explica o maior CMS de animais consumindo dietas contendo RUC como substituto ao volumoso (Jeffrey, 1997).

As informações mais encontradas na literatura sobre a utilização do RUC na alimentação de ruminantes são com vacas de leite, sendo utilizado como substituto aos ingredientes concentrados da dieta e também como volumoso. Silva et al. (2010) substituindo parte do concentrado da dieta de cabras no final da lactação, por RUC, concluíram que a utilização de teores de até 25% de RUC em substituição ao concentrado não promove alterações da produção de leite. Dados provenientes de diversos estudos envolvendo a inclusão de resíduo de cervejaria destacam que os teores de sólidos totais, proteína, gordura e lactose não foram afetados com a inclusão de RUC na dieta (Johnson et al., 1987; Chiou et al., 1998; Firkins et al., 2002; Dhiman et al., 2003; Geron et al., 2010), enquanto outros estudos relatam aumentos nos teores de gordura (Davis et al., 1983; Belibasakis; Tsirgogianni, 1996) e proteína (West et al., 1994). Essa inconsistência nos dados pode estar relacionada a diversos fatores, dentre eles a composição das dietas e tipos de ingredientes substituídos pelo RUC e também a ampla variabilidade da composição do RUC,

visto que existem diversos tipos de cerveja e cada uma delas passa por um processo diferente de produção, levando a RUC com composições variadas (Westendorf et al., 2014).

A utilização de RUC para animais em crescimento ou terminação tem como foco principal a substituição parcial do volumoso da dieta ou de ingredientes onerosos como o milho e o farelo de soja. McCarthy et al. (1990), avaliando a substituição da dieta peletizada a base de alfafa por 35% de RUC na dieta total de cordeiros em crescimento, observaram maior GMD para os animais alimentados com a dieta que continha 35% de RUC em relação à dieta controle. Frasson (2015), também observou aumento linear do GMD à medida em se aumentavam os teores de substituição a silagem de sorgo na dieta de cordeiros em terminação. Por outro lado, Brochier e Carvalho (2009), avaliando cinco níveis de substituição do alimento concentrado por RUC (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) na dieta de cordeiros verificaram efeito linear decrescente no GMD com o aumento da inclusão do RUC.

Com relação à digestibilidade, Cabral Filho et al. (2007) observaram que a inclusão de 33% de resíduo úmido de cervejaria ensilado na dieta de ovinos resultou em melhorias na digestibilidade da MS, em comparação ao feno de tifton em ovinos. O ensaio de digestibilidade realizado por Geron et al. (2008), comprovaram uma melhor eficiência da síntese microbiana através da inclusão de 24% do RUC na dieta de bovinos, no entanto, a digestibilidade dos nutrientes, quando o RUC substitui parte do concentrado da dieta, é reduzida. Silva et al. (2010), substituindo o concentrado pelo RUC, na dieta de cabras ao final da lactação, observaram redução linear na digestibilidade da MS, matéria orgânica (MO) e carboidratos totais (CT). Os autores justificam esse efeito devido a elevada quantidade de PNDR desse coproduto, a qual pode ter prejudicado a manutenção microbiana, uma vez que essa PNDR não está disponível no rúmen e isso, conseqüentemente, acarretou redução da digestibilidade.

Santos et al. (1984) analisaram a degradação de diferentes fontes de proteína no rúmen de vacas em lactação e observaram que as dietas com o RUC apresentaram cerca de 52% de degradação aparente enquanto o farelo de soja apresentou cerca de 70%. A proteína que chegou ao duodeno, originária do resíduo, apresentou digestibilidade intestinal (DI) de 60%. Por outro lado, Silva et al. (2010) comparando a resistência da proteína da soja e do resíduo de cervejaria à degradação ruminal, observaram valores respectivos de proteína não degradável no

rúmen (PNDR) de 24% e 48%, respectivamente. Geron et al. (2007) ao incubarem o farelo de soja e o RUC em método *in vitro* por 16 horas, observaram valores de digestibilidade ruminal *in vitro* da proteína oriunda do farelo de soja superiores à do RUC, sendo 13,3% e 7,8%, respectivamente, devido ao maior teor de PNDR do RUC. A fração indigestível no rúmen, também foi submetida a incubação *in vitro* para avaliar a digestibilidade intestinal *in vitro* da PNDR dos dois ingredientes. A PNDR do farelo de soja, apresentou menor digestibilidade intestinal *in vitro* em comparação ao RUC, com valores de 20,4% e 56,4%, respectivamente. Essa elevada digestibilidade intestinal *in vitro* da PNDR, associado a altos teores de PNDR do RUC o torna uma fonte de PNDR, podendo propiciar uma mudança no perfil de aminoácidos absorvidos no intestino delgado reduzindo perdas de nitrogênio no rúmen.

Cabral Filho et al. (2007), substituindo parcialmente o volumoso (Tifton 85) por RUC na dieta de ovinos canulados no rúmen, observaram redução do pH ruminal; dados estes que corroboram com Jeffrey (1997) e Rogers et al. (1986) que ao substituírem parcial ou totalmente o volumoso na dieta pelo RUC, observaram queda de pH ruminal. Essa queda de pH pode estar relacionada a mudança das características físicas dos alimentos, uma vez que a efetividade dos coprodutos como o RUC é inferior a das forragens (NRC, 2001). Por outro lado, a utilização do RUC como substituto parcial do concentrado da dieta se mostra uma alternativa interessante, promovendo faixas de pH mais elevadas e com pequenas variações (Davis et al., 1983; Chiou et al., 1998; Gilaverte et al. 2011), evidenciando que a FDN presente no RUC é capaz de proporcionar estímulo de mastigação e, conseqüentemente, produção de saliva, tamponando o ambiente ruminal, podendo ser uma alternativa para manter os valores de pH adequados impedindo ou diminuindo a redução do pH ruminal em dietas com alto teor de concentrado, evitando assim distúrbios metabólicos, uma vez que, a queda do pH abaixo de 5,5 pode gerar distúrbios como acidose, diarreia, timpanismo, abscessos hepáticos e laminite (Owens et al., 1998), muitas vezes levando a morte do animal. Além disso, esta redução no pH acarreta redução do consumo de matéria seca (CMS), queda na síntese microbiana, menor aproveitamento da fibra da dieta e, conseqüentemente, prejuízos econômicos.

2.5 Fatores envolvidos no consumo de matéria seca em ruminante

O CMS dos animais ruminantes é complexo, apresentando mecanismos para o seu controle, integrado a vários estímulos. A compreensão dos fatores relacionados ao consumo é de fundamental importância, uma vez que, o consumo do alimento é o fator principal que afeta a quantidade total de nutrientes ingeridos e, conseqüentemente, disponíveis para a manutenção das funções vitais do organismo e para a produção, influenciando diretamente na eficiência do animal (Mertens, 1992). A partir do entendimento dos mecanismos que regulam o consumo, pode-se entender como o organismo reage a determinado alimento e quais são as limitações de uso, auxiliando na formulação de dietas que promovam melhoras no desempenho animal (NRC, 2016).

Segundo Forbes (1999), um dos fatores relacionado ao consumo de pequenas ou grandes quantidades de um determinado alimento está relacionado a uma preferência inata do animal, ou seja, os animais já nascem com preferências e aversões a determinados alimentos (memória metabólica), além disso, podem evitar consumir alimentos, os quais causaram experiências negativas no passado. Segundo Preston e Leeng (1987), além do efeito relativo a experiências anteriores ou inatas ao animal, existem outros fatores que vão acarretar estímulo ou inibição do consumo do alimento, regulando assim o consumo, sendo: demanda por nutrientes; concentração de AGCC no ambiente ruminal; palatabilidade; características físicas e químicas da dieta e ambiente.

Como supracitado, uma série de fatores levam a redução ou aumento do CMS, como as características relacionadas ao animal ou respostas do organismo a determinadas condições, como, por exemplo, balanço energético negativo e balanço energético positivo. As características físicas e químicas da dieta propiciam envios de sinais para a regulação do consumo, sendo elas teores de fibra, tamanho de partícula, teores de FDNfe, digestibilidade da FDN, quantidade e degradabilidade da fonte de amido e fontes proteicas e entre outros fatores (Nascimento et al., 2009). O CMS está relacionado também a capacidade de distensão ruminal, e essa, sobre a degradação dos alimentos (Kd) e o fluxo do conteúdo pelo rúmen-retículo e compartimentos posteriores (omaso, abomaso e intestinos) que seria a chamada taxa de passagem (Kp). A distensão causada pelo volume e peso da digesta é detectada por receptores de tensão e mecanorreceptores que estão presentes na

parede do retículo rúmen, que enviam sinais, informando à saciedade e finalizando o consumo, para que haja tempo necessário para a digestão e/ou redução de tamanho de partícula que permita a passagem pelo orifício retículo-omasal (NRC, 1987). A taxa de esvaziamento do rúmen está correlacionada com a fração fibrosa do alimento, pois é o componente da dieta com maior capacidade de enchimento. Essa fibra é expressa como fibra em detergente neutro (FDN), fração do alimento de digestão lenta ou indigestível, que ocupa espaço no trato digestório dos animais, composta por hemicelulose, celulose e lignina (Van Soest, 1994). A proporção dos componentes da FDN é um dos principais fatores que vai ditar o tempo de retenção no rúmen, fibra com elevada fração indigestível tende a permanecer mais tempo no rúmen apresentando maior limitação ao consumo, isso porque, o que vai ditar o desaparecimento desse material no rúmen é quase que exclusivamente a K_p . Já quando a qualidade da fibra é superior, a K_d tem mais efeito no consumo. Além da qualidade da fibra, outros fatores podem influenciar no consumo como o tamanho da partícula e a gravidade específica no rúmen e, principalmente, a quantidade de FDN e FDN_{fe} na dieta ofertada, influenciando diretamente na velocidade com que o alimento é digerido pelos microrganismos, ou que passa pelo orifício retículo-omasal para liberar espaço no trato gastrintestinal. Sendo assim, os limites de inclusão na dieta diferem-se para diferentes fontes de volumoso (com maior digestibilidade vs. menor digestibilidade e maior tamanho de partícula vs. menor tamanho de partícula). Mertens (1994) observou que o CMS é maximizado quando o consumo de FDN chega a ser de 1,25% do PC e que, acima deste valor, o enchimento ruminal limita o CMS.

O sistema FDN e energia líquida tem como base dois conceitos de regulação de consumo pelos animais: conceito de limitação física, comentado anteriormente, onde animais submetidos a dietas com altos teores de fibra consomem o alimento até a capacidade de “enchimento” e o conceito do controle quimiostático, pelo qual os animais submetidos a dietas ricas em energia, apresentam limitação do consumo voluntário quando atingem suas demandas energéticas. Existindo assim um ponto ótimo de volumoso:concentrado na dieta que propicia o máximo CMS, atendendo aos requerimentos de energia e de FDN, sem que haja excessiva distensão do rúmen-retículo (Figura 1).

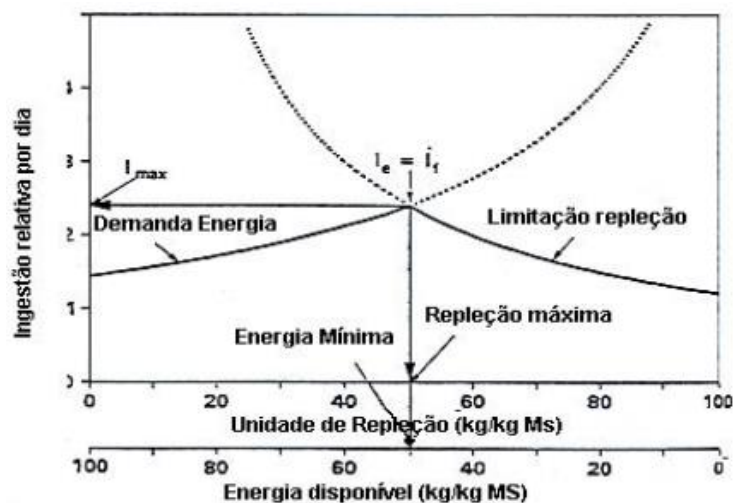


Figura 1. Regulação do consumo quando limitado pela demanda energética ou pela limitação física (Mertens, 1985).

O mecanismo quimiostático está relacionado às características químicas da dieta, tendo reflexo de acordo com um ou mais metabólitos gerados a partir da digestão e fermentação dos mesmos, que são levados a corrente sanguínea. Ou seja, o animal ao consumir uma dieta com elevado teor de amido e baixo volumoso, por exemplo, consome até atingir as quantidades necessárias de energia para suprir a sua exigência, sem precisar preencher o espaço do rúmen-retículo para cessar o consumo. Existem várias teorias de como os metabólitos oriundos da digestão influenciam na regulação do consumo, sendo a teoria da Oxidação Hepática a mais aceita atualmente. Essa teoria se baseia na presença de quimiorreceptorer no fígado responsáveis por enviar sinais ao sistema nervoso central (SNC), os quais levariam à saciedade. Esses sinais ocorrem devido a oxidação de compostos como propionato, aminoácidos, glicerol, lactato e ácidos graxos de cadeia longa, uma vez que esses metabólitos ao serem oxidados no fígado, geram ATP, com conseqüente elevação da concentração de energia, promovendo uma hiperpolarização da membrana, enviando sinais ao SNC, proporcionando assim a saciedade (Allen et al., 2009).

Outro componente da dieta que também está relacionado ao CMS é o teor de proteína. Esse está diretamente relacionado ao sincronismo da fermentação ruminal para a máxima taxa de digestão. É fundamental otimizar o processo de fermentação e para isso os teores de proteína na dieta são fundamentais, porém além do teor da proteína a fonte da mesma também vai ser importante, uma vez que, se fornecer quantidades elevadas de proteína, mas a mesma possuir elevado teor de PNDR, o

sincronismo da fermentação vai ser prejudicado, pois a utilização dessa proteína pelos microrganismos vai estar limitada. A proteína se torna fundamental, pois o fornecimento adequado aos microrganismos, otimiza a fermentação, o que leva ao aumento da digestibilidade no rúmen, liberando espaço para que o animal possa iniciar uma nova refeição. Contudo, em situações em que não há sincronismo, a digestão se torna mais lenta e, conseqüentemente, leva a maior tempo de permanência do alimento no rúmen (Allen, 2000).

A inclusão de elevadas quantidades de amido na dieta (principal carboidrato não fibroso na dieta de ruminantes), leva ao aumento na taxa de digestão ruminal e, conseqüentemente, produção de AGCC (Owens; Goetsch, 1988). Essa inclusão, quando realizada de maneira inadequada, sem adaptação dos microrganismos e do animal, acarreta acúmulo de AGCC no rúmen. Com isso, os quimiorreceptores presentes na parede do rúmen-retículo enviam sinais para que o animal reduza a motilidade do TGI, até que a taxa de produção seja inferior a de absorção (Allen, 1997); além disso, a diminuição no pH causada pelo acúmulo de AGCC afeta diretamente as bactérias celulolíticas, que são sensíveis ao baixo pH, o que leva a redução da sua atividade, reduzindo a digestibilidade dos carboidratos fibrosos (CF).

2.6 Custo de produção

Custo de produção pode ser conceituado como o total de recursos monetários sacrificados, direta ou indiretamente, pela organização para atingir seus objetivos quanto a produção e comercialização de bens ou serviços (Aguiar; Resende, 2013; Bruni; Famá, 2011; Scramim et al, 2021). Bruni e Famá (2011), entretanto, afirmam que a depender do contexto e do objetivo, a análise dessas informações pode ser feita com objetivos distintos e diferenciam a contabilidade financeira, preocupada em atender questões fiscais e tributária, da contabilidade gerencial, focada em subsidiar as tomadas de decisões com informações relevantes do ponto de vista estratégico. Nesse mesmo sentido, Scramim et al. (2021) apresentam o planejamento (decisão de qual ação será tomada), controle (implementação do planejamento com menores desvios possíveis) e a avaliação (medir em que grau os objetivos foram atingidos) como principais propósitos para a análise de custos a nível gerencial.

É importante ressaltar que o produtor rural tem pouca ou nenhuma condição de controlar o preço de compra dos insumos, ou de venda de seus produtos, de modo que o foco na administração das variáveis sob seu controle toma dimensão maior que em outros setores (Aguiar; Resende, 2013; Wedekin, 2017). Deste modo, a busca por eficiência depende do equilíbrio entre os benefícios proporcionados pela tecnologia e seu custo, esse visto de um espectro amplo envolvendo preço dos insumos, preço de venda dos produtos, escala de produção e receitas (Aguiar; Resende, 2013).

Devido à complexidade do assunto, a compreensão da natureza dos custos de produção e da relação com as características operacionais da atividade são cruciais para tomadas de decisões eficientes (Scramim et al, 2021). Silva et al. (2013) alertam que nem todos os custos são efetivamente desembolsados durante um ciclo produtivo e que há comportamentos diferentes diante de alterações operacionais. O autor cita a depreciação e oportunidade do capital como exemplos de custos que não requerem desembolso imediato e que impactam na viabilidade a longo prazo do negócio. Ainda de acordo com Silva et al. (2013), os custos fixos não mantêm relação direta com a quantidade produzida e, dependendo do contexto, são custos inevitáveis. Assim, por referir-se a gastos não influenciados pela escolha de uma opção em detrimento à outra, por manter relação direta com a análise ou serem investimentos irrecuperáveis, alguns custos tornam-se irrelevantes e podem ser isolados em tomadas de decisões específicas (Bruni; Famá, 2011).

Matsunaga et al. (1976) propõem uma metodologia de apuração de custos que estrutura os custos de produção em custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT) e custo total (CT). O COE envolve os custos diretos como, por exemplo, mão de obra contratada, alimentação do rebanho e sanidade, dentre outros desembolsos diretamente ligados à atividade e indica a viabilidade a curto prazo da operação. O COT é resultado da soma do COE à remuneração do proprietário e à depreciação das benfeitorias e equipamento, sugerindo a condição do negócio em repor a capacidade produtiva e de remuneração do proprietário. O CT envolve a soma de todos os custos desembolsáveis e não desembolsáveis da atividade e é obtido somando ao COT os custos de oportunidade da terra e do capital investido e dos bens de capital. O CT indica a viabilidade de longo prazo da atividade (Matsunaga et al. 1976; Martins; Lucena, 2018).

Kinpara (2020) sugere que a análise de sensibilidade deve ser conduzida em

paralelo com a gestão de custos a fim de aferir de forma simples o risco do negócio. Segundo o autor, por esse método, simula-se uma variação no preço de determinado insumo mantendo as demais variáveis constantes e observa-se o impacto causado nos custos de produção. Assim, situações onde a sensibilidade é maior, sugere maiores riscos ao negócio.

Referências

- Aguiar, A.P.A., Resende, J.R., 2013. Pecuária de corte Custos de produção de análise econômica. Renda fácil. 85p.
- Allen, M. S., 1997. Relationship between Fermentation Acid Production in the Rumen and the Requirement for Physically Effective Fiber. *Journal of Dairy Science*, 80, 1447–1462. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76074-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76074-0)
- Allen, M. S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating Dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83, 1598–1624.
- Allen, M. S., Bradford, B. J., Oba, M., 2009. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of Dairy Science*, 87, 3317-3334.
- Belibasakis, N.G., Tsirgogianni, D., 1996. Effects of dried citrus pulp on milk yield, milk composition and blood components of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 60, 87-92. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00927-2](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00927-2)
- Brochier, M.A., Carvalho, S. 2009. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. *Ciência e Agrotecnologia*. 33, 1392-1399. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500028>
- Brochier, M.A.; Carvalho, S., 2008. Consumo, ganho de peso e análise econômica da terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 60(5), 1205-1212. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352008000500024>
- Bruni, A.L., Fama, R., 2011. Gestão de custos e formação de preços. 5ª edição. Editora Atlas. 576p.
- Cabral Filho, S. L. S., Bueno, I. C. S., Abdalla, A. L., 2007. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. *Ciência Animal Brasileira*. 8, 75-73.
- Cavilhão, C., Costa, P. B., Vilela, C. G., Karvatte Júnior, N., Hermes, P. R., Taffarel, L. E. 2013. Avaliação in vivo e características da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria. *Scientia Agraria Paranaensis* 12, 320-330.

- Chiou, P.W.S., Chen, C.R., Chen, K.J., Chen, K., Bi Yo A., 1998. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. *Animal Feed Science and Technology*. 74, 123-134. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(98\)00170-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(98)00170-9)
- Clark, J. H., Murphy, M. R., Crooker, B. A., 1987. Supplying the Protein Needs of Dairy Cattle from By-Product Feeds. *Journal of Dairy Science*. 70, 1092-1109, [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)80116-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)80116-9)
- CNCPS., 2002. Cornell net carbohydrate and protein system. Ithaca: Cornell University. Software, version 5.0.18.
- Cozzi, G., Polan, G.E., 1994. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 77, 825- 834.
- Cruz, I., Pinheiro, L. J., Amorim, S. M., Kuglin, V. B., 2008. Produção de cerveja. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina. 36p.
- Davis, C. L., Grenawalt, D. A., McCoy, G. C., 1983. Feeding value of pressed brewers' grains for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 66, 73–79. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(83\)81755-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(83)81755-X)
- Dhiman T. R., Bingham H. R., Radloff, H. D., 2003. Production Response of Lactating Cows Fed Dried Versus Wet Brewer's Grain in Diets with Similar Dry Matter Content, *Journal of Dairy Science*. 86, 2914-2921. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73888-0](https://10.3168/jds.S0022-0302(03)73888-0)
- Faccenda, A. 2015. Valor nutricional do resíduo seco de cervejaria e sua utilização na alimentação de ruminantes. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Dissertação), Universidade Estadual do Oeste do Paraná. 83p. Disponível em: http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/1565/1/Andressa_Faccenda_2015 Acesso em: Fevereiro 2020
- Firkins J. L., Haratine, D. I., Sylvester, J. T., Eastridge, M. L., 2002. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grain or whole cottonseed to replace forage. *Journal of Dairy Science*, 85, 2662-2668. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74351-8](https://10.3168/jds.S0022-0302(02)74351-8)
- Forbes, J. M., 2003. The multifactorial nature of food intake control. *Journal of animal Science*. 81,139-144.
- Frasson, M.F., 2015. Resíduo úmido de cervejaria em substituição ao alimento volumoso na terminação de cordeiros em confinamento. Dissertação (Mestrado) Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 85p.
- Geron, L. J. V., Zeoula, L. M., Erkel, J. A., Prado, I. N. do., Bublitz, E., Prado, O. P. P. de., 2010. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 32, 69-76. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i1.6990>

- Geron, L.J.V., Zeoula, L.M., Branco, A.F., Erke, J.A., Prado, O. P. do, 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 Science* 29(3), 291-299. <https://10.4025/actascianimsci.v29i3.558>
- Geron, L.J.V., Zeoula, L.M., Erkel, J.A., Prado, I. N. do., Jonker, R. C.; Guimarães, K. C., 2008. Coeficiente de digestibilidade e características ruminais de bovinos alimentados com rações contendo resíduo de cervejaria fermentado. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37, 1685-1695. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000900023>
- Gilaverte, S., Susin, I., Pires, A.V., Fefreira, E. M., Mendes, C. Q., Gentil, R. S., Bihel, M. V., RODRIGUES, G. H., 2011. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 40, 639-647. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000300024>.
- Hoffman, P. C. ; Armentano, L. E., 1988. Comparison of brewers wet and dried grains and soybean meal as supplements for dairy cattle. *Nutr. Rep. Int.*, 38 (3): 655-663
- Hornsey, I. S., 2016. *Encyclopedia of Food and Health*, 1a. ed, Waltham: Elsevier. 345-354. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00057-X>
- IBGE, 2021. Produção de cevada. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/cevada/br> Acesso em: Dezembro 2022.
- Jeffrey, L.F., 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *Journal of Dairy Science*. 80, 1426-1437.
- Johnson, C. O. L. E., Huber, J. T., King, K. J., 1987. Storage and utilization of brewers wet grains in diets for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 70, 98-107. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(87\)79984-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(87)79984-6)
- Junior, A. A. D., Vieira, A. G., Ferreira, T. P., 2009. Processo de produção de cerveja. *Revista Processos Químicos*. 3, 61-71.
- Kinpara, D. I., 2020. Economia para além dos custos: aplicação da análise de sensibilidade para a tomada de decisão agropecuária. *Embrapa Cerrados*. 25p.
- MAPA, 2021. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Dia internacional da cerveja. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-de-lupulo-e-cevada> Acesso em: Dezembro 2022.
- Martins, E.C., Lucena, C. C. de., 2018. Metodologia para determinação dos custos de produção de ovinos de corte. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos. 28 p.

- Matsunaga, M., Bemelmans, P.F., Toledo, P.E.N. De., Dullely, R.D. Okawa, H., Pedroso, I.A., 1976. Metodologia de custo de produção utilizada pelo IEA. Agricultura em SP. 23, 123-139.
- McCarthy, F. D. Norton, S. A., McClure, W. H. Utilization of ensiled wet brewer's grains-corn mixture by growing lambs. Animal Feed Science and Technology, p. 28:29-38, 1990.
- Mega, J. F., Neves, E., Andrade, C. J., 2011. A Produção de Cerveja no Brasil. Revista CITINO. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/hestia-org/revista-citino-edio-1>, Acesso em: 01 fevereiro 2020.
- Mendonça, L. M., Oliveira, V. S., 2012. Utilização do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras aglo nubiana no final de lactação. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6646/1/L%C3%8DCIA_MENDES_MENDON%C3%87A.pdf Acesso em: 08 fevereiro 2020
- Merchen, N., Hanson, T., Klopfenstein, T., 1979. Ruminant bypass of brewers dried grains protein. Journal of Animal Science, 49, 192-198. 10.2527/jas1979.491192x
- Mertens, D. R., 1994. Regulation of forage intake. In: Forage Quality, Evaluation, and Utilization, G. C. Fahey, Jr, M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser, ed., American, Inc. <https://10.2134/1994.foragequality>.
- Mertens, D.R., 1985. Factors influencing feed intake in lactating cows: From theory to application using neutral detergent fiber. Georgia Nutr. Conf. 1.
- Mertens, D.R., 1992. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29, 188-219.
- Munguer, A.; Jans, F., 1997. Ensiled brewer's grains as a protein compound for dairy cows. Agrarforschung, 4, 117-119.
- Mizubuti, I. Y., Ribeiro, E. L. A., Pereira, E. S., Peixoto, E. L. T., Moura, E. S., Prado, O. P. P., Bumbieris Junior, V. H., Silva, L. D. F., Cruz, J. M. C., 2014. Ruminant degradation kinetics of protein foods by in vitro gas production technique. Semina: Ciências Agrárias. 35, 555-566. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p555>
- Nascimento, P.M.L., Farjalla, B., 2009. Consumo voluntário de bovinos-Bovines voluntary intake. RedVet, 10, 10.
- NRC, 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8. ed. Washington: Natl. Acad. Press. 305p.
- NRC, 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle, 7 th ed. National Academic Press, Washington, DC.
- NRC, 1987. Predicting Feed Intake of Food Producing Animals. National Academy Press, Washington, DC.

- Oliveira, M.A.B., 2009. Cerveja: análise sensorial e fabricação. Noryam Editora, Cachoeiro de Itapemirim. 90p.
- Owens, F.N., Goetsch, A.L., 1988. Fermentación ruminal. En: El rumiante, fisiología digestiva y nutrición. C. D. Church (Ed.). Editorial Acribia, S. A.
- Owens, F.N.; Secrist, D.S.; Hill, W.J.; Gull, D.R., 1998. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*. 76, .275-286. <https://10.2527/1998.761275x>
- Pereira, A.F.R., Jisaka, J.S., Brito, A.D.C., Steel, C.J., 2018. Caracterização e aproveitamento de subprodutos da indústria cervejeira. XXVI Congresso de Iniciação Científica Unicamp. 26. <https://10.20396/revpibic26201881>
- Phipps, R.H., Sutton, J.D., Jones, B.A., 1995. Forage mixtures for dairy cows: the effect on dry-matter intake and milk production of incorporating either fermented or urea-treated whole-crop wheat, brewer's grain, fodder beet or maize silage into diets based on grass silage. *Animal Science*, 61, 491- 496.
- Polan, C.E., Herrington, T.A., Wark, W.A., Armentano, L.E., 1985. Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers grains, or soybean meal. *Journal of Dairy Science*. 68, 2016-2026. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81063-8](https://10.3168/jds.S0022-0302(85)81063-8)
- Preston, T.R., Leng, R., 1987. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. Armidale: Penambul Books. 245p
- Rant, A.R., Rant, W, Niznikowski, R., Świstek, M, Szymnska, Z., Ślezak, M; Niemiec, T., 2018. The effect of the addition of wet brewers grain to the diet of lambs on body weight gain, slaughter value and meat quality. *Archives Animal Breeding*. 61, 245–251. <https://doi.org/10.5194/aab-61-245-2018>
- Rogers, J.A., Conrad, H.R., Dehority, B.A., Grubb, J.A., 1986. Microbial numbers, rumen fermentation and nitrogen utilization of steers fed wet or dried brewers' grains. *Journal of Dairy Science*. 69, 745-753. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80463-5](https://10.3168/jds.S0022-0302(86)80463-5)
- Santos, K.A., Stern, M.D., Satter, L.D., 1984. Protein degradation in the rumen and amino acid absorption in the small intestine of lactating dairy cattle fed various protein sources. *Journal Animal Science*, 58, 244-255. <https://10.2527/jas1984.581244x>
- Santos, M.S., Ribeiro, F.M, 2005. Cervejas e Refrigerantes. São Paulo: CETESB.
- Scramim, F.C.L., Batalha, m.o., Nakao, S.H., 2021. Gestão de custos agroindustriais. In: Batalha, M.. *Gestão Agroindustrial*. 4^{ed}. 249-302.
- Senthilkumar, S., Viswanathan, T. V., Mercy, A. D., Gangadevi, P., Ally, K., Shyama, K., 2010. Chemical composition of brewery waste. *Tamilnadu Journal of Veterinary e Animal Sciences*, 6,.49-51.

- Silva, A.P.S.P., Santos, D.V., Kohek JR, I., Machado, G., Hein, H.E.; Vidor, A.C.M.; Corbeellini, L.G., 2013. Ovinocultura do Rio Grande do Sul: descrição do sistema produtivo e dos principais aspectos sanitários e reprodutivos. *Revista Pesquisa Veterinária Brasileira*. Rio de Janeiro, RJ. 33, 1453-1458.
- 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). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700028>
- Souza, L. C., 2013. Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá. 164f.
- Standage, T., 2005. *História do Mundo em 6 copos*. Rio de Janeiro: Zahar. 240p.
- Statista. Global Beer Industry 2022-2026. 2022. Disponível em: https://www.reportlinker.com/market-report/Beer/87/Beer?term=beer%20industry&matchtype=b&loc_interest=&loc_physical=1031712&utm_term=beer%20industry&utm_campaign=transactionnel4&utm_source=google&utm_medium=ppc&hsa_acc=7082072004&hsa_cam=15072279998&hsa_gr129563039909&hsa_ad=563652264884&hsa_src=g&hsa_tgt=kwd-920075405984&hsa_kw=beer%20industry&hsa_mt=b&hsa_net=adwords&hsa_ver=3&gclid=CjwKCAiAkfucBhBBEiwAFjbkr6WIT3IW_R9Z05J8VuXie8KVihPlejdMwuF5MeQxZoc-32pY8bT9YRoCdJwQAvD_BwE. Acesso em: Dezembro 2022
- Stern, M.D., Ziemer, C.J., 1993. Consider value, cost when selecting nonforage fiber. *Feedstuffs*, 62, 14-21.
- Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Lanna, D. P. D.; Boin, C., 2002. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell net carbohydrate and protein system model. *Scientia Agricola*. 59,1-18. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100001>
University Press. 476p.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant* 2.ed. New York: Cornell
- Verde, A.A., Cucolo, M.C., Oliveira, M.L.C.; Cavalieri, F.L.B., Andreatzi, M.A., Emanuelli, I.P., 2018. Destino sustentável de resíduos de cervejaria artesanal: um estudo de caso em uma granja de suínos. *Revista Valore*, v.4 (Edição Especial). 84-93. <https://doi.org/10.22408/rev40201931784-93>
- Wedekin, I., Pinazza, L.A., Lemos, F. K., Vivo, V.M., 2017. *Economia da pecuária de corte: Fundamentos e o ciclo de preços*. 179p.
- West, J.W., Ely, L.O., Martins, S.A., 1994. Wet brewers grains for lactating dairy cows during hot, humid weather. *Journal of Dairy Science*. 77, 196-204 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76942-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76942-3)
- Westendorf, M.L., Wohlt, J.E., 2002. Brewing by-products: their use as animal feeds. *Veterinary Clinical Food Animal*. 18, 33-252. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(02\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(02)00016-6)

Yunker, R. S. ; Winland, S. D. ; Firkins, J. L. ; Hull, B. L., 1998. Effects of replacing forage fiber or nonfiber carbohydrates with dried brewers grains. *J. Dairy Sci.*, 81 (10): 2645-2656.

3 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA SOBRE O CONSUMO E DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E CARACTERÍSTICAS DE FERMENTAÇÃO RUMINAL DE CORDEIROS

Resumo

O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito do resíduo úmido de cervejaria (RUC) como fonte proteica em substituição ao farelo de soja sobre o consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, parâmetros de fermentação ruminal e balanço de nitrogênio. Foram utilizados 5 cordeiros (Dorper x Santa Inês) com peso médio inicial de $48,25 \pm 1,99$ kg e $250,4 \pm 20,3$ dias de idade (média \pm DP), cânulados no rúmen. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5×5 . As dietas experimentais foram compostas de 10% de volumoso (feno de *Coastcross*) e 90% de concentrado. A dieta controle continha 14,6% de farelo de soja (% MS), sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja nas proporções de 25 (25RUC), 50 (50RUC), 75 (75RUC) e 100% (100RUC), resultando em 0; 7,6; 15,1; 22,8 e 30,2% de RUC na MS. O experimento teve duração de 120 dias, sendo divididos em cinco períodos de 24 dias. Todos os dados foram analisados pelo o procedimento MIXED do SAS. Os efeitos da inclusão de RUC nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Não houve efeito de dieta sobre o consumo de MS, MO e PB, entretanto foi observado aumento linear no consumo de FDN ($P < 0,001$), FDA ($P < 0,001$), EE ($P < 0,01$) e redução linear ($P < 0,001$) no consumo de CNF. Houve efeito quadrático sobre a digestibilidade da MS ($P < 0,05$), MO ($P < 0,05$) e PB ($P < 0,01$), com o menor valor observado para a dieta 75RUC e redução linear na digestibilidade do CNF em resposta ao aumento nos teores de RUC. A substituição do farelo de soja pelo RUC aumentou linearmente a proporção molar de acetato ($P < 0,01$), e diminuiu linearmente o propionato ($P < 0,01$), havendo como consequência aumento linear na relação acetato:propionato ($P = 0,04$). Além de promover aumento na proporção molar de isovalerato ($P < 0,05$). O pH ruminal aumentou linearmente ($P < 0,001$) com a inclusão do RUC nas dietas, reduzindo linearmente o tempo de permanência do ambiente ruminal em pH abaixo de 5,5. Embora a excreção de nitrogênio tenha sido maior com a substituição de 75% do farelo de soja por RUC na dieta ($P < 0,05$), não houve efeito ($P > 0,10$) sobre o N retido. Em conclusão, a substituição do farelo de soja por RUC, minimizam o risco de acidose em cordeiros alimentados com dietas de alto concentrado durante a engorda. No entanto a substituição a partir de 75% diminui significativamente a digestibilidade da dieta.

Palavras-chave: Acetato, Coproduto agroindustrial, FDN, pH ruminal, Propionato, Proteína.

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the effect of wet brewery grain (WBG) as a protein source replacing soybean meal on intake and apparent digestibility of nutrients, parameters of rumen fermentation and nitrogen balance. Five lambs (Dorper x Santa Inês) with average initial weight of 48.25 ± 1.99 kg and 250.4 ± 20.3 days of age (mean \pm SD), cannulated in the rumen were used. The experimental design used was the 5 x 5 Latin square. The experimental diets were composed of 10% roughage (Coastcross hay) and 90% concentrate. The control diet contained 14.6% soybean meal (% DM), without inclusion of WBG (0WBG). In the other diets, WBG replaced soybean meal in proportions of 25 (25WBG), 50 (50WBG), 75 (75WBG) and 100% (100WBG), resulting in 0; 7.6; 15.1; 22.8 and 30.2% WBG in MS. The experiment lasted 120 days, divided into five periods of 24 days. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure. The effects of the inclusion of WBG in the diets were evaluated using linear and quadratic orthogonal polynomials. There was no effect of diet on DMI, OMI and CP, however a linear increase was observed in the intake of NDF ($P < 0.001$), ADF ($P < 0.001$), EE ($P < 0.01$) and linear reduction ($P < 0.001$) on NFC intake. There was a quadratic effect on DM ($P < 0.05$), OM ($P < 0.05$) and CP ($P < 0.01$) digestibility, with the lowest value observed for the 75WBG diet and linear reduction in NFC digestibility in response to the increase in WBG levels. The replacement of soybean meal by WBG linearly increased the molar ratio of acetate ($P < 0.01$), and linearly decreased propionate ($P < 0.01$), resulting in a linear increase in the acetate:propionate ratio ($P = 0.04$). In addition to promoting an increase in the molar proportion of isovalerate ($P < 0.05$). Ruminal pH increased linearly ($P < 0.001$) with the inclusion of WBG in the diets, linearly reducing the time spent in the ruminal environment at pH below 5.5. Although nitrogen excretion was greater with 75% replacement of soybean meal by WBG in the diet ($P < 0.05$), there was no effect ($P > 0.10$) on retained N. In conclusion, replacing soybean meal with WBG minimizes the risk of acidosis in lambs fed high-concentrate diets during fattening. However, the replacement from 75% significantly decreases the digestibility of the diet

Keywords: Acetate, Agroindustrial Co-product, NDF, Ruminal pH, Propionate, Protein.

3.1 Introdução

Visando reduzir os custos da criação ovina, produtores têm buscado utilizar coprodutos da indústria como alternativas a ingredientes tradicionais com elevada demanda e preços elevados, como é o caso do farelo de soja, principal ingrediente proteico utilizado em dietas de diversos tipos de criação no Brasil. Soma-se a isso o fato do farelo de soja ser uma “commodity”, com volume expressivo de exportação, no ano de 2021 foram exportados 17,15 milhões de toneladas de farelo de soja, já no ano de 2022 esse volume aumentou ainda mais, com 17,75 milhões de toneladas sendo exportados entre os meses de janeiro e outubro de 2022 (CONAB, 2022).

O principal coproduto da indústria cervejeira é o resíduo úmido de cervejaria (RUC). A indústria cervejeira no Brasil produziu no ano de 2021 cerca de 14,3 bilhões de litros de cerveja (MAPA, 2022), com isso somente no Brasil estima-se que sejam gerados em torno de 4,2 bilhões de quilos por ano de RUC. Além da grande disponibilidade, não há sazonalidade de produção de RUC, então, trata-se de um coproduto produzido em larga escala ao longo do ano, sendo necessária uma destinação correta para redução dos riscos ao meio ambiente.

O RUC possui em sua composição de 18 a 31% de PB, 6,5 a 10,1% de EE, 59,65% de FDN, com uma fração elevada de PNDR, cerca de 65% da PB, considerando uma K_p de 5%/hora, sendo a PNDR de boa qualidade (Geron et al., 2007). A maior concentração de PNDR do RUC em relação ao farelo de soja pode ser vantajosa, uma vez que diminui a quebra da proteína dietética no rúmen reduzindo as concentrações de NH_3 ruminal (Faccenda et al., 2018) e conseqüentemente o gasto energético proveniente do ciclo da ureia (Kozloski, 2019). Outro ponto importante é o elevado teor de FDN do RUC, havendo possibilidade de servir como fonte de fibra em dietas com alto teor de concentrado, com o intuito de aumentar o pH ruminal (Gilaverte et al., 2011).

Atualmente, o RUC é um coproduto utilizado em propriedades próximas a indústria, no entanto, a utilização como substituto ao farelo de soja para ovinos é feita sem recomendações científicas, uma vez que são escassos na literatura estudos que avaliaram o RUC como fonte proteica na dieta de ovinos, além disso, os trabalhos existentes (Brochier; Carvalho, 2008; Frasson et al., 2018; Gonçalves et al., 2019) apresentam dados de desempenho, havendo pouca informação a respeito da digestibilidade dos nutrientes, características de fermentação ruminal e eficiência de uso do nitrogênio, especialmente quando utilizado como fonte proteica em dietas com alto teor de concentrado para cordeiros.

Com isso, o presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da substituição parcial ou total do farelo de soja por RUC em dietas de alto teor de concentrado sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e características de fermentação ruminal em cordeiros confinados.

3.2 Material e Métodos

O estudo foi conduzido nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de

Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba - SP (22° 42' 24”S e 47° 37' 53” O), Brasil. O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo nº 8577080822.

3.2.1 Animais, instalações e delineamento experimental

Foram utilizados 5 cordeiros mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de aproximadamente $48,25 \pm 2,0$ kg e $250,4 \pm 20,3$ dias de vida, canulados no rúmen. Um mês antes do início do experimento, os animais foram preparados cirurgicamente para colocação das cânulas. Após a cicatrização, foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes e urina. As gaiolas foram alocadas em ambiente coberto, ao abrigo da luz solar direta e chuva. Os animais foram distribuídos em quadrado latino 5 x 5. O experimento teve duração de 120 dias, sendo divididos em cinco períodos de 24 dias, dos quais 6 dias foram destinados a adaptação em escada ao resíduo úmido de cervejaria, iniciando a oferta pela dieta 25% e a cada 2 dias aumentando o teor do resíduo a dieta, até os animais receberem suas respectivas rações experimentais, 12 dias foram destinados à adaptação dos animais às rações experimentais, cinco dias para mensuração do CMS, colheita de fezes e urina, e um dia para colheita de conteúdo ruminal.

3.2.2 Manejo alimentar e coleta de dados

As dietas experimentais foram compostas de 10% de volumoso (feno de *Coastcross*) e 90% de concentrado. A dieta controle continha 14,6% de farelo de soja na MS da dieta, sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja na proporção de 25 (25RUC), 50 (50RUC), 75 (75RUC) e 100% (100RUC) da concentração original do farelo de soja, resultando em 0; 7,6; 15,1; 22,8 ou 30,2% de RUC na MS da dieta.

O RUC ofertado, foi armazenado em sacos plásticos transparentes retirando o ar com auxílio de um aspirador de pó (1800W Philco Easy Clean Turbo), sendo lacrados e cobertos com lona de polietileno de baixa densidade preta, com 200 micra, ao abrigo da luz solar e outras intempéries. As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações do “National Research Council” - NRC (2007). A

proporção dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 2.

A composição química do resíduo úmido de cervejaria, do farelo de soja e do milho moído utilizados nas dietas experimentais apresentam-se na Tabela 3.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

Item	Dietas ¹				
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC
Ingredientes					
Feno de <i>Coastcross</i>	10	10	10	10	10
Milho moído	71,3	67,2	63,3	59,2	55,4
Farelo de soja	14,6	11,0	7,3	3,7	0
RUC	0	7,6	15,1	22,8	30,2
Calcário	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Cloreto de amônio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Mistura mineral ²	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ureia	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60
Monensina sódica, mg/kg de MS ³	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25
Composição química (%)					
Matéria seca	89,9	79,8	60,5	52,2	46,1
Proteína bruta	18,6	18,4	18,4	18,2	18,2
Fibra em detergente neutro	18,4	22,0	25,2	28,3	31,4
Extrato etéreo	4,6	4,6	5,1	5,5	6,0
Cinzas	6,6	6,2	6,4	6,3	5,9
Carboidrato não fibroso	51,8	48,8	44,9	41,7	38,5
FDN _{fe} >4mm ⁴	1,49	3,72	6,36	7,36	9,24
NIDN, % da PB ⁵	10,66	14,31	17,27	20,29	22,48
NIDA, % da PB ⁶	5,69	6,44	7,19	7,81	8,44

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7,0% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

⁴FDN_{fe} = Fibra fisicamente efetiva.

⁵NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro.

⁶NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Tabela 3. Composição química do resíduo úmido de cervejaria, farelo de soja e milho moído presentes nas dietas experimentais (% da MS).

Item ³	Ingrediente ¹		
	RUC ± DP ²	FS ± DP	Milho moído ± DP
Matéria seca	21,99 ± 0,17	89,2 ± 0,07	88,4 ± 0,10
Proteína Bruta	26,53 ± 3,00	53,9 ± 0,40	10,11 ± 0,60
Fibra em detergente neutro	54,01 ± 0,24	13,6 ± 0,20	10,54 ± 0,50
Extrato etéreo	11,53 ± 0,05	2,5 ± 0,14	4,59 ± 0,02
Cinzas	2,99 ± 0,10	5,85 ± 0,06	1,5 ± 0,04
FDN _{fe} >4mm	11,79 ± 0,09	0,03 ± 0,01	-
CNF	4,94 ± 3,0	24,15 ± 0,08	74,58 ± 0,35
NIDN, % da PB	33,44	4,01	-
NIDA, % da PB	10,04	2,18	-

¹RUC = Resíduo úmido de cervejaria; FS = Farelo de soja.

²DP = Desvio padrão (n=3).

³FDN_{fe} = Fibra fisicamente efetiva; CNF = Carboidrato não fibroso; NIDN = Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA = Nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

O feno de *Coastcross* foi picado em um triturador (Nogueira® DPM – 4, Itapira, Brasil) com peneira com crivos de 10 mm. Em seguida, os ingredientes foram misturados utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). Sendo apenas o RUC misturado aos demais ingredientes no momento do fornecimento.

Todos os dias do período experimental as dietas foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 1 g e ofertadas *ad libitum*, a quantidade oferecida foi ajustada com base no consumo do dia anterior, não sendo permitido sobras superiores a 10% da quantidade ofertada. Do 19º ao 23º dia de cada período experimental, as sobras foram pesadas para a obtenção do consumo de matéria seca (CMS) por animal. No mesmo horário, diariamente, as fezes e a urina foram quantificadas. Amostras de 10% da dieta ofertada, das sobras, das fezes e da urina foram colhidas, compostas por animal e posteriormente armazenadas a -18 °C.

Amostras do fluido ruminal foram colhidas no 24º dia de cada período. Os horários de colheita foram determinados com base no fornecimento das dietas experimentais. A hora zero corresponde ao momento antes do fornecimento das dietas, sendo as demais colheitas realizadas 4, 8, 12, 16, 20 e 24 horas após o fornecimento da ração. Uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada

animal foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de nylon, obtendo-se, aproximadamente 200 ml de fluido ruminal filtrado, que em seguida, foi utilizado para a mensuração imediata do pH em pHmetro digital (DIGIMED® DM20).

Após a determinação do pH, foram retiradas 2 alíquotas de 25 ml do fluido ruminal imediatamente armazenadas em frascos plásticos e congeladas a -20° C para análise de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

3.2.3 Análises laboratoriais e cálculos

As amostras dos ingredientes, das dietas ofertadas, das sobras e das fezes, após o descongelamento, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas para determinação da matéria seca à 55°C. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) provido de peneiras de crivos de 1,0 mm e analisadas para determinação da matéria seca (MS) por meio da secagem das amostras em estufa a 105°C por 24 h (AOAC, 1990; #934.01), a matéria mineral (MM) foi obtida através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 h (AOAC, 1990; #942.5).

A concentração de N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac® N (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA; AOAC, 1990 #968.06). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido multiplicando-se o teor de N total da amostra por 6,25. A determinação da fração fibrosa foi realizada de forma sequencial, utilizando alfa-amilase termoestável e sulfito de sódio para análise de fibra em detergente neutro (FDN), de acordo com metodologia proposta por Van Soest et al. (1991), em um aparelho Ankom A2000 (ANKOM Tech. Corp., Macedon, NY) e a fibra em detergente ácido (FDA) também foi obtida por meio da lavagem das amostras com solução ácida em um aparelho Ankom A2000 (ANKOM Tech Corp., Macedon, NY). O extrato etéreo (EE) foi definido por meio do aparelho Ankon XT15 extractor (ANKOM Tech Corp., Macedon, NY). (AOAC, 1990; #920.39).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) estimados de acordo com a equação:

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

Para determinação dos AGCC; 1,6 ml de fluido ruminal adicionado com 0,4 ml de solução 3:1 de ácido metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 ml de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados (Sorvall Superspeed RC2-B, Newton, CT, EUA) por 15 minutos a 4°C. Após a centrifugação 1,2 ml de cada amostra foi transferida para *vials* cromatográficos. Do extrato obtido foi injetado 1 µL em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (19091F-112; 25 m; 0,320 mm; 0,50 µm; J & W Agilent Technologies). A injeção foi realizada de maneira automática, o gás de arraste foi o H₂, mantido em um fluxo de 31,35 ml/min. A temperatura do injetor e do detector foi de 260°C. O tempo total da corrida cromatográfica foi de 16,5 minutos (min) dividido em três rampas de aquecimento, como segue: 80°C (1 min), 120°C (20 °C/min; 3 min), 205°C (10 °C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de N-NH₃ foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em leitor de microplacas (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm.

3.2.4 Análise estatística

Os dados de fermentação ruminal foram analisados como medidas repetidas no tempo usando o procedimento MIXED do SAS (1999), de acordo com o modelo estatístico que segue: $Y = \mu + A_i + D_j + P_k + E_{ijk} + H_i + (DH)_{ji} + E_{ijkl}$, sendo: μ = média geral; A_i = efeito aleatório de animal; D_j = efeito fixo de dieta; P_k = efeito aleatório de período; H_i = efeito fixo de hora após alimentação; $(DH)_{ji}$ = efeito fixo da interação entre dieta e horas após alimentação; E_{ijkl} = erro residual. A aproximação de Kenward-Roger foi usada para determinar o denominador dos graus de liberdade para o teste de efeitos fixos. As médias dos tratamentos foram obtidas através do comando LSMEANS. A matriz de covariância foi definida de acordo com o menor valor obtido para o Akaike Information Criterion Corrected (AICC). A medida repetida no tempo foi determinada pelos dados colhidos ao longo das horas, e o subject da análise foi determinada como animal (tratamento período).

Os dados de consumo e digestibilidade dos nutrientes foram analisados de acordo com o modelo estatístico que segue: $Y = \mu + A_i + D_j + P_k + E_{ijk}$, sendo: μ =

média geral; A_i = efeito aleatório de animal; D_j = efeito fixo de dieta; P_k = efeito aleatório de período; E_{ijk} = erro residual .

Os efeitos foram declarados significativos quando $P < 0,05$.

3.3 Resultados

3.3.1 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

A substituição do farelo de soja pelo RUC não afetou o consumo de MS e MO, entretanto resultou em aumento no consumo de FDN ($P < 0,001$), FDA ($P < 0,001$), EE ($P < 0,01$) e redução linear ($P < 0,001$) no consumo de CNF (Tabela 4).

Houve efeito quadrático sobre a digestibilidade da MS ($P < 0,05$), MO ($P < 0,05$) e PB ($P < 0,01$) com o menor valor apresentado na dieta 75RUC, com redução linear na digestibilidade do CNF em resposta ao aumento nos teores do RUC em substituição ao farelo de soja por RUC. Não ocorreu efeito de dieta sobre a digestibilidade da FDN, FDA e EE (Tabela 4).

Tabela 4. Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes em cordeiros alimentados com teores crescentes de substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria.

Item ⁴	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³	
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q
Consumo, kg/d								
MS	1,13	1,16	1,24	1,21	1,14	0,09	0,74	0,15
MO	1,06	1,09	1,17	1,14	1,07	0,09	0,66	0,13
FDN	0,22	0,27	0,31	0,37	0,36	<0,05	<0,001	0,18
FDA	0,09	0,11	0,12	0,15	0,14	0,01	<0,001	0,08
PB	0,22	0,21	0,23	0,22	0,22	<0,05	0,98	0,59
EE	0,05	0,06	0,07	0,07	0,07	0,01	<0,01	0,45
CNF	0,57	0,55	0,56	0,48	0,52	<0,05	<0,01	0,06
Digestibilidade aparente, %								
MS	83,67	80,99	78,09	75,04	75,17	1,61	<0,001	<0,05
MO	85,61	82,85	80,45	76,99	77,21	1,63	<0,001	<0,05
FDN	57,47	55,38	51,67	51,63	50,76	4,32	0,28	0,70
FDA	55,71	59,00	47,21	46,94	43,77	6,51	0,09	0,95
PB	83,74	82,22	81,68	79,87	82,95	1,80	0,06	<0,01
EE	86,48	88,49	89,51	86,87	90,47	1,63	0,22	0,94
CNF	97,46	95,61	95,96	91,57	94,63	1,11	<0,05	0,26

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média; ³ L = Linear; Q = Quadrático; ⁴MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo CNF: carboidrato não fibroso.

3.3.2 Fermentação ruminal

Não houve efeito de interação entre dieta experimental e hora de coleta para nenhuma das características de fermentação ruminal avaliadas. As proporções molares de acetato e propionato sofreram influência dos teores de substituição do farelo de soja pelo RUC, com aumento linear na proporção molar de acetato ($P < 0,01$), redução linear na proporção de propionato ($P < 0,01$) e conseqüentemente aumento linear na relação acetato:propionato ($P < 0,05$) com o aumento nos teores de RUC na dieta. Além de promover aumento na proporção molar de isovalerato ($P < 0,05$). Por outro lado, não houve efeito das dietas experimentais sobre a proporção molar de butirato, isobutirato, valerato, relação entre cetogênicos e glicogênicos ((acet+but)/prop.) e para concentração total de AGCC (Tabela 5).

O pH ruminal aumentou linearmente ($P < 0,001$) com os teores crescentes de RUC, em contra partida a área de pH abaixo de 5,5 reduziu linearmente. Houve efeito de hora de coleta para os valores de pH. Por sua vez, a concentração de amônia ruminal não foi afetada pelas dietas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros de fermentação ruminal de cordeiros alimentados com teores crescentes de substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³	
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q
Proporção molar, mM/100mM								
Acetato	51,52	52,10	51,11	57,81	57,47	2,38	<0,01	0,29
Propionato	35,33	33,89	35,61	28,13	26,82	3,32	<0,01	0,28
Isobutirato	0,58	0,65	0,86	0,78	0,72	0,10	0,12	0,10
Butirato	9,31	9,66	8,99	10,90	11,99	1,47	0,07	0,33
Isovalerato	0,91	1,02	1,36	1,61	1,42	0,19	0,01	0,34
Valerato	1,73	1,45	1,81	1,22	1,29	0,2	0,06	0,72
Ac:prop	1,69	1,77	1,61	1,92	2,24	0,24	<0,05	0,23
(Ac+But)/Prop	2,05	2,12	1,84	2,43	2,72	0,33	0,05	0,24
Total, mM	66,55	60,78	63,71	64,48	51,33	7,06	0,17	0,47
Amônia, mg/dL	16,15	15,53	14,88	15,73	16,05	1,07	0,99	0,38
pH ruminal médio	5,68	5,81	5,92	6,05	6,17	0,08	<0,001	0,97
pH ruminal máximo	6,36	6,62	6,85	6,67	6,66	0,12	0,05	0,03
pH ruminal mínimo	5,11	5,28	5,28	5,57	5,62	0,11	<0,01	0,89
Área de pH < 5,5 (uni. pH × h/d)	59,45	56,07	36,64	10,77	4,58	13,92	<0,01	0,81

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média;

³L = Linear; Q = Quadrático;

3.3.3 Balanço de nitrogênio

Houve efeito de dieta experimental apenas para excreção de N fecal (g/dia), apresentando efeito quadrático ($P < 0,05$), cujas maiores excreções foram observadas para a dieta 75RUC. Contudo, não houve efeito das dietas experimentais sobre as demais variáveis relacionadas ao balanço de nitrogênio (Tabela 6).

Tabela 6. Balanço de nitrogênio de cordeiros alimentados com teores crescente de substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria.

Item ⁴	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³	
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q
N ingerido, g/d	35,44	33,72	37,49	35,10	34,68	3,24	0,98	0,60
N fecal, g/d	5,91	6,04	6,79	6,99	6,04	0,95	0,14	<0,05
N urina, g/d	9,83	9,84	10,98	9,69	9,14	1,12	0,59	0,32
N absorvido, g/d	29,52	27,68	30,71	28,16	28,64	2,58	0,79	0,88
N retido, g/d	19,69	17,84	19,64	18,63	19,50	2,08	0,91	0,57
N retido, % N absorvido	66,55	63,86	63,48	66,65	67,68	3,49	0,54	0,28
N retido, % N ingerido	55,86	52,86	51,79	53,23	56,11	3,59	0,90	0,10

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média;

³L = Linear; Q = Quadrático;

⁴N= Nitrogênio.

3.4 Discussão

3.4.1 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

A ausência de efeito sobre o CMS das dietas experimentais está de acordo com o indicado por Mertens (1994), onde o CFDN a partir de 1,25% do PC promove limitação física do CMS, uma vez que embora o CFDN tenha aumentado a medida em que o RUC substituiu o farelo de soja, o CFDN não superou 1,25% do PC em nenhuma das dietas, sendo de 0,39%, 0,47%, 0,56%, 0,65% e 0,63% para as dietas 0RUC, 25RUC, 50RUC, 75RUC e 100RUC, respectivamente.

Com a ausência de efeito das dietas sobre o CMS e CMO, é possível dizer que as diferenças no consumo de EE, FDN, FDA e CNF foram relacionadas à composição das dietas experimentais (Tabela 2). A inclusão do RUC substituiu não somente o farelo de soja como também substituiu parcialmente o milho moído nas dietas. Os teores de EE, FDN e FDA do RUC são superiores aos do farelo de soja e do milho moído, com isso o consumo de EE, FDN e FDA aumentaram ($P < 0,01$) e o de CNF diminuiu de forma linear ($P < 0,01$) em resposta aos teores crescentes de RUC nas dietas (Tabela 2).

As alterações na composição química das dietas (Tabela 2) com a substituição de farelo de soja e milho moído por RUC também são a principal explicação para as maiores digestibilidades de MS, MO e PB em favor das dietas contendo mais farelo de soja e milho moído. A inclusão do RUC substituindo parte do milho moído e do farelo de soja resultou em dieta com maior teor de FDN e menor teor de CNF. Considerando que a FDN tem menor digestibilidade em relação ao CNF, a inclusão de RUC diminuiu a digestibilidade total da MS. De acordo com Russel et al. (1992) se a taxa de degradação for lenta, como ocorre com o RUC, sua digestibilidade pode ser reduzida, com maior escape de nutrientes para o intestino delgado e, conseqüentemente, menor aproveitamento desses nutrientes. Corroborando com os dados do presente estudo, Faccenda et al. (2018) substituindo o farelo de soja e milho parcialmente na dieta de bovinos por grão seco de cervejaria com a inclusão de até 20% MS na dieta, observaram redução na digestibilidade da MS e MO e nenhum efeito sobre a digestibilidade do EE, FDN e FDA.

Durante o processo de mosturação para a fabricação de cerveja, a maior parte do CNF e parte da proteína solúvel são removidos do grão (Briggs, 2004),

resultando em baixo valor de CNF no RUC (4,94%; Tabela 3), valor inferior ao CNF do farelo de soja (24,15%; Tabela 3) e do milho (74,58%; Tabela 3). Além disso, devido à solubilização de proteínas solúveis durante esse processo de mosturação do grão de cevada, o RUC torna-se rico em PNDR (Steiner et al., 2011), sendo essa proteína menos digestível no trato gastrointestinal total, com maiores teores de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (Tabela 3). Assim, essa menor disponibilidade de CNF e proteína digestível no RUC em relação ao farelo de soja e milho moído pode explicar a redução na digestibilidade aparente da MS, MO, PB e NFC encontrada no presente estudo quando o farelo de soja e o milho foram substituídos por RUC nas dietas experimentais.

3.4.2 Fermentação ruminal

Os dados do presente estudo demonstram que ao aumentar a substituição do farelo de soja e parcialmente a do milho moído por RUC, o pH ruminal e a proporção molar de acetato aumentaram linearmente (Tabela 5), já a proporção do propionato reduziu, aumentando a relação acetato:propionato (Tabela 5). Segundo Owens e Goetsch (1988), dietas ricas em carboidratos fibrosos (CF) como celulose e hemicelulose, beneficiam a atividade de bactérias fibrolíticas, as quais geram em grande quantidade como produto final da fermentação o acetato (C2). Contudo, dietas ricas em CNF beneficiam o desenvolvimento de bactérias amilolíticas, as quais produzem o propionato como principal produto de fermentação (Bevans et al., 2005), reduzindo assim a relação acetato:propionato. Gilaverte et al. (2011), corroboram com os resultados encontrados no presente estudo, ao incluírem o RUC em substituição parcial ao milho observaram aumento da relação acetato/propionato e aumento nos valores de pH ruminal. Então, no presente experimento, os maiores valores de pH, o menor tempo de permanência em pH abaixo de 5,5, o aumento na concentração de acetato e a diminuição na proporção de propionato podem ser explicados pela diminuição na disponibilidade de CNF e aumento dos CF nas dietas contendo maior inclusão de RUC.

O aumento linear do pH a medida em que se inclui o RUC nas dietas também pode ser atribuído ao maior teor de FDN_{fe} das dietas contendo RUC (Tabela 2), teor da FDN que apresenta efeito a ruminação. Vale lembrar que a saliva possui papel

fundamental no tamponamento do rúmen (Mc Dougall, 1948), explicando a menor tempo de permanência do ambiente ruminal dos animais alimentados com RUC em pH abaixo de 5,5 ao longo do dia. Mostrando que dietas contendo RUC podem garantir maior saúde ruminal e serem mais seguras, evitando distúrbios metabólicos em relação a dieta 0RUC, a qual proporcionou ao ambiente ruminal maior tempo de permanência em pH abaixo de 5,5.

O aumento da inclusão do RUC substituindo o farelo de soja acarretou no aumento da proporção molar do isovalerato. O isovalerato é um AGCR sintetizado a partir da deaminação oxidativa do aminoácido leucina no rúmen (Annison, 1954). O farelo de soja apresenta menor teor de leucina em sua composição em relação ao RUC (17,2% e 20%, respectivamente) (Santos, 2006), o que poderia ter proporcionado maior disponibilidade deste aminoácido para a síntese deste AGCR.

No presente estudo, para correção do balanço de nitrogênio ruminal, o teor de ureia das dietas foi gradativamente aumentado conforme o farelo de soja foi substituído pelo RUC, o que explica a ausência de efeito das dietas sobre a concentração de amônia no rúmen.

3.4.3 Balanço de nitrogênio

A maior excreção de N através das fezes, agravada com a substituição do farelo de soja por RUC a partir de 75%, pode ser explicada pela menor digestibilidade aparente da proteína (Firkins e Reynolds, 2005), que pode ser atribuída à maior fração PNDR, bem como aos maiores teores de NIDN e NIDA no RUC em relação ao farelo de soja (Tabela 3), o que acarretou aumento no NIDN e NIDA das dietas experimentais à medida em que se aumentou a substituição do farelo de soja pelo RUC (Tabela 2).

3.5 Conclusão

A substituição do farelo de soja por RUC a partir de 75% reduz expressivamente a digestibilidade da MS, MO, PB e CNF, acarretando maior excreção de nitrogênio fecal.

No entanto, a inclusão de RUC em dietas contendo alto teor de concentrado mantém o pH ruminal em patamares mais elevados e minimiza os riscos de acidose em cordeiros alimentados com dietas contendo elevado teor de concentrado.

Referências

- Anniston, E.F., 1954. Some observation on volatile fatty acids in the sheep's rumen. *Biochemical Journal*, Colchester, 7, 400-405.
- Armentano, L.E., Herrington, T.A., Polan, C.E., Moe, A.J., Herbein, J.H., Umstadt, P., 1986. Ruminal degradation of dried brewers grains, and soybean meal. *Journal of Dairy Science*, 69, 2124-2133.
- AOAC, 1990. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington. 1117p.
- Bevans, D.W., Beauchemin, K.A., Schwartzkopf-Genswein, K.S, McKinnon, J.J., McAllister, T.A., 2005. Effect of rapid or gradual adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, Champaign. 83, 1116-1132.
- Briggs, D.E., Brookes, P.A., Stevens, R., Boulton, C. A., 2004. *Brewing: Science and Practice*. 2a ed. Boca Raton: Woodhead Publisher Limited and CRC Press LLC. 881p.
- Brochier, M.A., Carvalho, S., 2009. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. *Ciência e Agrotecnologia*, 33, 1392-1399. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500028>
- Brochier, M.A.; Carvalho, S., 2008. Consumo, ganho de peso e análise econômica da terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 60(5), 1205-1212. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352008000500024>
- Chaney, A.L.; Marbach, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical chemistry*, 8, 130-132.
- CONAB, 2022. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4838-exportacoes-de-oleo-e-farelo-de-soja-registram-recorde-entre-janeiro-e-outubro>. Acesso em: dezembro 2022.
- Faccenda, A., Zambom, M.A., Avila, A.S., Fernandes, T., Stum, M.M., Garcias, J., Tinini, R.C.R., Dias, A.L.G., 2018. Dried brewers' grain as a replacement for soybean meal on nutrient digestibility and rumen parameters of cattle. *South Afr. Soc. Anim. Sci.* 48, 1093–1098. <https://doi.org/10.4314/sajas.v48i6.12>.

- Frasson, M.F., Carvalho, S.C., Jaurena, M.G., Menegon, A.M., Severo, M.M., Motta, J.H., Teixeira, W.S., 2018. Intake and performance of lambs finished in feedlot with wet brewer's grains. *Journal of Animal Science and Technology*. 60, 1-5. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0166-8>
- Firkins, J.L., Reynolds, C.K., 2005. Whole animal nitrogen balance in cattle: nitrogen and phosphorus nutrition of cattle and environment. Wallingford: CAB International. 262p. <https://doi.org/10.1079/9780851990132.016>
- Geron, L.J.V., Zeoula, L.M., Branco, A.F., Erke, J.A., Prado, O.P., do, Jacobi, G., 2007. Characterization, protein fractioning, dry matter, and crude protein rumen degradability and in vitro digestibility of wet and fermented brewer's grain. *Acta Sci. Anim. Sci.* 29, 291–299. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i3.558>
- Gilaverte, S., Susin, I., Pires, A.V., Ferreira, E.M., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Biehl, M.V., Rodrigues, G.H., 2011. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 639-647, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000300024>.
- Gonçalves, A.G.C.M., Pimentel, P.G., Gomes, S.P., Moreira, G. R., Feitosa, M. S., Araújo, M.S., Soares, L.S., Cardoso, S.C., Barroso, M.R.C., 2019. Comportamento ingestivo de cordeiros Santa Inês alimentados com resíduo de cervejaria desifratado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 71. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10298>
- Kozloski, G.V., 2019. *Bioquímica dos ruminantes*. Santa Maria: UFSM, 216p.
- MAPA, 2022. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sumário Executivo, Complexo Soja. Secretaria de Política Agrícola. 15p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/sumarios-executivos-de-produtos-agricolas/soja-pdf> Acesso em: dezembro 2022.
- McDougall, E.I., 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemic Journal*. 43, 99-108.
- Mertens, D. R., 1994. Regulation of forage intake. In: *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, G. C. Fahey, Jr, M. Collins, D. R. Mertens, and L. E. Moser, ed., American, Inc. <https://10.2134/1994.foragequality>.
- NRC, 2007. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of small ruminants. 2007, 362p.
- Owens, F.N., Goetsch, A.L., 1988. Ruminal fermentation. In: Church, D.C., 1988. *The ruminant animal digestive physiology and metabolism*. New Jersey: Prentice Hall.145-171.
- Russell, B. J., O'connor, J. D., Fox, D. G., Van Soest, P. J., Sniffen, C. J., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: ruminal fermentation. *Journal of Animal Science*, 70, 3551-3581. <https://doi.org/10.2527/1992.70113551x>

SAS, I.I., 1999. Statistical analysis system.

Santos, J.E.P., 2006. Metabolismo de proteína. IN: Berchielle, T.T., Pires, A.V., Oliveira, A. S.G. de., 2006. Nutrição de Ruminantes. Jaboticabal: Funep. 583p.

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), 3583-3597.

4 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CERVEJARIA NA DIETA DE CORDEIROS EM TERMINAÇÃO

Resumo

O objetivo deste experimento foi avaliar o uso do resíduo úmido de cervejaria (RUC) como fonte proteica em substituição ao farelo de soja na dieta de cordeiros em terminação. Quarenta e cinco cordeiros (Dorper × Santa Inês) com peso médio inicial de $23,68 \pm 0,18$ kg e $73,46 \pm 7,27$ dias de idade (média \pm DP) foram distribuídos em delineamento experimental em blocos completos casualizados (5 tratamentos e 9 repetições). As dietas experimentais foram compostas de 10% de volumoso (feno de *Coastcross*) e 90% de concentrado. A dieta controle continha 14,6% de farelo de soja (% MS), sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja nas proporções de 25 (25RUC), 50 (50RUC), 75 (75RUC) e 100% (100RUC), resultando em 0; 7,6; 15,1; 22,8 e 30,2% de RUC na MS da dieta. O experimento teve duração de 90 dias, dividido em 4 períodos experimentais, o primeiro período foi de 6 dias para adaptação dos animais, na sequência foram realizados 3 períodos de 28 dias cada, para avaliação do CMS, GMD, EA e comportamento ingestivo. Ao final do experimento os animais foram abatidos com jejum de sólidos de 16 horas para a avaliação das características de carcaça. Os dados obtidos no presente estudo foram utilizados, juntamente com os gastos com ração, compra do cordeiro magro, sanidade e mão de obra direta cotados na região de Piracicaba - SP, para avaliar o impacto das dietas experimentais sobre o custo operacional efetivo (COE) e resultado operacional. Todos os dados foram analisados pelo o procedimento MIXED do SAS. Os efeitos da inclusão de RUC nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Houve interação ($P < 0,05$) entre dietas e períodos experimentais para o CMS (kg/dia) (Tabela 3). O CMS (kg/d) apresentou resposta quadrática ($P < 0,001$), com maior consumo apresentado pelos animais da dieta 25RUC. A substituição do farelo de soja por RUC não alterou a EA e PC. Houve tendência ao efeito quadrático para o GMD ($P = 0,07$), com os maiores ganhos apresentados pelos animais consumindo a dieta 25RUC. O tempo despendido com ruminção em min/d apresentou aumento linear ($P < 0,001$) com a inclusão do RUC. O tempo gasto com mastigação em min/d ($P < 0,01$) aumentou linearmente, o que consequentemente reduziu linearmente o tempo em ócio ($P < 0,01$). A substituição de 75 e 100% do farelo de soja por RUC reduziu o COE, já a substituição de 25, 50 e 100% aumentou o resultado operacional e a margem bruta. A substituição total levou ao menor risco de redução da rentabilidade com a alteração dos preços do farelo de soja e do RUC. Em conclusão, a substituição parcial e total do farelo de soja pelo RUC em dietas com alto concentrado não alteram a EA, e nem os parâmetros de carcaça e isso associado ao decréscimo do preço da ração, proporcionam aumento no resultado operacional do sistema de confinamento, sendo viável a curto prazo, se apresentando, portanto, como uma alternativa de ingrediente proteico para engorda de cordeiros em confinamento, podendo reduzir o impacto ambiental oriundo da indústria cervejeira.

Palavras-chave: Carcaça, Comportamento ingestivo, Coproduto Agroindustrial, Custo operacional efetivo, Proteína.

Abstract

The objective of this experiment was to evaluate the use of wet brewery grain (WBG) as a protein source to replace soybean meal in the diet of finishing lambs. Forty-five lambs (Dorper × Santa Inês) with average initial weight of 23.68 ± 0.18 kg and 73.46 ± 7.27 days of age (mean \pm SD) were distributed in an experimental design in complete randomized blocks. (5 treatments and 9 repetitions). The experimental diets were composed of 10% roughage (Coastcross hay) and 90% concentrate. The control diet contained 14.6% soybean meal (% DM), without the inclusion of WBG (0WBG). In the other diets, WBG replaced soybean meal in proportions of 25 (25WBG), 50 (50WBG), 75 (75WBG) and 100% (100WBG), caused by 0; 7.6; 15.1; 22.8 and 30.2% WBG in dietary DM. The experiment lasted 90 days, divided into 4 experimental periods, the first period was 6 days for the animals to adapt, then 3 periods of 28 days each were performed to evaluate DMI, ADG, FE and ingestive behavior. At the end of the experiment, the animals were slaughtered with a 16-hour solid fast for the evaluation of carcass characteristics. The data obtained in the present study were used, together with expenses with feed, purchase of lean lamb, health and direct labor quoted in the region of Piracicaba - SP, to evaluate the impact of experimental diets on the effective operating cost (EOC) and operating result. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure. The effects of the inclusion of WBG in the diets were evaluated using linear and quadratic orthogonal polynomials. There was interaction ($P < 0.05$) between diets and experimental periods for DMI (kg/day) (Table 3). The DMI (kg/d) showed a quadratic response ($P < 0.001$), with higher intake shown by animals on the 25WBG diet. The replacement of soybean meal by WBG did not change FE and body weight (BW). However, there was a tendency of a quadratic effect for ADG ($P = 0.07$), with the greatest gains for animals consuming the 25WBG diet. The time spent ruminating in min/d showed a linear increase ($P < 0.001$) with the inclusion of WBG. The time spent chewing in min/d ($P < 0.01$) linearly increased, which consequently linearly reduced the idle time ($P < 0.01$). The replacement of 75 and 100% of soybean meal by WBG reduced the EOC, whereas the replacement of 25, 50 and 100% increased the operating result and gross margin. Total replacement led to the lowest risk of reduced profitability with changes in soybean meal and WBG prices. In conclusion, the partial and total replacement of soybean meal by WBG in diets with high concentrate does not change the FE, nor do the carcass parameters and this associated with the decrease in the price of the feed, provide an increase in the operational result of the confinement system, making it feasible to short term, presenting itself, therefore, as an alternative protein ingredient for fattening lambs in confinement, which can reduce the environmental impact arising from the brewing industry.

Keywords: Agroindustrial Co-product, Carcass, Effective operating cost, Ingestive behavior, Protein.

4.1 Introdução

Na ovinocultura, a alimentação apresenta-se como fator crucial para a viabilidade e sustentabilidade da atividade, principalmente quando se trata de animais confinados (Oliveira et al., 2002). Dentre os componentes da dieta dos animais, o principal ingrediente proteico é o farelo de soja, sendo este ingrediente de alto custo, devido ao grande volume de exportação, que tem apresentado aumento nos últimos anos (CONAB, 2022). Isso tem aumentado a demanda por fontes proteicas alternativas que possam vir a reduzir a utilização ou substituir o farelo de soja nas dietas de animais confinados.

A indústria gera resíduos nobres, dentre eles o resíduo úmido de cervejaria (RUC) destaca-se pelo seu alto valor nutricional e volume de produção. Somente no Brasil são gerados, atualmente, 14,3 bilhões de litros de cerveja (MAPA, 2022), sendo o RUC o principal coproduto dessa produção, representando 85% de todos os coprodutos da indústria cervejeira (Reinold, 1997). O RUC, é considerado um coproduto com alto teor de proteína, com valores em torno de 18 a 31% de PB, além de apresentar teores consideráveis de lipídios (6,5 a 11% de EE) e alto teor de FDN (Tedeschi et al., 2002; Valadares Filho et al., 2006; Brochier; Carvalho, 2009; Gilaverte et al., 2011; Souza, 2013; Faccenda, 2017; Pereira et al., 2018; Rant et al., 2018).

A utilização do RUC na alimentação de ovinos tem como principal objetivo a substituição dos ingredientes volumosos ou como suplemento proteico para animais a pasto (Firkins, 2002, Figueiredo et al., 2012; Souza, 2013; Mallmann et al, 2014; Frasson et al., 2016; Frasson et al., 2018; Manzoni, 2019). O RUC também foi estudado como substituto ao concentrado total da dieta (Bochier; Carvalho, 2009; Silva et al., 2010). Como substituto ao farelo de soja, existem pouquíssimos relatos na literatura, sendo encontrado alguns estudos com vacas leiteiras (Taffarel; Souza, 2014; Imaizumi et al., 2015; Faccenda et al, 2017), cabras leiteiras (Mendonça, 2012) e cordeiros na fase de terminação (Brochier; Carvalho, 2008; Brochier; Carvalho, 2009; Gonçalves et al., 2019). No entanto, na literatura são escassos os estudos que avaliaram a utilização do RUC como substituto do farelo de soja em dietas com alto teor de concentrado na alimentação de ovinos. Nesse sentido, a utilização de RUC na ovinocultura de corte tem grande potencial, pois pode levar à

diminuição nos custos de produção e nos impactos ambientais negativos da indústria cervejeira.

Nossa primeira hipótese foi que a substituição parcial ou total do farelo de soja por RUC, em dietas isoproteicas, poderia manter o desempenho de cordeiros terminados em confinamento. A segunda hipótese foi que a utilização do RUC reduziria os custos com a alimentação de cordeiros em terminação, sendo mais uma opção ao produtor para ampliar a lucratividades em sistemas de produção de cordeiros confinados. Então, o presente estudo teve como objetivo avaliar a substituição do farelo de soja pelo RUC em dietas com alta proporção de concentrado sobre o consumo, desempenho, parâmetros de carcaça, comportamento ingestivo, custo operacional efetivo e análise de sensibilidade. A partir dos resultados será possível determinar a viabilidade ou não da substituição do farelo de soja por RUC na alimentação de cordeiros em terminação.

4.2 Materiais e Métodos

O estudo foi conduzido nos meses de janeiro a março de 2022, nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba - SP (22° 42' 24”S e 47° 37' 53” O), Brasil. O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo nº 8577080822.

4.2.1 Animais, instalações e delineamento experimental

Foram utilizados quarenta e cinco cordeiros mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $23,68 \pm 0,18$ kg e $73,46 \pm 7,27$ dias de vida (média \pm DP). Os animais foram confinados em baias individuais (*Tie stall*), ao abrigo de chuva e luz solar direta, com piso ripado e dimensões de 0,5 m x 1,2 m, contendo cocho para alimentação e bebedouro. Todos os animais antes do início do experimento foram everminados com 1,0% moxidectin (Cydectin, Fort Dodge Animal Health, Campinas, São Paulo, Brazil) na dosagem de 1 mL/50 kg de PC e receberam 0,5 mL de vitamina ADE (Vallée Injectable ADE, Montes Claros, Minas Gerais, Brasil), o cálculo

da dosagem foi realizado baseado no peso médio dos animais utilizados no experimento.

Os cordeiros foram distribuídos em blocos completos casualizados, com 5 tratamentos e 9 repetições. Os blocos foram definidos de acordo com o peso, grau sanguíneo e a idade dos cordeiros no início do experimento. O experimento teve duração de 90 dias, divididos em 4 períodos, o primeiro período teve duração de 6 dias para adaptação dos animais às dietas experimentais, os demais períodos tiveram duração de 28 dias cada.

4.2.2 Manejo alimentar e coleta de dados

As dietas experimentais foram compostas de 10% de volumoso (Feno de *Coastcross*) e 90% de concentrado. A dieta controle continha 14,6% de farelo de soja na MS, sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja nas proporções de 25 (25RUC), 50 (50RUC), 75 (75RUC) e 100% (100RUC), resultando em 0, 7,6, 15,1, 22,8 ou 30,2% de RUC na dieta.

O RUC ofertado, foi armazenado em sacos plásticos transparentes retirando o ar com auxílio de um aspirador de pó (1800W Philco Easy Clean Turbo), sendo lacrados e cobertos com lona de polietileno de baixa densidade preta, com 200 micra, ao abrigo da luz solar e outras intempéries. As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações do “National Research Council” - NRC (2007). A proporção dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 7.

A composição química do resíduo úmido de cervejaria, do farelo de soja e do milho moído utilizados nas dietas experimentais encontram-se na Tabela 8.

Tabela 7. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

Item	Dietas ¹				
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC
Ingredientes					
Feno de <i>Coastcross</i>	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Milho moído	71,3	67,2	63,3	59,2	55,4
Farelo de soja	14,6	11,0	7,3	3,7	0,0
RUC	0,0	7,6	15,1	22,8	30,2
Calcário	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Cloreto de amônio	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Mistura mineral ²	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Ureia	0,30	0,40	0,45	0,50	0,60
Monensina, mg/kg de MS ³	6,25	6,25	6,25	6,25	6,25
Composição química (%)					
Matéria seca	89,9	79,8	60,5	52,2	46,1
Proteína bruta	18,6	18,4	18,4	18,2	18,2
Fibra em detergente neutro	18,4	22,0	25,2	28,3	31,4
Extrato etéreo	4,6	4,6	5,1	5,5	6,0
Cinzas	6,6	6,2	6,4	6,3	5,9
Carboidrato não fibroso	51,8	48,8	44,9	41,7	38,5
FDN _{fe} >4mm ⁴	1,5	3,7	6,4	7,4	9,2
EM ⁵ , Mcal/kg de MS	2,87	2,82	2,77	2,73	2,68
Tamanho de Partículas, %⁶					
<4,0mm	91,05	76,47	58,27	50,11	44,90
4,0 a 8,0 mm	7,81	20,69	37,30	44,03	48,16
8,0 a 19,0 mm	1,14	2,84	4,44	5,86	6,94
>19,0 mm	0	0	0	0	0

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7,0% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

⁴FDN_{fe} = Fibra fisicamente efetiva.⁵EM = Energia metabolizável, estimada usando o *Small Ruminant Nutrition System*, v. 1.8.6 (Cannas et al., 2004). ⁶Tamanho de partículas foram analisados por meio do uso do Penn State Particle Separator (PSPS) conforme Heinrichs e Kononoff (2002).

Tabela 8. Composição química do resíduo úmido de cervejaria, farelo de soja e milho moído presentes nas dietas experimentais (% da MS)

Item ³	Ingrediente ¹		
	RUC ± DP ²	FS ± DP	Milho moído ± DP
Matéria seca	21,99 ± 0,17	89,2 ± 0,07	88,4 ± 0,10
Proteína Bruta	26,53 ± 3,00	53,9 ± 0,40	10,11 ± 0,60
Fibra em detergente neutro	54,01 ± 0,24	13,6 ± 0,20	10,54 ± 0,50
Extrato etéreo	11,53 ± 0,05	2,5 ± 0,14	4,59 ± 0,02
Cinzas	2,99 ± 0,10	5,85 ± 0,06	1,5 ± 0,04
FDN _{fe} >4mm ³	11,79 ± 0,09	0,03 ± 0,01	-
CNF	4,94 ± 3,0	24,15 ± 0,08	74,58 ± 0,35

¹RUC = Resíduo úmido de cervejaria; FS = Farelo de soja.

²DP = Desvio padrão (n=3).

³FDN_{fe} = Fibra fisicamente efetiva; CNF = Carboidrato não fibroso.

O feno de *Coastcross* foi picado em um triturador (Nogueira® DPM – 4, Itapira, Brasil) com peneira com crivos de 10 mm. Em seguida, os ingredientes foram misturados utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). Sendo apenas o RUC misturado aos demais ingredientes no momento do fornecimento.

Todos os dias do período experimental as dietas foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 1 g e ofertadas *ad libitum*, a quantidade oferecida foi ajustada com base no consumo do dia anterior, não sendo permitido sobras superiores a 10% da quantidade ofertada.

As sobras eram retiradas diariamente, para a obtenção do CMS, amostradas (10%), compostas por tratamento e armazenadas a -18°C. A cada partida de ração uma amostra de cada dieta e dos ingredientes foi colhida e armazenada a -18°C para posterior análises.

O ganho de peso médio diário (GMD) dos animais foi acompanhado por meio de pesagens realizadas ao final dos períodos experimentais, nos dias 0, 6, 34, 62 e 90 após jejum de sólidos de 16 horas. A partir dos dados de CMS e GMD foi realizado o cálculo da eficiência alimentar (EA; EA = kg de GMD/kg de CMS).

4.2.3 Comportamento ingestivo

O comportamento ingestivo dos cordeiros foi avaliado durante 24 horas no final de cada período experimental, com observações realizadas a cada 5 minutos. Um observador, devidamente treinado, foi utilizado para realizar as observações em turnos de 3 horas. O tempo despendido com ruminção, ingestão, mastigação, ócio e ingestão de água foi avaliado em minutos por dia (min/d). Para obtenção do tempo despendido em cada atividade (expresso em min/d) foi realizado um cálculo, multiplicando o número de observações por 5. O tempo total de mastigação foi obtido somando os tempos de ruminção e ingestão (Weidner; Grant, 1994).

4.2.4 Abate dos animais e medidas de carcaça

Os animais foram abatidos dois dias depois do término do experimento, sendo que dois animais não foram abatidos (um animal do tratamento 0RUC e em do tratamento 25RUC). O abate ocorreu após jejum de sólidos (16 horas) em frigorífico com Sistema de Inspeção Federal seguindo as normas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para abate humanitário de animais.

Após o jejum de sólidos e imediatamente antes do abate, os cordeiros foram pesados para obtenção do peso ao abate (PA). Após o abate e evisceração, as carcaças quentes foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ) e em seguida armazenadas em câmara de refrigeração a 4°C por 24 horas, após esse tempo as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça fria (PCF). O rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF) e perda por resfriamento (PR) foram calculados como segue:

$$RCQ = (PCQ/PA) \times 100;$$

$$RCF = (PCF/PA) \times 100;$$

$$PR = [(PCQ-PCF)/PCQ] \times 100.$$

Após a refrigeração e a pesagem das carcaças frias, as carcaças foram seccionadas de forma transversal entre as 12^o e 13^o costelas. Em ambos os lados

das carcaças foram medidas a espessura de gordura subcutânea (EGS) e a espessura de parede corporal (EPC) utilizando-se um paquímetro digital (Battery, modelo SR44) graduado em mm. Em seguida, a face exposta do músculo *Longissimus lumborum* foi desenhada em papel vegetal para obtenção da área de olho de lombo (AOL) (Cézar; Souza, 2010). A partir dos valores obtidos do lado direito e esquerdo da carcaça, foi calculada a média aritmética da EGS, EPC e AOL por carcaça.

4.2.5 Análises laboratoriais e cálculos

As amostras dos ingredientes, das dietas ofertadas e das sobras foram compostas por período. Após o descongelamento, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas para determinação da matéria seca à 55 °C. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) provido de peneiras de crivos de 1,0 mm e analisadas para determinação da matéria seca (MS) por meio da secagem das amostras em estufa a 105°C por 24 h (AOAC, 1990; #934.01) e matéria mineral (MM) através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 h (AOAC, 1990; #942.5). A concentração de N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac® N (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA; AOAC, 1990 #968.06). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido multiplicando-se o teor de N total da amostra por 6,25. Para determinar a fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foi utilizado o analisador de fibra Ankom 2000 (AnkomTech. Corp., Macedon, NY). A FDN foi determinada de acordo com Van Soest et al. (1991), com adição de sulfito de sódio e α -amilase termoestável, e FDA de acordo com Goering e Van Soest (1970).

O extrato etéreo (EE) foi definido por meio do aparelho Ankon XT15 extractor (ANKOM Tech Corp., Macedon, NY) (AOAC, 1990; # 920.39).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com a equação: $CNF (\%) = 100\% - (\% FDN + \% PB + \% EE + \% MM)$.

Utilizando Penn State Particle Separator (PSPS), obteve-se os valores utilizados para o cálculo da FDN fisicamente efetiva (FDN_{fe}), calculada multiplicando a porcentagem de partículas retidas nas peneiras acima de 4mm pela concentração de FDN da amostra (Mertens, 1997). Os tamanhos de partículas foram analisados por meio do uso do PSPS conforme Heinrichs e Kononoff (2002).

4.2.6 Custo operacional efetivo e análise de sensibilidade

Foram construídas planilhas eletrônicas alimentadas com dados e resultados (composição das dietas, desempenho dos animais, consumo e peso das carcaças frias) dos experimentos. Foram realizadas cotações com fornecedores e abatedouros da região de Piracicaba - SP para determinar os preços dos componentes das dietas, insumos sanitários, cordeiro magro e do cordeiro para abate durante o mês de novembro de 2022. O valor dos ingredientes da dieta foi calculado considerando o frete para entrega do produto no local do experimento (Tabela 9) e os valores de compra do cordeiro magro e de venda do cordeiro terminado, não envolvendo os custos com transporte para o frigorífico.

O custo operacional efetivo (COE) individual de cada dieta experimental foi calculado como a soma dos gastos com a compra do cordeiro para o confinamento, sanidade, mão de obra direta (Tabela 10) e consumo médio de cada ração experimental (Matsunaga, 1976), segundo a fórmula: $COE_x = Ccm_x + CS_x + MOD_x + CALim_x$

Onde:

COE_x = Custo operacional da dieta

Ccm_x = Custo de compra de cordeiro magro da dieta x

CS_x = Custo do protocolo sanitário da dieta x

MOD_x = Custo da mão de obra direta

$CALim_x$ = Custo da alimentação da dieta x

O custo de compra do cordeiro magro foi calculado multiplicando-se o peso médio dos animais de cada dieta experimental no início do experimento pelo preço do quilo do cordeiro magro, segundo a equação: $Ccm_x = PI_x * PC$

Onde:

PI_x = Peso vivo médio inicial dos cordeiros na dieta x.

PC = Preço de compra do cordeiro magro com base no peso vivo.

Os custos com sanidade foram calculados pela somatória dos custos de todos os insumos utilizados no protocolo sanitário do confinamento ao início do período experimental (Tabela 10), conforme a equação: $CS_x = \sum_i (CIS_i * DIS_i)$.

Onde:

CS_x = Custos da sanidade na dieta x

CIS_i = Custo do insumo sanitário i.

DIS_i = Dose do insumo sanitário i.

O custo da mão de obra direta foi obtido considerando o emprego de um funcionário com dedicação exclusiva ao confinamento, recebendo um salário líquido de R\$1.212,00 (valor do salário-mínimo vigente no período do experimento), 25,20% de encargos trabalhistas e sociais, 30 dias de férias e o 13º salário, esses dois últimos rateados nos 12 meses do ano. Com esses valores, calculou-se o salário bruto e o custo diário por animal da mão de obra direta considerando um confinamento com capacidade estática de 500 animais. Assim, o valor da mão de obra direta para cada dieta representou o custo diário por animal da mão de obra multiplicado pela duração do experimento (90 dias), conforme a fórmula: $MOD = MOD_d * 90$

Onde:

MOD = Custo da mão de obra direta

MOD_d = Custo diário por animal da mão de obra direta

$MOD_d = ((SB_r/500)/30)$

$SB_r = SLiq + (SLiq * Cont) + (2 * (SLiq/12))$

SB_r = Salário bruto

$SLiq$ = Salário líquido

$Cont$ = Contribuições sociais e trabalhistas (25,20%)

Considerando o consumo e a composição de cada dieta experimental e o preço de cada ingrediente, ambos com base na MS, foi calculado o custo da alimentação para cada dieta, conforme as equações: $CAlim_x = CMS_x * PUnit_x$, Onde:

$CAlim_x$ = Custo de alimentação da dieta x

CMS_x = Consumo da dieta x em kg de matéria seca

$PUnit_x$ = Preço unitário da dieta x expresso em R\$/kg de MS

$PUnit_x = \sum_{xy} (QIng_{xy} * PMSIng_y)$

$QIng_{xy}$ = Participação do ingrediente y na formulação da dieta x em kg de matéria seca

$PMSIng_y$ = Preço do ingrediente y com base na MS

$PMSIng_y = PIng_y / MS_y$

$PIng_y$ = Preço do ingrediente y em matéria natural

MS_y = Teor de matéria seca do ingrediente y

O resultado operacional foi calculado para avaliar a viabilidade das dietas experimentais e para servir de parâmetro de comparação entre elas. O resultado operacional foi calculado da seguinte forma: $ROp_x = RT_x - COE_x$

Onde:

ROp_x = Resultado operacional da dieta x

COE_x = Custo operacional efetivo da dieta x

RT_x = Receita bruta individual da dieta x

$RT_x = PCF_x * PC$

PCF_x = Peso médio das carcaças frias da dieta x

PC = Preço de venda dos animais terminados com base no peso da carcaça fria.

Com base no resultado operacional, determinou-se a margem bruta percentual como sendo: $MB_x (\%) = (ROp_x / COE_x) * 100$

Determinou-se também, o custo da alimentação por quilo de peso vivo produzido no confinamento e o COE por quilo de carcaça vendida, seguindo as fórmulas: $CAlimPC_x = CAlim_x / (PF_x - PI_x)$.

Onde:

$CAlim_x$ = Custo de alimentação da dieta x

PF_x = Peso médio final dos animais da dieta x

PI_x = Peso médio inicial dos animais da dieta x

Já COE_{carc} foi calculado: $COE_{carc_x} = COE_x / PCF_x$

Onde:

COE_{carc_x} = Custo operacional efetivo por quilo de carcaça

PCF_x = Peso médio das carcaças frias da dieta x

Tabela 9. Custo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Ingrediente	Valor (R\$/kg Mn) ¹	MS (%)	Valor (R\$/kg MS)
Feno de <i>Coastcross</i>	1,60	90,00	1,78
Milho moído	1,60	88,00	1,82
Farelo de Soja	3,10	88,70	3,49
RUC	0,41	21,99	1,86
Ureia	4,85	99,00	4,90
Cloreto de amônio	8,90	100,00	8,90
Calcário	0,50	100,00	0,50
Mistura mineral ²	4,20	98,00	4,29
Monensina sódica ³	67,58	100,00	67,58

¹Preço dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais obtidos na região de Piracicaba, São Paulo – BR, no ano de 2022.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7,0% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

Tabela 10. Composição do custo operacional efetivo individual.

Descrição ¹	Valor
Cordeiro magro (R\$/kg de PC)	11,53
Cordeiro gordo (R\$/kg de carcaça)	29,00
Protocolo sanitário (R\$/animal)	1,82
Mão de obra (R\$/animal/dia)	0,11

¹ PC = Peso corporal.

Foram feitas análises de sensibilidade do custo, COE e resultado operacional para as diferentes dietas experimentais quanto à variação dos preços do farelo de soja e RUC. Para tanto, aplicou-se uma variação de 1,0% nos preços do farelo de soja e do RUC individualmente e, em terceira simulação, nos dois ao mesmo tempo seguindo o pressuposto de *ceteris paribus* (mantendo as demais variáveis constantes), de modo que os novos resultados representam exclusivamente as oscilações nos preços dos insumos analisados (Kinpara, 2020). Com isso, foi

possível avaliar o impacto da substituição do farelo de soja por RUC sobre o risco ao confinamento, uma vez que quanto maior a sensibilidade do custo à variação do preço de um insumo, maior o risco da atividade.

4.2.7 Análise estatística

Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do t de student. Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (1999), o desempenho e comportamento ingestivo de acordo com o modelo estatístico que segue: $Y = \mu + B_i + D_j + E_{ij} + P_k + (DP)_{jk} + E_{ijk}$, sendo: μ = média geral; B_i = efeito aleatório de bloco; D_j = efeito fixo de dieta; E_{ij} = erro residual A; P_k = efeito fixo de período; $(DP)_{jk}$ = efeito fixo da interação entre as dietas e os períodos experimentais; E_{ijk} = erro residual B. A aproximação de Kenward-Roger foi usada para determinar o denominador dos graus de liberdade para o teste de efeitos fixos. As médias das dietas experimentais foram obtidas através do comando LSMEANS. A matriz de covariância foi definida de acordo com o menor valor obtido para o Akaiques Information Criterion Corrected (AICC). A medida repetida no tempo foi determinada pelos dados colhidos ao longo dos períodos experimentais, e o “subject” da análise foi determinada como animal (dieta experimental).

Os parâmetros de carcaça de acordo com o modelo estatístico que segue: $Y = \mu + B_i + D_j + E_{ij}$, sendo: μ = média geral; B_i = efeito aleatório de bloco; D_j = efeito fixo de dieta experimental; E_{ij} = erro residual. As médias de cada dieta experimental foram obtidas utilizando o comando LSMEANS.

Os efeitos dos teores de RUC nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Os efeitos de período e interação dieta x período foram definidos pelo teste F da análise de variância. Os efeitos foram declarados significativos quando $P < 0,05$.

4.3 Resultados

4.3.1 Desempenho

O desempenho dos cordeiros foi avaliado ao longo dos quatro períodos experimentais. Houve interação entre dieta e períodos experimentais para o CMS e consumo de FDN (CFND) (kg/d) (Tabela 11).

Com o desdobramento das interações, observou-se que o CMS apresentou resposta quadrática em todos os períodos experimentais (1, 2, 3 e 4; $P < 0,05$) (Tabela 15).

O CFND apresentou resposta quadrática no primeiro e segundo período ($P < 0,01$) as dietas experimentais, no entanto, no terceiro e quarto período houve um aumento linear do CFND em kg/dia ($P < 0,001$) (Tabela 11).

Para os dados de PC, GMD e EA não houve interação entre as dietas e os períodos experimentais (Tabela 12). Houve tendência ao efeito quadrático para GMD ($P = 0,07$) em resposta aos teores crescentes de RUC, indicando maior GMD para os animais alimentados com a dieta 25RUC. A EA dos animais não foi afetada pelas dietas experimentais. Quanto ao PC no final de cada período experimental houve efeito das dietas experimentais apenas no período 2, em que se observou efeito quadrático (d 34; $P < 0,05$), cujos animais com maior PC foram os alimentados com a dieta 50RUC. Contudo, houve tendência de efeito quadrático no PC dos animais no final do terceiro período (d 62; $P = 0,10$) e no final do experimento (d 90; $P = 0,06$), sendo superior para os animais alimentados com a dieta 25RUC (Tabela 12).

Tabela 11. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no consumo de matéria seca e FDN de cordeiros em terminação (kg/dia).

Item ⁴	Diets ¹					EPM ²	Valor de P ³			
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q	P	D×P
Consumo										
kg de MS/dia	1,01	1,10	1,09	0,98	0,88	0,04	0,001	<0,001	<0,001	<0,05
d1 - d6 (Adaptação)	0,77	0,89	0,80	0,75	0,64	0,05	<0,01	<0,05	-	-
d7 - d34	1,02	1,10	1,09	0,89	0,81	0,05	<0,001	<0,01	-	-
d35 - d62	1,10	1,21	1,17	1,02	0,94	0,04	<0,001	<0,01	-	-
d63 - d90	1,18	1,38	1,31	1,26	1,13	0,05	0,20	<0,01	-	-
kg de FDN/dia	0,22	0,36	0,45	0,52	0,57	0,02	<0,001	<0,01	<0,001	<0,001
d1 - d6 (Adaptação)	0,17	0,20	0,24	0,26	0,22	0,02	<0,01	<0,01	-	-
d7 - d34	0,22	0,37	0,48	0,50	0,57	0,02	<0,001	<0,01	-	-
d35 - d62	0,25	0,42	0,49	0,60	0,68	0,02	<0,001	0,10	-	-
d63 - d90	0,26	0,46	0,58	0,73	0,81	0,03	<0,001	0,05	-	-

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = Efeito quadrático; P = Efeito de período; D × P = efeito de interação entre dietas e os períodos experimentais.

⁴MS = Matéria seca; PC = Peso vivo; FDN = Fibra em detergente neutro.

Tabela 12. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no desempenho de cordeiros em terminação (GMD e EA).

Item ⁴	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³			
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q	P	D×P
Peso corporal, kg										
Inicial	23,72	23,77	23,60	23,91	23,49	1,26	0,71	0,65	-	-
d6 (Adaptação)	25,14	25,27	25,28	25,23	24,34	1,35	0,23	0,20	-	-
d34	33,36	34,22	34,38	32,69	32,01	1,42	<0,05	<0,05	-	-
d62	39,81	42,79	40,60	39,66	38,58	1,62	0,11	0,10	-	-
d90	45,61	50,19	47,58	46,13	44,71	1,86	0,23	0,06	-	-
GMD, g	252,9	275,4	267,6	241,7	223,4	14,65	0,05	0,07	<0,001	0,52
EA, ganho:consumo	0,24	0,25	0,25	0,25	0,26	0,02	0,43	0,83	<0,001	0,68

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = Efeito quadrático; P = Efeito de período; D × P = efeito de interação entre as dietas e os períodos experimentais.

⁴GMD = Ganho médio diário; EA = Eficiência alimentar.

4.3.2 Parâmetros de carcaça

Não houve efeito das dietas experimentais sobre os parâmetros de carcaça (Tabela 13).

Tabela 13. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria nos parâmetros de carcaça de cordeiros em terminação.

Item ⁴	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³	
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q
PCA, kg	47,39	50,04	47,58	46,99	46,98	1,91	0,43	0,54
PCQ, kg	24,75	26,21	25,29	23,65	24,04	1,12	0,20	0,43
RCQ, %	52,59	52,42	53,01	51,16	51,41	0,74	0,16	0,59
PCF, kg	24,05	25,61	24,50	23,08	23,52	1,11	0,23	0,47
RCF, %	51,01	51,14	51,35	49,90	50,25	0,71	0,24	0,65
PR, %	2,90	2,30	3,12	2,44	2,18	0,36	0,30	0,56
EGS, mm	4,93	5,19	4,92	4,96	4,98	0,42	0,92	0,92
EPC, mm	24,93	26,32	24,73	24,39	24,13	1,42	0,45	0,71
AOL, cm	16,98	18,55	18,36	18,25	18,20	0,94	0,46	0,34

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = Efeito quadrático; P = Efeito de período; D x P = efeito de interação entre as dietas e os períodos experimentais.

⁴PCA = Peso corporal ao abate; PCQ = Peso de carcaça quente; PCF = Peso de carcaça fria; RCQ = Rendimento de carcaça quente; RCF = Rendimento de carcaça fria; EGS = Espessura de gordura subcutânea; EPC = Espessura de parede corporal; AOL = Área de olho de lombo.

4.3.3 Comportamento ingestivo

O tempo de ruminação e mastigação em min/d aumentou linearmente ($P < 0,001$ e $P < 0,01$, respectivamente) a medida em que se incluía RUC na dieta (Tabela 14).

O tempo de ingestão de água não sofreu efeito com a substituição do farelo de soja pelo RUC (Tabela 14).

O tempo em ócio reduziu linearmente ($P < 0,01$) com o aumento da inclusão de RUC a dieta experimental (Tabela 14).

Tabela 14. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria sobre o comportamento ingestivo de cordeiros.

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³			
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC		L	Q	P	D×P
Alimentação, min/dia	208,3	206,3	200,0	209,8	205,8	14,05	0,98	0,82	0,24	0,59
Ruminação, min/dia	409,0	446,7	456,1	503,2	513,8	22,50	0,001	0,84	<0,001	0,21
Mastigação, min/dia	616,7	652,6	669,2	713,0	720,2	27,60	<0,01	0,77	<0,001	0,60
Água, min/d	7,82	10,53	8,33	8,27	7,45	1,33	0,47	0,32	0,08	0,70
Ócio, min/d	814,1	776,3	762,2	717,0	711,3	28,6	<0,01	0,76	<0,001	0,59

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC;

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = Efeito quadrático; P = Efeito de período; D × P = efeito de interação entre as dietas e os períodos experimentais.

4.3.4 Custo operacional efetivo e análise de sensibilidade

O ingrediente que proporcionou maior gasto nas dietas experimentais foi o milho, que teve sua inclusão na dieta diminuída à medida que a inclusão de RUC aumentou. O custo com milho moído passou de R\$ 1,295/kg de MS na dieta contendo apenas farelo de soja como ingrediente proteico (0RUC) para R\$1,007/kg de MS na dieta com 100% de substituição do farelo de soja pelo RUC (100RUC). Os custos com o farelo de soja reduziram a medida em que se aumentou os teores de RUC, por sua vez os custos com RUC aumentaram, como já se era esperado (Tabela 15).

O farelo de soja representou 23,63% dos custos totais com a dieta 0RUC, já o RUC representou 29,04% dos custos totais com a dieta 100RUC (Tabela 15).

O maior custo com a dieta por animal durante o período experimental (90 dias) foi com a dieta 25RUC (R\$216,372), seguida da dieta 50RUC (R\$201,201), 0RUC (R\$196,252) e 75RUC (R\$176,105), sendo o menor custo observado para a dieta 100RUC (R\$153,59) (Tabela 16).

O menor COE foi o da dieta 100RUC (R\$436,53) e o maior o da 25RUC (R\$216,37). Por outro lado, a maior receita individual foi obtida utilizando a dieta 25RUC (R\$742,69) e a menor receita utilizando a dieta 75RUC (R\$669,32) (Tabela 16).

O maior resultado operacional foi observado utilizando a dieta 100RUC (R\$245,55), seguida da dieta 25RUC (R\$240,16) e 50RUC (R\$225,10), sendo o menor valor obtido com as dietas 75RUC(205,44) e 0RUC (R\$215,61) (Tabela 16).

A margem bruta passou de 44,75% na dieta 0RUC para 56,25% quando se utilizou a dieta 100RUC (Tabela 16).

Para os valores do COE, a dieta 0RUC apresentou maior COE por quilo de ganho de PC (R\$9,520), no entanto a dieta 75RUC foi a que levou a um maior COE por quilo de carcaça vendida (R\$20,099), já a dieta 100RUC foi a que apresentou o menor COE tanto para ganho de peso (kg) (R\$7,810) quanto para carcaça vendida (R\$18,560) (Tabela 16).

Tabela 15. Custo de cada ingrediente por kg de MS das dietas experimentais (R\$/kg MS).

Item	Dietas ¹				
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC
Feno de <i>Coastcross</i>	0,178	0,178	0,178	0,178	0,178
Milho moído	1,295	1,224	1,153	1,078	1,007
Farelo de Soja	0,510	0,384	0,255	0,129	-
RUC	-	0,142	0,282	0,425	0,563
Ureia	0,015	0,020	0,022	0,024	0,029
Cloreto de amônio	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
Calcário	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
Mistura mineral ²	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
Monensina sódica ³	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7,0% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

Tabela 16. Custos operacionais e margem bruta conforme a dieta experimental.

Item ²	Dietas ¹				
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC
Compra cordeiro magro (R\$/anim.)	273,44	274,02	272,06	275,63	270,79
Sanidade (R\$/animal)	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82
Mão de obra (R\$/anim.)	10,32	10,32	10,32	10,32	10,32
Custo da dieta (R\$/anim.)	196,25	216,37	201,20	176,11	153,60
Custo operacional efetivo (R\$/anim.)	481,84	502,53	485,40	463,88	436,53
Ganho de peso (kg/anim.)	21,89	26,42	23,98	22,22	21,22
Receita individual (R\$/anim.)	697,45	742,69	710,50	669,32	682,08
Resultado operacional (R\$/anim.)	215,61	240,16	225,10	205,44	245,55
Margem bruta (%)	44,75	47,79	46,37	44,29	56,25
Custo da dieta (R\$/kg MS)	2,16	2,11	2,05	2,00	1,94
Custo com alimentação (R\$/dia)	2,18	2,40	2,24	1,96	1,71
COE por kg de ganho (R\$/kg de PC)	9,520	8,649	8,897	8,472	7,810
COE por kg de carcaça (R\$/kg)	20,035	19,623	19,812	20,099	18,560

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²COE = Custo Operacional Efetivo.

Na análise de sensibilidade o aumento do preço do farelo de soja em 1%, acarretou no aumento do custo total das dietas contendo farelo de soja, com aumento de 0,24, 0,18, 0,12 e 0,07% e, conseqüentemente, ampliação do COE em 0,10, 0,08, 0,05, 0,02%, reduzindo o resultado operacional em -0,22, -0,17, -0,11 e -0,06% nas dietas 0RUC, 25RUC, 50RUC e 75RUC, respectivamente (Tabela 17).

Já o aumento do preço do RUC em 1%, promoveu o aumento do custo total das dietas contendo RUC, com aumento de 0,07, 0,12, 0,21 e 0,29% e, conseqüentemente, aumento do COE de 0,03, 0,06, 0,08, 0,10%, reduzindo o resultado operacional em -0,06, -0,12, -0,18 e -0,18% nas dietas 25RUC e 50RUC, 75RUC e 100RUC, respectivamente (Tabela 17).

Quando o preço de ambos os ingredientes foi aumentado em 1%, as dietas contendo farelo de soja e RUC apresentaram aumento de 0,25, 0,26 e 0,28% do custo total da dieta (R\$/animal) e 0,11, 0,11 e 0,10% do COE, reduzindo em -0,23, -

0,23 e -0,24% o resultado operacional (R\$/animal) para as dietas 25RUC, 50RUC e 75RUC, respectivamente (Tabela 17).

Tabela 17. Sensibilidade da dieta com aumento de 1% no valor do farelo de soja e/ou resíduo úmido de cervejaria (%/animal).

Item ²	Dietas ¹				
	0RUC	25RUC	50RUC	75RUC	100RUC
Custo total da dieta					
Farelo de soja	0,24	0,18	0,12	0,07	0,00
RUC	0,00	0,07	0,12	0,21	0,29
Farelo de soja e RUC	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29
COE					
Farelo de soja	0,10	0,08	0,05	0,02	0,00
RUC	0,00	0,03	0,06	0,08	0,10
Farelo de soja e RUC	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10
Resultado operacional					
Farelo de soja	-0,22	-0,17	-0,11	-0,06	0,00
RUC	0,00	-0,06	-0,12	-0,18	-0,18
Farelo de soja e RUC	-0,22	-0,23	-0,23	-0,24	-0,18

¹0RUC = sem inclusão de RUC; 25RUC = Substituição de 25% do farelo de soja por RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 75RUC = Substituição de 75% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²COE = Custo Operacional Efetivo.

4.4 Discussão

4.4.1 Desempenho

O CMS é regulado por meio de respostas do animal a fatores diretamente relacionados à dieta, exigência nutricional e capacidade de distensão ruminal (Forbes, 2003). No presente estudo, a inclusão de RUC substituiu não só o farelo de soja, como também, substituiu parcialmente o milho moído nas dietas, o que influenciou diretamente no CMS. Como apresentado na Tabela 7, essa substituição levou a alteração dos teores de FDN, EE, CNF, FDN_{fe} e tamanho de partícula das

dietas, isso acarretou em regulação do consumo podendo ser causada por multifatores.

No presente estudo, claramente foi observado uma regulação do CMS por fatores químicos e físicos, sendo o ponto de máximo consumo apresentado pelos animais consumindo a dieta 25RUC. Então, o menor CMS para os animais recebendo a dieta 0RUC em relação ao tratamento 25RUC pode ser atribuído à maior densidade energética desta dieta (Tabela 7), que apresentou maior teor de CNF e menor teor de FDN, uma vez que apresentava inclusão mais elevada tanto do farelo de soja quanto de milho moído. De outra forma, os menores consumos para os animais que receberam as dietas 50RUC, 75RUC e 100RUC em relação ao tratamento 25RUC devem ser atribuídos ao maior consumo de FDN e FDNfe, assim como ao maior percentual de partículas acima de 4,0 mm (Tabela 7), podendo impactar no CMS devido ao maior potencial de enchimento ruminal, limitando fisicamente o CMS (Mertens, 1985; 1987).

Vale lembrar que os teores de FDN e FDNfe do RUC foram de 54,01 e 11,79%, e os do farelo de soja 13,40 e 0,03%, respectivamente (Tabela 8), o que, conseqüentemente, aumentou o teor de FDN, FDNfe e a porcentagem de partículas retidas acima de 4,0 mm das dietas com maiores inclusões de RUC (Tabela 7).

Segundo Mertens (1994), o teor de FDN da dieta está correlacionado com limitação física do consumo, o autor estipulou que o consumo de FDN acima de 1,25% do PC limita o CMS, devido ao efeito de enchimento ruminal. No entanto, o CMS dos cordeiros recebendo o tratamento 50RUC foi superior ao tratamento 0RUC em todos os períodos experimentais e os cordeiros recebendo o tratamento 75RUC passaram a consumir mais que os cordeiros do tratamento 0RUC no último período, embora apresentassem consumo de FDN expresso em % de PC acima de 1,25% (1,31 e 1,55% do PC, respectivamente), sugerindo que em cordeiros recebendo dietas com elevado teor de concentrado, a limitação do consumo ocorre com consumo de FDN superior a 1,25% do PC.

Não anulando a hipótese anterior, mas outra hipótese para a diminuição do consumo com substituições acima de 50% do farelo de soja pelo RUC, seria relacionada aos teores de EE nas dietas, que passaram de 4,6 (0RUC) para até 6,0% (100RUC) de EE na MS da dieta. Essa elevação está relacionada à diferença na composição química do farelo de soja e do RUC, já que o farelo de soja apresenta menores teores de EE (2,4% de EE) em relação ao RUC utilizado no

presente estudo (11,5% de EE). As dietas 75RUC e 100RUC apresentam teores maiores do que o preconizado (5% da dieta total) para otimização do CMS, com teores de 5,5 e 6% de EE, respectivamente, podendo ter contribuído para a redução do CMS. Inclusões acima de 5,0% de EE na dieta total afeta negativamente o consumo de nutrientes, uma vez que, a partir deste teor, os lipídeos podem afetar negativamente o consumo de nutrientes, em especial os ácidos graxos (AG) poliinsaturados, os quais compõem 76,6% do total dos AG presentes no RUC (Geron et al., 2007). O efeito negativo sobre o CMS dos AG insaturados ocorre devido ao efeito prejudicial sobre os microrganismos ruminais, podendo limitar a atividade de bactérias gram-positivas, com efeitos negativos sobre a taxa de degradação ruminal (Palmquist; Mattos, 2006).

O consumo está diretamente relacionado ao GMD (NRC, 2007). Desta forma, o consumo voluntário é um importante determinante do GMD, o que pode explicar a tendência observada do maior GMD pelos animais alimentados com a dieta 25RUC.

4.4.2 Parâmetros de carcaça

Os animais do experimento não foram abatidos imediatamente após o final do período experimental, o que pode justificar a diferença entre o peso corporal no final do experimento de desempenho e o peso vivo ao abate. Os parâmetros de carcaça não foram influenciados pela substituição do farelo de soja pelo RUC na dieta (Tabela 16). O rendimento de carcaça quente e fria está diretamente relacionado com o peso ao abate, o que pode explicar a ausência de efeito das dietas experimentais sobre os RCQ e RCF, uma vez que não houve diferença no PA, PCQ e PCF. Além disso a composição da carcaça foi semelhante (AOL, EGS, EPC).

A média do RCQ apresentado pelos animais no presente estudo foi de $52,12 \pm 0,80$, enquanto o RCF foi de $50,73 \pm 0,62$ (média \pm DP), dentro do preconizado por Sañudo e Sierra (1986), com rendimentos de carcaça de cordeiros de 40 a 60%, podendo variar de acordo com a idade, sexo, raça, peso ao abate e sistema de criação.

A EPC e EGS apresentaram média de $24,9 \pm 0,85$ e $5,0 \pm 0,11$ mm (média \pm DP), respectivamente. A EGS se encontra dentro do recomendado por Silva Sobrinho (2001), que descreve como valores adequados EGS entre 2,0 a 5,0 mm.

Essa espessura acarretou em valores baixos de perda por resfriamento $2,59 \pm 0,40\%$ (média \pm DP). A gordura subcutânea atua como isolante térmico, reduzindo a velocidade com que a carcaça é resfriada, essa menor velocidade diminui as perdas de água o que evita a desidratação da carne e conseqüentemente perda de peso da carcaça (Monteiro, 2000).

4.4.3 Comportamento ingestivo

No presente estudo o tempo despendido com a ruminação em min/dia aumentou linearmente conforme se aumentavam os teores de substituição do farelo de soja e parte do milho moído pelo RUC e, conseqüentemente, o tempo despendido com mastigação apresentou o mesmo comportamento reduzindo assim o tempo em ócio desses animais. Gonçalves et al. (2019), avaliando a inclusão de teores crescentes de resíduo desidratado de cervejaria (0; 20; 40; 60 e 80%) em substituição ao farelo de soja e parcialmente a do milho, corroboram com os dados encontrado no presente estudo, sobre o tempo despendido com ruminação, onde o tempo de ruminação apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$) com a inclusão do RUC na ração. O tempo médio normal de ruminação é de 480 min/d, podendo, no entanto, variar de acordo com o perfil de dieta entre 240 min/dia, em dietas com baixo teor de FDN, até 540 min/dia caso haja aumento no teor de FDN da dieta (Fraser, 1980; Van Soest, 1994). O tempo médio de ruminação encontrado no presente estudo foi de 409,0; 446,7; 456,1; 503,2 e 513,8 para as dietas 0RUC, 25RUC, 50RUC, 75RUC e 100RUC, respectivamente, dentro do indicado pela literatura supracitada, no entanto o tempo despendido para ruminação pelos animais alimentados com a dieta 0RUC reduziu 104,8 min/dia em comparação a dieta 100RUC. Sendo assim, a inclusão do RUC em substituição ao farelo de soja da dieta e parcialmente ao milho moído, aumentou o teor de fibra da dieta aumentando, conseqüentemente, o tempo de ruminação. Além disso, segundo Mertens (1997) a medida de FDN_{fe} reflete a fração da FDN da dieta que realmente estimula a ruminação, o que está de acordo com o aumento linear no tempo despendido com ruminação ao aumentar a inclusão de RUC, uma vez que o aumento dos teores de inclusão do RUC acarretou no aumento dos teores de FDN_{fe} da dieta passando de 1,49% de FDN_{fe} na dieta 0RUC para 9,24% de FDN_{fe} na dieta 100RUC, além de aumentar o tamanho de partícula das mesmas, uma vez que o RUC apresenta

partículas mais grosseiras em relação ao farelo de soja e milho moído, aumentando a retenção de partículas acima de 4,0mm (Tabela 7).

4.4.4 Custo operacional efetivo e análise de sensibilidade

A substituição do farelo de soja pelo RUC reduziu o preço das dietas em kg de MS. Essa redução pode ser explicada pelo maior custo do farelo de soja em relação ao RUC, além da menor inclusão do milho nas dietas contendo RUC. O custo com alimentação sofreu influência tanto do preço da dieta quanto do CMS. A dieta 25RUC apresentou maior custo com alimentação por animal no período experimental, consequência, principalmente, do maior CMS apresentado por esses animais. Já a dieta 0RUC, apresentou o segundo maior custo com alimentação, pois, apesar de os animais recebendo essa dieta apresentarem CMS intermediário, o preço unitário da dieta foi o maior entre as dietas, diferindo da dieta 100RUC que resultou em menor custo com alimentação, uma vez que, tanto o CMS como o preço da dieta foram os menores entre as dietas experimentais. Sendo assim, mesmo que às vezes o preço da dieta seja maior, quando o CMS do animal é menor, o mesmo reduz o custo com alimentação. No caso do custo da dieta por kg ganho de peso vivo, pode-se aplicar a mesma ideia supracitada. Como exemplo, no caso da dieta 25RUC, apesar do custo da dieta no período experimental ter sido o segundo mais caro, quando calculado por kg ganho de PC ela foi inferior ao da dieta 50RUC, devido a tendência ao maior GMD ($P = 0,07$) proporcionado por essa dieta, tornando a produção por kg mais barata.

O COE representa os principais desembolsos diretos em um confinamento comercial e representa a informação central para tomadas de decisões estratégicas em situações em que é possível isolar os custos variáveis daqueles não afetados pela decisão em curso (depreciações, oportunidade, remuneração do capital etc.) (Matsunaga et al., 1976). No caso do presente estudo, o COE foi obtido com a soma dos gastos da compra do cordeiro para o confinamento, sanidade, mão de obra direta e alimentação. Em relação a composição do COE, o custo com alimentação foi o que obteve maior participação, representando 48,44%, 47,71%, 48,82%, 44,98% e 41,84%, para as dietas 0RUC, 25RUC, 50RUC, 75RUC e 100RUC, respectivamente. Concordando com resultados encontrados na literatura onde o custo da alimentação é um dos fatores de maior representatividade sobre o COE da

atividade (Barros et al. 2009; Lopes et al., 2013). O que explica o maior COE apresentado pela dieta 25RUC, pois os animais que receberam essa dieta apresentaram maior CMS, acarretando maior custo com alimentação no decorrer do período de confinamento. De outra forma, o menor COE para a dieta 100RUC foi devido ao menor CMS, além do menor valor da dieta em kg de MS.

Por terem produzido carcaças numericamente mais pesadas, as dietas 25RUC e 50RUC obtiveram maiores receitas brutas, com as dietas 75RUC e 100RUC alcançando menores receitas. Utilizando esses valores juntamente com o COE obteve-se o resultado operacional, utilizado para avaliar a viabilidade das dietas experimentais. As dietas 100RUC e 25RUC foram as que apresentaram melhor resultado operacional. No caso da dieta 100RUC, apesar da receita e do GMD serem os menores entre as dietas, essa vantagem foi devido ao menor COE. Já para a dieta 25RUC, o maior GMD e receita proporcionaram resultado operacional superior às demais dietas, ficando atrás apenas da 100RUC. Se o resultado operacional for maior que zero, considera-se a atividade viável no curto prazo, caso contrário, constata-se sua inviabilidade mesmo no curto prazo. Com isso, todas as dietas experimentais podem ser consideradas viáveis no curto prazo. Apresentando margem bruta positiva, com a maior margem bruta proporcionada pela dieta 100RUC. Como para cálculo do resultado operacional e margem bruta, foi considerado o custo operacional, que não considera todos os custos, não é possível avaliar o lucro líquido nem a viabilidade no longo prazo do confinamento.

A análise de sensibilidade foi realizada para o entendimento do risco de aumento no custo total das dietas, do COE e de redução do resultado operacional caso haja aumento no custo dos ingredientes proteicos da dieta. Com o aumento de 1% no preço do farelo de soja o custo total das dietas contendo este ingrediente em sua composição aumentaram, aumentando o COE, uma vez que, a dieta foi o fator de maior representatividade no custo, conseqüentemente, levando a redução do resultado operacional das dietas 0RUC, 25RUC, 50RUC e 75RUC. Com o aumento de 1% no preço do RUC nas dietas que continham este ingrediente, observou-se o mesmo efeito. Quando o preço de ambos os ingredientes (farelo de soja e RUC) foram aumentados em 1%, a dieta 75RUC foi a que apresentou maior risco de redução do resultado operacional, o que pode estar relacionado ao menor peso de carcaça (numérico) para essa dieta em relação as outra duas contendo os dois ingredientes proteicos (farelo de soja e RUC).

4.5 Conclusão

A substituição de 25% do farelo de soja por RUC acarreta máximo CMS e GMD de cordeiros em terminação.

O aumento de teores de RUC na dieta de cordeiros aumenta o tempo gasto com ruminção.

A substituição parcial e total do farelo de soja pelo RUC em dietas com alto concentrado não alteram a EA, e nem os parâmetros de carcaça e isso associado ao decréscimo do preço da ração, proporcionam aumento no resultado operacional do sistema de confinamento, sendo viável a curto prazo, se apresentando, portanto, como uma alternativa de ingrediente proteico para engorda de cordeiros em confinamento, podendo reduzir o impacto ambiental oriundo da indústria cervejeira.

Referências

- AOAC, 1990. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST - AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, 1117p.
- Barros, C. S. Monteiro, A.L.G., Poli, C.H.E.C., Dittrich, J.R., Canziani, J.R.F., Fernandes, M.A.M., 2009. Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em confinamento. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa. 38(11), 2270-2079.
- Brochier, M.A., Carvalho, S., 2009. Aspectos ambientais, produtivos e econômicos do aproveitamento de resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cordeiros em sistema de confinamento. Ciência e Agrotecnologia. 33(5), 1392-1399. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542009000500028>
- Brochier, M.A.; Carvalho, S., 2008. Consumo, ganho de peso e análise econômica da terminação de cordeiros em confinamento com dietas contendo diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 60(5), 1205-1212. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-09352008000500024>
- Cézar, M.F., Sousa, W.H., 2010. Proposta de avaliação e classificação de carcaças de ovinos deslanados e caprinos. Tecnologia e Ciência Agropecuária. 4, 41-51.
- CONAB, 2022. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4838-exportacoes-de-oleo-e-farelo-de-soja-registram-recorde-entre-janeiro-e-outubro>. Acesso em: dezembro 2022.
- Faccenda, A., Zambom, M.A., Castagnara, D.D., Atilar, A.S., Fernandes, T., Eckstein, E.I., Anschau, F.A., Schneider, C.R., 2017. Use of dried brewers' grains instead of soybean meal to feed lactating cows. Revista Brasileira de Zootecnia. 46, 39-46. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000100007>

- Figueiredo, H.F., Faturil, C., Rodrigues, L.F.S., Mangas, T.P., Ramos, A.F.O., Cardoso, A.M., Santos, K.T.A., 2012. Terminação de bovinos de corte em pasto com suplementação de resíduo úmido de cervejaria, associado ao uso de modificador orgânico e ivermectina. *Revista Ciências Agrárias*. 55, 26-32. <https://doi.org/10.4322/rca.2012.033>
- Firkins, J.L., Haratine, D.I., Sylvester, J.T., Eastridge, M.L., 2002. Lactation performance by dairy cows fed wet brewers grain or whole cottonseed to replace forage. *Journal of Dairy Science*. 85, 2662-2668. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74351-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74351-8)
- Forbes, J. M., 2003. The multifactorial nature of food intake control. *Journal of animal Science*. 81,139-144.
- Fraser, A.F., 1980. Comportamiento de los animales de la granja. Zaragoza : Acribia. 291p.
- Frasson, M.F., Carvalho, S., Pires, C.C., Simões, F.S.B., Severo, M.M., Farinha, E.T., Menegon, A.M., Simões, R.R., Mello, V.L., Kaiser, A., 2016. Comportamento ingestivo e produtivo de cordeiros alimentados com resíduo úmido de cervejaria em substituição a silagem de sorgo. *Archivos de Zootecnia*. 65, 184. <https://doi.org/10.21071/az.v65i250.486>
- Frasson, M.F., Carvalho, S.C., Jaurena, M.G., Menegon, A.M., Severo, M.M., Motta, J.H., Teixeira, W.S., 2018. Intake and performance of lambs finished in feedlot with wet brewer's grains. *Journal of Animal Science and Technology*. 60, 1-5. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0166-8>
- Geron, L.J.V., Zeoula, L.M., Branco, A.F., Erke, J.A., Prado, O. P. do, 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 Science* 29(3), 291-299. [10.4025/actascianimsci.v29i3.558](https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v29i3.558)
- Gilaverte, S., Susin, I., Pires, A.V., Ferreira, E.M., Meendes, C.Q., Gentil, R.S., Biehl, M.V., Rodrigues, G.H., 2011. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. *Revista Brasileira de Zootecnia*.40, 639-647. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000300024>.
- Goering, H.K. and Van Soest, P.J., 1970. Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and Some Applications). *Agriculture Handbook*. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Gonçalves, A.G.C.M., Pimentel, P.G., Gomes, S.P., Moreira, G.R., Feitosa, M. S., Araújo, M.S., Soares, S.L.S., Cardoso, S.C., Barroso, M.R.C., 2019. Comportamento ingestivo de cordeiros Santa Inês alimentados com resíduo de cerveja desidratado. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 71. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10298>

- Heinrichs, J., Kononoff, P. 2002. Evaluating particle size of forages and TMRs using the New Penn State Forage Particle Separator. Penn State College of Agricultural Sciences. 1-4.
- Imaizumi, H., Batiste, F., Souza, J., Santos, F.A.P., 2015. Replacing soybean meal for wet brewer's grains or urea on the performance of lactating dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*. 47, 877-882. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0802-y>
- Kinpara, D. I., 2020. Economia para além dos custos: aplicação da análise de sensibilidade para a tomada de decisão agropecuária. Embrapa Cerrados. 25p.
- Lopes, M.A., Ribeiro, A.D.B., Nogueira, T.M., Demeu, A.A., Barbosa, F.A., 2013. Análise econômica da terminação de bovinos de corte em confinamento no estado de Minas Gerais: estudo de caso. *Revista Ceres*. 60(4), 465-473.
- Mallmann, L.S., Zambom, M.A., Torres, D.G.B., Souza, L.C., Silva, J.L.G., Coelho, S.R.M., Gomes, S.D., 2014. Potential methane production from manure of cattle fed diet supplemented with wet brewery grain. *International Journal of Food, Agriculture and Environment*. 12, 203-208. <https://doi.org/10.1234/4.2014.5384>
- Manzoni, V.G., 2019. Características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros terminados com diferentes proporções de resíduo úmido de cervejaria. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 71p. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/17906/TES_PPGZOOTECNIA_2019_MANZONI_VERONICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 03 fevereiro 2020
- MAPA, 2022. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Sumário Executivo, Complexo Soja. Secretaria de Política Agrícola. 15p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/politica-agricola/todas-publicacoes-de-politica-agricola/sumarios-executivos-de-produtos-agricolas/soja-pdf> Acesso em: dezembro 2022.
- Matsunaga, M.; Bemelman, P.F., Toledo, P.E.N., Dulle, R.R., Oka, W.A.M., Pedroso, L.A., 1976. Metodologia de custo de cálculo de custo de produção utilizada pelo IEA. *Agric_ S. Paulo, São Paulo*. 23, 123-39.
- Mendonça, L.M, Oliveira, V.S., 2012. Utilização do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de cabras aglo nubiana no final de lactação. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/6646/1/L%C3%8DCIA_MENDES_MENDON%C3%87A.pdf Acesso em: 08 fevereiro 2020
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80, 1463.
- Mertens, D.R., 1985. Factors influencing feed intake in lactation cows: from theory to application using neutral detergent fiber. *Proc. Georgia Nutr. Conf*. 1-18.

- Mertens, D.R., 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, 64, 1548-1558.
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey Junior, G.C. (Ed.) *Forage quality, evaluation and utilization*. Winsconsin: American Society of Agronomy, 450-493.
- Monteiro, E.M., 2000. Influência da gordura em parâmetros sensoriais da carne. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Qualidade da carne e dos produtos cárneos*. 7-14.
- NRC, 2007. NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. *Nutrient requirements of small ruminants*. 362p.
- Oliveira, M.V.M., Péres, J.R.O., Alves, E.L., 2002. Avaliação da composição de cortes comerciais componentes corporais e órgãos internos de cordeiros confinados e alimentados com dejetos de suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(3), 1459-1468.
- Palmquist, D.L., Mattos, W.R.S., 2006. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: FUNEP. 287-310.
- Pereira, A.F.R., Jisaka, J.S., Brito, A.D.C., Steel, C.J., 2018. Caracterização e aproveitamento de subprodutos da indústria cervejeira. XXVI Congresso de Iniciação Científica Unicamp. 26. <https://doi.org/10.20396/revpibic26201881>
- Rant, A.R., Rant, W, Niznikowski, R., Świątek, M., Szymanska, Z., Ślezak, M., Niemiec, T., 2018. The effect of the addition of wet brewers grain to the diet of lambs on body weight gain, slaughter value and meat quality. *Archives Animal Breeding*. 61, 245–251. Doi: <https://doi.org/10.5194/aab-61-245-2018>
- Reinold, M.R., 1997. *Manual prático de cervejaria*. 1.ed. São Paulo: Aden. SINDICATO NACIONAL DA INDUSTRIA DA CERVEJA. Tipos de cerveja. SINDICERV, [s.d]. Disponível em: <http://www.sindicerv.com.br>. Acesso em: abril 2020.
- Sanudo, C., Sierra, I., 1987. Calidad de la canal en la especie ovina. *Ovino*. 1, 127-57.
- SAS, I.I., 1999. *Statistical analysis system*.
- Silva Sobrinho, A.G., 2001. Aspectos quantitativos e qualitativos da produção de carne ovina. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; SILVA, S.C.; NUSSIO, L.G.; MOURA, J.C. de (Eds.). *A produção animal na visão dos brasileiros*. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários. 425-460.
- 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). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700028>

- Souza, L.C., 2013. Valor nutritivo da silagem do resíduo úmido de cervejaria na alimentação de vacas leiteiras. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Maringá. 164p.
- Taffarel, L.E., Souza, L.C., Costa, P.B., Schone, V., Júnior, N.K., Wobeto, J.R., 2012. Produção de leite e consumo de matéria seca de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria em substituição ao farelo de soja. Artigos técnicos, Pecuária de Leite. Engormix. Disponível em: <https://pt.engormix.com/pecuaria-leite/artigos/producao-leite-consumo-materia-t37494.htm> Acesso em: 02 fevereiro 2020
- Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Lanna, D.P.D., Boin, C., 2002. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell net carbohydrate and protein system model. *Scientia Agricola*. 59, 1-18, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162002000100001>
- Valadares Filho, S.C., Magalhães, K.A., Rocha Junior, V.R., 2006. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. CQBAL 2.0. 2.ed. Universidade Federal de Viçosa. 329p.
- 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), 3583-3597.
- Weidner, S.J., Grant, R.J., 1994. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *Journal of dairy Science*. 77(2), 513–521.

5 SUBSTITUIÇÃO DO FARELO DE SOJA POR RESÍDUO ÚMIDO DE CEREJARIA NA DIETA DE BORREGAS NA FASE DE RECRIA

Resumo

O objetivo deste experimento foi avaliar o uso do resíduo úmido de cervejaria (RUC) como fonte proteica em substituição ao farelo de soja na dieta de borregas. Sessenta e três borregas (Dorper x Santa Inês) com peso inicial de $24,6 \pm 3,6$ kg e $105,5 \pm 11,0$ dias de vida (média \pm DP) foram distribuídas em delineamento experimental de blocos completos casualizados (3 tratamentos e 21 repetições). As dietas experimentais foram compostas de 20% de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar *in natura*) e 80% de concentrado. A dieta controle continha 18% de farelo de soja na MS da dieta, sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja na proporção de 50 (50RUC) e 100% (100RUC) da concentração original do farelo de soja, resultando em 0, 10 ou 20% de RUC na MS. O experimento teve duração de 54 dias, dividido em 2 períodos de 27 dias. Para cálculo do GMD e EA, os animais foram pesados após 16 horas de jejum nos dias 1, 27 e 54 do período experimental. O CMS e GMD foram utilizados, juntamente com o preço dos componentes das dietas cotados na região de Piracicaba - SP, para avaliar o impacto das dietas experimentais no custo de produção das borregas por meio do cálculo dos custos com alimentação em cada dieta experimental. Todos os dados foram analisados pelo o procedimento MIXED do SAS. Os efeitos da inclusão de RUC nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático. Observou-se diminuição linear ($P < 0,001$) no CMS em kg/d e no peso corporal no final de cada período experimental, à medida que o RUC substituiu o farelo de soja nas dietas. Houve interação entre as dietas e os períodos experimentais para o CMS em % do PC, consumo de FDN (CFDN) (kg/d e % do PC), GMD e EA. As dietas experimentais apresentaram efeito linear decrescente sobre o CMS (% PC; $P < 0,05$) e GMD ($P < 0,001$) nos dois períodos experimentais. No primeiro período, as variáveis CFDN em kg/dia e em % de PC aumentaram linearmente ($P < 0,001$) com a substituição do farelo de soja por RUC, no entanto, no segundo período houve efeito quadrático ($P < 0,01$) sobre essas variáveis. A EA diminuiu linearmente no primeiro período ($P < 0,001$), no entanto, no segundo período não houve diferença na EA entre as dietas experimentais. A análise econômica apresentou redução do custo da dieta por kg de MS em resposta ao aumento nos teores de RUC, por outro lado, o custo da dieta quando considerado o GMD aumentou à medida que se aumentou o RUC. Em conclusão, animais recebendo dieta contendo de 50% de substituição do farelo de soja pelo RUC apresentam ganhos adequados para o desenvolvimento corporal de borregas em recria, por outro lado, a substituição de 100% do farelo de soja pelo RUC prejudica o ganho de peso limitando o desenvolvimento das borregas. Economicamente, a substituição de 50% e 100% do farelo de soja pelo RUC reduz os custos diários com alimentação, no entanto, com a substituição de 100%, o decréscimo no ganho de peso é demasiado, o que pode comprometer o peso das borregas ao início da vida reprodutiva.

Palavras-chave: Coproduto Agroindustrial, Custo da dieta, Desempenho, Ovinos, Proteína.

Abstract

This experiment aimed to evaluate the use of wet brewers' grains (WBG) as a protein source to replace soybean meal in the diet of female lambs. Sixty-three female lambs (Dorper × Santa Inês) with initial weight of 24.6 ± 3.6 kg and 105.5 ± 1.5 days of age (mean \pm SD) were distributed in a complete randomized block design (3 treatments and 21 repetitions). The experimental diets were composed of 20% roughage (in natura sugarcane bagasse) and 80% concentrate. The control diet contained 18% of soybean meal in the DM of the diet, without the inclusion of WBG (0WBG). In the other diets, WBG replaced soybean meal in the proportion of 50 (50WBG) and 100% (100WBG) of the original concentration of soybean meal, resulting in 0, 10 or 20% of WBG in DM. The experiment lasted 54 days, divided into 2 periods of 27 days. To calculate the ADG and FE, the animals were weighed after 16 hours of fasting on days 1, 27 and 54 of the experimental period. The DMI and ADG were used, together with the price of the diet components quoted in the region of Piracicaba - SP, to evaluate the impact of the experimental diets on the production cost of the lambs by calculating the costs with feeding in each experimental diet. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure. The effects of the inclusion of WBG in the diets were evaluated using linear and quadratic orthogonal polynomials. A linear decrease ($P < 0.001$) was observed in DMI in kg/d and in body weight at the end of each period, as WBG replaced soybean meal in the diets. There was interaction between diets and experimental periods for DMI in % of BW, NDF intake (NDFI) (kg/d and % of BW), ADG and FE. The experimental diets showed a decreasing linear effect on DMI (% BW) ($P < 0.05$) and ADG ($P < 0.001$) in both experimental periods. In the first period, the variables NDFI in kg/day and in % BW increased linearly ($P < 0.001$) with the replacement of soybean meal by WBG, however, in the second period there was a quadratic effect ($P < 0.01$) on these variables. FE decreased linearly in the first period ($P < 0.001$), however in the second period there was no difference in FE between the experimental diets. The economic analysis showed a reduction in the cost of the diet per kg of DM in response to the increase in WBG levels, on the other hand, the cost of the diet when considering the ADG increased as the WBG increased. In conclusion, animals receiving a diet containing 50% replacement of soybean meal by WBG showed adequate gains for the body development of ewe lambs in rearing, on the other hand, the replacement of 100% soybean meal by WBG impairs weight gain, limiting the development of lambs. Economically, the replacement of 50% and 100% of soybean meal by WBG resulted in a reduction in daily food costs, however with the replacement of 100%, the decrease in weight gain is too much, which can compromise the weight of the ewe lambs at the beginning of reproductive life.

Keywords: Agroindustrial Co-product, Diet cost, Performance, Protein, Sheep.

5.1 Introdução

Alguns coprodutos de indústrias têm demonstrado potencial para substituição de ingredientes tradicionais em dietas de ruminantes (Silva et al., 2010; Oliveira et al., 2017). A utilização destes possibilitam, na maioria dos casos, reduzir os custos com alimentação podendo acarretar maior lucratividade ao sistema produtivo, além de reduzir os efeitos poluentes de resíduos agroindustriais promovendo um destino adequado aos mesmos.

O farelo de soja é um ingrediente proteico de excelente qualidade, utilizado na grande maioria das dietas de animais de produção no Brasil. No entanto, devido a elevada utilização na produção animal juntamente com a grande exportação desse coproduto para países mediterrâneos, acaba se tornando um ingrediente de alto custo. Uma possível alternativa para a substituição desse ingrediente é o resíduo úmido de cervejaria (RUC), coproduto da indústria cervejeira, resultado do processo de mosturação do grão de cevada. A quantidade de resíduos gerados durante a fabricação da cerveja é cerca de 300 gramas de resíduos sólidos totais para cada 1 litro de cerveja produzida, sendo o RUC 98,03% do total destes resíduos (Verde et al., 2019). Baseado nestas informações, estima-se que a produção de RUC no ano de 2021, no Brasil, foi de, aproximadamente 4,2 bilhões de quilos. A elevada disponibilidade do produto demonstra a importância da destinação adequada do RUC para evitar problemas com descarte inadequado ao meio ambiente. Além disso, esse resíduo apresenta os teores de seus nutrientes como proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e extrato etéreo (EE) superiores aos cereais utilizados na produção da cerveja, possuindo elevado teor de PB que varia de 18% a 31% e de FDN de 55% a 65% (Geron et al., 2010; Gilaverte et al. 2011; Souza et al., 2015).

Na literatura existem trabalhos avaliando a utilização de RUC na dieta de ruminantes como fonte exclusiva de proteína, com resultados consolidados para bovinos leiteiros (Polan et al., 1985; Westendorf; Wohlt, 2002; Silva et al., 2010). Para ovinos, os trabalhos que avaliem a utilização do RUC na dieta são escassos (Bovolenta et al., 1998; Gilaverte et al. 2011; Frasson et al., 2018; Rant et al., 2018). No entanto, dentre esses trabalhos os resultados se mostraram promissores de sua utilização na dieta substituindo parcialmente o volumoso e/ou concentrado. Frasson et al. (2018) avaliando quatro teores de substituição da silagem de sorgo por RUC

observaram que a substituição é uma alternativa viável do ponto de vista produtivo e econômico na terminação de cordeiros. Rant et al. (2018) utilizando RUC como 35% da ração total na dieta de ovinos em terminação, indicaram que o RUC pode ser utilizado com sucesso na terminação de cordeiros. No entanto, não existem estudos que avaliem a utilização do RUC, assim com a substituição do farelo de soja por RUC na dieta de borregas na fase de recria, tornando de suma importância estudos que avaliem os efeitos da utilização do RUC como substituto ao farelo de soja na dieta de borregas na fase de recria sobre o desempenho das mesmas e sobre os custos com alimentação.

A hipótese do presente estudo foi que a substituição parcial ou total do farelo de soja por RUC apresentaria efeito similar sobre o desempenho de borregas a uma dieta contendo farelo de soja quando essas fossem isoproteicas e que a substituição reduziria os custos com a alimentação de borregas na fase de recria.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a substituição parcial e total do farelo de soja por RUC na dieta de borregas na fase de recria sobre o CMS, ganho de peso, eficiência alimentar e custo com alimentação.

5.2 Materiais e Métodos

O estudo foi conduzido nos meses de março e abril de 2020, nas instalações do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba - SP (22° 42' 24”S e 47° 37' 53” O), Brasil. O protocolo de pesquisa foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA/ESALQ), protocolo n° 8577080822.

5.2.1 Animais, instalações e delineamento experimental

Foram utilizadas sessenta e três borregas mestiças (Dorper × Santa Inês), com peso médio inicial de $24,6 \pm 3,6$ kg e $105,5 \pm 11,0$ dias de vida (média \pm DP), confinadas em baias individuais (*Tie stall*), ao abrigo de chuva e luz solar direta, com piso ripado e dimensões de 0,5 m x 1,2 m, contendo cocho para fornecimento de ração e bebedouro. No primeiro dia experimental as borregas foram everminadas

com Cloridrato de Levamisol a 5% (RIPERCOL® L Solução, Zoetis Indústria de produtos Veterinários Ltda, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1mL/10 kg de peso corporal.

As borregas foram distribuídas em delineamento experimental em blocos completos casualizados, com 3 tratamentos e 21 repetições. Os blocos foram definidos de acordo com o peso, idade e grau sanguíneo das borregas no início do experimento. O experimento teve duração de 54 dias, dividido em dois períodos de 27 dias.

5.2.2 Manejo alimentar e coleta de dados

As dietas experimentais foram compostas de 20% de volumoso (bagaço de cana-de-açúcar *in natura*) e 80% de concentrado. A dieta controle continha 18% de farelo de soja na MS da dieta, sem inclusão de RUC (0RUC). Nas demais dietas, o RUC substituiu o farelo de soja na proporção de 50% (50RUC) e 100% (100RUC) da concentração original do farelo de soja, resultando em 0%, 10% ou 20% de RUC na MS da dieta.

O RUC ofertado *in natura*, foi obtido semanalmente da cervejaria Cevada Pura, localizada na cidade de Piracicaba – SP e armazenado em bombonas plásticas de 200 litros com tampa. As dietas foram formuladas de acordo com as recomendações do “National Research Council” - NRC (2007), utilizando-se o “Small Ruminant Nutrition System” (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004). A proporção dos ingredientes e a composição química das dietas experimentais estão apresentadas na Tabela 18.

A composição química do resíduo úmido de cervejaria, do farelo de soja e do bagaço de cana-de-açúcar utilizados nas dietas experimentais encontram-se na Tabela 19.

Tabela 18. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (% da MS).

Item	Dietas ¹		
	0RUC	50RUC	100RUC
Ingredientes			
Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	20,0	20,0	20,0
Milho moído	58,7	56,8	54,8
Farelo de soja	18,0	9,0	0
Resíduo úmido de cervejaria	0	10,0	20,0
Ureia	0	0,9	1,9
Calcário	1,8	1,8	1,8
Mistura mineral ²	1,5	1,5	1,5
Monensina sódica ³ , mg/kg de MS	12,5	12,5	12,5
Composição química (%)			
Matéria seca	81,2	61,5	48,8
Proteína Bruta	16,2	16,1	16,1
Fibra em detergente neutro	24,8	29,2	34,1
Extrato etéreo	4,0	4,1	4,4
Cinzas	4,6	4,6	4,6
Carboidrato não fibroso	50,4	46,0	40,8
FDN _{fe} >4mm ⁴	3,17	4,15	5,67

¹0RUC = Sem inclusão do RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

⁴FDN_{fe} = Fibra fisicamente efetiva.

Tabela 19. Composição química do resíduo úmido de cervejaria, farelo de soja e bagaço de cana-de-açúcar *in natura* presentes nas dietas experimentais (% da MS)

Item	Dietas ¹		
	RUC ± DP ²	FS ± DP	BC ± DP
Matéria seca	21,3 ± 0,95	89,1 ± 0,16	57,3 ± 0,99
Proteína Bruta	25,4 ± 0,38	54,3 ± 0,30	1,9 ± 0,95
Fibra em detergente neutro	54,3 ± 0,99	13,1 ± 0,48	85,4 ± 0,99
Extrato etéreo	6,9 ± 0,65	2,4 ± 0,09	0,70 ± 0,30
Cinzas	3,8 ± 0,18	6,3 ± 0,03	5,3 ± 0,04
Carboidratos não fibrosos	9,6	23,9	6,7

¹RUC = Resíduo úmido de cervejaria; FS = Farelo de soja; BC = Bagaço de cana-de-açúcar *in natura*.

²DP = Desvio padrão (n=3).

As borregas utilizadas no experimento pertenciam ao rebanho do SIPOC e receberam desde a sua fase lactente até o desmame dieta contendo 100% de concentrado e após o desmame foram confinadas e submetidas a dieta controle utilizada no presente estudo até o início do experimento. As borregas iniciaram o experimento recebendo suas respectivas dietas experimentais, sem adaptação ao RUC.

Todos os ingredientes concentrados das dietas (Tabela 2) foram misturados utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil). O bagaço de cana-de-açúcar e o RUC *in natura* foram misturados aos demais ingredientes apenas na hora do fornecimento. Os ingredientes concentrados, bagaço de cana-de-açúcar e RUC foram pesados em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertados diariamente na forma de dieta total. Os animais tiveram acesso *ad libitum* à dieta e água fresca.

A quantidade de ração oferecida foi ajustada com base no consumo do dia anterior, não permitindo sobras superiores a 10% da quantidade ofertada. As sobras foram pesadas diariamente para a obtenção do consumo de matéria seca (CMS), amostradas (10%), compostas por tratamento e armazenadas a -18°C para posterior análise. A cada partida de ração uma amostra de cada dieta foi colhida, composta por período e armazenada a -18°C para posterior análise, amostras do bagaço de cana-de-açúcar e do RUC foram colhidas uma vez por semana armazenadas a -

18°C e posteriormente compostas por período para posterior análise.

O GMD dos animais foi acompanhado por meio de pesagens realizadas nos dias 0, 27 e 54 do período experimental após jejum de sólidos de 16 horas. A eficiência alimentar (EA) foi calculada como segue: $EA = GMD (g/d) \div CMS (g/d)$.

5.2.3 Análises laboratoriais e cálculos

As amostras dos ingredientes, das dietas ofertadas e das sobras foram compostas por período. Após o descongelamento, foram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas para determinação da matéria seca à 55 °C. Posteriormente, foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) provido de peneiras de crivos de 1,0 mm e analisadas para determinação da matéria seca (MS) por meio da secagem das amostras em estufa a 105°C por 24 h (AOAC, 1990; #934.01), a matéria mineral (MM) foi obtida através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 h (AOAC, 1990; #942.5). A concentração do N total foi determinada através da combustão da amostra utilizando um aparelho Leco TruMac® N (Leco Corporation, St. Joseph, MI, USA; AOAC, 1990 #968.06). O teor de PB foi obtido multiplicando-se o teor de N total da amostra por 6,25. Para determinar a fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi utilizado o analisador de fibra Ankom 2000 (AnkomTech. Corp., Macedon, NY). A FDN foi determinada de acordo com Van Soest et al. (1991), com adição de sulfito de sódio e α -amilase termoestável, e FDA de acordo com Goering e Van Soest (1970).

O extrato etéreo (EE) foi definido por meio do aparelho Ankon XT15 extractor (ANKOM Tech Corp., Macedon, NY) (AOAC, 1990; #920,39).

Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados conforme a equação: $CNF (\%) = 100\% - (\% FDN + \% PB + \% EE + \% MM)$.

Utilizando Penn State Particle Separator (PSPS), obteve-se os valores utilizados para o cálculo da FDN fisicamente efetiva (FDN_{fe}), calculada multiplicando a porcentagem de partículas retidas nas peneiras até 4mm pela concentração de FDN da amostra (Mertens, 1997).

5.2.4 Custo da alimentação e análise de sensibilidade

Visando avaliar o impacto das dietas experimentais no custo de produção das borregas, calcularam-se os custos com alimentação em cada dieta experimental. Para tanto, foram construídas planilhas eletrônicas alimentadas com dados e resultados (composição das dietas, desempenho dos animais e consumo) do experimento. Foram realizadas cotações com fornecedores da região de Piracicaba - SP para determinar os preços dos componentes das dietas que foram calculados considerando o frete de entrega do produto no local do experimento (Tabela 20).

Considerando o consumo e a composição de cada dieta experimental e o preço de cada ingrediente, ambos com base na MS, foi calculado o custo da alimentação para cada dieta, conforme as equações: $CAlim_d_x = CMS_x * PUnit_x$.

Onde:

$CAlim_x$ = Custo da alimentação da dietax

CMS_x = Consumo da dieta x em kg de matéria seca

$PUnit_x$ = Preço unitário da dieta x expresso em R\$/kg de MS

Tabela 20. Custo dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais em MS (R\$/MS)

Ingrediente	R\$/kg ¹	MS (%)	R\$/kg MS
Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	0,20	57,30	0,35
Milho moído	1,60	88,00	1,82
Farelo de Soja	3,10	89,10	3,48
RUC	0,41	21,30	1,92
Ureia	4,85	99,00	4,90
Calcário	0,50	100,00	0,50
Mistura mineral ²	4,20	98,00	4,29
Monensina sódica ³	67,58	100,00	67,58

¹Preço dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais obtidos na região de Piracicaba, São Paulo – BR, no ano de 2022.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

Foram feitas análises de sensibilidade do custo da alimentação para as diferentes dietas experimentais quanto à variação dos preços do farelo de soja e RUC. Para tanto, aplicou-se uma variação de 1,0% nos preços do farelo de soja e do RUC individualmente e, em terceira simulação, nos dois ao mesmo tempo, seguindo o pressuposto de *ceteris paribus* (mantendo as demais variáveis constantes), de modo que os novos resultados representam exclusivamente as oscilações nos preços dos insumos analisado (Kinpara, 2020). Com isso, foi possível avaliar o impacto da substituição do farelo de soja por RUC sobre o risco das dietas, uma vez que quanto maior a sensibilidade do custo à variação do preço de um insumo, maior o risco da atividade.

5.2.5 Análise estatística

Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do t de student. Os dados foram analisados utilizando o procedimento MIXED do SAS (1999), de acordo com o modelo estatístico que segue: $Y = \mu + B_i + D_j + E_{ij} + P_k + (DP)_{jk} + E_{ijk}$, em que: μ = média geral, B_i = efeito de bloco ($i = 1$ a 21), D_j = efeito fixo de dieta ($j = 1$ a 3), E_{ij} = erro residual A, P_k = efeito fixo de período ($k = 2$), $(DP)_{jk}$ = interação entre os dieta e períodos experimentais, E_{ijk} = erro residual B. A aproximação de Kenward-Roger foi usada para determinar o denominador dos graus de liberdade para o teste de efeitos fixos. As médias dos tratamentos foram obtidas através do comando LSMEANS. A matriz de covariância foi definida de acordo com o menor valor obtido para o “Akaike Information Criterion Corrected” (AICC). A medida repetida no tempo foi determinada pelos dados colhidos ao longo dos períodos experimentais, e o “subject” da análise foi determinada como animal (tratamento). Os efeitos da inclusão de RUC nas dietas foram avaliados por meio de polinômios ortogonais linear e quadrático.

Durante a interpretação e discussão dos dados foi adotado como efeito significativo quando $P < 0,05$.

5.3 Resultados

5.3.1 Desempenho

A substituição do farelo de soja por RUC acarretou redução linear ($P < 0,001$) do CMS em kg/d. Houve interação entre as dietas e períodos experimentais para o CMS (% do PC) e o consumo de FDN (CFDN) (kg/d e % do PC) (Tabela 21). Ao desdobrar a interação, a variável CMS em % do PC reduziu linearmente em ambos os períodos (d1-d27; $P < 0,01$) (d28-d54; $P < 0,05$). Já as variáveis CFDN em kg/d e em % de PC aumentaram linearmente ($P < 0,001$) com a substituição do farelo de soja por RUC no primeiro período, no entanto, no segundo período essa substituição teve efeito quadrático ($P < 0,01$) sobre essas variáveis (Tabela 21).

Para os dados de desempenho o peso corporal (PC) reduziu linearmente ($P < 0,001$) ao final dos períodos experimentais a medida em que se incluiu o RUC na dieta. Observou-se interação entre as dietas e períodos experimentais para GMD e EA (Tabela 22). A EA das borregas apresentou resposta quadrática ($P < 0,05$) no primeiro período com a inclusão do RUC e no segundo período não houve diferença significativa na EA entre as dietas experimentais.

Observou-se diminuição linear ($P < 0,001$) no peso corporal no final de cada período, à medida que o RUC substituiu o farelo de soja nas dietas (Tabela 22).

Tabela 21. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no consumo de matéria seca e de FDN de borregas.

Item ⁴	Diets ¹			EPM ²	Valor de P ³			
	0RUC	50RUC	100RUC		L	Q	P	T × P
CMS								
kg/dia	0,807	0,761	0,624	0,03	<0,001	0,14	<0,001	0,19
%PC	2,66	2,56	2,28	0,07	0,001	0,28	0,01	0,01
d1 – d27	2,70	2,45	2,14	0,10	<0,01	0,79	-	-
d28 – d54	2,62	2,67	2,40	0,07	<0,05	0,06	-	-
Consumo FDN								
kg/dia	0,225	0,373	0,420	0,02	<0,001	0,01	<0,001	<0,001
d1 – d27	0,196	0,308	0,349	0,02	<0,001	0,13	-	-
d28 – d54	0,253	0,438	0,490	0,02	<0,001	<0,01	-	-
% PC	0,74	1,26	1,59	0,04	<0,001	0,05	<0,001	<0,01
d1 – d27	0,72	1,14	1,50	0,04	<0,001	0,49	-	-
d28 – d54	0,75	1,37	1,68	0,05	<0,001	<0,01	-	-

¹0RUC = Sem inclusão do RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = Efeito quadrático; P = Efeito de período; D × P = efeito de interação entre as dietas e períodos experimentais.

⁴CMS = Consumo de matéria seca; PC = Peso corporal; FDN = Fibra em detergente neutro.

Tabela 22. Efeito da substituição do farelo de soja por resíduo úmido de cervejaria no desempenho de borregas.

Item ⁴	Dietas ¹			EPM ²	Valor de P ³			
	0RUC	50RUC	100RUC		L	Q	P	T × P
Peso corporal, kg								
d1	24,50	24,56	24,70	0,80	0,25	0,79	-	-
d27	30,90	29,99	27,87	0,85	<0,001	0,18	-	-
d54	35,99	34,58	30,71	0,90	<0,001	0,05	-	-
GMD, kg/d	0,213	0,186	0,129	0,01	<0,001	0,14	<0,05	<0,01
d1 – d27	0,237	0,201	0,118	0,01	<0,001	0,12	-	-
d28 – d54	0,189	0,171	0,140	0,01	<0,001	0,60	-	-
EA	0,27	0,25	0,20	0,01	<0,001	0,06	<0,001	<0,001
d1 – d27	0,32	0,30	0,20	0,01	<0,001	<0,01	-	-
d28 – d54	0,22	0,20	0,20	0,01	0,36	0,42	-	-

¹0RUC = Sem inclusão do RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²EPM = Erro padrão da média.

³L = efeito linear; Q = Efeito quadrático; P = Efeito de período; D × P = efeito de interação entre as dietas e períodos experimentais.

⁴GMD = Ganho médio diário; EA = Eficiência alimentar.

5.3.2 Custo da alimentação e análise de sensibilidade

O custo das dietas reduziu com o aumento da substituição do farelo de soja por RUC, passando de R\$1,838/kg MS da dieta controle para R\$1,621/kg MS da dieta 100RUC. O ingrediente com maior custo nas dietas devido ao maior teor de inclusão foi o milho (R\$1,067, R\$1,033 e R\$0,988, na dieta 0RUC, 50RUC e 100RUC, respectivamente). O custo com o farelo de soja e/ou RUC da dieta reduziu com o aumento da substituição, com valores de R\$0,626 na dieta 0RUC, R\$0,505 na dieta 50RUC e de R\$0,385 na dieta 100RUC (Tabela 23).

A inclusão do RUC reduziu o custo total das dietas ao longo do período experimental, quando calculado de acordo com o CMS, com redução de R\$0,470 ao dia (Tabela 24). Já os custos das dietas experimentais por kg ganho (R\$/GMD), aumentou a medida em que houve a substituição do farelo de soja por RUC, a dieta 0RUC foi a que apresentou menor custo (R\$6,97), seguido da dieta 50RUC (R\$7,08) e com maior custo na dieta 100RUC (R\$7,84) (Tabela 24).

Na análise de sensibilidade, quando o custo do farelo de soja e do RUC aumentaram 1%, as dietas contendo farelo de soja (0RUC e 25RUC) apresentaram maior aumento no preço (0,34 e 0,29%), respectivamente em comparação a dieta contendo apenas RUC (100RUC) (0,24%) (Tabela 25).

Tabela 23. Custo de cada ingrediente por kg de MS das dietas experimentais (R\$/kg MS).

Item	Dietas ¹		
	0RUC	50RUC	100RUC
Bagaço de cana-de-açúcar <i>in natura</i>	0,070	0,070	0,070
Milho moído	1,067	1,033	0,998
Farelo de soja	0,626	0,313	-
Resíduo úmido de cervejaria	-	0,192	0,385
Ureia	-	0,044	0,093
Calcário	0,009	0,009	0,009
Mistura mineral ²	0,064	0,064	0,064
Monensina sódica ³	0,002	0,002	0,002
Custo total	1,838	1,727	1,621

¹0RUC = Sem inclusão do RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

²Composição: 7,5% P; 13,4% Ca; 1,0% Mg; 7% S; 14,5% Na; 500 ppm Fe; 300 ppm Cu; 4600 ppm Zn; 15 ppm Se.

³Rumensin 200 (monensina sódica, Elanco do Brasil, São Paulo).

Tabela 24. Custo diário com as dietas experimentais.

Item	Dietas ¹		
	0RUC	50RUC	100RUC
Custo por dia (R\$/dia)	1,48	1,31	1,01
Custo por kg de peso ganho (R\$/ kg de GMD)	6,97	7,08	7,84

¹0RUC = Sem inclusão do RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

Tabela 25. Sensibilidade do custo da dieta com o aumento de 1% no valor do farelo de soja e/ou resíduo úmido de cervejaria (%/animal).

Item	Dietas ¹		
	0RUC	50RUC	100RUC
Farelo de soja	0,34	0,18	-
RUC	0,00	0,11	0,24
Farelo de soja e RUC	-	0,29	-

¹0RUC = Sem inclusão do RUC; 50RUC = Substituição de 50% do farelo de soja por RUC; 100RUC = Substituição de 100% do farelo de soja por RUC.

5.4 Discussão

5.4.1 Desempenho

O consumo dos animais é influenciado diretamente pela dieta, podendo ser regulado por fatores químicos e físicos (Mertens, 1994). No presente estudo a substituição parcial e total do farelo de soja por RUC, afetou o CMS (kg/dia e % do PC) das borregas, reduzindo linearmente à medida que se aumentou a substituição ($P < 0,01$). Diversos estudos observaram resultados similares ao incluírem RUC na dieta de ruminantes. Bovolenta et al. (1998) estudando a utilização de resíduo desidratado de cervejaria como substituto da fração volumosa da dieta (feno de alfafa) nas proporções 0:80, 20:60, 40:40, 60:20 e 80:0, para cordeiros em crescimento, observaram diminuição no CMS, à medida que aumentaram os teores de inclusão de RUC na dieta. Gilaverte et al. (2011), avaliando a substituição do milho pela polpa cítrica peletizada ou pela mistura RUC juntamente com a polpa cítrica, constataram que a inclusão do RUC na dieta reduziu o CMS, além de reduzir o GMD, PC final e a EA de borregas. Chiou et al. (1998), em dois estudos avaliando a inclusão do RUC em dietas isoproteicas sobre a produção de leite e parâmetros metabólicos com vacas leiteiras também observaram diminuição no CMS.

Trabalhos realizados com bovinos sugerem que a inclusão de RUC pode ser feita em até 33% da MS sem prejudicar o CMS (Cabral Filho et al., 2007). No entanto, os resultados apresentados no presente estudo são diferentes, uma vez que as dietas contendo RUC não atingem essa proporção de RUC nas dietas 50RUC (10%) e 100RUC (20%), o que sugere que na alimentação de borregas a inclusão ideal de RUC pode ser inferior à sugerida para bovinos. Outro ponto é o tipo de volumoso utilizado e os teores de FDN das dietas. O teor de FDN da dieta é considerado um dos principais fatores que determinam a regulação física do consumo, uma vez que está diretamente relacionado à capacidade de distensão ruminal (Allen, 2000). Segundo Mertens (1994), o CMS é potencializado quando a ingestão de FDN é de até 1,25% do PC, valores acima disso, limitam o CMS. Resultados apresentados na Tabela 21, mostram que o CFDN em % do PC aumentou com a substituição do farelo de soja pelo RUC, com valores de 0,74, 1,26, 1,59% do PC, para a dieta 0RUC, 50RUC e 100RUC, respectivamente. Esse resultado sugere que a partir do primeiro teor de substituição do farelo de soja pelo RUC (50RUC) já houve limitação física do CMS, o que se acentuou quando o farelo

de soja foi totalmente substituído pelo RUC (100RUC). Vale destacar que o teor de FDN do RUC (54,3% da MS) é superior ao do farelo de soja (13,1% da MS) (Tabela 19), o que justifica o aumento no teor de FDN das dietas (Tabela 18) e, por consequência, a limitação física do consumo conforme o RUC substituiu o farelo de soja. Outro ponto importante, é que a fonte de volumoso utilizada no presente experimento foi o bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, que apresenta alto teor de FDN (85,4% MS) e baixa taxa de digestibilidade da MS (32 a 60%) (Pires et al., 2004; Balieiro Neto et al., 2007), que em associação com o RUC pode ter potencializado a limitação física. Consistente com esta ideia, Polan et al. (1985) avaliaram a inclusão de RUC em diferentes proporções na dieta de vacas leiteiras e não observaram redução no CMS, isso porque o aumento no teor de RUC na dieta foi contrabalanceado por decréscimo no teor de volumoso, de modo que o teor de FDN das dietas fossem similares.

Segundo o NRC (2007), o CMS está positivamente correlacionado com o GMD. Com isso, a diminuição linear no GMD ($P < 0,001$) com a inclusão de RUC pode ser explicada pela diminuição linear no CMS à medida que o RUC substituiu o farelo de soja. O que justifica a diminuição na eficiência alimentar, no primeiro período. No entanto, no segundo período não houve diferença na eficiência alimentar das borregas, isso pode ser explicado pela mudança no CMS em % de PC das borregas, os animais recebendo a dieta 50RUC e 100RUC, aumentaram o consumo do primeiro para o segundo período, no entanto, os que receberam a dieta controle (0RUC) apresentaram uma redução no consumo ($P = 0,01$). No início do experimento as borregas já estavam adaptadas a dieta controle, no entanto, não houve adaptação das mesmas ao RUC, o que pode ter prejudicado o CMS no primeiro período, período esse em que as borregas possivelmente se adaptaram ao novo ingrediente.

A redução do GMD com a substituição de 50% do farelo de soja por RUC, não é prejudicial para o desenvolvimento corporal das borregas, uma vez que o GMD está dentro do indicado para essa fase (Chappell, 1993), no entanto, a substituição de 100% acarretou uma redução prejudicial, ficando abaixo do recomendado para essa fase, levando mais tempo até o animal atingir os 70% do peso adulto e conseqüentemente ser considerada apta a reprodução (Ward; Williams, 1993).

5.4.2 Custo da alimentação e análise de sensibilidade

A inclusão do RUC na dieta de borregas como ingrediente proteico reduziu o preço da dieta por kg de MS, essa redução pode ser explicada pelo preço elevado do farelo de soja (R\$3,48/kg MS) em comparação ao RUC (R\$1,92 kg/MS) (Tabela 20). Além disso, parte do milho, ingrediente com maior inclusão nas dietas foi parcialmente substituído com a inclusão do RUC para que as dietas fossem isoproteicas e para manter em níveis adequados o EE da dieta, acentuando ainda mais na redução com custo por ingrediente na dieta.

A inclusão do RUC, por reduzir o CMS linearmente ocasionou redução do custo da dieta por CMS variando de -11,40% com a substituição parcial (50RUC) a -31,82% com a substituição total (100RUC) em relação à dieta contendo apenas farelo de soja (0RUC). No entanto, quando o custo foi baseado no GMD houve inversão dos resultados, aumentando os custos por kg de GMD a medida em que se aumentou os teores do RUC nas dietas, uma vez que, o GMD também reduziu linearmente com o aumento da substituição do farelo de soja, variando o custo em 1,60% com a dieta 50RUC e 12,46% com a dieta 100RUC em relação à dieta 0RUC.

A análise de sensibilidade foi realizada para o entendimento do risco de aumento no custo da dieta, caso haja aumento no custo do farelo de soja e/ou RUC da dieta. Em resposta, o aumento de 1% no preço do farelo de soja se apresentou mais arriscado em comparação ao aumento do preço em 1% do RUC, com a utilização do RUC tornando o custo da dieta menos arriscado caso haja um aumento no preço do ingrediente.

5.5 Conclusão

Borregas recebendo dieta contendo 50% de substituição do farelo de soja pelo RUC apresentam ganhos adequados para o desenvolvimento corporal na fase de recria, por outro lado, a substituição total do farelo de soja pelo RUC prejudica o ganho de peso, limitando o desenvolvimento das borregas.

Economicamente, a substituição de 50% e 100% do farelo de soja pelo RUC acarreta redução dos custos diários com alimentação, no entanto, com a substituição de 100%, o decréscimo no ganho de peso é demasiado, o que pode comprometer o peso das borregas ao início da vida reprodutiva.

Referências

- Allen, M.S., 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 83 (7), 1598-1624.
- AOAC, 1990. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis. 15th ed. Arlington, 1990. 1117p.
- Balheiro Neto, G., Siqueira, G.R., Nogueira, J.R., Reis, R.A., Roth, M. de T.P., 2009. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia silagens cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 10, 24-33.
- Bovolenta, S., Piasentier, E., Peresson, C., Malossini, F., 1998. The utilization of diets containing increasing levels of dried brewers' grains by growing lambs. *Animal Science*. 66, 689-695.
- Cabral Filho, S.L.S.; Bueno, I.C.S.; Abdalla, A.L., 2007. Substituição do feno de tifton pelo resíduo úmido de cervejaria em dietas de ovinos em manutenção. *Ciência Animal Brasileira*. 8, 75-73.
- Cannas, A., Tedeschi, L. O., Fox, D. G., Pell, A. N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *Journal of Animal Science*, 82 (1), 149-169. <https://doi.org/10.2527/2004.821149x>
- Chappell, G. L. M., 1993. Nutritional management of replacement sheep utilizing southern forages: a review. *Journal of Animal Science*, 71(11), 3151-3154. <https://doi.org/10.2527/1993.71113151x>
- Chiou, P.W.S.; Chen, C.R.; Chen, K.J., Yo, B., 1998. Wet brewers' grains or bean curd pomace as partial replacement of soybean meal for lactating cows. *Animal Feed Science and Technology*. 74, 123-134.
- Frasson, M.F., Carvalho, S.C., Jaurena, M.G., Menegon, A.M., Severo, M.M., Motta, J.H., Teixeira, W.S., 2018. Intake and performance of lambs finished in feedlot with wet brewer's grains. *Journal of Animal Science and Technology*. 60, 1-5. <https://doi.org/10.1186/s40781-018-0166-8>
- Geron, L. J. V., Zeoula, L. M., Erkel, J. A., Prado, I. N., Bublitz, E., Prado, O. P. P., 2010. Consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com resíduo de cervejaria fermentado. *Acta Scientiarum Animal Sciences*. 32, 69-76. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v32i1.6990>
- Gilaverte, S., Susin, I., Pires, A.V., Ferreira, E.M., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Biehl, M.V., Rodrigues, G.H., 2011. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 639-647, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982011000300024>.

- Goering, H.K. and Van Soest, P.J. (1970) Forage Fiber Analysis (Apparatus Reagents, Procedures and Some Applications). Agriculture Handbook. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Kinpara, D. I., 2020. Economia para além dos custos: aplicação da análise de sensibilidade para a tomada de decisão agropecuária. Embrapa Cerrados. 25p.
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey Junior, G.C. (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. Winsconsin: American Society of Agronomy, 450-493.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80, 1463.
- NRC, 2007. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of small ruminants. 2007, 362p.
- Oliveira, A. L. B., Monteiro, E. M. M., Faturi, C. F., Rodrigues, L. F. S., Domingues, F. N., RÊGO, A. C., 2017. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de fritura residual. *Revista de Ciências Agrárias*, 60, 90-95. <https://10.4322/rca.60104>
- Pires, A.J.V., Garcia, R., Valadares Filho, S.C., Pereira, O.G., Cecon, P.R., Silva, F.F., Silva, P.A., Itavo, L.C.V., 2004. Degradabilidade do bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 33, 1071-1077.
- Polan, C. E., Herrington, T. A., Wark, W. A., Armentano, L. E., 1985. Milk production response to diets supplemented with dried grains, wet brewers grains, or soybean meal. *Journal of Dairy Science*. 68 (8), 2016-2026. [https://10.3168/jds.S0022-0302\(85\)81063-8](https://10.3168/jds.S0022-0302(85)81063-8)
- Rant, A.R., Rant, W, Niznikowski, R., Świątek, M., Szymanska, Z., Ślęzak, M., Niemiec, T., 2018. The effect of the addition of wet brewers grain to the diet of lambs on body weight gain, slaughter value and meat quality. *Archives Animal Breeding*. 61, 245–251. <https://doi.org/10.5194/aab-61-245-2018>
- SAS, I.I., 1999. Statistical analysis system.
- 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). <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000700028>
- Souza, L.C., Zambom, M.A., Gundt, M.P., Pasqualotto, M., Santos, G.T., Castagnara, D.D., Kazama, D.C.S., 2015. Composição química e degradabilidade ruminal de forragens e subprodutos agroindustriais na região oeste do Paraná. *Bioscience Journal*, 31, 171-180. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-17252>
- 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), 3583-3597.

- Verde, A. A., Cucolo, M. C., Oliveira, M. L. C., Cavaleiri, F. L. B., Andreazzi, M. A., Emanuelli, I. P., 2019. Destino sustentável de resíduos de cervejaria artesanal: um estudo de caso em uma granja de suínos. *Revista Valore*, 4, 84-93. <https://doi.org/10.22408/reva40201931784-93>
- Ward, S.J., Williams, H.L., 1993. Ovarian activity and fertility during the first breeding season of Friesland ewe lambs. *British Veterinary Journal*. 149, 269-275.
- Westendorf, M.L.; Wohlt, J.E., 2002. Brewing by-products: their use as animal feeds. *Veterinary Clinical Food Animal*, 18, 233-252. [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(02\)00016-6](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(02)00016-6)