

**Desempenho, consumo e digestibilidade de nutrientes em cordeiros alimentados com níveis crescentes de farelo de crambe**

**Performance, intake and digestibility of nutrients in lambs fed with increasing levels of crambe meal**

**Rendimiento, consumo y digestibilidad de nutrientes en corderos alimentados con niveles crecientes de salvado de crambe**

Recebido: 29/09/2020 | Revisado: 30/09/2020 | Aceito: 01/10/2020 | Publicado: 04/10/2020

**Kariny Ferreira Moreira**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6832-4808>

Universidade Estadual de Maringá, Brasil

E-mail: [kariny\\_moreira@yahoo.com.br](mailto:kariny_moreira@yahoo.com.br)

**Cassiane Gomes dos Santos**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5688-7067>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [cassianezootecnia@gmail.com](mailto:cassianezootecnia@gmail.com)

**Juscilene Aparecida Silva Pacheco**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7206-2599>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [ju.zootecniaufvjm@gmail.com](mailto:ju.zootecniaufvjm@gmail.com)

**Alexandro Aluísio Rocha**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1299-8405>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [alexandrorocha@yahoo.com.br](mailto:alexandrorocha@yahoo.com.br)

**Darcilene Maria de Figueiredo**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1791-1719>

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Brasil

E-mail: [kariny\\_moreira@yahoo.com.br](mailto:kariny_moreira@yahoo.com.br)

**Resumo**

Objetivou-se avaliar níveis crescentes de substituição (0, 25, 50, 75%MS) da proteína bruta do concentrado pela proteína bruta do farelo de crambe. Foram utilizados 24 cordeiros

machos, peso vivo médio inicial de 17,50±3,90 kg distribuídos em delineamento inteiramente casualizado. Todos os ingredientes da dieta, sobras e fezes foram submetidos às análises bromatológicas. Foi realizado ensaio de digestibilidade dos animais. Foi realizada coleta spot de urina para a determinação dos derivados de purina, eficiência de síntese microbiana nitrogênio ureico urinário e coleta de sangue para determinação de nitrogênio uréico sérico e para mensuração das enzimas hepáticas alanina aminotransferase e aspartato aminotransferase. Os resultados foram submetidos à análise de variância e estudo de regressão ao nível de significância de 5%. Não houve efeito significativo para ganho médio diário, eficiência alimentar e conversão alimentar. Houve efeito significativo linear decrescente para o consumo em kg.dia<sup>-1</sup> de matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteína. Não houve efeito da inclusão do farelo de crambe na dieta sobre a digestibilidade dos nutrientes. Verificou-se efeito linear crescente nos parâmetros de avaliação de eficiência de síntese microbiana, fluxo de compostos nitrogenados microbianos, fluxo intestinal relativo de nitrogênio microbiano. Contudo não houve efeito em relação às enzimas hepáticas. Pode-se concluir que o farelo de crambe oriundo da produção de biodiesel pode ser utilizado como alimento alternativo proteico podendo substituir em até 75% da proteína bruta do concentrado sem comprometer o desempenho animal.

**Palavras-chave:** Alanina aminotransferase; Alimento alternativo; Aspartato aminotransferase; Consumo; Digestibilidade; Ovinocultura; Proteína bruta; Síntese de proteína microbiana.

### **Abstract**

The objective was to evaluate increasing levels of substitution (0, 25, 50, 75% DM) of the crude protein of the concentrate by the crude protein of the crambe bran. 24 male lambs were used, with an average initial live weight of 17.50 ± 3.90 kg distributed in a completely randomized design. All dietary ingredients, leftovers and feces were subjected to chemical analysis. Animal digestibility assay was performed. Spot urine collection was performed to determine purine derivatives, efficiency of microbial synthesis of urinary urea nitrogen and blood collection to determine serum urea nitrogen and to measure liver enzymes alanine aminotransferase and aspartan aminotransferase. The results were subjected to analysis of variance and regression study at the 5% significance level. There was no significant effect on average daily gain, feed efficiency and feed conversion. There was a significant decreasing linear effect on the consumption in kg.day<sup>-1</sup> of dry matter, organic matter, crude protein and non-fibrous carbohydrates corrected for ash and protein. There was no effect of including crambe bran in the diet on nutrient digestibility. There was a growing linear effect on the

parameters for evaluating the efficiency of microbial synthesis, flow of microbial nitrogen compounds, relative intestinal flow of microbial nitrogen. However, there was no effect on liver enzymes. It can be concluded that crambe bran from biodiesel production can be used as an alternative protein food and can replace up to 75% of the crude protein in the concentrate without compromising animal performance.

**Keywords:** Alanine aminotransferase; Alternative food; Aspartate aminotransferase; Intake; Digestibility; Sheep production; Crude protein; Microbial protein synthesis.

### **Resumen**

El objetivo fue evaluar niveles crecientes de sustitución (0, 25, 50, 75% MS) de la proteína cruda del concentrado por la proteína cruda del salvado de crambe. Se utilizaron 24 corderos machos, con un peso vivo inicial promedio de  $17,50 \pm 3,90$  kg distribuidos en un diseño completamente al azar. Todos los ingredientes de la dieta, las sobras y las heces se sometieron a análisis químicos. Se realizó un ensayo de digestibilidad animal. La recolección de orina puntual se realizó para determinar los derivados de purina, la eficiencia de la síntesis microbiana de nitrógeno ureico urinario y la recolección de sangre para determinar el nitrógeno ureico sérico y para medir las enzimas hepáticas alanina aminotrasferasa y aspartano aminotrasferasa. Los resultados se sometieron a análisis de varianza y estudio de regresión al nivel de significancia del 5%. No hubo un efecto significativo en la ganancia diaria promedio, la eficiencia alimenticia y la conversión alimenticia. Hubo un efecto lineal decreciente significativo sobre el consumo en kg. Día<sup>-1</sup> de materia seca, materia orgánica, proteína cruda y carbohidratos no fibrosos corregidos por cenizas y proteínas. La inclusión de salvado de crambe en la dieta no tuvo ningún efecto sobre la digestibilidad de los nutrientes. Hubo un efecto lineal creciente sobre los parámetros para evaluar la eficiencia de la síntesis microbiana, el flujo de compuestos nitrogenados microbianos, el flujo intestinal relativo de nitrógeno microbiano. Sin embargo, no hubo ningún efecto sobre las enzimas hepáticas. Se puede concluir que el salvado de crambe de la producción de biodiesel se puede utilizar como alimento proteico alternativo y puede reemplazar hasta el 75% de la proteína cruda en el concentrado sin comprometer el rendimiento animal.

**Palabras clave:** Alanina aminotrasferasa; Alimentos alternativos; Apartina aminotrasferasa; Consumo; Digestibilidad; Ovejas; Proteína cruda; Síntesis de proteínas microbianas.

## 1. Introdução

A crescente preocupação mundial com a poluição ambiental e produção dos gases de efeito estufa, juntamente com a busca por fontes de energia renováveis, faz com que novos recursos sejam utilizados visando à redução de compostos poluentes. Dessa forma, o biodiesel é uma excelente alternativa, sendo esse um combustível biodegradável, que substitui parcial ou totalmente os combustíveis derivados do petróleo, além disso o Brasil tem papel de destaque no cenário mundial de produção e uso de biocombustíveis, em especial com relação ao etanol produzido a partir de cana-de-açúcar e o biodiesel derivado de gorduras animais ou óleos vegetais (Santos et al., 2017).

A fabricação do biodiesel é feita pelo processo de transesterificação, que origina dois produtos principais, os ésteres (nome químico do biodiesel) e a glicerina; além de coprodutos como as tortas e farelo que podem ser utilizadas na alimentação animal (Tebas et al., 2017). As principais espécies oleaginosas usadas para a produção de biodiesel são a soja, o algodão, a palma, a mamona e o girassol além dessas, novas espécies oleaginosas, como o crambe (*Crambe abyssinica* Hochst), desponta como alternativa para a produção de biodiesel, seus coprodutos são considerados alimentos alternativos que apresentam qualidades para substituir ingredientes proteicos convencionais, em virtude da concentração de proteína bruta do farelo de crambe ser de aproximadamente 45% (Wildner et al., 2018, Canova et al., 2015).

A utilização de alimentos alternativos na dieta animal, como os resíduos da produção de biodiesel, dentre esse o farelo de crambe, tem como finalidade aumentar a produtividade e reduzir custos mas, a insuficiência de informações sobre a composição, qualidade nutricional e a presença de fatores antinutricionais tem ocasionado subaproveitamento desse coproduto, uma vez que grande parte dos coprodutos gerados na extração do óleo não passam por processo de agregação de valores porque são desconhecidas as suas potencialidades nutricionais e econômicas (Itavo et al., 2016).

Diversas matérias primas de grande importância na formulação de rações possuem em sua composição fatores antinutricionais, como ocorre com o glicosinolato presente no crambe. A maior questão sobre os riscos à saúde provocados por este fator antinutricional é o desconhecimento dos níveis de tolerância, do grau de variação do risco individual e da influência de fatores ambientais sobre a capacidade de detoxificação no organismo animal (Pinheiro et al., 2017). Pouco se sabe sobre a concentração ideal de inclusão do farelo de crambe na alimentação de ruminantes, baseado nisto objetivou-se avaliar o efeito de inclusão crescente da proteína bruta do farelo de crambe na dieta de cordeiros confinados substituindo

a proteína bruta do concentrado sobre o desempenho produtivo, consumo e digestibilidade aparente de nutrientes, síntese de proteína microbiana, balanço de nitrogênio e função hepática associados a efeitos antinutricionais.

## **2. Metodologia**

### **2.1. Animais**

O experimento foi conduzido no período de setembro a dezembro de 2014 no Laboratório de Ruminantes da Fazenda Experimental do Moura (FEM) pertencente a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), localizada no município de Curvelo - MG, nas coordenadas de 18°45'21" Sul e 44°25'51" Oeste, e 632m de altitude. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Ruminantes (FEM) e no Laboratório de Nutrição Animal da UFVJM Campus JK localizado em Diamantina- MG. A metodologia da pesquisa é de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018)

Foram utilizados vinte e quatro ovinos sem raça definida (SRD) machos, com idade inicial de quatro meses e peso vivo médio inicial de 17,50±3,90 kg. Os cordeiros foram mantidos em baias individuais de 1,5m x 1,0m, equipadas com cocho e bebedouro. A higienização das gaiolas foi feita diariamente. Os animais foram vermifugados contra endoparasitas, via oral à base albendazol e injetável composto por ivermectina no início do experimento. O período experimental foi de 91 dias sendo sete dias de adaptação às condições experimentais e 84 dias para coleta de dados.

As dietas foram constituídas com níveis crescentes de inclusão da proteína bruta (PB) do farelo de crambe em substituição à PB do concentrado sendo:

Dieta 0FC = 0% de substituição da PB do concentrado pela PB do farelo de crambe (controle);

Dieta 25FC = 25% de substituição da PB do concentrado pela PB do farelo de crambe;

Dieta 50FC = 50% de substituição da PB do concentrado pela PB do farelo de crambe;

Dieta 75FC = 75% de substituição da PB do concentrado pela PB do farelo de crambe.

(Tabela 1).

**Tabela 1** - Composição percentual das dietas oferecidas para os cordeiros em confinamento.

Item (%MS)	Dieta			
	0FC	25FC	50FC	75FC
Milho moído	6,12	8,00	14,75	9,51
Farelo de soja	5,00	6,50	10,00	7,00
Farelo de algodão (38%PB)	26,50	17,50	---	---
Farelo de trigo	10,50	5,00	---	---
Farelo de crambe	---	11,15	22,62	32,50
Mistura mineral	1,88	1,88	1,88	1,00
Ureia/SA	---	---	0,75	---
Silagem de milho	50,00	50,00	50,00	50,00

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Apresentação dos ingredientes da dieta experimental fornecida ao longo do período de 91 dias, conforme Tabela 1.

Durante este período os animais receberam dietas contendo 50% de volumoso e 50% de concentrado, com base na matéria seca. As dietas foram balanceadas para ganho de peso médio diário de 200g segundo dados extrapolados para a categoria de animais de 20 kg preconizados pelo NRC (2007), contendo aproximadamente 19% de proteína bruta (PB). Estas foram fornecidas *ad libitum*, duas vezes ao dia, sempre às 07h00 e 15h00 horas. A mistura entre o volumoso e o concentrado foi realizada no momento do fornecimento da dieta. Os animais tiveram acesso *ad libitum* à mistura mineral fornecida, em cocho separado e de água limpa e fresca.

## 2.2. Composição bromatológica

Foram realizadas amostras compostas do volumoso, concentrado e das sobras de cada animal, feito através de coletas diárias de cada material sendo estas, acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer a -20°C e para posteriores análises laboratoriais. Todas as amostras de alimentos (silagem, ingredientes e concentrado) bem como as sobras foram submetidas às análises para quantificação dos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e matéria mineral (MM) de acordo com AOAC (1995). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) foram obtidos de acordo com Mertens

(2002) sem o uso de sulfito de sódio e utilizando-se amilase termoestável (Termamyl 120L, Novozymes). Utilizou-se o sistema Ankom® para as avaliações de FDN, com modificação do saquinho utilizado (5,0 x 5,0 cm, porosidade de 100 µm), que foi confeccionado utilizando-se tecido não-tecido (TNT - 100 g/m<sup>2</sup>). Os teores de fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), detergente insolúvel em detergente neutro (NIDN) e a lignina (ácido sulfúrico 72%) foram obtidos pelo método sequencial de Robertson e Van Soest (1981) e por protocolo apresentado por Licitra et al. (1996).

Para quantificação dos teores de FDN indigestível (FDNi) e FDA indigestível (FDAi), amostras processadas de alimentos separados e sobras foram incubadas em duplicata (20 mg MS/cm<sup>2</sup>) no rúmen de um bovino dotado de cânula ruminal por 264 horas, estas foram retiradas e lavadas até a completa retirada de resíduo de digestão ruminal. O material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro e detergente ácido, respectivamente. A FDN potencialmente digestível (FDNpd)  $FDNpd = FDN - FDNi$ .

As amostras de fezes dos cordeiros também foram submetidas a análises para quantificação dos teores de MS, MO, PB, EE e MM (AOAC, 1995) e FDN (Mertens, 2002).

Os carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) foram estimados nas amostras de alimentos, sobras e fezes de acordo com Hall e Akinyode (2000), utilizando a fórmula:

$$CNFcp = 100 - [(\% PB \text{ total} - \% PB \text{ ureia} + \% \text{ ureia}) + (\% FDNcp) + \% EE + \% MM].$$

Para o cálculo do NDT observado das dietas utilizou-se a equação,  $NDT = PBD + 2,25 \times EED + FDNcpD + CNFD$  (Tabela 2).

**Tabela 2** - Composição bromatológica das dietas, da silagem de milho e do farelo de crambe.

Itens <sup>1</sup>	Dieta				Silagem de milho	Farelo de crambe
	0FC	25FC	50FC	75FC		
MS	91,00	90,83	90,22	90,86	26,30	91,25
MO	91,12	91,25	90,41	91,31	95,56	91,53
PB	19,89	19,8	19,87	19,64	6,76	31,78
Arginina <sup>1,3</sup>	2,63	2,64	2,23	2,56	-	6,06
Histidina <sup>1,3</sup>	0,66	0,80	0,89	1,04	-	2,51
Isoleucina <sup>1,3</sup>	0,79	1,10	1,40	1,62	-	3,82
Lisina <sup>1,3</sup>	1,03	1,43	1,81	2,10	-	5,01
Metionina <sup>1,3</sup>	0,35	0,46	0,54	0,66	-	1,69
Fenilalanina <sup>1,3</sup>	1,33	1,49	1,50	1,70	-	3,93
Treonina <sup>1,3</sup>	0,78	1,10	1,39	1,65	-	4,08
Valina <sup>1,3</sup>	1,01	1,33	1,59	1,88	-	4,59
EE	2,19	1,84	1,77	1,36	2,85	0,47
FDNcp	25,79	28,6	28,97	29,08	55,35	37,25
FDNpd	13,00	15,3	17,29	13,77	39,81	8,59
CNFcp	43,25	41,01	39,8	41,23	30,36	22,03
FDAcp	12,62	13,92	13,71	15,30	26,14	25,19
FDNi	12,79	13,30	11,68	15,31	15,54	28,66
FDAi	8,11	10,86	8,97	11,76	9,63	19,90
NIDN <sup>2</sup>	17,95	17,98	18,30	19,10	33,67	14,17
NIDA <sup>2</sup>	4,45	4,77	4,93	4,77	10,60	5,94
CHOT	72,45	72,53	72,15	72,55	80,77	59,28
Lignina	1,71	1,97	1,96	1,88	4,47	7,73
NDT calc.	66,56	66,05	65,97	64,80	64,39	41,43

<sup>1</sup> % da matéria seca; MS – matéria seca; MO – matéria orgânica; PB – proteína bruta; EE – extrato etéreo; FDNcp – fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; FDNpd - FDN potencialmente digestível; CNFcp – carboidrato não fibroso corrigido para cinza e proteína; FDA cp – fibra em detergente ácido corrigida para cinza e proteína; FDNi – FDN indigestível; FDAi – FDA indigestível; CHOT – carboidratos totais; NDT calc. – nutrientes digestíveis totais calculado; <sup>2</sup>NIDN- nitrogênio insolúvel em detergente neutro em % do nitrogênio total; NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido em % do nitrogênio total. <sup>3</sup>% da PB adaptado Anderson et al. 1993.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Apresentação da composição bromatológica da dieta experimental, do volumoso (silagem de milho) e do farelo de crambe fornecidos ao longo do período de 91 dias, conforme a Tabela 2.

### **2.3. Desempenho**

Os animais foram pesados nos 1º, 14º, 28º, 42º, 56º, 70º, 84º dias do período experimental, para monitoramento da variação de peso dos animais. A obtenção do ganho de peso diário se deu pela diferença entre o peso vivo inicial e o peso vivo final, dividido pelo número de dias de avaliação. A conversão alimentar (CA) de cada animal foi obtida através da relação entre a quantidade de matéria seca (MS) ingerida diariamente e o ganho de peso médio diário. A eficiência alimentar (EA) foi obtida através da relação do ganho de peso médio diário e a quantidade de MS ingerida por dia.

### **2.4. Consumo**

Durante todo o experimento a silagem e o concentrado oferecidos e as sobras foram pesadas diariamente, com intuito de mensurar o consumo individual dos animais em quilograma por dia ( $\text{kg.dia}^{-1}$ ), gramas por quilograma de peso vivo ( $\text{g.kg}^{-1}$  de PV) e gramas por quilograma de peso metabólico ( $\text{g.kg}^{-1}$  de  $\text{PV}^{0,75}$ ) e a partir dos valores registrados era ajustada a quantidade de alimento fornecida para permitir 20% de sobras no comedouro.

### **2.5. Digestibilidade aparente dos nutrientes**

Para a estimativa da digestibilidade aparente dos nutrientes realizou-se ensaio de digestibilidade durante o 42º ao 46º dia do período experimental no qual, foram realizadas coletas individuais e total das fezes por período de 24 horas durante os cinco dias consecutivos, com o auxílio de bolsas coletoras. As fezes produzidas eram pesadas sempre às 8h00 retirando-se aproximadamente 10% do peso total produzidas em 24hs que foram acondicionadas em freezer a  $-20^{\circ}\text{C}$  sendo posteriormente realizadas amostras compostas dos cinco dias de coleta por animal e processadas da mesma forma que as amostras de sobras e alimento fornecidos.

No qual os valores de digestibilidade aparente total dos nutrientes (DN) foram obtidos a partir da equação:

$$DN (\%) = \frac{(MS \text{ ingerida} \times \% \text{ Nutriente}) - (MS \text{ excretada} \times \% \text{ Nutriente})}{(MS \text{ ingerida} \times \% \text{ Nutriente})} \times 100.$$

$$(MS \text{ ingerida} \times \% \text{ Nutriente})$$

## 2.6. Eficiência microbiana e Balanço de nitrogênio

No 41º dia do período experimental foram realizadas coletas de sangue por meio de punção da veia jugular, nos tempos de 0h, 3h, 6h e 9h após o fornecimento do trato às 7h, utilizando-se tubos e gel acelerador da coagulação, sendo imediatamente centrifugadas a 4250rpm por 15 minutos e o soro congelado (-20°C) para posterior quantificação de ureia, nesse mesmo dia realizou-se coletas “spot” de urina, através de micção espontânea dos animais que ocorreram às 0h, 3h, 6h e 9h após o trato da manhã. Parte destas amostras foram diluídas e 10mL de urina foram adicionadas em 40mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,036 N e congeladas (-20°C) para posterior determinação dos teores de creatinina, ureia e derivados de purina (Valadares et al., 1999). Da mesma forma as amostras de urina não diluídas foram congeladas (-20°C) para posterior análise de nitrogênio total.

As análises de derivados de purinas (alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina) foram feitas nas amostras “spot” de urina diluída descongeladas, conforme métodos descritos por Chen e Gomes (1992). A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoína, ácido úrico, xantina e hipoxantina presentes na urina, expressas em mmol/dia. As purinas absorvidas (X, mmol/ dia) foram estimadas a partir da excreção de derivados de purinas (Y, mmol/ dia), por intermédio da equação proposta por Chen e Gomes (1992), para ovinos  $Y = 0,84X + (0,150 PV^{0,75} e^{-0,25X})$ ; onde: 0,84 é a eficiência de absorção de purinas exógenas, 0,150 PV<sup>0,75</sup> refere-se à excreção endógena de derivados de purinas e e<sup>-0,25X</sup> é a taxa de substituição da síntese de novo por purinas endógenas.

A síntese ruminal de proteína microbiana (g NMic.dia<sup>-1</sup>) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol.dia<sup>-1</sup>), utilizando-se a equação descrita por Chen e Gomes (1992): NMic = 70X / (0,83 x 0,116 x 1000); onde 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N.mmol<sup>-1</sup>), 0,83 é a digestibilidade das purinas microbianas; e 0,116 é a relação N purina : N total nas bactérias. A eficiência microbiana foi expressa através da unidade: g PB microbiana.100g de NDT consumido<sup>-1</sup>.

Para a análise de nitrogênio nas amostras de urina concentrada após o descongelamento, as amostras foram homogeneizadas por agitação sendo a análise realizada através do método de Kjeldhal. O balanço de nitrogênio (BN) ou nitrogênio retido em g.dia<sup>-1</sup> foi obtido subtraindo-se o total de nitrogênio excretado nas fezes e na urina do total de nitrogênio

ingerido, representando o total de nitrogênio que efetivamente ficou retido no organismo animal, conforme a equação:  $BN = \text{nitrogênio Ingerido} - (\text{nitrogênio fezes} + \text{nitrogênio urina})$ . Os valores obtidos a partir da diferença entre nitrogênio total ingerido e nitrogênio contido nas fezes se referem ao nitrogênio absorvido, conforme a equação:  $\text{nitrogênio Absorvido} = \text{nitrogênio Ingerido} - \text{nitrogênio Fezes}$ .

## **2.7. Ensaios bioquímicos**

Para a determinação dos possíveis efeitos hepáticos nos animais devido ao glicosinolato presente no farelo de crambe realizaram-se coletas de amostras de sangue no 1º dia do período de adaptação dos animais, e nos 14º, 28º, 42º e 70º dias no decorrer do experimento sempre às 7h os animais eram mantido em jejum alimentar de sólido de 12h para a realização da coleta. As amostras foram centrifugadas a 4250rpm por 15 minutos e as amostras de soro sanguíneo acondicionadas em ependorfs e congeladas a -20°C para análise posterior através de kits comerciais da Labtest ALT/GPT liquiform e AST/GOT liquiform para mensuração dos níveis de aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT).

## **2.8. Análise estatística**

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos: 0%, 25%, 50% e 75% de substituição da proteína bruta do concentrado pela proteína bruta do farelo de crambe. Os resultados foram submetidos à análise de variância e de regressão linear e quadrática adotando-se o nível de significância de 5%, utilizando-se o programa SAS (2004).

## **3. Resultados e Discussão**

Não houve efeito ( $P \geq 0,05$ ) da inclusão do farelo de crambe para a variável peso vivo inicial, o que demonstra a homogeneidade dos animais nos tratamentos e também para peso vivo final e ganho médio diário (GMD). A média de GMD em relação às dietas (250g.animal.dia) apresentou-se acima do preconizado pelo NRC (2007) (200g.animal.dia) considerando o animal e a dieta. Uma vez que a eficiência alimentar e a conversão alimentar estão diretamente relacionados com o CMS ( $\text{g. kg}^{-1}$  de PV) e GMD não foi observado efeito

( $P \geq 0,05$ ) sobre estas eficiências entre as dietas (Tabela 3). Em estudo realizado por Tonissi et al. (2018) foi constatado que a proteína da torta de crambe pode ser igualmente substituída pelo total de proteína do farelo de soja sem afetar o desempenho e as características da carcaça de ovelhas, dados esses que corroboram com nossos achados.

**Tabela 3** - Peso vivo inicial (PVI) (Kg), peso vivo final (PVF) (Kg), ganho médio diário (GMD) ( $\text{Kg.animal.dia}^{-1}$ ), eficiência alimentar (EA) e conversão alimentar (CA) em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo de crambe em dietas de cordeiros.

Item	Dieta				P-valor*	CV(%)
	0FC	25FC	50FC	75FC		
PVI	18,58 $\pm$ 5,04	18,25 $\pm$ 4,10	16,00 $\pm$ 2,81	17,25 $\pm$ 3,68	0,3399	19,12
PVF	41,31 $\pm$ 3,43	44,9 $\pm$ 3,53	35,33 $\pm$ 3,11	37,58 $\pm$ 7,36	0,0544	13,41
GMD	0,258 $\pm$ 0,20	0,292 $\pm$ 0,31	0,222 $\pm$ 0,11	0,231 $\pm$ 0,30	0,0896	17,95
EA	0,221 $\pm$ 0,04	0,236 $\pm$ 0,03	0,223 $\pm$ 0,03	0,229 $\pm$ 0,01	0,6477	17,18
CA	4,69 $\pm$ 0,11	4,31 $\pm$ 0,14	4,63 $\pm$ 0,13	4,38 $\pm$ 0,09	0,7975	14,82

\* 5% probabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

No início do período experimental os tratamentos foram distribuídos de forma homogênea dado que, os pesos vivos inicial dos animais não apresentaram diferença significativa. Os dados de desempenho não apresentaram efeito significativo o que sugere que o farelo de crambe não afetou o desenvolvimento dos animais, Tabela 3.

Verificou-se efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) da inclusão do farelo de crambe nas dietas dos animais em relação ao consumo de matéria seca ( $\text{CMS} = 1,2167 - 0,002942\text{FC}$ ;  $R^2 = 18,63\%$ ), consumo de matéria orgânica ( $\text{CMO} = 1,1318 - 0,002677\text{FC}$ ;  $R^2 = 17,78\%$ ), consumo de carboidratos não fibrosos corrigidos para cinzas e proteínas ( $\text{CCNFcp} = 0,4201 - 0,001226\text{FC}$ ;  $R^2 = 24,88\%$ ) em  $\text{kg.dia}^{-1}$  e consumo de proteína bruta ( $\text{CPB} = 0,2346 - 0,00072\text{FC}$ ;  $R^2 = 29,41\%$ ), em  $\text{kg.dia}^{-1}$  e em  $\text{g.kg}^{-1}$  de  $\text{PV}^{0,75}$  ( $\text{CPB} = 16,98441 - 0,025727\text{FC}$ ;  $R^2 = 19,35\%$ ) (Tabela 4). O farelo de crambe apresenta o glicosinolato, sendo esse um fator antinutricional, que pode ter contribuído para a diminuição no CMS e conseqüentemente no consumo dos demais nutrientes, devido à baixa aceitabilidade desse composto por algumas espécies de pequenos ruminantes (Canova et al., 2015). De forma contrária, Mendonça (2012), ao avaliar a inclusão do farelo de crambe na alimentação de bovinos de corte, não observou efeito no consumo de MS, PB e CNFcp entre os diferentes níveis de inclusão do farelo de crambe.

**Tabela 4** - Média e coeficiente de variação (CV) para o consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria seca digestível (CMSdig), matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp), FDN potencialmente digestível (CFDNpd), extrato etéreo (CEE), carboidrato não fibroso corrigido para cinza proteína (CCNFcp), e carboidratos totais (CCHOT) em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo em dietas de cordeiros.

Item	Dieta				P-valor	CV (%)
	0FC	25FC	50FC	75FC		
Kg.dia <sup>-1</sup>						
CMS	1,18	1,25	0,98	1,02	0,0397*	16,55
CMSdig.	0,74	0,82	0,65	0,68	0,0756	16,63
CMO	1,10	1,17	0,92	0,96	0,0451*	16,62
CPB	0,23	0,24	0,18	0,18	0,0075**	16,16
CFDNcp	0,44	0,47	0,37	0,39	0,0955	16,95
CFDNpd	0,29	0,31	0,25	0,24	0,0975	17,01
CEE	0,032	0,034	0,027	0,027	0,0607	20,27
CCNFcp	0,41	0,42	0,33	0,34	0,0154*	16,97
CCHOT	0,84	0,90	0,70	0,75	0,0702	16,79
g.Kg <sup>-1</sup> de PV						
CMS	36,16	37,80	36,21	36,32	0,8728	8,57
CMO	33,70	35,23	33,59	33,97	0,9723	8,57
CPB	6,92	7,21	6,78	6,50	0,1698	9,16
CFDNcp	13,36	14,02	13,37	13,93	0,6056	8,55
CFDNpd	8,95	9,31	8,96	8,68	0,4664	9,06
CEE	0,96	0,98	0,93	0,89	0,1574	9,91
CCNFcp	12,60	12,75	12,10	12,03	0,2864	9,37
CCHOT	25,82	27,04	25,87	26,58	0,7665	8,54
g.Kg <sup>-1</sup> de PV <sup>0,75</sup>						
CMS	86,37	90,66	82,75	83,35	0,2784	9,32
CMO	80,49	84,50	76,77	77,96	0,3486	9,37
CPB	16,52	17,30	15,52	14,91	0,0357*	9,76
CFDNcp	31,92	33,62	30,56	31,96	0,6321	9,42
CFDNpd	21,39	22,34	20,49	19,94	0,1301	9,91
CEE	2,29	2,35	2,13	2,05	0,0438	10,67
CCNFcp	30,08	30,58	27,66	27,62	0,0716	10,04

---

CCHOT	61,68	64,85	59,13	61,00	0,4993	9,37
-------	-------	-------	-------	-------	--------	------

---

\*5% probabilidade. \*\*1% probabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

O consumo dos nutrientes: matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, carboidrato não fibroso fornecido na dieta experimental para os animais apresentaram efeito significativo, Tabela 4.

No presente estudo os coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes (Tabela 5) também não apresentaram diferença ( $P \geq 0,05$ ) entre as dietas o que significa que o farelo de crambe não alterou as quantidades de nutrientes que foram absorvidos pelos cordeiros. O coeficiente de digestibilidade, ou simplesmente digestibilidade do alimento, é um dos principais constituintes relacionado aos parâmetros nutricionais determinantes para o processo produtivo de ruminantes, por esse ser representado pelos efeitos das ações dos sistemas enzimáticos microbiano e animal durante a passagem pelo trato gastrointestinal sendo fundamental para a disponibilidade energética do alimento ou dieta (Correddu et al., 2020).

Assim a digestibilidade e o consumo determinam grande parte do valor nutritivo do alimento, pois resulta na fração digerida que será absorvida e metabolizada pelo animal. A quantidade total de nutrientes absorvidos durante a alimentação depende também da digestibilidade, apesar do consumo ser responsável pela maior parte das diferenças entre os alimentos (Vieira et al., 2020).

Trabalho desenvolvido por Neto et al. (2010) com inclusão de 6,39, 12,65 e 19,75% de teor de farelo de crambe na MS, identificaram efeito linear crescente para o consumo de MS, porém este aumento não refletiu no ganho médio diário dos ovinos, justificado pelo fato de que as dietas contendo teores maiores de crambe poderiam apresentar menores digestibilidades e conseqüentemente menor aproveitamento de nutrientes.

**Tabela 5** - Médias e coeficientes de variação (CV) para a digestibilidade aparente total da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), proteína bruta (DPB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (DFDNcp), extrato etéreo (DEE), carboidrato não fibroso corrigidos para cinzas e proteína (DCNFcp), carboidratos totais (DCHOT) e nutrientes digestíveis totais observado (NDTobs) em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo de crambe em dietas de cordeiros.

Item	Dieta				P-valor*	CV (%)
	0FC	25FC	50FC	75FC		
DMS	62,76	65,94	64,24	66,32	0,3140	7,55
DMO	64,99	68,73	66,57	68,21	0,3978	6,90
DPB	74,26	76,07	72,05	74,65	0,7363	5,51
DFDNcp	50,05	55,63	53,98	55,50	0,2025	11,67
DEE	44,64	53,68	45,32	44,89	0,5310	31,34
DCNFcp	77,61	79,43	78,68	79,43	0,8201	5,17
DCHOT	63,24	67,30	66,25	67,39	0,2055	7,41
NDTobs	62,40	65,09	61,78	63,46	0,6550	7,31

\*5% probabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A digestibilidade da dieta experimental foi igual em todos os tratamentos, Tabela 5.

Verificou-se efeito linear crescente ( $P < 0,05$ ) das dietas sobre os fluxos de compostos nitrogenados microbianos ( $NMIC = 2,7681 + 0,024244FC$ ;  $R^2 = 20,06\%$ ) (Tabela 6) para o intestino delgado nos cordeiros mesmo não havendo mesmo efeito para o consumo de proteína bruta. Para o NMIC relativo, que representa o NMIC em relação ao nitrogênio ingerido ( $NMICR = 0,0721 + 0,001115FC$ ;  $R^2 = 41,56\%$ ), verificou-se efeito linear crescente das diferentes dietas ( $P < 0,01$ ), ou seja, os níveis crescentes de crambe possibilitaram melhor fixação do N ingerido em PB microbiana já que o NDTobs não apresentou efeito ( $P \geq 0,05$ ) variando de 61,78 a 65,09% entre as dietas. Apesar do consumo de CNFcp da dieta 75FC ter sido significativamente menor ( $P < 0,05$ ) não comprometeu os valores de NMIC produzidos pelos animais recebendo essa dieta.

As necessidades proteicas dos ruminantes são atendidas mediante a absorção intestinal de aminoácidos provenientes da proteína microbiana sintetizada no rúmen e da proteína dietética não-degradada no rúmen (Roman-Garcia et al., 2016). Todavia, a concentração de compostos nitrogenados ruminal é o resultado do equilíbrio entre sua produção, absorção e utilização pelos microrganismos sendo que as disponibilidades ruminais de nitrogênio e energia são os principais fatores que limitam o crescimento microbiano e por consequência a

eficiência microbiana garante que os nutrientes dos alimentos sejam utilizados com maior eficácia pelo animal (Kozloski, 2017).

Houve efeito linear crescente ( $P < 0,01$ ) da EFIM ( $\text{gPBmic} \cdot 100\text{g NDT}^{-1}$ ) promovendo maior eficiência de assimilação de aminoácidos e nitrogênio amoniacal para a síntese de PBmic, ressaltando que não houve diferença significativa entre percentual de digestibilidade aparente total da PB entre as dietas (Tabela 5) mas, o consumo de PB  $\text{kg MS} \cdot \text{dia}^{-1}$  apresentou efeito linear decrescente (Tabela 4) assim ocorre variação dos componentes das dietas como de alguns aminoácidos essenciais (Tabela 2) o que pode ter contribuído para essa melhor assimilação microbiana haja vista que o NDTobs (Tabela 5) não apresentou efeito ( $P \geq 0,05$ ). Mesmo comportamento foi observado para a eficiência da síntese de proteína microbiana ( $\text{EFIM} = 22,4991 + 0,295597\text{FC}$ ;  $R^2 = 35,87\%$ ) com média mais elevada à medida que aumenta os níveis de farelo de crambe nas dietas variando de 25,11 a 44,23g PB mic/100g de NDT ingerido.

**Tabela 6** - Médias e coeficiente de variação (CV) para fluxo de compostos nitrogenados microbianos ( $\text{NMIC} \cdot \text{g dia}^{-1}$ ), fluxo intestinal relativo de nitrogênio microbiano ( $\text{NMICR} \cdot \text{g g de nitrogênio ingerido}^{-1}$ ), eficiência de síntese microbiana ( $\text{EFIM} \cdot \text{gPBmic} \cdot 100\text{g NDT}^{-1}$ ), concentração de nitrogênio uréico no soro ( $\text{NUS} \cdot \text{mg dl}^{-1}$ ), consumo de nitrogênio ( $\text{CN} \cdot \text{g dia}^{-1}$ ), relação NUS/CN, excreção urinária de nitrogênio uréico ( $\text{EUNU} \cdot \text{g dia}^{-1}$ ), balanço de nitrogênio aparente ( $\text{BN} \cdot \text{g dia}^{-1}$ ) relação BN/CN, em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo em dietas de cordeiros.

Item	Dieta				P-valor	CV(%)
	0FC	25FC	50FC	75FC		
NMIC	2,93	3,12	3,91	4,70	0,0321*	39,75
NMICR	0,08	0,07	0,14	0,16	0,0009**	34,90
EFIM	25,11	23,10	40,76	44,23	0,0025**	36,01
NUS	27,77	24,28	25,31	21,39	0,0325*	11,97
CN	36,27	38,08	29,33	29,33	0,0075**	16,52
NUS/CN	0,71	0,65	0,87	0,75	0,1976	18,61
EUNU	4,78	3,98	5,02	4,99	0,4526	23,77
BN	21,09	22,19	15,03	16,75	0,0307*	25,56
BN/CN	0,58	0,58	0,51	0,57	0,5123	15,42

\*5% probabilidade. \*\*1% probabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Na prática, o ajuste da ingestão de proteína e energia é complexo e de extrema importância pois, a eficiência de produção microbiana e o fluxo microbiano são fatores determinantes da quantidade de proteína microbiana que alcança o intestino delgado e perdas durante o armazenamento e seleção da dieta pelo animal podem explicar porque os alimentos analisados não são completamente representativos dos alimentos realmente consumidos (Kozloski, 2017).

A saída de microrganismos do rúmen depende de vários fatores, entre eles, o crescimento microbiano propriamente dito sendo este dependente de principalmente da energia, minerais, vitaminas, nitrogênio, reciclagem microbiana no rúmen, taxas de passagens de líquidos e sólidos, digestibilidade dos alimentos, extensão da associação microbiana a digesta ruminal e a ação dentro dos grupos de microrganismos com esses fatores (Wlodarski et al., 2017).

Petit et al. (1997) corroboram que o crambe, por apresentar grande quantidade de ácidos graxos poliinsaturados sendo esses biohidrogenados pelas bactérias ruminais, proporciona aumento na disponibilidade de energia, fator positivo para esse alimento já que a extensão da síntese microbiana depende da quantidade de energia disponível no substrato, e não somente da quantidade e da natureza do material presente no rúmen. Segundo Zhang et al. (2020) a sincronia na suplementação de carboidrato e proteína para o rúmen reduz a difusão de amônia para a flora do rúmen e aumenta a retenção de nitrogênio. A quantidade de amônia que poderá ser utilizada pelas bactérias depende da quantidade de energia disponível, ou seja, da digestibilidade do alimento ingerido.

Verificou-se efeito linear decrescente ( $P < 0,05$ ) para o nitrogênio uréico no soro sanguíneo ( $NUS = 26,0413 - 0,048844FC$ ;  $R^2 = 19,99\%$ ) sendo que esse parâmetro em ruminantes pode ser utilizada para monitorar a utilização do nitrogênio da dieta. A avaliação do balanço de nitrogênio e da concentração de ureia no soro e na urina permite a obtenção de informações a respeito da nutrição proteica dos ruminantes, o que pode ser importante para evitar prejuízos produtivos, reprodutivos e ambientais, decorrentes do fornecimento de quantidades excessivas de proteína ou da inadequada sincronia energia-proteína no rúmen (Hristov et al., 2019).

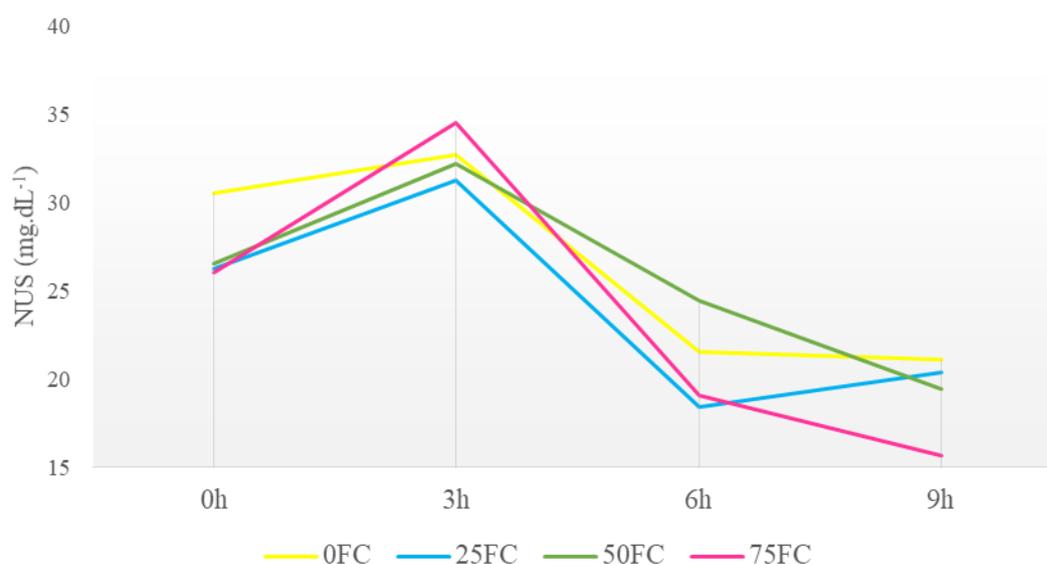
Neste sentido, maiores concentrações de nitrogênio ureico no sangue e na urina caracterizam ineficiência na utilização da proteína e maiores perdas de energia que, de acordo com os valores encontrados no presente trabalho a dieta sem a utilização do farelo de crambe proporcionou o nível mais alto ( $27,77 \text{ mg.dL}^{-1}$ ) de NUS (Tabela 6). Uma vez que segundo

Oliveira et al. (2015) concentrações de NUS para ovinos abaixo de  $19 \text{ mg.dL}^{-1}$  são indicativos de que os animais não utilizam boa parte do nitrogênio consumido.

O consumo de nitrogênio (CN), conforme comportamento do consumo de PB (Tabela 4) apresentou efeito linear decrescente sendo que as dietas 50FC e 75FC proporcionaram médias de consumo iguais ( $29,33 \text{ g.dia}^{-1}$ ) (Tabela 6). Este fato, aliado à satisfatória produção de nitrogênio microbiano, indica melhor utilização do N ingerido resultando no mesmo ganho de peso médio diário (Tabela 3) em relação às demais dietas.

Por intermédio da união dessas informações, é possível pressupor que, apesar das dietas serem isoprotéicas ocorreu redução decrescente no consumo de nitrogênio ( $\text{CN} = 37,4502 - 0,115836 \text{ FC}$ ;  $R^2 = 29,41\%$ ) ( $P < 0,01$ ) ocasionando variação decrescente no balanço de nitrogênio ( $\text{BN} = 21,6236 - 0,079047 \text{ FC}$ ;  $R^2 = 20,35\%$ ) ( $P < 0,05$ ) fazendo com que os microrganismos ruminais dos animais que consumiram a dieta 0FC assimilasse menor quantidade de amônia e conseqüentemente apresentassem maior média para NUS (Tabela 6).

**Figura 1** - Disponibilidade do NUS em função do tempo após o fornecimento da dieta.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Mas, independentemente do nível de inclusão de farelo de crambe nas dietas a maior concentração do NUS nos animais ocorreu após 3h do fornecimento da dieta (Fig. 1).

Mesmo os animais tendo apresentado produção linear decrescente NUS com o aumento da quantidade de farelo de crambe nas dietas a excreção urinária de nitrogênio uréico (EUNU) (Tabela 6) não apresentou efeito ( $P \geq 0,05$ ), ou seja, nenhuma dieta proporcionou maiores perdas de N e conseqüentemente maiores desvios de energia para síntese de ureia no fígado.

Segundo Hartinger et al. (2018) quanto melhor a adequação das quantidades de energia e compostos nitrogenados no ambiente ruminal menor a difusão de amônia pela parede ruminal resultando em menor dreno energético dessa forma, a determinação da concentração de amônia permite avaliar o balanceamento da energia com a proteína da dieta ingerida, ou seja, altas concentrações de amônia estão relacionadas ao excesso de proteína degradada no rúmen e, ou às baixas concentrações de carboidratos degradados no rúmen. Baseado nessas informações a relação NUS/CN no presente estudo não apresentaram efeito ( $P \geq 0,05$ ) o que podendo inferir que todas as dietas apresentaram a mesma perda relativa dos compostos nitrogenados no ambiente ruminal mediante a quantidade de energia ingerido.

Considerando os efeitos do glicosinolato presente no farelo de crambe não houve efeito ( $P \geq 0,05$ ) dos níveis de inclusão da proteína deste alimento na dieta para os parâmetros plasmáticos sanguíneos da ALT e AST tendo média de 24,46 U.L<sup>-1</sup> e 156,20 U.L<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 7) e o comportamento das enzimas ALT e AST ao longo do tempo não foram significativas (Fig. 2 e Fig. 3). Tais valores se encontram dentro do referencial de concentrações sugeridas para ovinos sadios destas respectivas enzimas que são de 22 a 28 U.L<sup>-1</sup> e 60 a 280 U.L<sup>-1</sup> (Radostits, 2002). Altas concentrações destas enzimas no plasma sanguíneo podem sugerir a presença de lesões nos hepatócitos em resposta à toxicidade dos glicosinolatos.

As enzimas ALT e AST foram também analisadas por Canova et al., (2015) que ao avaliar a inclusão crescente da torta de crambe na dieta de cordeiros por 25 dias também não observou efeitos destas nos animais.

**Tabela 7** - Concentrações médias e coeficiente de variação (CV) de alanina aminotransferase (ALT – U.L<sup>-1</sup>) e aspartato aminotransferase (AST - U.L<sup>-1</sup>), em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo de crambe nas dietas.

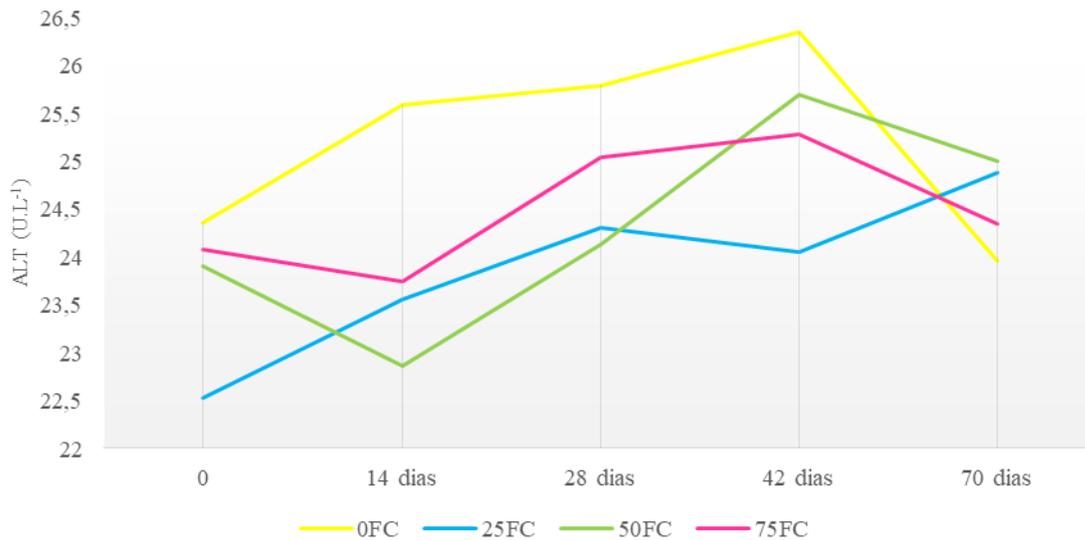
Item	Dieta				P-valor*	CV (%)
	0FC	25FC	50FC	75FC		
AST	161,04	180,39	142,86	140,50	0,1156	20,69
ALT	25,21	23,83	24,31	24,49	0,5741	5,68

\*5% de probabilidade. Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

A adição de farelo de crambe na dieta dos cordeiros não causou o aumento na concentração das hepáticas AST e ALT, Tabela 7.

As Figuras 2 e 3 representam o comportamento das enzimas hepáticas AST e ALT ao longo do período experimental e podemos ressaltar os fatores antinutricionais não alterou tais enzimas.

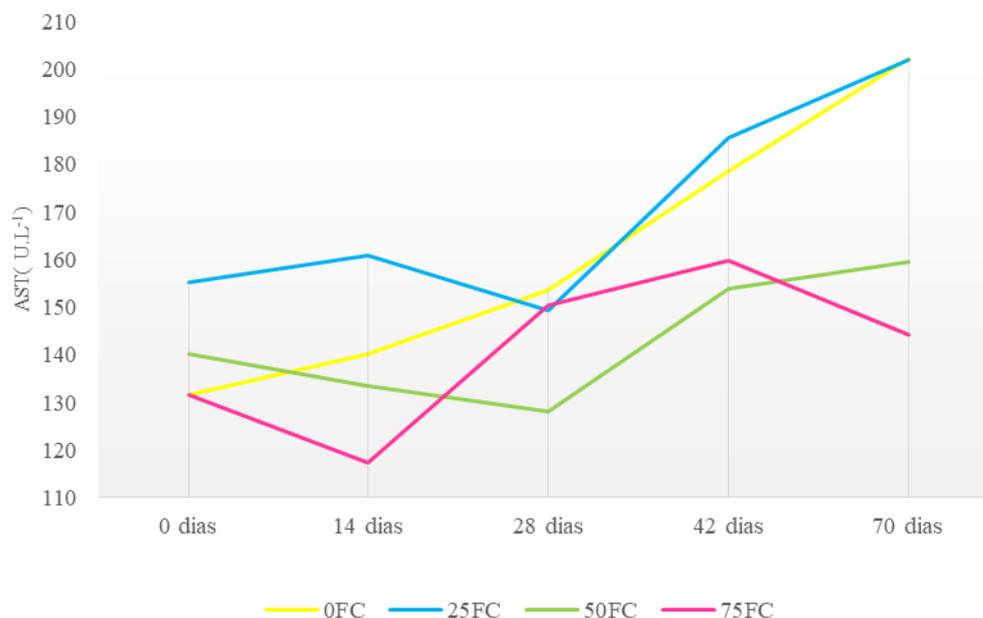
**Figura 2** - Concentração de alanina aminotransferase (ALT) em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo de crambe nas dietas durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Todas as dietas apresentaram concentração de ALT dentro da normalidade para a espécie ao longo dos 91 dias experimental, Figura 2.

**Figura 3** - Concentração de aspartato aminotransferase (AST), em função dos níveis crescentes de inclusão de farelo de crambe nas dietas durante o período experimental.



Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da pesquisa.

Todas as dietas apresentaram concentração de AST dentro da normalidade para a espécie ao longo dos 91 dias experimental, Figura 3.

#### 4. Considerações Finais

O farelo de crambe pode ser utilizado como alimento proteico podendo substituir em até 75% a proteína bruta do concentrado sem afetar o desempenho produtivo. Apesar de proporcionar redução no CMS, CNFcp e CPB kg MS.dia<sup>-1</sup> proporciona aumento crescente nos parâmetros de eficiência microbiana sem indicar comprometimento na função hepática dos animais devido à presença de glicosinolato. Outras concentrações e forma de utilização na dieta de cordeiro necessitam de novos estudos.

#### Referências

Anderson, V. L., Slanger, W. D., Boyles, S. L., & Berg, P. T. (1993). Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. *Journal of animal science*, 71(10), 2608-2613.

Association of official analytical chemists - AOAC (1995). *Official Methods of Analysis*. 16. AOAC, Washington, DC.

Canova, É. B., Bueno, M. S., Moreira, H. L., Possenti, R., & Brás, P. (2015). Crambe cake (Crambe abyssinica Hochst) on lamb diets. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(1), 75-81.

Correddu, F., Lunesu, M. F., Buffa, G., Atzori, A. S., Nudda, A., Battacone, G., & Pulina, G. (2020). Can Agro-Industrial By-Products Rich in Polyphenols be Advantageously Used in the Feeding and Nutrition of Dairy Small Ruminants?. *Animals*, 10(1), 131.

Chen, X. B., & Gomes, M. J. (1992). Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. Rowett Research Institute. 1-21.

Hall, M. B., & Akinyode, A. (2000). Cottonseed hulls: working with a novel fiber source. In *Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium*. 11, 179-186.

Hartinger, T., Gresner, N., & Südekum, K. H. (2018). Does intra-ruminal nitrogen recycling waste valuable resources? A review of major players and their manipulation. *Journal of animal science and biotechnology*, 9(1), 33.

Hristov, A. N., Bannink, A., Crompton, L. A., Huhtanen, P., Kreuzer, M., McGee, M. & Dijkstra, J. (2019). Invited review: Nitrogen in ruminant nutrition: A review of measurement techniques. *Journal of dairy science*, 102(7), 5811-5852.

Ítavo, L. C. V., De Souza, A. D. V., Fávaro, S. P., Ítavo, C. C. B. F., Petit, H. V., Dias, A. M., & Roscoe, R. (2016). Intake, digestibility, performance, carcass characteristics and meat quality of lambs fed different levels of crambe meal in the diet. *Animal Feed Science and Technology*, 216, 40-48.

Kozloski, G. V. (2017). *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciencia-Editora UFSM.

- Licitra, G., Hernandez, T. M., & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 57(4), 347-358.
- Mendonça, B. P. C. (2012). Coprodutos do crambe na alimentação de bovinos. *Tese (Doutorado)* – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 58.
- Mertens, D. R. (2002). Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC international*, 85(6), 1217-1240.
- Neto, I. A. Souza, A. D. V., & Itavo, L. C. V. (2010). Consumo de nutrientes e desempenho de borregas alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. *XX Congresso Brasileiro de Zootecnia*.
- NRC - National Research Council. (2007). Nutrient requirements of small ruminants. Washington, USA: National Academy Press.
- Oliveira, F. M., de Oliveira, G. J. C., Oliveira, M. L. A., Jaeger, S. M. P. L., Almeida, L. H. S., & Cerqueira, A. S. (2015). Concentração N-ureico no plasma sanguíneo de ovinos suplementados com sal forrageiro de faveleira [*Cnidoscolus phyllacanthus* (Muell. Arg.) Pax et K. Hoffman].
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM.
- Pinheiro, S. R. F., Vieira, D. J., Moreira, D. R. F., Barbosa, K. A., Ferreira, H. J., & Bonafé, C. M. (2017). Farelo de crambe (*Crambe abyssinica*) em rações para frangos de corte. *Archivos de zootecnia*, 66(256), 557-561.
- Radostis, O. M., Mayhew, I. G. J., & Houston, D. M. (2002). Exame clínico e diagnóstico em veterinária, ed. Saraiva, 591.

Robertson, J. B., & Van Soest (1981). The detergent system of analysis and its applications to human foods. *The analysis of dietary fiber in food*, 123-158.

Roman-Garcia, Y., White, R. R., & Firkins, J. L. (2016). Meta-analysis of postruminal microbial nitrogen flows in dairy cattle. I. Derivation of equations. *Journal of Dairy Science*, 99(10), 7918-7931.

Statistical Analyses System - SAS. SAS/STAT 2004: version 9.1 Cary: 2004.

Santos, N. A. V., Vieira, S. S., Mendonça, F. G., Napolitano, M. N., Nunes, D. M., Ferreira, R. A. R., & Lago, R. M. (2017). Rejeitos de Biomassas Oriundas da Cadeia de Biocombustíveis no Brasil: Produção de Bio-óleo e Sub-produtos. *Rev. Virt. Quím*, 9, 1-21.

Tebas, S. O. G., Pereira, A. F., da Silva, P. H. A., Pinheiro, P. F., Pinheiro, C. A., & Barañano, A. G. (2017). Obtenção de Biodiesel. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, 4(1), 100-104.

Tonissi, B. G. R. H., Carneiro, M. M. Y., Osmari, M. P., de Souza, K. A., de Oliveira, R. T., & Souza, C. D. S. (2018). Intake, digestibility, performance and carcass characteristics of ewes fed crambe replacing soybean meal in the diet. *Acta Scientiarum-Animal Sciences*, 40.

Vieira, R. A. M., Júnior, N. R., Abreu, M. L. C., Silva, M. C., Oliveira, J. G., Tedeschi, L. O., & Glória, L. S. (2020). The transit of external markers throughout the ruminant digestive tract: 2. The estimation of fiber digestibility, ruminoreticular fill, and related biases. *Animal Feed Science and Technology*, 261, 114420.

Wildner, M. C., de Oliveira, S. V., & Junior, O. M. (2018). As ações das cooperativas agrícolas frente à cadeia produtiva do Biodiesel no Rio Grande do Sul: evidências em direção ao desenvolvimento regional. *Extensão Rural*, 25(2), 92-111.

Wlodarski, L., Maeda, E. M., Fluck, A. C., & Gilioli, D. (2017). Microbiota ruminal: diversidade, importância e caracterização. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1-20.

Zhang, J., Zheng, N., Shen, W., Zhao, S., & Wang, J. (2020). Synchrony degree of dietary energy and nitrogen release influences microbial community, fermentation, and protein synthesis in a rumen simulation system. *Microorganisms*, 8(2), 231.

**Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito**

Kariny Ferreira Moreira – 30%

Cassiane Gomes dos Santos –17%

Juscilene Aparecida Silva Pacheco –17%

Alexandro Aluísio Rocha – 18%

Darcilene Maria de Figueiredo – 18%