



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

EULÁLIA MOURA FRAGA

PROTEASE EM DIETAS COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS
CONTENDO FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E
TERMINAÇÃO: DESEMPENHO E VIABILIDADE ECONÔMICA

FORTALEZA

2026

EULÁLIA MOURA FRAGA

PROTEASE EM DIETAS COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS CONTENDO
FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO:
DESEMPENHO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharelado em Zootecnia.

Orientador: Dr. Pedro Henrique Watanabe

FORTALEZA

2026

EULÁLIA MOURA FRAGA

PROTEASE EM DIETAS COM REDUÇÃO DE PROTEÍNA E AMINOÁCIDOS CONTENDO
FARINHA DE CARNE E OSSOS PARA SUÍNOS EM CRESCIMENTO E TERMINAÇÃO:
DESEMPENHO E VIABILIDADE ECONÔMICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação em Zootecnia do Centro de
Ciências Agrárias da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharelado em Zootecnia.

Aprovada em: __/__/__

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Kilvia Karoline de Souza Viveiros Melo
Universidade Federal do Ceará (UFC)

MSc. Thatila Ellinna Batista de Lima
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha mãe. Que nos plantões passou noites em claro para que meus sonhos não fossem interrompidos, garantindo que eu pudesse, acordada, construir meu futuro.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a todas as energias que guiaram meus passos, me sustentando na minha sensibilidade e trazendo clareza e proteção para concluir este ciclo com sabedoria.

À Universidade Federal do Ceará e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de formação, crescimento acadêmico e por disponibilizarem o espaço e a infraestrutura necessários para a realização deste trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da minha bolsa de estudo. Ela foi de extrema importância para a minha permanência na Universidade, viabilizando minha dedicação à pesquisa.

Ao meu orientador, Dr. Pedro Watanabe, por ter acreditado no meu potencial desde o início da minha graduação e, acima de tudo, por ter a sensibilidade de compreender a minha realidade e respeitar o meu tempo. Sua orientação nunca foi baseada apenas em cobranças, mas em acolhimento e humildade. Obrigada pela paciência generosa, pela orientação e por compartilhar seu conhecimento ao longo desta jornada. Seguir sob a sua orientação foi a minha melhor escolha. Dizem que o aluno é o reflexo do seu orientador, e posso afirmar que sua empatia moldou não apenas a profissional que me torno, mas também a forma como escolho enxergar o potencial das pessoas. Minha eterna gratidão.

Aos funcionários do setor de Suinocultura, em especial ao Márcio, Constantino e Luiz, pela prontidão em ajudar sempre que possível e por todo o cuidado no dia a dia dos manejos.

Aos integrantes do NES, aos que já estão formados, Rayssa e Valesca e aos que ainda permanecem, em especial à Vanessa, Glória, Gustavo, Davi e Júlia, que participaram ativamente e dividiram comigo a rotina intensa, as batidas de ração, os desafios que os animais do experimento proporcionaram e os momentos de cansaço. O companheirismo e as risadas de vocês tornaram os dias mais leves. Deixo evidente que a inspiração que vocês demonstraram ter por mim com certeza me incentivou a ser uma pessoa muito melhor a partir de agora.

Aos meus pais, que são a minha base de tudo. Obrigada pelo amor incondicional, por compreenderem minhas ausências e por serem o abraço seguro que me confortou nos momentos de cobrança, quando o peso do mundo parecia grande demais. Ocupar as cadeiras de uma universidade pública vindo da periferia carrega uma bagagem que só quem vive entende. Para nós, a estrada é bem mais longa, silenciosa e cansativa, especialmente quando precisamos dividir o

tempo entre as salas de aula e o trabalho para conseguir permanecer. Chegar até aqui não foi apenas um percurso acadêmico, foi uma vitória de resistência. Então, pai e mãe, essa conquista é nossa. Em especial à minha mãe, que é sinônimo de força e resiliência.

À minha avó Socorro (*in memoriam*), que foi o meu primeiro farol e quem me criou. Foi ela quem me ensinou a ler, plantou em mim o gosto pelos estudos e me mostrou o valor do conhecimento. De onde estiver, saiba que a semente que você plantou floresceu; eu cumpri a missão que você me deu e cada linha deste trabalho carrega o seu legado.

À minha tia Lena, por todo o cuidado durante a minha infância. Sua presença foi muito valiosa e você faz parte dessa trajetória.

Às meninas da pós-graduação, Thatila, Karol e Ivyna, pela paciência em acolher minhas dúvidas, pela prontidão em ensinar e pelo suporte essencial em cada etapa desta jornada. A generosidade de vocês fez toda a diferença no meu aprendizado. Thatila e Karol, vocês são referências e inspiração para mim!

À minha panelinha da faculdade, Flávia, Melk, Belly, Márlia, Beatriz e Sarah, pelo apoio, conselhos, brincadeiras, sensibilidade, brigas de irmãos e ajudas acadêmicas. Em especial à Flávia, que foi a minha maior parceria além da faculdade; te enxergo como parte da família e você sabe o porquê. E ao Melk, por sempre estar ao meu lado nos maiores perrengues acadêmicos.

À Náira e ao João Pedro, que embora não fizessem parte da panelinha, tornaram-se muito presentes na minha vida. Obrigada por terem sido abrigo, pelo ombro amigo e pela parceria sincera. Nos dias em que a insegurança batia, as palavras de vocês me lembravam da minha capacidade. Vocês guardam um lugar muito especial no meu coração.

Às minhas amigas, Andressia e Feijó, por serem meu porto seguro fora da faculdade. Obrigada por sempre ouvirem meus desabafos, dividirem comigo os perrengues da vida adulta e por cada rolê que me fez esquecer a pressão dos estudos. Ter vocês por perto me deu a certeza de que, não importa o caos, a gente sempre dá um jeito de vencer.

Ao Emanuel, pela escuta cuidadosa e pelo abraço que genuinamente me conforta, principalmente nos dias em que o cansaço parecia vencer. Obrigada por traduzir o amor em paciência e por cuidar tão bem de mim. Em meio ao silêncio das minhas dores e ao peso dessa reta final, o seu amor foi o único lugar onde o mundo não doía. Você foi peça-chave.

A todos que, de forma direta ou indireta, estenderam a mão, demonstraram afeto e torceram por mim: meu mais sincero agradecimento.

“Já não sonho, hoje faço com meu braço o meu viver.” (Milton Nascimento, 1967).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar se a suplementação com protease é capaz de compensar a redução de 5% nos níveis de proteína bruta (PB) e aminoácidos digestíveis em dietas contendo farinha de carne e ossos (FCO), por meio da avaliação do desempenho zootécnico e da viabilidade econômica de suínos nas fases de crescimento e terminação. Foram utilizados 27 suínos com 63 dias de idade, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com três tratamentos e nove repetições: dieta controle (CON), dieta com redução de 5% nos níveis de PB e aminoácidos digestíveis (RED5%) e dieta RED5% suplementada com protease (RED5%+Pro). Foram avaliados o consumo diário de ração (CDR), o ganho diário de peso (GDP), a conversão alimentar (CA), o peso final e os indicadores econômicos. Na fase de crescimento I, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para as variáveis de desempenho. Na fase de crescimento II, os animais alimentados com a dieta RED5% apresentaram menor ganho diário de peso em comparação ao tratamento CON, enquanto aqueles suplementados com protease (RED5%+Pro) apresentaram desempenho semelhante ao grupo controle. Na fase de terminação, a redução dos níveis de PB e aminoácidos digestíveis também resultou em menor ganho diário de peso no tratamento RED5%, efeito atenuado pela suplementação com protease no tratamento RED5%+Pro. O peso final foi inferior nos animais alimentados com a dieta RED5%, enquanto os suínos do tratamento RED5%+Pro apresentaram valores intermediários. Na avaliação econômica, não foram observadas diferenças entre os tratamentos nas fases de crescimento I e terminação. Entretanto, na fase de crescimento II, a suplementação com protease manteve indicadores econômicos semelhantes aos da dieta controle. Dessa forma, a suplementação com protease mostrou potencial para minimizar os efeitos da redução de proteína bruta e aminoácidos digestíveis em dietas contendo farinha de carne e ossos, preservando o desempenho dos animais e a viabilidade econômica.

Palavras-chave: enzimas exógenas; avaliação econômica; redução proteica.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate whether protease supplementation can compensate for a 5% reduction in crude protein (CP) and digestible amino acid levels in diets containing meat and bone meal (MBM), by assessing the growth performance and economic viability of growing and finishing pigs. Twenty-seven 63-day-old pigs were distributed in a randomized complete block design with three treatments and nine replicates: control diet (CON), a diet with a 5% reduction in CP and digestible amino acid levels (RED5%), and the RED5% diet supplemented with protease (RED5%+Pro). Daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG), feed conversion ratio (FCR), final body weight, and economic indicators were evaluated. In the growing I phase, no significant differences were observed among treatments for the performance variables. In the growing II phase, animals fed the RED5% diet showed lower daily weight gain compared to the CON treatment, while those supplemented with protease (RED5%+Pro) showed similar performance to the control group. In the finishing phase, the reduction in CP and digestible amino acid levels also resulted in lower daily weight gain in the RED5% treatment, an effect mitigated by protease supplementation in the RED5%+Pro treatment. Final body weight was lower in animals fed the RED5% diet, whereas pigs in the RED5%+Pro treatment showed intermediate values. In the economic evaluation, no differences were observed among treatments in the growing I and finishing phases. However, in the growing II phase, protease supplementation maintained economic indicators similar to those of the control diet. In conclusion, protease supplementation showed potential to minimize the effects of crude protein and digestible amino acid reduction in diets containing meat and bone meal, preserving animal performance and economic viability.

Keywords: exogenous enzymes; economic evaluation; protein reduction.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a suínos na fase de crescimento I (63 a 85 dias de idade).....	16
Tabela 2 – Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a suínos na fase de crescimento II (86 a 105 dias de idade).....	17
Tabela 3 – Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a suínos na fase de terminação (106 a 150 dias de idade).....	18
Tabela 4 – Desempenho de suínos alimentados com rações de FCO com ou sem protease nas fases crescimento I (63 a 85 dias de idade), crescimento II (86 a 105 dias de idade) e terminação (106 a 150 dias de idade).....	21
Tabela 5 – Avaliação econômica de suínos alimentados com rações de FCO contendo ou não o aditivo enzimático nas fases de crescimento I (63 a 85 dias de idade), crescimento II (86 a 105 dias de idade) e terminação (106 a 150 dias de idade).....	23

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Conversão alimentar
CDR	Consumo diário de ração
CON	Dieta controle
FCO	Farinha de carne e ossos
GDP	Ganho diário de peso
GLM	General Linear Models
IC	Índice de custo
IEE	Índice de eficiência econômica
PB	Proteína bruta
RED5%	Dieta com redução de 5% nos níveis de proteína bruta e aminoácidos digestíveis
RED5%+Pro	Dieta RED5% suplementada com protease
SAS	Statistical Analysis System
SNK	Student-Newman-Keuls

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1	Ensaio de desempenho.....	17
2.2	Avaliação econômica.....	18
2.3	Análise estatística	19
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
3.1	Ensaio de desempenho.....	20
3.2	Avaliação econômica.....	22
4	CONCLUSÃO	25
	REFERÊNCIAS.....	26

1 INTRODUÇÃO

A suinocultura moderna enfrenta o desafio constante de conciliar eficiência produtiva com redução de custos. Nesse contexto, a alimentação constitui o principal impacto econômico na atividade, respondendo por 60 a 80% dos custos totais de produção (Bertol; Ludke; Krabbe, 2025), dependendo da fase de criação e dos preços dos ingredientes utilizados nas dietas. Apesar do uso consolidado de ingredientes convencionais, como milho e farelo de soja, a digestibilidade dessas matérias-primas pode ser limitada devido à presença de fatores antinutricionais, como polissacarídeos não amiláceos, oligossacarídeos e inibidores de proteases (Souza et al., 2025). Tais compostos podem comprometer a digestão e a absorção dos nutrientes, reduzindo o aproveitamento da energia e da proteína dietética pelos animais (Nisley et al., 2025). Dentre os nutrientes, a proteína destaca-se por seu elevado valor econômico, uma vez que os ingredientes proteicos e os aminoácidos industriais representam parcela significativa do custo das rações. Além disso, o fornecimento excessivo de proteína aumenta a excreção de compostos nitrogenados no ambiente, reduzindo a eficiência de utilização dos nutrientes (Pomar et al., 2021). Dessa forma, estratégias capazes de aumentar o aproveitamento da fração proteica e reduzir os custos de formulação ganham destaque.

Uma alternativa para mitigar esses custos consiste na utilização de ingredientes proteicos alternativos como a farinha de carne e ossos (FCO), que se destaca por apresentar elevado teor de proteína, além de ser uma importante fonte de cálcio e fósforo (Nguyen et al., 2024). Sua utilização contribui para o aproveitamento sustentável de coprodutos da indústria de processamento animal, reduzindo a dependência do farelo de soja (Parrini et al., 2023). Entretanto, a composição química da FCO apresenta elevada variabilidade em função da matéria-prima utilizada e das condições de processamento industrial, influenciando diretamente a disponibilidade e a digestibilidade da proteína para os suínos (Pozza et al., 2008). De acordo com Rostagno et al. (2024), a digestibilidade ileal da proteína bruta da FCO para suínos é de aproximadamente 79%, indicando que cerca de 21% permanecem indigestível. Essa limitação está associada à elevada proporção de colágeno presente nos tecidos conjuntivos que compõem a matéria-prima, bem como às alterações estruturais provocadas pelo processamento térmico. Esses fatores reduzem a acessibilidade das proteínas às enzimas digestivas endógenas, diminuindo sua digestibilidade e, conseqüentemente, o valor nutricional da FCO (Lee et al., 2018; Kryukov et al.,

2021).

Diante dessas limitações, o uso de aditivos enzimáticos tem se consolidado na nutrição de suínos, uma vez que a suplementação com enzimas exógenas pode aumentar a digestibilidade dos nutrientes, melhorar a eficiência alimentar e reduzir tanto os custos de produção quanto a excreção de nutrientes no ambiente (Ordaz *et al.*, 2025). Dentre os diferentes grupos enzimáticos, as proteases têm se destacado por hidrolisar as ligações peptídicas das proteínas, aumentando a liberação de peptídeos e aminoácidos passíveis de absorção pelo trato gastrointestinal (Park *et al.*, 2020; Kim *et al.*, 2020). Desse modo, ingredientes que apresentam frações proteicas de menor digestibilidade, como a FCO, tendem a exibir maior potencial de resposta à suplementação. Isso ocorre porque algumas matérias-primas fornecem uma maior quantidade de substrato na fração indigestível da dieta, permitindo que a enzima exógena atue liberando nutrientes que de outra forma seriam desperdiçados (Cowieson *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2020; Pomar *et al.*, 2021). Ademais, a protease exógena auxilia na degradação de complexos proteicos e na mitigação de fatores antinutricionais presentes nesses subprodutos, os quais normalmente limitariam a digestibilidade endógena do animal (Galli *et al.*, 2024). Considerando o potencial efeito da protease em aumentar a disponibilidade da proteína bruta do alimento, surge a possibilidade de formular dietas com redução dos níveis de proteína e aminoácidos digestíveis a partir do conceito de “redução específica”. Esse método consiste na redução estratégica dos nutrientes sobre os quais a ação enzimática apresenta maior efeito, permitindo a diminuição dos custos de formulação, maior eficiência na utilização dos nutrientes e menor excreção de nitrogênio, sem comprometer o desempenho produtivo dos animais (Zhang *et al.*, 2024; Pomar *et al.*, 2021).

Nesse contexto, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o desempenho zootécnico e a viabilidade econômica de dietas contendo farinha de carne e ossos, formuladas com redução de 5% nos níveis de proteína bruta e aminoácidos digestíveis, suplementadas ou não com protease para suínos nas fases de crescimento e terminação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará. O protocolo experimental foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção (CEUAP) da Universidade Federal do Ceará.

Foram utilizados 27 suínos com 63 dias de idade, distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com três tratamentos e nove repetições. Para a formação dos blocos, foram considerados os pesos dos animais, divididos em blocos leves ($19,59 \pm 1,72$ kg), médios ($24,24 \pm 2,11$ kg) e pesados ($30,99 \pm 2,39$ kg). Os tratamentos avaliados foram:

- **CON**, dieta controle formulada para atender às exigências nutricionais dos suínos na fase de crescimento e terminação com adição de 5% de FCO;
- **RED5%**, dieta com redução de 5% nos níveis de proteína bruta e aminoácidos em relação à dieta controle;
- **RED5% + pro**, dieta com redução de 5% nos níveis de proteína bruta e aminoácidos em relação à dieta controle, com adição de protease.

Conforme especificação técnica do produto, a protease apresenta atividade mínima garantida de 400.000u/g, sendo incluída na ração na dosagem de 50g/tonelada (0,005%) seguindo a recomendação do fabricante para alcançar o nível de atividade enzimática proposto. As dietas experimentais (Tabelas 1, 2 e 3) foram formuladas para atender às exigências nutricionais de suínos nas fases de crescimento I (63 a 85 dias de idade), crescimento II (86 a 105 dias de idade) e terminação (106 a 150 dias de idade), conforme as recomendações de Rostagno et al. (2024).

Tabela 1 – Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a suínos na fase de crescimento I (63 a 85 dias de idade)

Ingredientes	Crescimento I		
	CON ¹	RED5%	RED5%+Pro
Milho grão	76,516	78,926	78,926
Farelo de soja	16,698	14,372	14,372
Óleo de soja	0,255	0,170	0,170
Farinha de carne e ossos 46%	5,000	5,000	5,000
Calcário calcítico	0,222	0,218	0,218
Sal comum	0,298	0,298	0,298
Núcleo para crescimento e terminação	0,500	0,500	0,500
L-Lisina HCl	0,341	0,351	0,351
DL-Metionina	0,042	0,037	0,037
L-Treonina	0,097	0,096	0,096
L-Triptofano	0,028	0,032	0,032
Protease	-	-	0,005
Total	100	100	100
Composição nutricional e energética			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)	16,820	15,979	15,979
Fósforo disponível (%)	0,366	0,363	0,363
Cálcio (%)	0,744	0,737	0,737
Lisina digestível (%)	0,927	0,880	0,880
Metionina digestível (%)	0,278	0,260	0,260
Treonina digestível (%)	0,603	0,572	0,572
Triptofano digestível (%)	0,167	0,158	0,158
Sódio (%)	0,180	0,180	0,180

¹CON: ração controle; RED5PB: ração reduzida em 5% do valor proteico e aminoacídico em relação a ração controle; RED5PB+protease: ração com redução em 5% no nível proteico e aminoacídico em relação a ração controle, com adição de protease.

²Suplemento mineral-vitaminico (Nuvisuper suínos crescimento) – quantidade por kg do produto: 1.020.000 UI de vitamina A, 187.000 UI de vitamina D3, 5.100 UI de vitamina E, 174,9 mg de vitamina K3, 120 mg de vitamina B1, 680 mg de vitamina B2, 340 mg de vitamina B6, 5100 mcg de vitamina B12, 3060 mg de niacina, 1.870 mg de pantotenato de cálcio, 50 mg de ácido fólico, 20 mg de biotina, 8100 mg de ferro, 1600 mg de cobre, 5100 mg de manganês, 20 g de zinco, 99,2 mg de iodo, 42,5 mg de selênio, 400 mg de flavomicina e 3.000 mg de BHT.

Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 2 – Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a suínos na fase de crescimento II (86 a 105 dias de idade)

Ingredientes	Crescimento II		
	CON ¹	RED5%	RED5%+Pro
Milho grão	80,462	82,667	82,667
Farelo de soja	13,006	10,861	10,861
Óleo de soja	0,097	0,021	0,021
Farinha de carne e ossos 46%	5,000	5,000	5,000
Calcário calcítico	0,216	0,212	0,212
Sal comum	0,272	0,272	0,272
Sup. mineral e vitamínico ²	0,500	0,500	0,500
L-Lisina HCl	0,318	0,328	0,328
DL-Metionina	0,025	0,021	0,021
L-Treonina	0,074	0,074	0,074
L-Triptofano	0,029	0,033	0,033
Protease	-	-	0,005
Total	100	100	100
Composição nutricional e energética			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)	15,430	14,658	14,658
Fósforo disponível (%)	0,361	0,358	0,358
Cálcio (%)	0,733	0,728	0,728
Lisina digestível (%)	0,823	0,781	0,781
Metionina digestível (%)	0,247	0,234	0,234
Treonina digestível (%)	0,535	0,508	0,508
Triptofano digestível (%)	0,148	0,141	0,141
Sódio (%)	0,170	0,170	0,170

¹CON: ração controle; RED5PB: ração reduzida em 5% do valor proteico e aminoacídico em relação a ração controle; RED5PB+protease: ração com redução em 5% no nível proteico e aminoacídico em relação a ração controle, com adição de protease.

²Suplemento mineral-vitamínico (Nuvisuper suínos crescimento) – quantidade por kg do produto: 1.020.000 UI de vitamina A, 187.000 UI de vitamina D3, 5.100 UI de vitamina E, 174,9 mg de vitamina K3, 120 mg de vitamina B1, 680 mg de vitamina B2, 340 mg de vitamina B6, 5100 mcg de vitamina B12, 3060 mg de niacina, 1.870 mg de pantotenato de cálcio, 50 mg de ácido fólico, 20 mg de biotina, 8100 mg de ferro, 1600 mg de cobre, 5100 mg de manganês, 20 g de zinco, 99,2 mg de iodo, 42,5 mg de selênio, 400 mg de flavomicina e 3.000 mg de BHT.

Fonte: elaborado pela autora

Tabela 3 – Composição percentual e nutricional das dietas experimentais fornecidas a suínos na fase de terminação (106 a 150 dias de idade)

Ingredientes	Terminação		
	CON ¹	RED5%	RED5%+Pro
Milho grão	85,165	87,116	87,116
Farelo de soja	7,275	5,374	5,374
Óleo de soja	0,061	0,000	0,000
Farinha de carne e ossos 46%	6,000	6,000	6,000
Calcário calcítico	0,174	0,170	0,170
Sal comum	0,228	0,239	0,239
Sup. mineral e vitamínico ²	0,500	0,500	0,500
L-Lisina HCl	0,394	0,401	0,401
DL-Metionina	0,036	0,031	0,031
L-Treonina	0,119	0,117	0,117
L-Triptofano	0,048	0,051	0,051
Protease	-	-	0,005
Total	100	100	100
Composição nutricional e energética			
Energia metabolizável (kcal/kg)	3230	3230	3230
Proteína bruta (%)	13,830	13,140	13,140
Fósforo disponível (%)	0,406	0,404	0,404
Cálcio (%)	0,825	0,819	0,819
Lisina digestível (%)	0,763	0,724	0,724
Metionina digestível (%)	0,237	0,225	0,225
Treonina digestível (%)	0,511	0,485	0,485
Triptofano digestível (%)	0,137	0,130	0,130
Sódio (%)	0,160	0,164	0,164

¹CON: ração controle; RED5PB: ração reduzida em 5% do valor proteico e aminoacídico em relação a ração controle; RED5PB+protease: ração com redução em 5% no nível proteico e aminoacídico em relação a ração controle, com adição de protease.

²Suplemento mineral-vitamínico (Nuvisuper suínos crescimento) – quantidade por kg do produto: 1.020.000 UI de vitamina A, 187.000 UI de vitamina D3, 5.100 UI de vitamina E, 174,9 mg de vitamina K3, 120 mg de vitamina B1, 680 mg de vitamina B2, 340 mg de vitamina B6, 5100 mcg de vitamina B12, 3060 mg de niacina, 1.870 mg de pantotenato de cálcio, 50 mg de ácido fólico, 20 mg de biotina, 8100 mg de ferro, 1600 mg de cobre, 5100 mg de manganês, 20 g de zinco, 99,2 mg de iodo, 42,5 mg de selênio, 400 mg de flavomicina e 3.000 mg de BHT.

Fonte: elaborado pela autora

2.1 Ensaio de desempenho

Os animais receberam água e ração a *ad libitum* durante 87 dias do período experimental. Foram avaliadas as seguintes variáveis de desempenho: consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA).

O cálculo do CDR foi realizado pela diferença entre o peso da ração fornecida e peso

das sobras recolhidas em cada fase experimental, dividida pelo número de dias correspondente de cada fase. O GDP foi obtido pela diferença entre os pesos final e inicial dos animais, dividida pelo número de dias de cada fase experimental. A CA foi determinada pela relação entre o consumo total de ração e o ganho total de peso dos animais em cada fase experimental. Os resultados de desempenho foram avaliados nas fases de crescimento I (63 a 85 dias de idade), crescimento II (86 a 105 dias de idade) e terminação (106 a 150 dias de idade).

2.2 Avaliação econômica

Para a avaliação econômica dos tratamentos, foram considerados os custos dos ingredientes e do suíno vivo (em R\$/kg) no Estado do Ceará em agosto de 2025: (Milho: R\$ 1,50; Farelo de soja: R\$ 2,30; Óleo de soja: R\$ 7,00; Farinha de Carne e Ossos: R\$ 1,60; Núcleo para suínos em crescimento e terminação: R\$ 6,00; Calcário calcítico: R\$ 0,55; Sal comum: R\$ 0,72; Lisina HCL: R\$ 20,18; DL- Metionina: R\$ 25,24; L-Treonina: R\$ 15,26; Triptofano: R\$ 42,14; Protease: R\$ 217,22, Suíno: R\$9,50).

Inicialmente, foi calculado o custo da ração por quilograma de peso vivo ganho (Y_i), conforme a equação de Bellaver *et al.* (1985):

$$Y_i = (Q_i \times P_i) / G_i$$

No qual: Y_i : custo da ração por quilograma de peso vivo ganho no i -ésimo tratamento; Q_i : quantidade de ração consumida no i -ésimo tratamento; P_i : preço por quilograma da ração utilizada no i -ésimo tratamento; e G_i : ganho de peso do i -ésimo tratamento.

Posteriormente, os cálculos do Índice de Eficiência Econômica (IEE) e do Índice de Custo (IC) foram realizados de acordo com as equações propostas por Barbosa *et al.* (1992), sendo:

$$IEE = (M_{ce} / C_{tei}) \times 100 \text{ e } IC = (C_{tei} / M_{ce}) \times 100$$

No qual: M_{ce} = menor custo médio da ração por quilograma ganho observado entre

os tratamentos: CTe_i = custo médio da ração por quilograma ganho do tratamento i considerado.

2.3 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Models) e as médias comparadas pelo teste SNK, a 5% de probabilidade, pelo programa Statistical Analysis System (SAS – University Edition).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio de desempenho

Na fase de crescimento I (63 a 85 dias de idade), não foram observadas diferenças entre os tratamentos para consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar (Tabela 4). Já na fase de crescimento II (86 a 105 dias de idade), foi observado que os animais alimentados com a dieta controle apresentaram maior ganho diário de peso em relação aos suínos alimentados com a dieta com redução proteica, não diferindo daqueles alimentados com a dieta com adição de protease.

Para a fase de terminação (106 a 150 dias de idade), foi observado efeito dos tratamentos sobre o consumo diário de ração e o ganho diário de peso, os suínos alimentados com a dieta RED5% apresentaram menor ganho de peso em relação aos tratamentos CON e RED5%+**pro**, os quais não diferiram entre si. Observou-se menor peso ao final do período experimental dos suínos alimentados com a dieta com redução proteica em comparação ao tratamento controle, enquanto aqueles suplementados com a enzima apresentaram peso final intermediário e semelhante aos demais tratamentos.

Tabela 4 – Desempenho de suínos alimentados com rações de FCO com ou sem protease nas fases crescimento I (63 a 85 dias de idade), crescimento II (86 a 105 dias de idade) e terminação (106 a 150 dias de idade)

Variáveis	Tratamentos ¹			CV ² , %	Valor de P
	CON	RED5%	RED5%+ Pro		
Crescimento I (63 a 85 dias de idade)					
Peso inicial (kg)	24,59	25,58	25,16	8,64	0,6306
Consumo diário de ração (kg)	1,710	1,663	1,824	22,16	0,6612
Ganho diário de peso (kg)	0,687	0,720	0,705	27,65	0,9403
Conversão alimentar	2,577	2,733	2,653	36,57	0,9439
Crescimento II (86 a 105 dias de idade)					
Consumo diário de ração (kg)	2,249	1,955	2,239	30,99	0,5744
Ganho diário de peso (kg)	0,984a	0,695b	0,800ab	26,86	0,0350
Conversão alimentar	2,125	2,481	2,326	15,97	0,1465
Terminação (106 a 150 dias de idade)					
Consumo diário de ração (kg)	3,176	2,846	2,695	8,52	0,0305
Ganho diário de peso (kg)	1,202a	1,023b	1,140a	9,94	0,0371
Conversão alimentar	2,84	2,77	2,75	7,02	0,5216
Peso final (kg)	113,28a	101,03b	107,24ab	6,81	0,0054

¹CON: ração controle; RED5PB: ração reduzida em 5% do valor proteico e aminoacídico em relação a ração controle; RED5PB+protease: ração com redução em 5% no nível proteico e aminoacídico em relação a ração controle, com adição de protease. ²Coefficiente de variação.

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste SNK a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela autora.

Esses resultados indicam que a redução de 5% nos níveis de PB e aminoácidos digestíveis, associada ou não à suplementação com protease, não comprometeu o desempenho dos suínos nas fases de crescimento I, pois, não houve diferença entre os tratamentos. Considerando que todas as dietas continham FCO, os resultados mostram que esse ingrediente pode ser utilizado nessa fase sem prejuízos ao desempenho, mesmo em condições de redução nutricional moderada.

A ausência de efeito negativo nessa fase sugere que a redução de 5% pode não ter sido drástica o suficiente para manifestar perdas produtivas imediatas, permitindo que os animais mantivessem o desempenho por meio de mecanismos homeostáticos. Resultados semelhantes foram relatados por Lee et al. (2020), que observaram melhora no ganho de peso com a suplementação de protease, mantendo consumo semelhante entre os grupos avaliados.

Em contrapartida, nas fases de crescimento II e terminação, a redução dos níveis de PB e aminoácidos digestíveis comprometeu o GDP dos animais alimentados com a dieta

RED5%, enquanto a suplementação com protease (RED5%+Pro) restabeleceu esse parâmetro a valores semelhantes aos da dieta CON. Além disso, embora tenha sido observado efeito dos tratamentos sobre o CDR na fase de terminação, os animais do grupo RED5%+Pro mantiveram desempenho equivalente ao CON, indicando maior eficiência na utilização dos nutrientes da dieta. Esses resultados corroboram os relatos de Nguyen et al. (2018), Lei et al. (2017) e Kim et al. (2021), que atribuíram à suplementação com protease o aumento da digestibilidade da proteína e a melhora do desempenho de suínos alimentados com dietas de menor teor proteico, nas fases de crescimento e terminação.

A relevância da protease é acentuada em dietas que incluem FCO, que embora seja uma boa fonte proteica, é conhecida por sua variabilidade na composição e digestibilidade, além de possuir uma fração proteica de menor digestibilidade em comparação ao farelo de soja. Considerando a digestibilidade ileal da proteína da FCO para suínos (Rostagno et al., 2024), é possível que a enzima tenha atuado na hidrólise de ligações peptídicas mais resistentes, favorecendo o aproveitamento de frações proteicas que, de outra forma, seriam menos acessíveis à digestão endógena. Este mecanismo contribui diretamente para a manutenção do desempenho zootécnico dos animais, mesmo em cenários de redução proteica, ao otimizar a liberação de aminoácidos essenciais para absorção e utilização metabólica.

3.2 Avaliação econômica

Os resultados de avaliação econômica não foram significativos entre os tratamentos para custo por quilograma de ganho de peso, índice de eficiência econômica e índice de custo nas fases de crescimento I e terminação. Os resultados do presente estudo indicam que a redução de PB e aminoácidos digestíveis, associada ou não à suplementação com protease, não influenciou a viabilidade econômica nas fases de crescimento e terminação (Tabela 5).

Tabela 5 – Avaliação econômica de suínos alimentados com rações de FCO contendo ou não o aditivo enzimático nas fases de crescimento I (63 a 85 dias de idade), crescimento II (86 a 105 dias de idade) e terminação (106 a 150 dias de idade)

Variáveis	Tratamentos ¹			CV ² , %	Valor de P
	CON	RED5%	RED5%+		
	Pro				
Crescimento I (63 a 85 dias de idade)					
Custo/kg de ganho (R\$)	4,10	4,22	4,33	5,86	0,1575
IEE (%)	85,32	82,12	79,96	5,86	0,0823
IC (%)	118,57	121,88	125,33	5,86	0,1575
Crescimento II (86 a 105 dias de idade)					
Custo/kg de ganho (R\$)	4,11b	4,58a	4,09b	8,74	0,0162
IEE (%)	81,84a	74,07b	82,84a	8,33	0,0197
IC (%)	122,32b	136,28a	121,64b	8,74	0,0162
Terminação (106 a 150 dias de idade)					
Custo/kg de ganho (R\$)	4,35	4,69	4,49	18,61	0,6886
IEE (%)	71,06	66,55	67,69	18,85	0,7452
IC (%)	146,59	158,11	151,10	18,61	0,6886
Custo da ração (R\$/kg)					
Milho	1,50	1,50	1,50		
Farelo de soja	2,30	2,30	2,30		
Óleo de soja	7,00	7,00	7,00		
Farinha de Carne e Ossos	1,60	1,60	1,60		
Calcário calcítico	0,55	0,55	0,55		
Sal comum	0,72	0,72	0,72		
Lisina HCL	20,18	20,18	20,18		
DL- Metionina	25,24	25,24	25,24		
L-Treonina	15,26	15,26	15,26		
Triptofano	42,14	42,14	42,14		
Protease	217,22	217,22	217,22		
Suíno vivo	9,50	9,50	9,50		
Total	100	100	100		

¹CON: ração controle; RED5%PBeAA: ração reduzida em 5% nos níveis de proteína bruta e aminoácidos digestíveis; RED5%PBeAA+protease: ração reduzida em 5% nos níveis de proteína bruta e aminoácidos digestíveis suplementada com protease. ²Coeficiente de variação. Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste Student-Newman-Keuls (SNK) a 5% de probabilidade.

Fonte: elaborado pela autora.

Por outro lado, na fase de crescimento II, foi observado efeito dos tratamentos sobre o custo por quilograma de ganho de peso, IEE e IC (Tabela 5). Os suínos alimentados com RED5% apresentaram pior desempenho econômico, enquanto aqueles que receberam a dieta RED5%+**Pro** apresentaram resultados semelhantes aos do tratamento controle. Esses resultados sugerem que a protease contribuiu para minimizar os efeitos da redução dos níveis de proteína bruta e

aminoácidos digestíveis sobre a eficiência econômica dos animais durante essa fase. Embora a redução no nível de proteína e aminoácidos promova uma diminuição no custo da ração, em decorrência do menor desempenho, a ração apresentou maior índice de custo e menor eficiência econômica em relação à dieta com adição de protease.

Os resultados do presente estudo estão de acordo com os descritos por Kim et al. (2021) e Da Cruz et al. (2024), que relataram melhorias no desempenho produtivo de suínos suplementados com proteases, indicando que a suplementação enzimática visa o melhor aproveitamento proteico, contribuindo para a manutenção dos índices produtivos e econômicos, especialmente em situações de redução dos níveis proteicos das rações.

4 CONCLUSÃO

A adição de protease em dietas para suínos em crescimento e terminação promove a manutenção do ganho de peso e peso aos 150 dias de idade mesmo com a redução em 5% no nível de proteína e aminoácidos da dieta, resultando em melhor viabilidade econômica na fase de crescimento II.

REFERÊNCIAS

- BELLAVER, C. et al. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 8, p. 969-974, 1985.
- BERTOL, T. M.; LUDKE, J. V.; KRABBE, E. L. Importância da nutrição na evolução da suinocultura. In: EMBRAPA SUÍNOS E AVES. **Pesquisa, desenvolvimento e inovação para a suinocultura brasileira**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2025.
- COWIESON, A.; ROOS, F. Bioefficacy of a mono-component protease in the diets of pigs and poultry: a meta-analysis of effect on ileal amino acid digestibility. **Animal**, [S. l.], v. 8, n. 4, p. 555–564, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/jan.2014.5>. Acesso em: 24 jun. 2026.
- DA CRUZ, T. A. et al. Aspartic protease supplementation enhancing the performance, carcass characteristics, nutrient digestibility and economic viability, without changing blood parameters and salivary cortisol of pigs. **Scientific Reports**, [S. l.], v. 14, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-62006-1>. Acesso em: 10 jun. 2026.
- GALLI, G. M. et al. Effect of protease supplementation on amino acid digestibility of soybean meal fed to growing-finishing pigs in two different ages. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 102, skae345, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skae345>. Acesso em: 13 jul. 2026.
- HOQUE, M.; SONG, J.; KIM, I. Exogenous protease supplementation to the diet enhances growth performance, improves nitrogen utilization, and reduces stress in finishing pigs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [S. l.], v. 106, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jpn.13722>. Acesso em: 12 jun. 2026.
- KIM, Y. J. et al. Effects of different levels of crude protein and protease on nitrogen utilization, nutrient digestibility, and growth performance in growing pigs. **Journal of Animal Science and Technology**, [S. l.], v. 62, p. 659-667, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.5.659>. Acesso em: 15 jun. 2026.
- KIM, Y. J. et al. Effect of low protein diets added with protease on growth performance, nutrient digestibility of weaned piglets and growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science and Technology**, [S. l.], v. 63, p. 491-500, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.5187/jast.2021.e49>. Acesso em: 15 jun. 2026.
- KRYUKOV, V.; ZINOVIEV, S. V.; NEKRASOV, R. Proteases in the diet of monogastric animals. **Agrarian Science**, [S. l.], v. 344, n. 1, p. 30-38, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-344-1-30-38>. Acesso em: 24 jun. 2026.
- LEE, J. J. et al. Dietary protease improves growth rate and protein digestibility of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science and Technology**, [S. l.], v. 62, p. 313-320, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.3.313>. Acesso em: 18 jun. 2026.

LEI, X.; CHEONG, J. Y.; PARK, J. H.; KIM, I. Supplementation of protease, alone and in combination with fructooligosaccharide to low protein diet for finishing pigs. **Animal Science Journal**, [S. l.], v. 88, n. 12, p. 1987-1993, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/asj.12849>. Acesso em: 19 jun. 2026.

MILLER, K. A. The impact of soybean derived trypsin inhibitor proteins and soybean hulls on nursery and grow-finish pig nutrient digestibility, growth performance, and carcass composition. 2025. **Tese (Doutorado em Ciência Animal)** – Iowa State University, Ames, 2025.

NGUYEN, D.; LEE, S. I.; CHEONG, J. Y.; KIM, I. H. Influence of low-protein diets and protease and bromelain supplementation on growth performance, nutrient digestibility, blood urine nitrogen, creatinine, and faecal noxious gas in growing–finishing pigs. **Canadian Journal of Animal Science**, [S. l.], v. 98, p. 488-497, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/cjas-2016-0116>. Acesso em: 20 jun. 2026.

NGUYEN, T. T. et al. Using poultry by-product meal to replace soybean meal in grower-finisher pig diets. **Animal Feed Science and Technology**, [S. l.], v. 312, 116001, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116001>. Acesso em: 13 jul. 2026.

NISLEY, M. J. et al. Increasing dietary soybean-derived trypsin inhibitor protein compromises nursery pig performance, nitrogen digestibility, and retention. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 103, skaf253, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skaf253>. Acesso em: 21 jun. 2026.

ORDAZ, G.; GÓMEZ, S.; DE LOURDES ÁNGELES, M.; PÉREZ, M. A. Effect of strategic nutrient reduction and exogenous enzyme supplementation on mineral and energy balance in growing pigs. **Animal Bioscience**, Seul, v. 39, 25.0568, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.5713/ab.25.0568>. Acesso em: 22 jun. 2026.

PARRINI, S. et al. Soybean Replacement by Alternative Protein Sources in Pig Nutrition and Its Effect on Meat Quality. **Animals**, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 494, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13030494>. Acesso em: 13 jul. 2026.

POMAR, C. et al. Use of dietary enzymes in pig production: A review. **Frontiers in Veterinary Science**, [S. l.], v. 8, art. 742220, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.742220>. Acesso em: 14 jul. 2026.

POZZA, P. C. et al. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 33-40, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v30i1.3597>. Acesso em: 22 jun. 2026.

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 5. ed. Viçosa, MG: **Editora UFV**, 2024.

SOUZA, L. J.; BARBOSA, J. A. L.; JÚNIOR, M. H.; PEREIRA, F. A.; TSE, M. L. P.; RUIZ, U. S. The Addition of an Acid Protease Improved the Digestibility of Crude Protein and Amino

Acids of Soybean Meal, but Not of Corn, in Piglets. **Animals**, [S. l.], v. 15, art. 3037, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani15203037> . Acesso em: 14 jul. 2026.

ZHANG, J. et al. Effects of protease in soybean meal-reduced diets on growth performance, nutrient digestibility, and intestinal health of weaned piglets. **Animals**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 101, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani14010101>. Acesso em: 23 jun. 2026.