

EFEITOS DE UMA FONTE PROTEICA UNICELULAR DERIVADA DE *PAECILOMYCES VARIOTII* SOBRE A DIGESTIBILIDADE DA DIETA E RESPOSTAS IMUNOLÓGICAS E ANTIOXIDANTES EM CÃES ADULTOS

LAIANE S. LIMA¹, HELOÍSA L. SILVA¹, RENATA B. M. S. SOUZA¹, BRUNA A. S. VALÉRIO¹, SARAH M. R. BARCIKI¹, ANANDA P. FÉLIX¹, SIMONE G. OLIVEIRA¹

¹Universidade Federal do Paraná, UFPR, Campus Ciências Agrárias, Curitiba, PR, Brasil.

Contato: laianesilva@ufpr.br / Apresentador: LAIANE S. LIMA

Resumo: Objetivou-se avaliar os efeitos de uma fonte proteica unicelular (SCP) do fungo *Paecilomyces variotii* sobre os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da dieta e respostas imunológicas e antioxidantes em cães. Foram avaliadas 2 dietas: controle (sem) e teste (com 5% de SCP), fornecidas a 16 cães adultos distribuídos inteiramente ao acaso (n=8/dieta) por 60 dias. Amostras fecais (dias 0 e 60) foram coletadas para determinação dos CDA, características fecais e IgA e amostras sanguíneas para avaliação de citocinas (IL-6, IL-10, TNF- α), NF- κ B, atividade fagocítica, perfil leucocitário e variáveis do sistema antioxidante (GST, LPO e T-AOC). A inclusão de SCP na dieta não alterou os CDA e EM da dieta ou as características fecais (P>0,05). No grupo teste, houve aumento da IgA fecal e maior T-AOC (P<0,05), redução de linfócitos T auxiliares (P<0,05) e tendência ao aumento de linfócitos T reguladores (Treg) (P=0,052), resultando em maior relação Treg/T-auxiliar, em comparação ao controle (0,21% vs. 0,06%) no dia 60. Houve ainda redução dos níveis de GST e NF- κ B (P<0,05) e tendência à redução da LPO (P=0,08) e da IL-6 (P=0,065) no grupo teste. Conclui-se que a inclusão de 5% de SCP pode resultar em maior tolerância imunológica e controle inflamatório e oxidativo em cães.

Palavras-Chaves: Beta-glucanas; estresse oxidativo; fungo filamentososo; imunomodulação; proteína unicelular.

EFFECTS OF A SINGLE-CELL PROTEIN SOURCE FROM *PAECILOMYCES VARIOTII* ON DIET DIGESTIBILITY AND IMMUNE AND ANTIOXIDANT RESPONSES IN ADULT DOGS

Abstract: The aim was to evaluate the effects of a single-cell protein (SCP) from *Paecilomyces variotii* on the apparent digestibility coefficients (ADC) of the diet and on immune and antioxidant responses in dogs. Two diets were evaluated: control (without) and test (with 5% SCP), fed to 16 adult dogs assigned in a randomized design (n=8/diet) for 60 days. Fecal samples (days 0 and 60) were collected to determine ADC, fecal characteristics, and IgA, and blood samples were collected to assess cytokines (IL-6, IL-10, TNF- α), NF- κ B, phagocytic activity, leukocyte profile, and antioxidant system variables (GST, LPO, and T-AOC). The inclusion of SCP in the diet did not alter the ADCs and ME or the fecal characteristics (P>0.05). In the test group, there was an increase in fecal IgA and higher T-AOC (P<0.05), a reduction in T-helper cells (P<0.05), and a tendency toward an increase in T-regulatory cells (Treg) (P=0.052), resulting in a higher Treg/T-helper cells compared to the control group (0.21% vs. 0.06%) on day 60. There was also a reduction in GST and NF- κ B levels (P<0.05) and a tendency toward reduced LPO (P=0.08) and IL-6 (P=0.065) in the test group. As a conclusion, the inclusion of 5% SCP may result in greater immune tolerance and control of inflammation and oxidative stress in dogs.

Keywords: Beta-glucans; filamentous fungus; immunomodulation; oxidative stress; single-cell protein.

Introdução: O perfil nutricional do fungo *Paecilomyces variotii* o torna uma potencial fonte proteica unicelular (SCP) para a nutrição canina, contendo em torno de 65% de proteína bruta. Essa SCP contém alto teor de fibra dietética total (30%) e beta-glucanas, com possível atividade biológica sobre o sistema imune (Osaku et al., 2017). Ainda, a inclusão de SCP na dieta pode favorecer a eubiose intestinal e elevar a produção de ácidos graxos de cadeia curta (Souza et al., 2025), fatores que se relacionam à regulação da resposta inflamatória. Diante da possibilidade de as beta-glucanas influenciarem o equilíbrio oxidativo e imunológico do organismo, é necessário validar se tais efeitos ocorrem de forma sistêmica, sem comprometer o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Dessa forma, objetivou-se avaliar os efeitos da SCP de *P. variotii* nos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da dieta e parâmetros imunológicos e antioxidantes em cães.

Material e Métodos: O estudo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais. Foram avaliadas duas dietas: controle (sem SCP) e teste (com 50 kg de SCP/tonelada de dieta, proveniente de *Paecilomyces variotii* KCL-24, em substituição ao glúten de milho 60). As dietas foram isonutritivas e atenderam às recomendações da FEDIAF (2024) para cães adultos. Foram utilizados 16 cães beagles adultos e saudáveis (8 machos e 8 fêmeas), com 3 anos de idade, peso médio de 10,93 $\pm$ 0,80 kg e escore de condição corporal 5, distribuídos inteiramente ao acaso (n=8/tratamento). Os cães foram alimentados com as dietas por 60 dias. Nos dias 0 e 60 foram coletadas fezes frescas para quantificação de IgA, por Western/Dot Blotting (Stott, 1989). Também, sangue foi coletado para análise de citocinas (IL-6, IL-10, TNF- α) e NF- κ B por ELISA. A fagocitose e o perfil leucocitário foram avaliados por citometria de fluxo. Variáveis do sistema antioxidante (glutathione S-transferase – GST, lipoperoxidação – LPO e capacidade antioxidante total – T-AOC) seguiram as metodologias de Hissin e Hilf (1976), Habig et al. (1974) e Jiang et al. (1992). Entre os dias 41 e 45 foi realizada a coleta total de fezes para determinar o CDA dos nutrientes e a energia metabolizável (EM) das dietas. Dados com distribuição normal e efeitos de tempo foram analisados por ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey (P<0,05). A digestibilidade foi avaliada pelo teste t de Student (P<0,05) e dados não paramétricos pelo teste de Kruskal-Wallis (P<0,05). Diferenças foram consideradas significativas se P < 0,05 e tendências se 0,05 = P = 0,10.

Resultado e Discussão: A inclusão de 5% de SCP não alterou o CDA dos nutrientes, a EM da dieta ou as características fecais (P>0,05), indicando que o ingrediente mantém o aproveitamento da dieta mesmo com elevado teor de fibra (Souza et al., 2025). Observou-se aumento da IgA fecal no dia 60 no grupo teste (P<0,05, Fig. 1), principal anticorpo secretado na

mucosa intestinal, essencial para a proteção contra patógenos (Siel et al., 2022). Além disso, a SCP promoveu modulação da resposta imune, com redução de linfócitos T auxiliares ($P < 0,05$, Fig. 2) e tendência ao aumento de linfócitos T reguladores (Treg) ($P = 0,052$, Fig. 2), resultando em maior relação Treg/T-auxiliar, em comparação ao grupo controle no dia 60 (0,21% vs. 0,06%). Esse padrão contrasta com a depleção de Treg observada em cães com enteropatias crônicas (Volkman et al., 2014), sugerindo favorecimento da tolerância imunológica. No dia 60, o grupo teste apresentou maior T-AOC e menores níveis de GST e NF- κ B, em relação ao controle ($P < 0,05$, Fig. 3). A menor ativação da via pró-inflamatória do NF- κ B pode reduzir a expressão da IL-6, bem como estar relacionada à menor LPO e à menor demanda da enzima GST, contribuindo para o aumento da T-AOC (Hoffmann et al., 2025). Houve ainda tendência à redução da LPO ($P = 0,08$) e da IL-6 ($P = 0,065$) no grupo teste. A IL-6 pode estar associada à inflamação intestinal (Heilmann et al., 2018). Não houve diferença em TNF- α ou IL-10 ($P > 0,05$). Esses resultados indicam que as beta-glucanas da SCP de *P. variotii* apresentam potencial imunomodulador, contribuindo para a redução do estresse oxidativo e da inflamação.

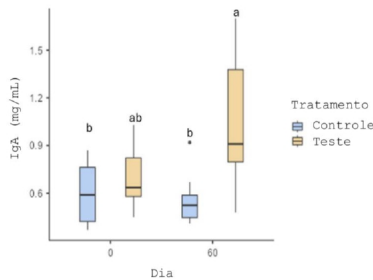


Figura 1. Médias das concentrações fecais de IgA em cães alimentados com as dietas controle e teste. ^{a,b}Médias acompanhadas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

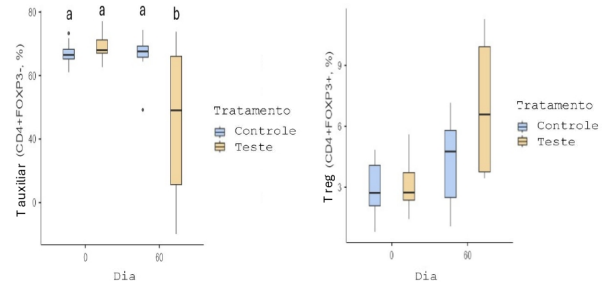


Figura 2. Médias dos linfócitos T auxiliares e T reguladores (Treg) de cães alimentados com as dietas controle e teste. ^{a,b}Médias acompanhadas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

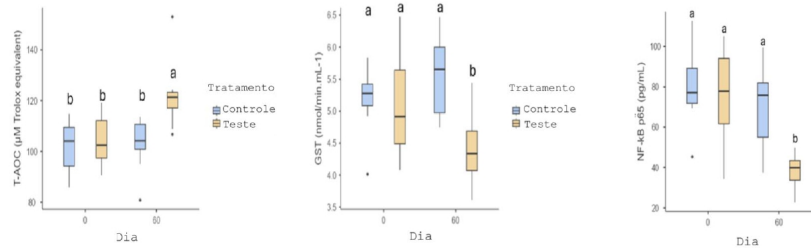


Figura 3. Médias da capacidade antioxidante total (T-AOC), da glutatona S-transferase (GST) e do fator nuclear-KB (NF-KB) em cães alimentados com as dietas controle e teste. ^{a,b}Médias acompanhadas por letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Conclusão: A inclusão de até 5% de SCP de *P. variotii* em dietas extrusadas para cães adultos não afeta a digestibilidade dos nutrientes, nem a consistência fecal. Adicionalmente, pode modular a resposta imune, ao reduzir linfócitos T auxiliares e NF- κ B e elevar linfócitos T reguladores, IgA fecal e T-AOC. Essa relação pode indicar maior tolerância imunológica e controle inflamatório e oxidativo em cães.

Agradecimentos: Agradecimento à CAPES pela bolsa do primeiro autor, à Enifer pelo apoio à pesquisa, à Special Dog pelo fornecimento dos ingredientes das dietas, e à VB Alimentos pelo suporte ao laboratório.

Referências Bibliográficas: FEDIAF. Nutritional Guidelines: for complete and complementary pet food for cats and dogs. 2024. HABIG, W. H. et al. Glutathione S-Transferases. *Journal of Biological Chemistry*, v. 249, 1974. HEILMANN, R. M. et al. Clinical utility of currently available biomarkers in inflammatory enteropathies of dogs. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, v. 32, 2018. HISSIN, P. J.; HILF, R. A fluorometric method for determination of oxidized and reduced glutathione in tissues. *Analytical Biochemistry*, v. 74, 1976. HOFFMANN, A. et al. NF- κ B: master regulator of cellular responses in health and disease. *Immunity & Inflammation*, v. 1, 2025. JIANG, Z. Y. et al. Lipid hydroperoxide measurement by oxidation of Fe²⁺ in the presence of xylenol orange. *Lipids*, v. 26, 1991. OSAKU, E. F. et al. β -(1-6) d-glucan secreted during the optimised production of exopolysaccharides by *Paecilomyces variotii* has immunostimulatory activity. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 111, 2018. SIEL, D. et al. Elucidating the role of innate and adaptive immune responses in the pathogenesis of canine chronic inflammatory enteropathy. *Animals*, v. 12, 2022. SOUZA, R. B. et al. Effects of a single-cell protein source from *Paecilomyces variotii* on diet digestibility and palatability and intestinal functionality of adult dogs, *Frontiers*, 2025. STOTT, D. I. Immunoblotting and dot blotting. *Journal of Immunology*, v. 119, 1989. VOLKMAN, M. et al. Frequencies of regulatory T cells in the peripheral blood of dogs with primary immune-mediated thrombocytopenia and chronic enteropathy: a pilot study. *The Veterinary Journal*, v. 202, 2014.