



MATEUS HENRIQUE REIS COELHO

**BETA-GLUCANO PURIFICADO COMO MODULADOR DA
RESPOSTA IMUNE EM CÃES ADULTOS**

**LAVRAS - MG
2025**

MATEUS HENRIQUE REIS COELHO

**BETA-GLUCANO PURIFICADO COMO MODULADOR DA RESPOSTA
IMUNE EM CÃES ADULTOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de não ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Profa. Dra. Vanessa Avelar Silva
Orientadora

**LAVRAS - MG
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com
dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Reis Coelho, Mateus Henrique .

Beta-glucano purificado como modulador da resposta imune em cães adultos /
Mateus Henrique Reis Coelho. - 2025.
53 p.

Orientadora: Vanessa Avelar Silva

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. beta-glucanos. 2. Cães desafiados com vacina. 3. Imunomodulação. 4. Nutrição
funcional. 5. Saúde animal. I. Avelar Silva, Vanessa. II. Universidade Federal de
Lavras. III. Título.

MATEUS HENRIQUE REIS COELHO

**BETA-GLUCANO PURIFICADO COMO MODULADOR DA RESPOSTA IMUNE
EM CÃES ADULTOS**

**PURIFIED BETA-GLUCAN AS MODULATOR OF THE IMMUNE RESPONSE IN
ADULT DOGS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de não ruminantes, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovado em 02 de julho de 2025.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini UFLA

Profa. Dra. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad UFLA

Profa. Dra. Vanessa Daniela Lázara de Assis IFSUDESTEMG

Profa. Dra. Vanessa Avelar Silva

**LAVRAS - MG
2025**

AGRADECIMENTOS

A conclusão desta etapa tão significativa em minha vida não teria sido possível sem o apoio incondicional, o incentivo e o amor das pessoas especiais que estiveram ao meu lado durante toda essa jornada.

Primeiramente, agradeço à minha mãe e ao meu pai, Neuza e Raimundo, que não medem esforços para me dar o mundo, que sempre acreditaram em mim, ofereceram seu amor e apoio nos momentos mais difíceis, e me ensinaram o valor da dedicação e da perseverança. O amor de vocês é o que me impulsiona a ser uma pessoa melhor e o principal motivo para que eu batalhe todos os dias. Obrigado por adotarem os meus sonhos como objetivos de vocês.

À minha irmã Marina, por todos esses anos sendo meu porto seguro e por estar sempre ao meu lado, cuidando de mim e me ensinando cada dia um pouco mais sobre responsabilidade. Obrigado pela torcida, pelo incentivo e por ajudar a formar o atual Mateus.

Aos amigos que vibram comigo, que torcem por mim, que me incentivam, me ajudam e, mesmo distante, me fizeram companhia em toda essa trajetória. Vocês foram minha fortaleza nos momentos de desafio e dúvida, oferecendo apoio, risadas e inspiração. Sem vocês, atravessar essa jornada teria sido muito mais difícil e sem graça.

A minha orientadora, Vanessa, por sua receptividade e generosidade. Sua orientação e apoio foram essenciais ao longo desse percurso. Sua empatia e dedicação tornaram a ciência um ambiente mais acolhedor. Sem você, esse trabalho não teria sido possível.

Também agradeço ao NENAC, o Núcleo de Estudos em Nutrição de Animais de Companhia, onde tive a oportunidade de aprender e crescer profissionalmente. Sou grato a todos os integrantes do grupo que sempre me ajudaram nas dificuldades, me ensinaram muito, e comemoram comigo.

Agradeço ao PPGZ/UFLA pelo trabalho executado neste período, permitindo a execução do projeto e pelo amparo e ajuda sempre que preciso.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

RESUMO

O aumento da busca por alimentos funcionais na nutrição de animais de companhia tem impulsionado o uso de compostos bioativos com efeitos imunomoduladores, como os beta-glucanos. Estes polissacarídeos, extraídos principalmente da parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, são reconhecidos por sua capacidade de modular respostas imunológicas, promover benefícios metabólicos e contribuir para a saúde e o bem-estar dos animais. O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação dietética com beta-glucano purificado na resposta imune de cães adultos submetidos a desafio vacinal. Foram utilizados 14 cães da raça Beagle, clinicamente saudáveis, distribuídos aleatoriamente em dois grupos experimentais: controle (sem suplementação) e um grupo suplementado com uma fonte comercial de beta-glucano na dose de 1%. Os animais foram alimentados com dietas isonutritivas durante 42 dias, sendo submetidos, no 21º dia, à vacinação oral contra *Bordetella bronchiseptica* para avaliação da resposta imune frente ao desafio. Foram realizados hemogramas, exames bioquímicos e análises imunológicas nos dias 1, 7 e 21 pós-vacinação. Avaliou-se também a digestibilidade aparente dos nutrientes. Os resultados indicaram que a suplementação não provocou alterações significativas na maioria dos parâmetros hematológicos, exceto por uma interação significativa entre dieta e tempo para neutrófilos segmentados, sugerindo modulação da imunidade inata. IgA apresentou aumento significativo ao longo do tempo e tendência de interação com a dieta, indicando possível fortalecimento da imunidade de mucosa. Os parâmetros bioquímicos lipídicos não sofreram modificações expressivas, embora tenha sido observada uma tendência à elevação do colesterol total e preservação do HDL no grupo suplementado. A suplementação não alterou significativamente os níveis de cortisol, apontando para ausência de efeito sobre a resposta ao estresse vacinal. Em relação à digestibilidade, o beta-glucano não comprometeram a absorção da matéria seca, proteína e gordura, mas promoveram aumento significativo na digestibilidade da matéria mineral, sugerindo benefício na absorção de micronutrientes. Como conclusão, a suplementação com beta-glucano demonstrou potencial imunomodulador, especialmente no fortalecimento da imunidade inata e na melhora da digestibilidade de minerais em cães adultos vacinados.

Palavras-Chave: β -glucanos; Cães desafiados com vacina; Imunomodulação; Nutrição funcional; Saúde animal

ABSTRACT

The increased demand for functional foods in companion animal nutrition has driven the use of bioactive compounds with immunomodulatory effects, such as beta-glucans. These polysaccharides, mainly extracted from the cell wall of the yeast *Saccharomyces cerevisiae*, are recognized for their ability to modulate immune responses, promote metabolic benefits, and contribute to the health and well-being of animals. The present study aimed to evaluate the effects of dietary supplementation with purified beta-glucans on the immune response of adult dogs subjected to a vaccination challenge. 14 clinically healthy Beagle dogs were randomly assigned to three experimental groups: control (no supplementation) and one group supplemented with a commercial source of beta-glucans at a dose of 1%. The animals were fed isonutritive diets for 42 days and, on day 21, were orally vaccinated against *Bordetella bronchiseptica* to evaluate the immune response to the challenge. Hematological, biochemical, and immunological analyses were performed on days 1, 7, and 21 post-vaccination. Apparent nutrient digestibility and fecal scores were also assessed. The results indicated that supplementation did not cause significant changes in most hematological parameters, except for a significant interaction between diet and time for segmented neutrophils, suggesting modulation of innate immunity. IgA showed a significant increase over time and a trend toward interaction with diet, indicating a possible enhancement of mucosal immunity. Lipid biochemical parameters did not exhibit marked changes, although a trend toward increased total cholesterol and preservation of HDL was observed in the supplemented group. Supplementation did not significantly alter cortisol levels, indicating no effect on the response to vaccination-induced stress. Regarding digestibility, beta-glucans did not impair the absorption of dry matter, protein, and fat but promoted a significant increase in mineral digestibility, suggesting benefits in micronutrient absorption. In summary, supplementation with beta-glucans proved safe and demonstrated targeted immunomodulatory potential, especially for innate immunity and mineral digestibility, in vaccinated adult dogs.

Keywords: β -glucans; Dogs challenged with vaccine; Immunomodulation; Functional nutrition; Animal health

IMPACTOS SOCIAIS, TECNOLÓGICOS, ECONÔMICOS E CULTURAIS

A utilização de β -glucano como moduladores da resposta imune em cães contribui significativamente para a promoção da saúde e do bem-estar animal, proporcionando melhor qualidade de vida, maior longevidade e menor incidência de doenças. Além disso, a redução da dependência de medicamentos, como antibióticos, representa uma abordagem mais consciente e responsável, alinhada às atuais demandas por práticas sustentáveis e de bem-estar animal. Os resultados desta pesquisa também podem fortalecer a indústria pet, um setor em expansão no Brasil e no mundo. Ao impulsionar o desenvolvimento de alimentos funcionais e nutracêuticos, ela contribui para agregar valor aos produtos, criar diferenciais competitivos e aumentar a rentabilidade das empresas do setor. Além disso, a melhora na saúde dos animais pode reduzir os custos com tratamentos veterinários, beneficiando tanto os tutores quanto o setor de serviços relacionados à saúde animal. Do ponto de vista tecnológico, esta pesquisa fomenta a inovação na formulação de alimentos e suplementos para pets, estimulando o aperfeiçoamento dos processos de extração, purificação e aplicação de β -glucano. Esse avanço favorece o desenvolvimento de novos produtos com maior valor agregado e pode incentivar parcerias entre universidades, centros de pesquisa e a indústria, fortalecendo a integração entre ciência e mercado. Socialmente, os resultados dessa pesquisa reforçam a percepção crescente dos animais de companhia como membros da família, o que amplia as demandas por cuidados mais sofisticados, saudáveis e personalizados. Além disso, a pesquisa contribui para a disseminação de uma cultura do consumo consciente, com foco em produtos naturais, sustentáveis e que promovam não apenas a nutrição, mas também a saúde e o bem-estar dos animais. Por fim, este amplia o conhecimento sobre imunonutrição e promove uma mudança de paradigma na forma como os tutores e a sociedade compreendem a alimentação e o cuidado com os pets.

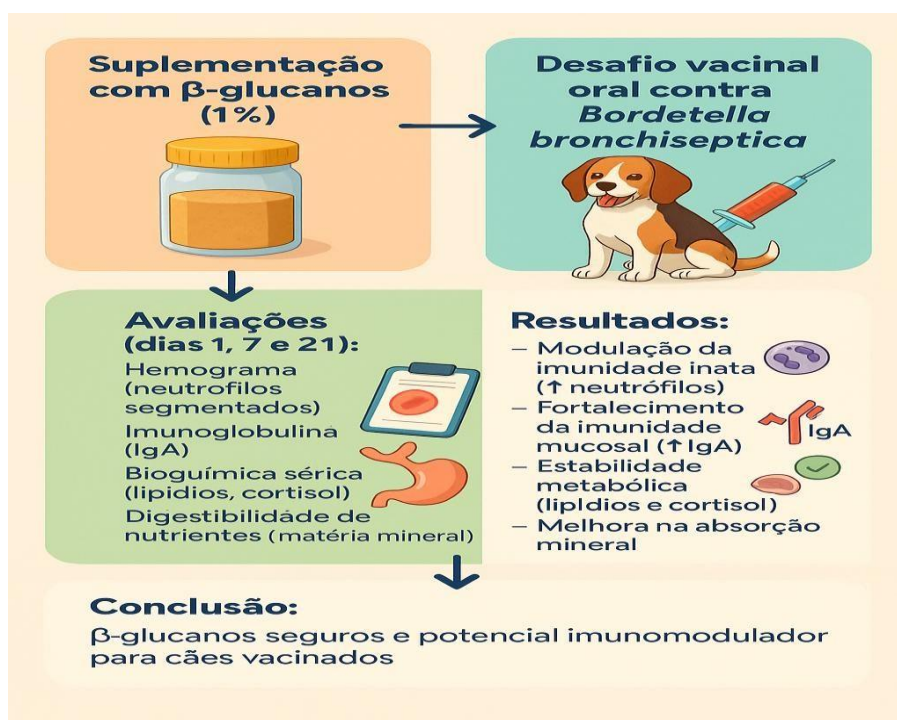
SOCIAL, TECHNOLOGICAL, ECONOMIC AND CULTURAL IMPACTS

The use of β -glucans as immune response modulators in dogs contributes significantly to promoting animal health and well-being, providing better quality of life, increased longevity, and a lower incidence of diseases. Furthermore, the reduced reliance on medications such as antibiotics represents a more conscious and responsible approach, aligned with current demands for sustainable and animal welfare-oriented practices. The results of this research may also strengthen the pet industry, a sector that is expanding in both Brazil and globally. By driving the development of functional foods and nutraceuticals, it adds value to products, creates competitive advantages, and increases the profitability of companies in the sector. Additionally, improvements in animal health can lead to reduced veterinary treatment costs, benefiting both pet owners and the broader animal health services sector. From a technological standpoint, this research fosters innovation in the formulation of pet foods and supplements, encouraging improvements in the extraction, purification, and application processes of β -glucans. This advancement supports the development of new, high-value products and may stimulate partnerships between universities, research centers, and industry, thereby strengthening the integration between science and the market. Socially, the findings of this research reinforce the growing perception of companion animals as family members, which increases the demand for more sophisticated, healthy, and personalized care. Moreover, the study contributes to the dissemination of a culture of conscious consumption, focused on natural and sustainable products that promote not only nutrition but also the overall health and well-being of animals. Finally, this work expands the body of knowledge on immunonutrition and promotes a paradigm shift in how pet owners and society at large understand pet nutrition and care.

RESUMO INTERPRETATIVO

Elaborado por **Mateus Henrique Reis Coelho** e orientado pela **Profa. Dra. Vanessa Avelar Silva**

A crescente demanda por alimentos funcionais na nutrição de cães tem estimulado o uso de compostos bioativos, como o β -glucano, reconhecidos por suas propriedades imunomoduladoras. Este estudo avaliou os efeitos da suplementação com β -glucano purificados em cães adultos submetidos a um desafio vacinal oral contra *Bordetella bronchiseptica*. Quatorze cães da raça Beagle foram distribuídos em dois grupos: controle e suplementado (1% de β -glucano) por um período de 42 dias, com coletas realizadas antes e após a vacinação. A suplementação não promoveu alterações significativas na maioria dos parâmetros hematológicos, exceto por uma modulação na contagem de neutrófilos segmentados, sugerindo a ativação da imunidade inata. Os níveis de IgA, anticorpo essencial na defesa de mucosa, aumentaram ao longo do tempo, com tendência de associação à dieta suplementada. Parâmetros lipídicos e níveis de cortisol permaneceram estáveis, indicando ausência de impactos metabólicos ou efeitos relacionados ao estresse. A digestibilidade da matéria mineral foi positivamente influenciada pela suplementação, indicando melhor absorção de minerais, sem comprometer a digestão de proteínas, gorduras ou matéria seca. Em síntese, a inclusão de β -glucano na dieta demonstrou eficaz na modulação de aspectos específicos da imunidade e da digestão mineral em cães vacinados, reforçando seu potencial como ingrediente funcional na alimentação de animais de companhia.



LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis de garantia das dietas experimentais.....	31
Tabela 2. Descrição do protocolo experimental utilizado no estudo	31
Tabela 3. Hemograma de cães adultos desafiados com vacina e alimentados com uma fonte comercial de beta-glucano	35
Tabela 4. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de cães adultos desafiados com vacina e alimentados com uma fonte comercial de beta-glucano	37
Tabela 5. Parâmetros imunológicos de cães desafiados com vacina e alimentados com uma fonte comercial de beta-glucano	38
Tabela 6. Cortisol de cães desafiados com vacina e alimentados com uma fonte comercial de beta-glucano.....	39
Tabela 7. Valores obtidos para os Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDAMS), Matéria Mineral (CDAMM), Extrato Etéreo (CDAEE) e Proteína Bruta (CDAPB) dos cães após o consumo dos alimentos experimentais.....	40

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE – REFERÊNCIAL TEÓRICO	11
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEORICO	13
2.1 BETA GLUCANOS.....	13
2.2 USO DE BETA GLUCANOS EM DIETAS DE CÃES.....	14
2.3 BETA GLUCANO E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA IMUNE	19
REFERÊNCIAS.....	22
SEGUNDA PARTE- ARTIGO.....	27
BETA-GLUCANO PURIFICADO COMO MODULADOR DA RESPOSTA IMUNE EM CÃES ADULTOS.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	30
2. MATERIAL E MÉTODOS	32
2.1 ANIMAIS E DIETAS EXPERIMENTAIS	32
2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA DE AMOSTRAS.....	33
2.3 PROTOCOLO VACINAL.....	34
2.4 ESCORE FECAL E DIGESTIBILIDADE APARENTE	34
2.5 HEMOGRAMA E EXAMES BIOQUÍMICOS	34
2.6 PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS E ANÁLISE QUÍMICA.....	34
2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
3. RESULTADOS	37
4. DISCUSSÃO	44
5. CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS.....	50

PRIMEIRA PARTE – REFERÊNCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

O aumento da preocupação com a saúde e o bem-estar dos animais de estimação tem gerado mudanças significativas no mercado de alimentos destinados a esses animais. Cada vez mais, os tutores procuram oferecer uma vida saudável aos seus pets, priorizando produtos que proporcionem não apenas a nutrição essencial, mas também benefícios extras para a saúde. Essa tendência tem influenciado fortemente a indústria de alimentos pet, que atualmente exerce um papel fundamental no cuidado nutricional dos animais domésticos. Dentro desse cenário, cresce a preferência por alimentos naturais e livres de componentes artificiais, especialmente devido às preocupações relacionadas aos efeitos dos aditivos sintéticos.

Uma das estratégias que tem ganhado espaço na nutrição animal é o uso de aditivos capazes de fortalecer o sistema imunológico. Essa prática visa não só melhorar a saúde geral, mas também reduzir a necessidade do uso constante de antibióticos. Na alimentação de pets, essa abordagem busca desenvolver dietas que vão além de atender às exigências nutricionais básicas, contribuindo diretamente para a promoção da saúde e do bem-estar. Entre os compostos com essa função, destacam-se os β -glucanos, que vêm demonstrando grande eficácia na modulação dos sistemas imunológico e inflamatório, ajudando a aumentar a resistência dos animais contra diversos desafios de saúde.

Esses compostos estão presentes em diversas fontes naturais, como leveduras, cogumelos, algas, bactérias, cevada e aveia, sendo que cada uma dessas fontes oferece estruturas distintas que resultam em diferentes funções biológicas. Os β -glucanos têm sido bastante valorizados devido às suas propriedades benéficas, que incluem efeitos imunológicos, controle glicêmico, ação anti-inflamatória, além de potenciais atividades antienvhecimento e de proteção celular (EL KHOURY et al., 2012; DU; BIAN; XU, 2014; ZHU et al., 2015; LANTE; CANAZZA; TESSARI, 2023). Entretanto, apenas alguns tipos, principalmente os β -1,3/1,6-glucanos, têm sido amplamente estudados no que diz respeito à sua capacidade de estimular o sistema imunológico, já que eles interagem diretamente com receptores específicos nas células de defesa, desencadeando respostas benéficas ao organismo.

Dentre as fontes mais pesquisadas estão os β -1,3/1,6-glucanos extraídos da parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Estudos realizados com cães mostram que esses compostos são capazes de estimular a produção de interleucina-2, aumentar a atividade fagocitária das células de defesa, melhorar a produção de anticorpos e até auxiliar no controle

dos níveis de glicose no sangue (VETVICKA; OLIVEIRA, 2014a). Pesquisas comparando diferentes níveis de pureza desses β -glucanos, quando incorporados em dietas de cães, suínos, roedores e aves, revelaram que, apesar de pequenas variações nas respostas, ambos os tipos promoveram efeitos semelhantes no fortalecimento do sistema imune, aumentando tanto a atividade das células de defesa quanto a produção de anticorpos (DE OLIVEIRA; VETVICKA; ZANUZZO, 2019). Esses achados reforçam a hipótese de que diferentes espécies de vertebrados compartilham mecanismos similares para reconhecer e reagir a esses polissacarídeos.

Além de suas propriedades imunológicas, os β -glucanos também são considerados prebióticos, pois favorecem a saúde intestinal ao modificar positivamente o metabolismo no trato gastrointestinal. Seu efeito se dá principalmente por meio da interação com o tecido linfóide associado ao intestino, onde se ligam a receptores específicos presentes em células como macrófagos, células dendríticas e células B. Essa interação promove uma ativação mais eficiente do sistema imunológico, aumentando a eficácia das defesas naturais e potencializando tanto a imunidade celular quanto a humoral, inclusive após processos como a vacinação.

Diversos estudos já comprovaram que a suplementação com β -1,3/1,6-glucanos pode intensificar a resposta imunológica à vacinação contra a raiva em cães (HETLAND; SANDVEN, 2002), camundongos (STUYVEN et al., 2009) e suínos (VETVICKA; OLIVEIRA, 2014b). No contexto da saúde dos pets, especialmente dos cães, a inclusão desses compostos nas dietas tem se mostrado promissora, oferecendo não apenas um reforço ao sistema imune, mas também ajudando na redução de processos inflamatórios e fornecendo suporte adicional em situações que exigem recuperação ou cuidado especial.

Pesquisas sobre os efeitos dos β -glucanos como suplemento para cães enfrentando desafios de saúde são justificadas pela necessidade de alternativas naturais e eficazes que promovam a saúde e o equilíbrio imunológico dos animais. Essa abordagem atende à crescente demanda por alimentos funcionais e representa uma estratégia no cuidado com animais de estimação, alinhando-se ao interesse dos tutores em proporcionar uma vida mais longa e saudável aos seus animais. Portanto esse trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da suplementação com β -glucano purificado sobre a resposta imune de cães adultos submetidos a um desafio imunológico.

2. REFERENCIAL TEORICO

2.1 BETA GLUCANOS

As fibras dietéticas são reconhecidas como componentes essenciais de uma dieta equilibrada, oferecendo benefícios significativos para a saúde. O consumo de fibras dietéticas desempenha um papel crucial na prevenção e manejo de diversas condições de saúde, como doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e obesidade (ANDERSON et al., 2009; SLAVIN, 2013). A microbiota intestinal utiliza essas fibras como substratos, uma vez que não são digeridas nem absorvidas pelo sistema digestivo (MANN et al., 2007).

As fibras dietéticas podem ser classificadas em solúveis e insolúveis, com base em suas propriedades fisiológicas, como solubilidade em água, viscosidade e fermentabilidade (MCRAE, 2018). Entre as diferentes classes, o β -glucano destaca-se como uma fibra solúvel versátil, caracterizada por notáveis propriedades estruturais e uma ampla gama de atributos biofuncionais (TSONI; BROWN et al., 2008).

Com o aumento da conscientização sobre a saúde, a incorporação de β -glucanos, em alimentos tem recebido crescente atenção devido a seus potenciais benefícios preventivos, que incluem redução calórica, controle de colesterol e baixo teor de gordura (GÄBEL; ASCHENBACH; RACKWITZ, 2016). Os β -glucanos são polissacarídeos constituídos por unidades de glicose unidas por ligações β -glicosídicas. Suas propriedades estruturais, como padrões de ramificação, grau de polimerização e peso molecular, variam conforme a origem, influenciando suas propriedades físico-químicas e biodisponibilidade (LANTE; CANAZZA; TESSARI, 2023).

Devido à sua capacidade de formar soluções viscosas, uma das principais funções bioativas dos β -glucanos é atuar como prebióticos, modulando a digestão e a absorção de biomoléculas, incluindo micronutrientes no intestino delgado, e apresentando múltiplos benefícios à saúde e funcionalidades alimentares (MURPHY; DAVIS; CARMICHAEL, 2010; GIDLEY; YAKUBOV 2019). Os β -glucanos são encontrados em diversas fontes, como cereais, fungos, bactérias e algas marinhas, o que ressalta sua importância na nutrição humana e em aplicações industriais (WANG et al., 2019), estimulando um considerável interesse em pesquisas nessa área.

A biodisponibilidade do β -glucano, um determinante crítico de seus efeitos fisiológicos, é influenciada por fatores como peso molecular, solubilidade e a presença de outros componentes dietéticos (TSONI; BROWN et al., 2008). A compreensão dos fatores que afetam

a biodisponibilidade do β -glucano é fundamental para otimizar suas propriedades promotoras da saúde (ZHANG et al., 2020).

Os processos de extração e purificação do β -glucano de fontes naturais evoluíram significativamente ao longo dos anos, impulsionados por avanços tecnológicos e pela demanda por maior pureza e rendimento (MIYAMOTO; MOCHIZUKI; SAKURAI, 2015).

Além de sua aplicação como fibra dietética, o β -glucano apresenta diversos atributos biofuncionais, incluindo efeitos imunomoduladores, redução do colesterol e propriedades prebióticas (VETVICKA; OLIVEIRA, 2014a; GÄBEL; ASCHENBACH; RACKWITZ, 2016). Essas características têm gerado um interesse crescente em explorar o potencial do β -glucano em investigações clínicas, elucidando sua eficácia na gestão de condições como diabetes, doenças cardiovasculares e distúrbios gastrointestinais (CHOI; KIM, 2023).

No contexto da utilização industrial, o β -glucano tem encontrado aplicação em uma ampla gama de produtos, incluindo alimentos funcionais, suplementos dietéticos, produtos farmacêuticos e cosméticos. Suas propriedades funcionais, como capacidade de espessamento e gelificação, contribuem para seu papel versátil na formulação e desenvolvimento de produtos (WANG et al., 2019). Além disso, o comércio global de β -glucano tem crescido significativamente, impulsionado pelo aumento da conscientização dos consumidores sobre seus benefícios para a saúde e sua inclusão em diversos produtos (KUMAR; SUJATHA, 2021).

Diante dos seus efeitos benéficos à saúde, o β -glucano também tem despertado interesse na área da nutrição de animais de companhia. Sua incorporação em dietas para cães tem sido investigada como uma estratégia promissora para a modulação imunológica, suporte metabólico e promoção da saúde geral, especialmente em situações de estresse ou desafios imunológicos.

2.2 USO DE BETA GLUCANOS EM DIETAS DE CÃES

Com a crescente inclusão dos cães como membros da família, o bem-estar e a saúde desses animais tornaram-se preocupações constantes para seus tutores, que desejam prolongar e melhorar a qualidade de vida de seus pets (ABINPET, 2019). Como resultado, o interesse e as exigências dos proprietários em relação à alimentação de seus animais têm aumentado (DENG; SWANSON, 2015; ABOOD; WARA, 2020). Atualmente, a nutrição visa não apenas suprir as necessidades alimentares dos animais, mas também auxiliar no bem-estar, melhorar a saúde e reduzir o risco de doenças (DI CERBO et al., 2017).

Aditivos são utilizados na alimentação animal com o objetivo de suprir exigências nutricionais que as matérias-primas por si só não fornecem. De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015), esses aditivos podem ser substâncias, microrganismos ou produtos formulados, que possuem ou não valor nutritivo, e sua adição pode melhorar as características dos produtos destinados à alimentação ou atender às necessidades nutricionais dos animais.

Os β -glucanos são definidos como polissacarídeos macromoleculares compostos por monômeros de D-glicose ligados por ligações β -glicosídicas (CHEN et al., 2007). Podem ser encontrados em uma variedade de fontes naturais, como leveduras, cogumelos, bactérias, algas, cevada e aveia (ZHU et al., 2015).

O interesse pelo uso de β -glucanos como aditivo nutracêutico tem aumentado, seja pela inclusão em alimentos ou produtos farmacêuticos (ZHU et al., 2015; LANTE; CANAZZA; TESSARI, 2019), além de seu emprego em cosméticos e produtos químicos.

Os β -glucanos oferecem uma variedade de benefícios importantes já documentados em humanos e animais: eles têm a capacidade de eliminar radicais livres, de maneira semelhante aos antioxidantes (KOFUJI et al., 2012), possuem atividade imunológica moduladora (RIEDER; SAMUELSEN, 2012; SHAH et al., 2015), demonstraram atividade antitumoral (RIEDER; SAMUELSEN, 2012), são associados à redução do colesterol sérico (ZHU et al., 2015), contribuem para a redução da resposta glicêmica e insulinêmica, ajudando a evitar picos de glicose após as refeições (CHEN et al., 2022), e podem até auxiliar na prevenção da obesidade (EL KHOURY et al., 2012).

A parede celular de leveduras, como a *Saccharomyces cerevisiae*, é composta por mananoproteínas, beta-1,3 e beta-1,6-glucano e quitina (LIPKE; OVALLE, 1998). Enquanto os beta-glucanos e a quitina conferem rigidez à parede celular e determinam sua forma, as mananoproteínas, juntamente com sua porção de carboidrato (alfa-D-manano), são responsáveis pelo reconhecimento e interações célula-célula, interações com o meio e determinação da especificidade antigênica da levedura (RUIZ-HERRERA, 1992).

Ambos os principais polissacarídeos constituintes da parede celular, beta-glucanos e alfa-mananos, têm sido reconhecidos por sua capacidade de modular o sistema imunológico por meio de interações específicas com várias células do sistema imune (MEDZHITOV; JANEWAY, 2000). Os beta-glucanos, em particular, possuem diversas propriedades imunomodulatórias.

Esses compostos estimulam o sistema imunológico, principalmente os macrófagos, exercendo efeito benéfico contra uma variedade de bactérias, vírus, fungos e parasitas (MANTOVANI et al., 2008; RAHAR et al., 2011). Seu efeito imunoestimulante está relacionado à interação com receptores específicos presentes em células do sistema imune. Dentre esses receptores, destacam-se o dectina-1 e o receptor de complemento 3 (CR3). O dectina-1 reconhece uma variedade de glucanos de fungos e plantas com ligações beta-1,3 e beta-1,6, o que o torna crucial para o reconhecimento e a fagocitose de leveduras íntegras (BROWN, 2001).

O receptor dectina-1 é o principal receptor implicado na ligação de glucanos em camundongos, sendo expresso principalmente por células de origem mieloide, incluindo macrófagos, células dendríticas e neutrófilos. Seus sinais contribuem para a resposta dessas células, incluindo fagocitose, burst oxidativo, degranulação de neutrófilos, destruição de fungos e a produção de mediadores lipídicos da inflamação, citocinas e quimiocinas, que recrutam e coordenam a ativação de outras células imunes (GOODRIDGE; WOLF; UNDERHILL, 2009).

O receptor CR3 também desempenha um papel importante nas respostas imunológicas, promovendo a adesão de neutrófilos a células tumorais opsonizadas com complemento e induzir a citotoxicidade dos neutrófilos (GOODRIDGE; WOLF; UNDERHILL, 2009). Em leucócitos humanos, ele é reconhecido como o principal receptor para as partículas de levedura (VAN BRUGGEN et al., 2009).

Ao discutir as funções imunomoduladoras dos glucanos, frequentemente considera-se o beta-1,3-glucano purificado da parede celular de fungos (GOODRIDGE; WOLF; UNDERHILL, 2009). Preparações particuladas de beta-glucano derivadas da levedura *Saccharomyces cerevisiae* são utilizadas com o objetivo de imunomodulação (RAHAR et al., 2011).

Por outro lado, as formas solúveis, principalmente o beta-1,4-glucano obtido de vegetais como a aveia, têm efeitos diferentes dos provenientes de fungos. Enquanto essas formas solúveis podem ter efeitos na redução do colesterol sanguíneo e da glicemia (KIM et al., 2006), também são consideradas fatores antinutricionais por interferirem negativamente na digestibilidade e no desempenho dos animais, sem apresentarem efeitos no sistema imune (TWOMEY et al., 2003).

Diversos estudos têm explorado o uso de beta-glucanos na imunidade de seres humanos, animais de laboratório, animais de produção e, mais recentemente, em cães. A administração de beta-1,3-glucano em camundongos levou a uma melhora na resposta proliferativa das células

esplênicas a mitógenos de células B e células T, bem como estimulou linfócitos T citotóxicos, células B e macrófagos (STIER; EBBESKOTTE; GRUENWALD, 2014; AJIT et al., 2025). Estudos indicam que a adjuvância da vacina contra a raiva com β -glucano promove uma resposta mais intensa de linfócitos B, elemento-chave na proteção contra o vírus. Além disso, o β -glucano tende a potencializar a resposta de células T, evidenciada pelo perfil de secreção de citocinas de PBMCs reestimuladas *ex vivo*. Esses resultados fornecem novos subsídios sobre o efeito do treinamento imunológico na resposta adaptativa induzida por vacinas em cães (PARIS et al., 2020).

Os beta-glucanos também podem estimular a secreção de citocinas pelas células do sistema imunológico. Estudos em humanos e animais de laboratório demonstraram que a suplementação com beta-glucano resultou em uma maior secreção de TNF- α e IL-1- β , promovendo a secreção de anion superóxido e de peróxido de hidrogênio por neutrófilos e macrófagos, bem como aumentando a atividade das células natural killer (KIM et al., 2006).

Estudos *in vitro* demonstraram que o beta-1,3-glucano microparticulado estimulou a secreção de citocinas pró-inflamatórias em macrófagos peritoneais de camundongos, demonstrando uma capacidade eficaz de fagocitose do glucano pelos macrófagos, que foram estimulados a secretar citocinas pró-inflamatórias, como TNF- α , IL-6 e IL-1 (BERNER et al., 2005).

Estudos avaliaram os efeitos da administração oral de beta-1,3/1,6-glucano sobre a imunidade de cães. Haladová et al. (2009) observaram aumento nos parâmetros imunológicos em filhotes de cães de várias raças após a administração oral de beta-glucano derivado de cogumelo. Stuyven et al. (2009) notaram efeitos sobre a imunidade humoral após a administração de beta-glucano de *Saccharomyces cerevisiae* em cães, e Zaine (2010) observou aumento nas subpopulações linfocitárias e na produção de citocina TNF- α em cães após a administração de beta.

O uso de beta-glucanos derivados de aveia e cevada tem sido avaliado em cães, considerando aspectos nutricionais, digestivos e imunológicos. Ferreira et al. (2018) suplementaram a dieta dos animais com 1% de beta-glucano por 71 dias. Não foram observadas diferenças significativas na ingestão alimentar e no peso corporal médio dos cães. No entanto, os animais suplementados apresentaram menores concentrações séricas de colesterol total, lipoproteínas de baixa (LDL) e muito baixa densidade (VLDL), além de menores coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), matéria

mineral (MM) e lipídeos. A redução na digestibilidade foi atribuída ao efeito dos beta-glucanos como fibras solúveis, que aumentam a viscosidade da digesta e dificultam a ação enzimática.

Em relação à diminuição das concentrações séricas de colesterol, os autores sugerem que a elevada viscosidade causada pelos beta-glucanos compromete a ação das enzimas digestivas, reduzindo a absorção de lipídeos e colesterol ao longo do trato gastrointestinal. Além disso, esse aumento da viscosidade pode inibir a reabsorção de sais biliares no intestino grosso, promovendo maior excreção fecal de colesterol (FERREIRA et al., 2018; EL KHOURY et al., 2012). Esse mesmo estudo também relatou que a suplementação com 1% de beta-glucano aumentou a quantidade e reduziu a consistência das fezes, um efeito relacionado à maior retenção de água nas fezes.

Do ponto de vista imunológico, Ferreira et al. (2018) também avaliaram as concentrações séricas de IL-4 e IFN- γ nos dias 0, 57 e 71, antes e após vacinação com Pneumodog®. Os cães suplementados apresentaram redução no número de hemácias, hematócrito, hemoglobina e nos níveis de IL-4 no sétimo dia após a primeira vacinação. Não foram detectadas concentrações de IFN- γ nas amostras, o que pode indicar a ativação preferencial de uma resposta Th2, inibindo a resposta Th1 (ABBAS; MURPHY; SHER, 1996).

Corroborando alguns desses achados, Reilly et al. (2010) também observaram redução nos coeficientes de digestibilidade da MS, MO, fibra detergente neutro (FDN) e energia bruta (EB) ao suplementarem uma dieta à base de aveia contendo 45,5 g/kg de beta-glucano, em comparação com uma dieta à base de trigo com a mesma quantidade de beta-glucano. Segundo os autores, as diferenças nas características físicas e de solubilidade dos beta-glucanos da aveia podem explicar esses efeitos.

Por outro lado, Barry et al. (2010) avaliaram o uso de polissacarídeos não-amiláceos (PNA) na dieta de cães, suplementados com uma enzima composta por xilanase, beta-glucano e amilase. Os tratamentos consistiram em: dieta controle (A), dieta com 16 g/kg de PNA (B) e dieta com 20 g/kg de PNA (C). Foi observado aumento significativo nos coeficientes de digestibilidade da energia bruta e extrato etéreo nos tratamentos B e C. A digestibilidade do amido melhorou apenas no tratamento B, enquanto a digestibilidade da MS aumentou no tratamento C. Esses resultados foram atribuídos à degradação enzimática dos arabinoxilanos e beta-glucanos, reduzindo a viscosidade da digesta e favorecendo a ação enzimática.

De forma semelhante, Traughber et al. (2021) alimentaram cães com dietas controle (CON), CON com 150 ppm de beta-glucano fornecido no momento da alimentação (C+B), e CON com beta-glucano incluído diretamente na formulação (CB). O grupo com beta-glucano

incluído diretamente na formulação (CB) apresentou maiores digestibilidades da MS, proteína bruta (PB) e energia metabolizável. Além disso, a inclusão de beta-glucanos de levedura não afetou as características fecais nem os níveis fecais de ácidos graxos de cadeia curta e ramificada, amônia, indol ou fenol.

Em outro estudo, Middelbos; Fastinger; Fahey (2007) suplementaram cães com diferentes concentrações de parede celular de levedura, contendo β (1,3), β (1,6) -glucanos. Observou-se aumento da digestibilidade ileal da MS, MO e PB com 0,25% de inclusão, enquanto a digestibilidade total da MS, MO, PB, EB e fibra dietética insolúvel apresentou comportamento quadrático, com tendência à redução da digestibilidade da fração insolúvel conforme o aumento da suplementação. O escore fecal, no entanto, não foi alterado, embora a produção fecal tenha sido reduzida com a inclusão de 0,45% de parede celular.

Do ponto de vista fermentativo, Twomey et al. (2003) relataram que a inclusão de PNA aumentou a fermentação no intestino grosso, reduzindo o pH fecal e elevando a produção de lactato. Este aumento foi associado a alterações no padrão de fermentação. Já a adição de enzimas digestivas não influenciou os níveis totais de ácidos graxos voláteis (AGV) ou de lactato, tampouco o pH fecal, mas modificou as proporções molares dos AGV, com diminuição do propionato e aumento do isobutirato.

Por fim, Stuyven et al. (2009) investigaram os efeitos dos beta-1,3/1,6-glucanos de *Saccharomyces cerevisiae* na imunidade humoral de cães. Quinze animais foram suplementados por quatro semanas com comprimidos contendo 150 mg de beta-glucano (MacroGard®). Os resultados mostraram redução nos níveis séricos de IgA, aumento de IgM e nenhuma alteração em IgG, sugerindo um efeito sobre a mucosa intestinal. A dectina-1 e o TLR2 presentes em macrófagos e células dendríticas estão envolvidos na indução de citocinas como TNF- α e IL-12 (CERUTTI; RESCIGNO, 2008), modulando a resposta imune para perfis Th1 ou Th2 (GANTNER et al., 2003).

2.3 BETA GLUCANO E SUA INFLUÊNCIA NO SISTEMA IMUNE

O sistema imunológico desempenha um papel crucial na defesa do organismo contra patógenos, como bactérias e vírus, e é dividido em duas categorias: inato e adaptativo. As barreiras epiteliais, como o revestimento do trato gastrointestinal, constituem a primeira linha de defesa do sistema imune inato, que reage de forma rápida, mas inespecífica. Este sistema funciona com base no reconhecimento das estruturas dos patógenos invasores. Os leucócitos são fundamentais na resposta adaptativa inicial, tendo como uma de suas funções a apresentação

de antígenos aos linfócitos. A resposta imune adaptativa ocorre em duas etapas: inicialmente, os linfócitos B produzem anticorpos (resposta humoral), e, se necessário, os linfócitos T são ativados para atacar células infectadas (resposta mediada por células) (ABBAS; LICHTMAN; PILLAI, 2019).

Os β -glucanos têm a capacidade de estimular o sistema imunológico (GOODRIDGE; WOLF; UNDERHILL, 2009). A solubilidade, a massa molecular, a estrutura e o método de extração podem influenciar sua eficácia imunomoduladora (KULICKE; LETTAU; THIELKING, 1997; DAOU; ZHANG, 2012). Existem poucos estudos na literatura que avaliam a suplementação de β -glucanos como agentes imunomoduladores em cães (STUYVEN et al., 2009). Em geral, os β -glucanos utilizados nesses estudos atuam como agonistas prototípicos (MITROULIS et al., 2018), ligando-se a receptores de reconhecimento padrão, como a dectina-1, considerados padrões moleculares associados a patógenos (ABBAS; LICHTMAN; PILLAI, 2019). Essa ligação aumenta a resposta imunológica por meio da maior produção de macrófagos (PARIS et al., 2020a). A dectina-1 também é expressa em neutrófilos, eosinófilos, monócitos e algumas células T (VOLMAN; RAMAKERS; PLAT, 2008). Assim, a administração de β -glucanos pode ocorrer durante ou após a vacinação, sendo ambas as situações associadas a um aumento da imunogenicidade em cães (PARIS et al., 2020b).

Entretanto, a administração oral de β -glucanos pode comprometer seu efeito imuno estimulador devido ao pH ácido do estômago (KUDRENKO; SNAPE; BARNES, 2009; ULMIUS et al., 2012). Estudos *in vitro* demonstraram que os β -glucanos podem perder peso molecular durante a digestão (LAZARIDOU; BILIADERIS, 2007). Por outro lado, pesquisas que avaliaram a suplementação de β -glucanos em cães adultos saudáveis mostraram uma resposta imunológica melhorada nos animais suplementados (LIN et al., 2019; RENTAS et al., 2020). A inclusão de β -glucanos na dieta pode estimular macrófagos, neutrófilos e linfócitos, aumentando a resistência a bactérias gram-negativas patogênicas (WILLIAMS; MUELLER; BROWDER, 1996).

Os linfócitos são subdivididos em grupos como as células T, B e os natural killer (MORTLOCK; WEI; WILLIAMSON, 2015). As células T desempenham funções diversas na resposta imune: as células T CD4⁺ (T helper) auxiliam outras células T e B, produzindo citocinas pró e anti-inflamatórias, enquanto as células T CD8⁺ induzem a apoptose de células infectadas, sendo conhecidas como citotóxicas (ZENEWICZ; ANTOV; FLAVELL, 2009). A relação entre as populações de células T CD4⁺ e CD8⁺ pode ser quantificada, resultando na relação CD4⁺:CD8⁺, que serve como um marcador de ativação do sistema imunológico.

Quando há invasão de patógenos, a população de células T CD8⁺ aumenta, reduzindo esse índice. Após o controle da infecção, normalmente o índice volta ao normal (BRUNO et al., 2017).

A proliferação das células T é essencial para que elas cumpram seu papel, pois permite a diferenciação e homeostase dessas células (MORTLOCK; WEI; WILLIAMSON, 2015). A análise da proliferação linfocitária pode ser realizada utilizando mitógenos, como a concavalina-A e a fitohemaglutinina (FHA), a partir da qual se obtém um índice de proliferação, que relaciona células tratadas e não tratadas com mitógeno, permitindo simular e avaliar a eficácia do sistema imunológico na resposta a patógenos (TIZARD, 2009).

REFERÊNCIAS

- ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. 9. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2019.
- ABBAS, A. K.; MURPHY, K. M.; SHER, A. Functional diversity of helper T lymphocytes. **Nature**, v. 383, n. 6603, p. 787-793, 1996.
- ABINPET. Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. **Relatório ABINPET**. São Paulo, 2019.
- ABOOD, S. K.; WARA, A. M. Combining Nutrition and Physical Rehabilitation to Improve Health Outcomes for Dogs and Cats. **Advances in Small Animal Care**, v. 1, p. 239-264, 2020.
- AJIT, J. et al. β -glucan induced trained immunity enhances antibody levels in a vaccination model in mice. **PLoS One**, v. 20, n. 5, p. e0323376, 2025.
- ANDERSON, J. W. et al. Health benefits of dietary fiber. **Nutrition reviews**, v. 67, n. 4, p. 188-205, 2009.
- BARRY, K. A. et al. Dietary cellulose, fructooligosaccharides, and pectin modify fecal protein catabolites and microbial populations in adult cats. **Journal of animal science**, v. 88, n. 9, p. 2978-2987, 2010.
- BERNER, Mathew D. et al. Beta Glucan Research. **Immunology Letters**, v. 98, p. 115-122, 2005.
- BROWN, G. D. Immune recognition. A new receptor for β -glucans. **Nature**, v. 413, p. 36-37, 2001.
- BRUNO, M. et al. Transcriptional and functional insights into the host immune response against the emerging fungal pathogen *Candida auris*. **Nature Microbiology**, v. 5, n. 12, p. 1516-1531, 2020.
- CERUTTI, A.; RESCIGNO, M. The biology of intestinal immunoglobulin A responses. **Immunity**, v. 28, n. 6, p. 740-750, 2008.
- CHEN, J.; SEVIOUR, R. Medicinal importance of fungal β -(1 \rightarrow 3),(1 \rightarrow 6)-glucans. **Mycological research**, v. 111, n. 6, p. 635-652, 2007.
- CHEN, V. et al. Effect of oats and oat β -glucan on glycemic control in diabetes: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. **BMJ Open Diabetes Research & Care**, v. 10, n. 5, 2022.
- CHOI, H.; KIM, S. W. Characterization of β -glucans from cereal and microbial sources and their roles in feeds for intestinal health and growth of nursery pigs. **Animals**, v. 13, n. 13, p. 2236, 2023.

DE OLIVEIRA, C. A. F.; VETVICKA, V.; ZANUZZO, F. S. β -Glucan successfully stimulated the immune system in different jawed vertebrate species. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 62, p. 1-6, 2019.

DENG, P.; SWANSON, K. S. Gut microbiota of humans, dogs and cats: current knowledge and future opportunities and challenges. **British Journal of Nutrition**, v. 113, n. S1, p. S6-S17, 2015.

DI CERBO, A. et al. Functional foods in pet nutrition: Focus on dogs and cats. **Research in veterinary science**, v. 112, p. 161-166, 2017.

DU, B.; BIAN, Z.; XU, B. Skin health promotion effects of natural beta-glucan derived from cereals and microorganisms: a review. **Phytotherapy Research**, v. 28, n. 2, p. 159-166, 2014.

EL KHOURY, D. et al. Beta glucan: health benefits in obesity and metabolic syndrome. **Journal of nutrition and metabolism**, v. 2012, n. 1, p. 851362, 2012.

FERREIRA, L. G. et al. Oat beta-glucan as a dietary supplement for dogs. **PLoS One**, v. 13, n. 7, p. e0201133, 2018.

GÄBEL, G.; ASCHENBACH, J. R.; RACKWITZ, R. Sauer ist nicht immer lustig: Kann sich der Vormagen gegen die Säurebelastung verteidigen. **Leipziger Blaue Hefte**, p. 220, 2016.

GANTNER, B. N. et al. Collaborative induction of inflammatory responses by dectin-1 and Toll-like receptor 2. **The Journal of experimental medicine**, v. 197, n. 9, p. 1107-1117, 2003.

GIDLEY, Michael J.; YAKUBOV, Gleb E. Functional categorisation of dietary fibre in foods: Beyond 'soluble' vs 'insoluble'. **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p. 563-568, 2019.

GILL, S. K. et al. Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 18, n. 2, p. 101-116, 2021.

GOODRIDGE, H. S.; WOLF, A. J.; UNDERHILL, D. M. β -glucan recognition by the innate immune system. **Immunological reviews**, v. 230, n. 1, p. 38-50, 2009.

HALADOVÁ, E. et al. The effect of β (1, 3/1, 6) d-glucan on selected non-specific and specific immunological parameters in dogs after vaccination. **Folia Veterinaria**, p. 43-46, 2009.

HETLAND, G.; SANDVEN, P. β -1, 3-Glucan reduces growth of Mycobacterium tuberculosis in macrophage cultures. **FEMS Immunology & Medical Microbiology**, v. 33, n. 1, p. 41-45, 2002.

KIM, S. Y. et al. Biomedical issues of dietary fiber β -glucan. **Journal of Korean Medical Science**, v. 21, n. 5, p. 781-789, 2006.

KOFUJI, K. et al. Antioxidant activity of β -glucan. **International Scholarly Research Notices**, v. 2012, n. 1, p. 125864, 2012.

KUDRENKO, B.; SNAPE, N.; BARNES, A. C. Linear and branched β (1–3) D-glucans activate but do not prime teleost macrophages in vitro and are inactivated by dilute acid: Implications for dietary immunostimulation. **Fish & shellfish immunology**, v. 26, n. 3, p. 443-450, 2009.

KUMAR, S. A.; SUJATHA, E. R. An appraisal of the hydro-mechanical behaviour of polysaccharides, xanthan gum, guar gum and β -glucan amended soil. **Carbohydrate Polymers**, v. 265, p. 118083, 2021.

LANTE, A.; CANAZZA, E.; TESSARI, P. Beta-glucans of cereals: Functional and technological properties. **Nutrients**, v. 15, n. 9, p. 2124, 2023.

LAZARIDOU, A.; BILIADERIS, C. G. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. **Journal of cereal science**, v. 46, n. 2, p. 101-118, 2007.

LIN, Q. et al. Characterization and antioxidant activity of short linear glucan–lysine nanoparticles prepared by Maillard reaction. **Food Hydrocolloids**, v. 92, p. 86-93, 2019.

MANTOVANI, A. et al. Macrophage plasticity and polarization in tissue repair and remodelling. **The Journal of pathology**, v. 229, n. 2, p. 176-185, 2013.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 13, de 30 de novembro de 2004. Regulamento técnico de aditivos na alimentação animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2015.

MCRAE, M. P. Dietary fiber intake and type 2 diabetes mellitus: an umbrella review of meta-analyses. **Journal of chiropractic medicine**, v. 17, n. 1, p. 44-53, 2018.

MEDZHITOV, R.; JANEWAY JR, C. Innate immune recognition: mechanisms and pathways. **Immunological reviews**, v. 173, n. 1, 2000.

MIDDELBOSS, I. S.; FASTINGER, N. D.; FAHEY JR, G. C. Evaluation of fermentable oligosaccharides in diets fed to dogs in comparison to fiber standards. **Journal of animal science**, v. 85, n. 11, p. 3033-3044, 2007.

MIYAMOTO, N.; MOCHIZUKI, S.; SAKURAI, K. Enhanced immunostimulation for cancer vaccine with crosslinked CpG-DNA/ β -1, 3-glucan nanogel through hybridization. In: **abstracts of papers of the american chemical society**. 1155 16th st, NW, Washington, DC 20036 USA: Amer Chemical Soc, 2015.

MORTLOCK, S. A.; WEI, J.; WILLIAMSON, P. T-cell activation and early gene response in dogs. **PLoS One**, v. 10, n. 3, p. e0121169, 2015.

- MURPHY, E. A.; DAVIS, J. M.; CARMICHAEL, M. D. Immune modulating effects of β -glucan. **Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care**, v. 13, n. 6, p. 656-661, 2010.
- PARIS, S. et al. β -glucan as trained immunity-based adjuvants for rabies vaccines in dogs. **Frontiers in immunology**, v. 11, p. 564497, 2020b.
- PARIS, S. et al. β -Glucan-induced trained immunity in dogs. **Frontiers in Immunology**, v. 11, p. 566893, 2020a.
- RAHAR, S. et al. Preparation, characterization, and biological properties of β -glucans. **Journal of advanced pharmaceutical technology & research**, v. 2, n. 2, p. 94-103, 2011.
- REILLY, P. et al. The effect of cereal-derived beta-glucans and exogenous enzyme supplementation on intestinal microflora, nutrient digestibility, mineral metabolism and volatile fatty acid concentrations in finisher pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, n. 3-4, p. 165-176, 2010.
- RENTAS, M. F. et al. Galactoligosaccharide and a prebiotic blend improve colonic health and immunity of adult dogs. **PLoS One**, v. 15, n. 8, p. e0238006, 2020.
- RIEDER, A.; SAMUELSEN, A. B. Do cereal mixed-linked β -glucans possess immune-modulating activities?. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 56, n. 4, p. 536-547, 2012.
- RUIZ-HERRERA, J. **Fungal cell wall: structure, synthesis, and assembly**. CRC press, 1991.
- SHAH, A. et al. Effect of γ -irradiation on antioxidant and antiproliferative properties of oat β -glucan. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 117, p. 120-127, 2015.
- SLAVIN, J.. Fiber and prebiotics: mechanisms and health benefits. **Nutrients**, v. 5, n. 4, p. 1417-1435, 2013.
- STIER, H.; EBBESKOTTE, V.; GRUENWALD, J. Immune-modulatory effects of dietary Yeast Beta-1, 3/1, 6-D-glucan. **Nutrition journal**, v. 13, n. 1, p. 38, 2014.
- STUYVEN, E. et al. Oral administration of β -1, 3/1, 6-glucan to dogs temporally changes total and antigen-specific IgA and IgM. **Clinical and vaccine immunology**, v. 17, n. 2, p. 281-285, 2010.
- TIZARD, I. **Veterinary Immunology: An Introduction**. 8. ed. Philadelphia: Saunders, 2009.
- TRAUGHBER, Z. T. et al. Effect of crude fiber and total dietary fiber on the calculated nitrogen-free extract and metabolizable energy content of various dog foods fed to client-owned dogs with osteoarthritis. **American journal of veterinary research**, v. 82, n. 10, p. 787-794, 2021.

TSONI, S. V.; BROWN, G. D. β -Glucans and Dectin-1. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1143, n. 1, p. 45-60, 2008.

TWOMEY, L. N. et al. The effects of increasing levels of soluble non-starch polysaccharides and inclusion of feed enzymes in dog diets on faecal quality and digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108, n. 1-4, p. 71-82, 2003.

ULMIUS, M. et al. Gastrointestinal conditions influence the solution behaviour of cereal β -glucans in vitro. **Food chemistry**, v. 130, n. 3, p. 536-540, 2012.

VAN BRUGGEN, R. et al. Complement receptor 3, not Dectin-1, is the major receptor on human neutrophils for β -glucan-bearing particles. **Molecular immunology**, v. 47, n. 2-3, p. 575-581, 2009.

VETVICKA, V.; OLIVEIRA, C. β (1-3) (1-6)-D-glucans modulate immune status and blood glucose levels in dogs. **British Journal of Pharmaceutical Research**, v. 4, n. 8, 2014a.

VETVICKA, V.; OLIVEIRA, C. β (1-3)(1-6)-D-glucans modulate immune status in pigs: potential importance for efficiency of commercial farming. **Annals of Translational Medicine**, v. 2, n. 2, p. 16, 2014b.

WANG, J. et al. The preventable efficacy of β -glucan against leptospirosis. **PLoS neglected tropical diseases**, v. 13, n. 11, p. e0007789, 2019.

WILLIAMS, D. L.; MUELLER, A.; BROWDER, W. Glucan-based macrophage stimulators: a review of their anti-infective potential. **Clinical Immunotherapeutics**, v. 5, n. 5, p. 392-399, 1996.

ZAINE, L. Avaliação do efeito de derivados de parede celular de levedura de cana-de-açúcar (*Saccharomyces cerevisiae*) sobre a resposta imune de cães adultos. 2010. 68f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

ZENEWICZ, L. A.; ANTOV, A.; FLAVELL, R. A. CD4 T-cell differentiation and inflammatory bowel disease. **Trends in molecular medicine**, v. 15, n. 5, p. 199-207, 2009.

ZHANG, S. et al. Effect of dietary β -1, 3-glucan supplementation and heat stress on growth performance, nutrient digestibility, meat quality, organ weight, ileum microbiota, and immunity in broilers. **Poultry Science**, v. 99, n. 10, p. 4969-4977, 2020.

ZHU, F. et al. Beta-glucans from edible and medicinal mushrooms: Characteristics, physicochemical and biological activities. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 165-173, 2015.

SEGUNDA PARTE- ARTIGO**BETA-GLUCANO PURIFICADO COMO MODULADOR DA RESPOSTA IMUNE
EM CÃES ADULTOS**

**Artigo redigido conforme a NBR 6022 (ABNT, 2018) e formatado de acordo com o
Manual da UFLA de apresentação de teses e dissertações.**

RESUMO

O uso de aditivos alimentares com propriedades imunomoduladoras tem se destacado na nutrição animal, buscando melhorar a saúde e a resistência imunológica. Entre esses compostos, os β -glucanos são reconhecidos por sua capacidade de estimular o sistema imunológico. Este estudo avaliou os efeitos da suplementação dietética com beta-glucano purificado na resposta imune de cães adultos submetidos a um desafio vacinal oral. 14 cães da raça Beagle, clinicamente saudáveis, foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: controle e suplementado com 1% de β -glucano, e alimentados com dietas isonutritivas durante 42 dias. No 21º dia, todos foram vacinados oralmente contra *Bordetella bronchiseptica*. Foram realizadas avaliações hematológicas, bioquímicas e imunológicas nos dias 1, 7 e 21 pós-vacinação, além da análise da digestibilidade aparente dos nutrientes e do escore fecal. A suplementação não causou alterações significativas na maioria dos parâmetros hematológicos, exceto por uma interação significativa entre dieta e tempo para neutrófilos segmentados, indicando modulação da imunidade inata. Os níveis de IgA aumentaram significativamente ao longo do tempo, com tendência de associação à suplementação, sugerindo fortalecimento da imunidade de mucosas. Os parâmetros lipídicos permaneceram estáveis, embora tenha sido observada tendência de elevação do colesterol total e preservação do HDL no grupo suplementado. Não houve impacto significativo nos níveis de cortisol, indicando ausência de efeito sobre a resposta ao estresse vacinal. Quanto à digestibilidade, os β -glucano não comprometeram a absorção de matéria seca, proteína ou gordura, mas promoveram aumento significativo na digestibilidade da matéria mineral, indicando benefício na absorção de micronutrientes. Em conclusão, a suplementação com β -glucano mostrou potencial imunomodulador, especialmente no fortalecimento da imunidade inata e na melhora da digestibilidade mineral em cães adultos vacinados.

Palavras-chave: β -glucanos; Imunomodulação; Cães adultos; Suplementação dietética

ABSTRACT

The use of feed additives with immunomodulatory properties has gained prominence in animal nutrition, aiming to improve health and immune resistance. Among these compounds, β -glucans are recognized for their ability to stimulate the immune system. This study evaluated the effects of dietary supplementation with purified β -glucans on the immune response of adult dogs subjected to an oral vaccination challenge. 14 clinically healthy Beagle dogs were randomly assigned to two groups: control and supplemented with 1% β -glucans, and fed isonutritive diets for 42 days. On day 21, all animals were orally vaccinated against *Bordetella bronchiseptica*. Hematological, biochemical, and immunological evaluations were performed on days 1, 7, and 21 post-vaccination, along with assessments of apparent nutrient digestibility and fecal score. Supplementation did not cause significant changes in most hematological parameters, except for a significant diet \times time interaction for segmented neutrophils, indicating modulation of innate immunity. IgA levels increased significantly over time, with a tendency to associate with supplementation, suggesting enhanced mucosal immunity. Lipid parameters remained stable, although a trend toward increased total cholesterol and HDL preservation was observed in the supplemented group. No significant impact on cortisol levels was noted, indicating no effect on the stress response to vaccination. Regarding digestibility, β -glucans did not impair the absorption of dry matter, protein, or fat, but significantly improved mineral digestibility, indicating benefits for micronutrient absorption. In conclusion, β -glucan supplementation demonstrated immunomodulatory potential, especially in strengthening innate immunity and improving mineral digestibility in vaccinated adult dogs.

Key-words: β -glucans; Immunomodulation; Adult dogs; Dietary supplementation

1. INTRODUÇÃO

O uso de aditivos alimentares com propriedades imunomoduladoras tem se consolidado como uma abordagem promissora na produção animal, visando fortalecer o sistema imunológico, reduzir a ocorrência de doenças e minimizar a dependência de antibióticos e agentes quimioterápicos. Essa mesma estratégia vem sendo aplicada na nutrição de animais de companhia, com o intuito de formular dietas que ofereçam não apenas o aporte nutricional adequado, mas também efeitos benéficos à saúde (THEODORO et al., 2024).

Substâncias com ação imunomoduladora são capazes de influenciar positivamente os sistemas imune e inflamatório, contribuindo para o aumento da resistência do organismo frente a agentes patogênicos. Entre esses compostos, os β -glucanos destacam-se pelo seu potencial em diversas espécies animais, demonstrando efeitos consistentes na modulação da resposta imune (ZIELKE et al., 2017; DAWOOD; KOSHIO; ESTEBAN, 2018; KOCH; DE OLIVEIRA; ZANUZZO, 2021).

Naturalmente presentes em fontes como leveduras, cogumelos, bactérias, algas, cevada e aveia, os β -glucanos apresentam variações estruturais que influenciam suas funções biológicas. Seu amplo espectro de atividades tem despertado interesse científico, incluindo propriedades imunológicas, anti-inflamatórias, antitumorais, antienvhecimento e efeitos sobre o metabolismo glicêmico. No entanto, estruturas específicas, como os β -1,3/1,6-glucanos, são as mais estudadas no contexto da imunomodulação, devido à sua capacidade de se ligar a receptores de membrana em células do sistema imune, desencadeando respostas biológicas específicas (DU; BIAN; XU, 2014; ZHU et al., 2015; BAI et al., 2019; POGUE et al., 2021).

Os β -glucanos 1,3/1,6 derivados de leveduras são identificados pelas células do sistema imune inato como padrões moleculares associados a patógenos (PAMPs), ativando o sistema imune inato e "treinando-o" para montar respostas mais eficazes sem causar uma ativação excessiva. Esse treinamento do sistema imune inato se manifesta por respostas progressivamente mais fortes com exposições repetidas a patógenos, seguidas de um retorno ao estado basal entre os estímulos (FRIES-CRAFT et al., 2023).

Enquanto os animais de produção têm sua vida útil determinada por objetivos comerciais, os animais de companhia geralmente vivem todo o seu ciclo natural e recebem dietas formuladas tanto para a manutenção das funções básicas quanto para atender às necessidades nutricionais de cada fase da vida. Por isso, é fundamental estimular respostas imunológicas que garantam proteção duradoura proporcionada por vacinas, sem desencadear condições relacionadas à hipersensibilidade, como a dermatite atópica (ROTH; SPICKLER,

2010; BOBECK, 2020). Nesse cenário, os β -glucanos 1,3/1,6 provenientes de leveduras dietéticas estão alinhados às tendências atuais do mercado pet, que buscam promover a saúde dos animais de estimação por meio da alimentação.

Mais especificamente, os β -1,3/1,6-glucanos extraídos da parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae* têm sido objeto de diversas pesquisas (LI et al., 2006; MO et al., 2017; WANG et al., 2019). Em cães, esses compostos aumentam as concentrações séricas de interleucina-2 (IL-2), intensificam a atividade fagocitária das células periféricas, estimulam a produção de anticorpos e contribuem para a regulação dos níveis de glicose no sangue (VETVICKA; OLIVEIRA, 2014).

Em outro estudo de Oliveira; Vetvicka e Zanuzzo (2019), relatam que duas moléculas distintas de β -1,3/1,6-glucano, com diferentes graus de pureza, foram incorporadas em dietas balanceadas para cães, leitões, camundongos e pintinhos. Apesar das variações nas respostas biológicas observadas, ambas as moléculas atuaram de maneira similar na modulação do sistema imunológico, elevando a produção de IL-2, o índice de fagocitose de monócitos e neutrófilos, além da síntese de anticorpos. Esses resultados sugerem que vertebrados compartilham mecanismos comuns para o reconhecimento e ação dos β -1,3/1,6-glucanos.

Pesquisas que investigam os efeitos dos β -glucanos como suplemento para cães submetidos a desafios de saúde são essenciais diante da crescente busca por alternativas naturais e eficazes que favoreçam a saúde e a qualidade de vida dos animais. Essa abordagem está alinhada à demanda por alimentos funcionais, refletindo o interesse dos tutores em proporcionar uma vida longa e saudável aos seus animais.

Dessa forma o objetivo deste estudo foi avaliar o impacto do uso de β -glucano purificado na modulação da resposta imune de cães adultos desafiados, visando contribuir para estratégias nutricionais que fortaleçam a imunidade de forma segura e eficiente.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos de cuidados com animais foram aprovados pelo Comitê de Cuidados e Uso de Animais da Universidade Federal de Lavras (Protocolo nº. 1758030724).

2.1 ANIMAIS E DIETAS EXPERIMENTAIS

O estudo foi conduzido no CENAC (Centro de Nutrição de Animais de Companhia) na Universidade Federal de Lavras, na cidade de Lavras – MG. Foram utilizados 14 cães da raça beagle, machos e fêmeas, com idade média de $5 \pm 0,14$ anos, com peso médio de 12 quilos e escore médio de condição corporal média de 4,5, usando uma escala de nove pontos (LAFLAMME, 1997). Imediatamente antes do estudo, os cães foram vermifugados e submetidos à avaliação clínica para que pudessem ser considerados hígidos.

Os cães foram alojados individualmente em baias (1,5 m de largura x 3,0 m x 100 m comprimento) de cimento com acesso ao solário. Os bebedouros utilizados foram do tipo nipple, fixados na parede do fundo da baia a uma altura média de 50 centímetros do solo. O peso corporal e o escore de condição corporal foram registrados semanalmente, e a ingestão alimentar foi registrada diariamente. As necessidades energéticas dos cães foram calculadas seguindo as recomendações do NRC (2006) utilizando a fórmula $110 \times PV^{0,75}$, portanto os animais foram alimentados para manter o peso corporal e o escore de condição corporal ideais durante todo o estudo.

A quantidade de alimento foi ajustada quinzenalmente após pesagem dos animais e avaliação do escore de condição corporal, considerando-se a escala de 9 pontos descrita por Laflamme (1997). Em casos de ganho ou perda de peso suficientes para aumentar ou diminuir pontos no escore de condição corporal, a quantidade de alimento fornecida diariamente foi reajustada para que o animal se mantivesse em escore ideal (4 ou 5).

Foram comparados dois tratamentos; um tratamento controle que consistiu em um alimento seco extrusado “*Premium*” sem adição de beta-glucano e o mesmo alimento acrescido de uma fonte comercial de beta-glucano na concentração de 1% da dieta total. A fonte de β -glucano utilizada foi obtida da parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, por um processo de purificação que obtém produto com pelo menos 60% de pureza. Todas as dietas foram formuladas com composição química e ingredientes semelhantes, excetuando pela adição de β -glucano por tratamento, bem como para atender o perfil nutricional para cães adultos de acordo com NRC (2006), conforme apresentado na tabela 1.

Tabela 3. Níveis de garantia das dietas experimentais.

Níveis de garantia (%)	Controle	Beta-glucano
Umidade (Max.)	12	12
Proteína Bruta (Mín.)	19	19
Extrato Etéreo (Mín.)	7	7
Matéria Fibrosa (Máx.)	5,5	5,5
Matéria Mineral (Máx.)	11	11
Cálcio (Min - Máx.)	1,0 - 2,5	1,0 - 2,5
Fósforo (Mín.)	0,8	0,8
Ácido Linoléico (Mín.)	0,8	0,8
Ácido Linolênico (Mín.)	0,05	0,05
β -Glucano	-	1

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA DE AMOSTRAS

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Os cães foram divididos aleatoriamente em três tratamentos, contendo sete animais cada, durante todo o período experimental.

No total, o experimento teve duração total de 42 dias, sendo de 1 a 21 dias o período de adaptação dos animais aos alimentos, dos 22 ao 42 foram realizadas as coletas de sangue para análise imunológica, parâmetros bioquímicos e hemograma (Tabela 2).

Tabela 4. Descrição do protocolo experimental utilizado no estudo.

Período	Dia	Protocolo
	0	Avaliação dos animais
0-21	1-21	Adaptação às dietas experimentais
	21	Vacinação
	22	Coleta de sangue 1º dia pós-vacina
22-42	29	Coleta de sangue 7º dia pós-vacina
	42	Coleta de sangue 21º dia pós-vacina

2.3 PROTOCOLO VACINAL

Para a imunoestimulação antígeno-específica dos animais, realizou-se um desafio antigênico aplicando-se por via oral uma vacina contra tosse dos canis (*Bordetella bronchiseptica*) (VANGUARD ®B ORAL, Zoetis indústria de produtos veterinários Ltda, Campinas, Brasil) no dia experimental 21. O protocolo vacinal seguido foi conforme o recomendado pela empresa.

2.4 ESCORE FECAL E DIGESTIBILIDADE APARENTE

Do dia 42 até o dia 47 foi realizado a avaliação do escore fecal e a coleta total de fezes para a realização da digestibilidade total dos nutrientes. Em relação ao escore fecal foi utilizado o método descrito por Carciofi (2008) para classificação, 0: fezes líquidas; 1: fezes pastosas e sem forma; 2: fezes macias, mal-formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3: fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4: fezes bem formadas e consistentes e que não aderem ao piso; e 5: fezes bem formadas, duras e secas.

Durante a coleta total de fezes, todas as fezes foram pesadas, pontuadas e armazenadas em freezer a -20°C até a análise dos coeficientes de digestibilidade dos macronutrientes.

2.5 HEMOGRAMA E EXAMES BIOQUÍMICOS

Para se avaliar a saúde dos animais foram realizados hemograma e exames bioquímicos. Estes exames foram feitos nos dias 22, 29 e 42. O perfil bioquímico incluiu a mensuração das Imunoglobulinas totais (IgG, IgA e IgG), IgG (específicos para *Bordetella bronchiseptica*), de triglicerídeos totais e frações.

As alíquotas sanguíneas foram obtidas por venipunção cefálica e femoral, após antissepsia local. Para o hemograma, 1 mL do sangue foi separado em tubo de ensaio de vidro contendo anticoagulante EDTA e 8 mL do sangue separados em tubo de ensaio de vidro sem anticoagulante para as análises bioquímicas. Estes exames foram feitos no Laboratório externo a universidade.

2.6 PREPARAÇÃO DE AMOSTRAS E ANÁLISE QUÍMICA

Dietas experimentais e amostras fecais foram analisadas no Laboratório de Pesquisa Animal do DZO/UFLA. Para obtenção das análises bromatológicas, seguiu-se o padrão descrito pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2006), no qual caracteriza-se as

análises de matéria seca (MS) (método 934.01), proteína bruta (PB) (método 954.01), extrato etéreo (EE) (método de hidrólise ácida), matéria mineral (MM) (método 942.05).

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de MS foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{CDMS: } [(a - b) / a] \times 100$$

Onde: a- consumo de alimento na matéria seca; b- fezes excretadas na matéria seca.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da MM foi calculado pela seguinte fórmula:

$$\text{CDAMM (\%)} = \{ [(c \times a) - (d \times b) / (a \times b)] \} \times 100$$

Onde: a- consumo de alimento na matéria seca; b - % de matéria mineral no alimento; c- quantidade excretada de fezes na matéria seca; d - % de matéria mineral nas fezes.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da PB foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDAPB (\%)} = (a - b) / a \times 100$$

Onde: a - consumo total de proteína bruta na matéria seca; b - excreção total fecal de proteína bruta na matéria seca.

O coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da EE foi calculado pela fórmula:

$$\text{CDAEE (\%)} = \{ [(a \times b) - (c \times d)] / (a \times b) \} \times 100$$

Onde: a- consumo de alimento na matéria seca; b- % do nutriente no alimento; c- quantidade excretada de fezes na matéria seca; d- % do nutriente nas fezes.

2.7 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas foram realizadas utilizando procedimentos de modelos mistos no software SAS (versão 9.4). Para cada variável dependente, foi ajustado um modelo linear misto considerando os efeitos fixos dos tratamentos, dos tempos de coleta e sua interação, além do efeito aleatório das repetições aninhadas dentro de cada tratamento. A estrutura de covariância para as medidas repetidas ao longo do tempo foi modelada como simetria composta (compound symmetry), assumindo homogeneidade de variâncias e covariâncias constantes entre os períodos de avaliação.

A estimação dos parâmetros foi conduzida pelo método REML (Restricted Maximum Likelihood), com aproximação dos graus de liberdade pelo método Kenward-Roger. As comparações múltiplas entre médias foram ajustadas pelo teste de Tukey para controle do erro tipo I em análises post-hoc. Para garantir a robustez dos resultados, valores extremos foram identificados pelo método do intervalo interquartil (IQR) e tratados mediante técnica de

winsorização nos percentis 5% e 95%, preservando assim o tamanho amostral enquanto minimizava a influência de outliers.

A verificação dos pressupostos do modelo incluiu avaliação da normalidade dos resíduos por meio do teste de Shapiro-Wilk e análise visual de gráficos Q-Q, além da inspeção de homocedasticidade por gráficos de resíduos versus valores preditos. Em casos onde o modelo principal apresentava problemas de convergência, foram testadas abordagens alternativas incluindo: simplificação da estrutura de covariância para componentes de variância (type=vc), substituição do método de estimação para Máxima Verossimilhança (ML), e implementação de modelos generalizados via procedimento GLIMMIX.

As análises complementares incluíram: (1) cálculo de estatísticas descritivas por grupo experimental; (2) geração de intervalos de confiança para os efeitos principais; e (3) avaliação da adequação do modelo através de critérios de informação (AIC e BIC). Todos os testes estatísticos foram conduzidos ao nível de significância de 5%, com valores de p ajustados para comparações múltiplas quando aplicável.

3. RESULTADOS

A análise do hemograma dos cães ao longo do tempo revelou que a suplementação com beta-glucano não promoveu diferenças estatísticas (P -valor $>0,05$) entre os grupos para a maioria das variáveis avaliadas (Tabela 3). Os efeitos principais de tratamento não foram significativos para nenhuma das variáveis, indicando que, de forma geral, a administração de β -glucano não alterou os parâmetros hematológicos analisados.

Quando observamos o tempo de coleta, observou-se efeito significativo para algumas variáveis, sugerindo que a vacinação pode ter induzido alterações hematológicas independentes da dieta. O hematócrito apresentou diferença significativa (P -valor $<0,05$) ao longo do tempo, com valores mais baixos no dia 7 e recuperação no dia 21. O volume corpuscular médio também variou significativamente com o tempo (P -valor $<0,05$), sugerindo flutuações nos tamanhos das hemácias durante o período avaliado. Da mesma forma, a distribuição do volume eritrocitário apresentou alteração significativa ao longo do tempo (P -valor $<0,05$), possivelmente refletindo variações na uniformidade do tamanho das hemácias.

A interação entre dieta e tempo (dieta \times tempo) foi significativa apenas para os neutrófilos segmentados (P -valor $<0,05$), indicando que a resposta neutrofílica ao longo do tempo diferiu entre os grupos. No grupo controle, os níveis de neutrófilos diminuíram gradualmente, enquanto no grupo suplementado com β -glucano, essa redução foi menos acentuada ou até revertida no dia 21. Este resultado sugere um possível papel imunomodulador do β -glucano na manutenção ou recuperação da contagem de neutrófilos após o desafio vacinal.

Os demais parâmetros avaliados, como plaquetas, hemácias, hemoglobina, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média, leucócitos totais, linfócitos, monócitos e eosinófilos, não apresentaram variações significativas (P -valor $>0,05$), reforçando a ideia de que o β -glucano utilizado não exerceu efeitos hematológicos sistêmicos sob as condições experimentais testadas

Tabela 3. Hemograma de cães adultos desafiados com vacina e suplementados com uma fonte comercial de β -glucano.

Variáveis	Tratamentos		P- valor	Dieta x Tempo
	Controle	β -glucano		
PLT (μL)				
Dia 1	237000 \pm 206932	295236 \pm 204948	0.8983	0.6546
Dia 7	259667 \pm 217445	301948 \pm 198721		
Dia 21	281319 \pm 230618	289143 \pm 219569		
HMC (milhões/μL)				
Dia 1	6.08 \pm 0.25	6.08 \pm 0.26	0.9279	0.559
Dia 7	6.00 \pm 0.25	5.08 \pm 0.26		
Dia 21	6.12 \pm 0.26	6.42 \pm 0.25		
Hb (g/dL)				
Dia 1	15.11 \pm 0.77	14.13 \pm 0.81	0.9276	0.1224
Dia 7	15.48 \pm 0.77	15.44 \pm 0.81		
Dia 21	16.00 \pm 0.81	16.30 \pm 0.77		
Ht (%)				
Dia 1	45.42 \pm 2.01	45.46 \pm 2.12	0.8499	0.0170
Dia 7	42.77 \pm 2.01	41.95 \pm 2.12		
Dia 21	45.34 \pm 2.12	47.55 \pm 2.01		
VCM¹ (fL)				
Dia 1	74.05 \pm 1.31	74.98 \pm 1.37	0.7910	0.0094
Dia 7	71.34 \pm 1.31	72.06 \pm 1.37		
Dia 21	74.22 \pm 1.37	73.90 \pm 1.31		
HCM (pg)				
Dia 1	24.93 \pm 0.62	24.79 \pm 0.66	0.9249	0.1421
Dia 7	25.39 \pm 0.66	26.12 \pm 0.72		
Dia 21	26.15 \pm 0.66	25.35 \pm 0.62		
CHCM (g/dL)				
Dia 1	33.70 \pm 0.71	34.07 \pm 0.89	0.8350	0.1036
Dia 7	35.41 \pm 0.79	36.26 \pm 0.89		
Dia 21	35.17 \pm 0.79	34.32 \pm 0.71		
RDW (%)				
Dia 1	14.56 \pm 0.35	14.19 \pm 0.36	0.2788	0.0012
Dia 7	14.59 \pm 0.35	13.97 \pm 0.36		

	Dia 21	15.32± 0.35	14.75± 0.34			
Leuc. (mm³)						
	Dia 1	7695 ± 565	7428 ± 810	0.5894	0.2656	0.1790
	Dia 7	7355 ± 559	6058 ± 622			
	Dia 21	6709 ± 609	7088 ± 577			
Segm. (mm³)						
	Dia 1	5134 ± 269	5835 ± 538	0.8087	0.0612	0.0171
	Dia 7	5088 ± 266	4118 ± 338			
	Dia 21	4566 ± 289	5109 ± 301			
Linf. (mm³)						
	Dia 1	1498 ± 192	1681 ± 322	0.5260	0.1633	0.2494
	Dia 7	1288 ± 190	1255 ± 229			
	Dia 21	1072± 199	1464 ± 213			
Monoc. (mm³)						
	Dia 1	701 ± 60	603 ± 138	0.4432	0.0692	0.9529
	Dia 7	601 ± 60	554 ± 96			
	Dia 21	777 ± 67	730 ± 77			
Eos. (mm³)						
	Dia 1	379 ± 93	511 ± 184	0.8247	0.4129	0.7267
	Dia 7	354 ± 92	283 ± 184			
	Dia 21	293 ± 99	334 ± 124			

PLT- Plaquetas, HMC- Hemácias, Hb- Hemoglobina, Ht- Hematócrito, VCM- Volume corpuscular médio, HCM- média Hemoglobina corpuscular, CHCM- Concentração de hemoglobina corpuscular média, RDW- Amplitude de distribuição das hemácias, Leuc. -Leucócitos, Segm. - Segmentados, Linf. - Linfócitos, Monoc. - Monócitos, Eos. - Eosinófilos.

A suplementação com β -glucano não promoveu alterações (P -valor $>0,05$) na maioria dos parâmetros bioquímicos sanguíneos avaliados, considerando os efeitos principais de tratamento, tempo e interação dieta \times tempo (Tabela 4).

Para os triglicerídeos, os valores variaram de $41,26 \pm 7,03$ mg/dL (Dia 1, Controle) a $60,97 \pm 6,52$ mg/dL (Dia 1, Beta-glucano), sem diferenças significativas entre os grupos ($p = 0,4371$), ao longo do tempo ($P = 0,1561$) ou na interação dieta \times tempo ($P = 0,1320$).

Tabela 4. Parâmetros bioquímicos sanguíneos de cães adultos desafiados com vacina e suplementados com uma fonte comercial de β -glucano.

Variáveis	Tratamentos		P-valor		
	Controle	β -glucano	Tratamento	Tempo	Dieta x Tempo
Triglicerídeos (mg/dL)					
Dia 1	41.26 ± 7.03	60.97 ± 6.52			
Dia 7	47.02 ± 7.03	43.14 ± 7.59	0.4371	0.1561	0.1320
Dia 21	57.25 ± 7.63	58.18 ± 6.52			
Colesterol (mg/dL)					
Dia 1	131.85 ± 11.93	141.23 ± 10.04			
Dia 7	139.87 ± 11.93	140.98 ± 11.30	0.5374	0.5232	0.0532
Dia 21	129.21 ± 12.07	149.00 ± 11.04			
HDL (mg/dL)					
Dia 1	112.53 ± 8.33	100.95 ± 8.28			
Dia 7	105.52 ± 8.33	109.46 ± 9.01	0.9331	0.0820	0.3074
Dia 21	87.55 ± 9.06	97.43 ± 7.71			
LDL (mg/dL)					
Dia 1	25.61 ± 6.20	28.89 ± 6.05			
Dia 7	24.94 ± 6.20	27.53 ± 6.47	0.5279	0.0817	0.8004
Dia 21	31.87 ± 6.60	39.93 ± 5.75			
VLDL (mg/dL)					
Dia 1	8.25 ± 1.39	12.72 ± 1.38			
Dia 7	9.40 ± 1.39	8.63 ± 1.50	0.3648	0.1627	0.0990
Dia 21	11.43 ± 1.51	11.64 ± 1.29			

HDL- Lipoproteína de alta densidade, LDL- Lipoproteína de baixa densidade. VLDL- Lipoproteína de densidade muito baixa.

Os níveis de colesterol total também não diferiram significativamente, embora tenha sido observada uma tendência de aumento nos níveis, sugerindo possível efeito da dieta ao

longo do tempo. Aos 21 dias, os cães suplementados com β -glucano apresentaram valores mais elevados ($149,00 \pm 11,04$ mg/dL) em comparação ao controle ($129,21 \pm 12,07$ mg/dL).

As concentrações de HDL apresentaram variação com tendência ao longo do tempo, com diminuição no grupo controle entre os dias 1 e 21, enquanto o grupo tratado com β -glucano apresentou uma redução menos acentuada. Apesar disso, o efeito da suplementação não foi significativo (P-valor $>0,05$).

Para o LDL, os valores aumentaram discretamente no grupo beta-glucano no Dia 21 ($39,93 \pm 5,75$ mg/dL), mas não foram detectadas diferenças significativas de tratamento ($p = 0,5279$), tempo ($p = 0,0817$) ou interação ($p = 0,8004$).

Os níveis de VLDL variaram entre os dias e tratamentos, com valores mais altos no dia 1 para os cães suplementados com β -glucano ($12,72 \pm 1,38$ mg/dL) em comparação ao grupo controle ($8,25 \pm 1,39$ mg/dL). Embora o tratamento não tenha sido significativo ($p = 0,3648$), a interação dieta \times tempo apresentou $p = 0,0990$, indicando uma tendência.

Os níveis séricos de IgM e IgG não foram influenciados pelos tratamentos avaliados (P-valor $>0,05$) em todos os períodos avaliados (Tabela 5). Os níveis de IgA foram significativamente diferentes ao longo do tempo (P-valor $<0,05$), e houve tendência de interação entre dieta e tempo, embora o efeito do tratamento não tenha sido significativo. No Dia 1, o grupo suplementado com β -glucano apresentou valor de $14,82 \pm 1,33$ mg/dL, sendo superior aos níveis do grupo controle $11,78 \pm 1,50$ mg/dL. Nos dias 7 e 21, os valores permaneceram relativamente estáveis entre os grupos.

Tabela 5. Parâmetros imunológicos de cães desafiados com vacinas e suplementados com uma fonte comercial de β -glucano.

Variáveis	Tratamentos		P-valor		
	Controle	β -glucano	Tratamento	Tempo	Dieta x Tempo
IgM(mg/dL)					
Dia 1	91.73 \pm 18.21	109.29 \pm 16.86			
Dia 7	96.48 \pm 18.21	100.74 \pm 17.42	0.5456	0.8437	0.3587
Dia 21	90.95 \pm 18.51	113.21 \pm 16.86			
IgG (mg/dL)					
Dia 1	576 \pm 231	726 \pm 200			
Dia 7	549 \pm 214	603 \pm 231	0.8534	0.9302	0.9381
Dia 21	536 \pm 212	720 \pm 212			
IgA (mg/dL)					
Dia 1	11.78 \pm 1.50	14.82 \pm 1.33			
Dia 7	11.83 \pm 1.50	12.72 \pm 1.45	0.4122	0.0436	0.0525
Dia 21	11.66 \pm 1.52	12.84 \pm 1.40			

Os níveis séricos de cortisol não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, tampouco houve interação significativa entre tratamento e tempo. No entanto, foi observada uma tendência de efeito do tempo, sugerindo variações nos níveis de cortisol ao longo do período experimental, independentemente da dieta.

No dia 1, os níveis de cortisol foram ligeiramente superiores nos cães suplementados com β -glucano (27,27 \pm 2,55 ng/mL) em comparação ao grupo controle (25,88 \pm 2,55 ng/mL). Aos 7 dias, os valores médios diminuíram em ambos os grupos, com o grupo controle apresentando 22,80 \pm 2,55 ng/mL e o grupo β -glucano 20,42 \pm 2,55 ng/mL. Aos 21 dias, houve leve aumento no grupo β -glucano (23,95 \pm 2,55 ng/mL), enquanto o grupo controle manteve tendência de redução (20,99 \pm 2,70 ng/mL).

Esses dados indicam que a suplementação com β -glucano não alterou significativamente os níveis de cortisol em cães vacinados, embora o fator tempo possa ter influenciado as concentrações hormonais de forma independente. Essa variação pode estar relacionada à adaptação fisiológica ao desafio imunológico ou ao manejo experimental.

Tabela 6. Cortisol de cães desafiados com vacinas e suplementados com uma fonte comercial de β -glucano.

Variáveis	Tratamentos		P-valor		
	Controle	Beta-glucano	Tratamento	Tempo	Dieta x Tempo
Cortisol					
Dia 1	25.88 \pm 2.55	27.27 \pm 2.55			
Dia 7	22.80 \pm 2.55	20.42 \pm 2.55	0.7185	0.0770	0.4652
Dia 21	20.99 \pm 2.70	23.95 \pm 2.55			

A suplementação com β -glucano não promoveu alterações significativas (P-valor > 0,05) nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e do extrato etéreo (CDAEE) (Tabela 7). Esses dados indicam que a inclusão de β -glucano na dieta, não comprometeu a digestibilidade dos nutrientes energéticos e proteicos, mantendo a eficiência de aproveitamento desses componentes pelos cães.

Tabela 7. Valores obtidos para os Coeficientes de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDAMS), Matéria Mineral (CDAMM), Extrato Etéreo (CDAEE) e Proteína Bruta (CDAPB) dos cães após o consumo dos alimentos experimentais.

Tratamentos	CDAMS (%)	CDAPB (%)	CDAEE (%)	CDAMM (%)
Controle	70,52	76,14	83,99	36,62
Beta-glucano	73,75	76,32	86,18	47,37
EPM	3,98	3,00	3,56	5,97
P-valor	0,172	0,925	0,311	0,031

EPM = Erro padrão da média

Entretanto, foi observada diferença estatisticamente significativa (P-valor < 0,05) no coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral (CDAMM), que foi superior no grupo suplementado (47,37%) em comparação ao grupo controle (36,62%).

4. DISCUSSÃO

Os resultados indicam que a suplementação dietética com β -glucano não provocou alterações significativas na maioria dos parâmetros hematológicos avaliados em cães adultos submetidos à vacinação. Isso sugere uma ação discreta ou específica desses polissacarídeos sobre o sistema hematopoiético. A ausência de efeito principal do tratamento em variáveis como contagem de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas, leucócitos totais corroboram com os resultados encontrados por Vetvicka; Oliveira (2014) onde também não foram observadas alterações hematológicas significativas com o uso de β -glucano em animais saudáveis.

Por outro lado, o efeito do tempo em algumas variáveis, como hematócritos (HT), volume corpuscular médio (VCM) e amplitude de distribuição de hemácias (RDW) sugere uma resposta fisiológica transitória, possivelmente relacionada ao estímulo vacinal. O HT apresentou queda no dia 7, com posterior recuperação no dia 21, um padrão compatível com a resposta inflamatória inicial desencadeada por antígenos vacinais, que pode influenciar a dinâmica das células sanguíneas (DAY; DAY 2008). A redução do VCM no mesmo período pode refletir alterações temporárias na eritropoiese, como ocorre em estados inflamatórios ou infecciosos subclínicos (WEISS; WARDROP, 2011).

A interação significativa entre dieta e tempo observada para os neutrófilos segmentados sugere que a suplementação com β -glucano influenciou a resposta neutrofílica ao longo do tempo. Esse achado reforça evidências anteriores de que os β -glucano, especialmente os provenientes de leveduras como *Saccharomyces cerevisiae*, possuem ação imunomoduladora, promovendo maior vigilância imunológica e recrutamento de neutrófilos frente a estímulos antigênicos (GOODRIDGE; WOLF; UNDERHILL, 2009; NOVAK; VETVICKA, 2008). Vetvicka e Vetvickova (2015) apontam que essa ação está associada à ativação de receptores de reconhecimento padrão (PRRs), como o Dectin-1, presentes em células fagocíticas como neutrófilos e monócitos.

Ainda assim, a ausência de efeito sobre leucócitos totais e linfócitos indica que a resposta imune adaptativa não foi significativamente ativada pela suplementação nas condições do presente estudo. Stuyven et al. (2009) também destacaram que os efeitos imunomoduladores dos β -glucano podem variar consideravelmente conforme a fonte, pureza, dose e o estado imunológico do hospedeiro.

De forma geral, os resultados sugerem que, nas concentrações avaliadas, a suplementação com β -glucano é segura do ponto de vista hematológico e pode exercer efeitos específicos sobre componentes da imunidade inata, como os neutrófilos. No entanto, estudos

adicionais são necessários para elucidar os mecanismos envolvidos e avaliar se ajustes na dose ou formulação poderiam potencializar seus efeitos imunomoduladores, especialmente em animais sob maior desafio imunológico ou com função imune comprometida.

Os parâmetros bioquímicos sanguíneos demonstram que a suplementação com beta-glucano não causou alterações significativas nos níveis séricos de triglicerídeos, colesterol total, HDL, LDL e VLDL em cães vacinados, indicando que, nas condições do estudo, a adição de β -glucano à dieta não teve impacto relevante sobre o metabolismo lipídico.

Apesar da ausência de significância estatística, observou-se uma tendência de interação dieta \times tempo para o colesterol total, sugerindo uma possível elevação desse parâmetro no grupo β -glucano aos 21 dias. Esse aumento pode refletir modulações hepáticas induzidas por alguns tipos de β -glucanos, como descrito por Bobek; Galbavy (2001), que relataram elevação do colesterol total em ratos após ingestão prolongada de beta-glucanos derivados de *S. cerevisiae*, possivelmente pela maior mobilização de lipídios durante processos inflamatórios.

Por outro lado, diversos estudos destacam o potencial hipolipemiante dos beta-glucanos, especialmente em humanos e roedores. Segundo Vetvicka e Vetvickova (2015), os beta-glucanos podem reduzir LDL e colesterol total ao interferir na reabsorção de ácidos biliares e modular a microbiota intestinal. No entanto, esses efeitos variam conforme a fonte, estrutura química, solubilidade e dose dos compostos, o que pode explicar a ausência de efeito significativo no presente trabalho.

A discreta redução no HDL ao longo do tempo no grupo controle, contrastando com a estabilidade dos níveis no grupo β -glucano, pode indicar um possível efeito protetor da suplementação frente à queda de HDL relacionada ao desafio vacinal. Essa hipótese é corroborada por Volman; Ramakers; Plat (2008), que demonstraram a capacidade dos beta-glucanos de modular respostas inflamatórias e oxidativas, influenciando diretamente o perfil lipídico plasmático.

No caso dos triglicerídeos e VLDL, embora não tenham ocorrido diferenças significativas entre os grupos, valores mais elevados foram observados no grupo beta-glucano no dia 1, com posterior estabilização. Essa elevação inicial pode representar uma adaptação metabólica aguda à introdução do novo substrato dietético. Yuan et al. (2014) também não observaram alterações significativas nos níveis de triglicerídeos em cães suplementados com β -glucanos, corroborando os resultados obtidos nesta pesquisa.

Assim, os dados demonstram que a suplementação com β -glucano não compromete o metabolismo lipídico de cães saudáveis, mantendo os parâmetros bioquímicos dentro da normalidade mesmo sob estímulo imunológico, reforçando sua segurança metabólica.

Quanto às imunoglobulinas, a suplementação não resultou em alterações nas concentrações séricas de IgM e IgG. Por outro lado, os níveis de IgA apresentaram variação significativa ao longo do tempo e mostraram tendência de interação dieta \times tempo, sugerindo um possível efeito modulador da suplementação sobre a imunidade de mucosa.

A ausência de diferenças em IgM e IgG pode estar relacionada ao tempo de resposta humoral, à dose e à forma do beta-glucano utilizado. Contudo, a elevação persistente dos valores médios no grupo tratado indica um possível reforço da resposta imunológica, como observado por Vetvicka et al. (2007) em modelos animais suplementados com β -glucanos após estímulo imunológico.

A elevação de IgA, mais evidente no dia 1 no grupo suplementado com β -glucano, sugere uma resposta precoce da imunidade de mucosa, fundamental na proteção contra patógenos respiratórios e entéricos. Esse achado de acordo com os relatados por LeBlanc; Albina; Reichner (2006) e Volman; Ramakers; Plat (2008), que destacam o papel dos β -glucanos na ativação de células imunes da mucosa intestinal, como dendríticas e linfócitos B.

A tendência de interação entre dieta e tempo para IgA reforça a hipótese de que os efeitos imunomoduladores dos β -glucanos dependem do tempo de exposição, do estado imunológico e do tipo de estímulo vacinal, como sugerido por Shao et al. (2020), que relataram efeitos variáveis da suplementação em cães e gatos, conforme a duração do tratamento e o antígeno utilizado.

Os níveis séricos de cortisol não diferiram significativamente entre os grupos controle e suplementados, embora tenha havido tendência de variação ao longo do tempo, sem interação significativa entre dieta e tempo. Isso indica que a suplementação com β -glucano não modulou a secreção de cortisol em resposta à vacinação.

O cortisol é amplamente reconhecido como biomarcador de estresse fisiológico e imunológico em cães, refletindo a atividade do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA) (BEERDA et al., 1997). Em desafios imunológicos, como a vacinação, é comum observar um aumento transitório nos níveis de cortisol (KOOLHAAS et al., 2011). No presente estudo, os cães controle apresentaram leve queda dos níveis ao longo do tempo, possivelmente refletindo adaptação ao estímulo. Já os suplementados mostraram discreto aumento no dia 21, o que pode indicar modulação tardia da resposta ao estresse.

Embora os efeitos imunomoduladores dos β -glucanos sejam bem estabelecidos, sua influência sobre a resposta endócrina ao estresse ainda é pouco compreendida. Alguns estudos sugerem que esses compostos podem atenuar respostas exacerbadas ao estresse e reduzir os níveis de cortisol em certas condições (NOVAK; VETVICKA, 2008).

As variações observadas sugerem que a resposta hormonal ao desafio vacinal foi mais influenciada pelo tempo e pela adaptação fisiológica dos animais do que pela intervenção dietética. Achados semelhantes foram relatados por Sakai et al. (2019), que observaram flutuações nos níveis de cortisol após vacinação em cães, sem relação clara com a nutrição.

Embora os β -glucanos apresentem propriedades imunológicas relevantes, sua suplementação não alterou significativamente os níveis de cortisol em cães vacinados. Ainda assim, as variações temporais reforçam a importância do fator tempo na resposta hormonal frente a desafios imunológicos.

Os resultados obtidos indicam que a suplementação dietética com β -glucano não afetaram os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), proteína bruta (CDAPB) e extrato etéreo (CDAEE), sugerindo que esses polissacarídeos não interferiram negativamente no aproveitamento dos principais macronutrientes pelos cães. Esses achados corroboram estudos anteriores que indicam a segurança do uso de β -glucanos em dietas de carnívoros domésticos, sem prejuízo à eficiência digestiva (SWANSON et al., 2002; GALÁN-DÍEZ et al., 2010).

A manutenção dos índices de digestibilidade mesmo com a inclusão de uma fibra funcional como os β -glucanos, pode estar relacionada à sua alta fermentabilidade e baixa viscosidade, características que propiciam uma interação equilibrada com a microbiota intestinal, evitando interferências na absorção de nutrientes (SUNVOLD et al., 1995; MIDDELBOS; FASTINGER; FAHEY, 2007). Além disso, a ausência de efeitos negativos sobre a digestibilidade da proteína bruta é particularmente relevante, considerando o papel da proteína na manutenção da massa muscular e da função imunológica em cães adultos (NRC, 2006).

Por outro lado, o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria mineral (CDAMM) apresentou aumento significativo no grupo suplementado com β -glucano, sugerindo uma maior biodisponibilidade de minerais. Esse efeito pode estar relacionado à capacidade dos β -glucanos de modular o ambiente intestinal e melhorar a saúde da mucosa, favorecendo a absorção de micronutrientes. Estudos em suínos e roedores também demonstraram que a suplementação com β -glucanos pode aumentar a expressão de transportadores de minerais no

intestino delgado e melhorar a integridade da barreira epitelial, promovendo uma absorção mais eficiente (CHEN et al., 2013; ZHANG et al., 2016).

Outro possível mecanismo envolvido é a modulação da microbiota intestinal. β -glucanos são conhecidos por atuar como prebióticos, estimulando o crescimento de bactérias benéficas como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, que, por sua vez, produzem ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Esses AGCC acidificam o conteúdo intestinal e podem aumentar a solubilidade de minerais como cálcio, magnésio e zinco, facilitando sua absorção (SCHOLZ-AHRENS; SCHREZENMEIR, 2007; GUO et al., 2020).

Portanto, os resultados obtidos reforçam que os β -glucanos, podem apresentar efeitos positivos sobre a digestibilidade de minerais, contribuindo para a nutrição e o suporte imunológico de cães, especialmente em situações de maior demanda fisiológica, como vacinação ou recuperação de doenças.

5. CONCLUSÃO

A suplementação dietética com β -glucano em cães adultos vacinados demonstraram ser eficazes, sem promover alterações nos parâmetros hematológicos, bioquímicos ou hormonais. Observou-se modulação específica da imunidade inata, com variações significativas nos neutrófilos segmentados, além de tendência de aumento nos níveis de IgA sérica, sugerindo benefício à imunidade de mucosas. Embora os parâmetros lipídicos e os níveis de cortisol tenham se mantido estáveis, a digestibilidade da matéria mineral foi significativamente aprimorada, indicando melhor absorção destes micronutrientes. Esses resultados sustentam o potencial dos β -glucano como ingrediente funcional na alimentação de cães adultos, especialmente em contextos de desafio imunológico.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). Official methods of analysis. 17th ed. Gaithersburg (MD): AOAC. 2006.

BAI, J.et al. Physiological functionalities and mechanisms of β -glucans. **Trends in Food Science & Technology**, v. 88, p. 57-66, 2019.

BEERDA, B. et al. Manifestations of chronic and acute stress in dogs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 52, n. 3-4, p. 307-319, 1997.

BOBECK, E. A. Nutrition and health: Companion animal applications: Functional nutrition in Livestock and Companion Animals to Modulate the Immune Response. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 3, p. skaa035, 2020.

BOBEK, P.; GALBAVY, S. Effect of pleuran (beta-glucan from *Pleurotus ostreatus*) on the antioxidant status of the organism and on dimethylhydrazine-induced precancerous lesions in rat colon. **British journal of biomedical science**, v. 58, n. 3, p. 164, 2001.

CARCIOFI, A. C. et al. Digestibility and metabolizable energy of some carbohydrate sources for dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 156, n. 3-4, p. 121-125, 2010.

CHEN, Y. et al. Understanding of alkaline pretreatment parameters for corn stover enzymatic saccharification. **Biotechnology for biofuels**, v. 6, n. 1, p. 8, 2013.

DAWOOD, M. A. O; KOSHIO, S.; ESTEBAN, M. Á. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. **Reviews in Aquaculture**, v. 10, n. 4, p. 950-974, 2018.

DAY, M. I J.; DAY, M. J. **Clinical immunology of the dog and cat**. Manson/Veterinary Press, 2008.

DE OLIVEIRA, C. A. F; VETVICKA, V.; ZANUZZO, F. S. β -Glucan successfully stimulated the immune system in different jawed vertebrate species. **Comparative Immunology, Microbiology and Infectious Diseases**, v. 62, p. 1-6, 2019.

DU, B.; BIAN, Z.; XU, B. Skin health promotion effects of natural beta-glucan derived from cereals and microorganisms: a review. **Phytotherapy Research**, v. 28, n. 2, p. 159-166, 2014.

FRIES-CRAFT, K. et al. Dietary yeast beta 1, 3/1, 6 glucan supplemented to adult Labrador Retrievers alters peripheral blood immune cell responses to vaccination challenge without affecting protective immunity. **Journal of Animal Science**, v. 101, p. skad029, 2023.

GALÁN-DÍEZ, M. et al. *Candida albicans* β -glucan exposure is controlled by the fungal CEK1-mediated mitogen-activated protein kinase pathway that modulates immune responses triggered through dectin-1. **Infection and immunity**, v. 78, n. 4, p. 1426-1436, 2010.

GUO, T. et al. Understanding the nutrient composition and nutritional functions of highland barley (Qingke): A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 103, p. 109-117, 2020.

KOCH, J. F. A.; DE OLIVEIRA, C. A. F.; ZANUZZO, F. S. Dietary β -glucan (MacroGard®) improves innate immune responses and disease resistance in Nile tilapia regardless of the administration period. **Fish & Shellfish Immunology**, v. 112, p. 56-63, 2021.

KOOLHAAS, J. M. et al. Stress revisited: a critical evaluation of the stress concept. **Neuroscience & Biobehavioral Reviews**, v. 35, n. 5, p. 1291-1301, 2011.

LAFLAMME, D. P. Development and validation of a body condition score system for cats: a clinical tool. *Feline Pract.* v. 25, n.5/6, p. 13–18, 1997.

LEBLANC, B. W.; ALBINA, J. E.; REICHNER, J. S. The effect of PGG- β -glucan on neutrophil chemotaxis in vivo. **Journal of Leukocyte Biology**, v. 79, n. 4, p. 667-675, 2006.

LI, J. et al. Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 9, p. 2374-2381, 2006.

MO, L. et al. Anti-tumor effects of (1 \rightarrow 3)- β -d-glucan from *Saccharomyces cerevisiae* in S180 tumor-bearing mice. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 95, p. 385-392, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dogs and cats**. 2nd ed. Washington (DC): National Academy Press. 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*. Washington, DC: National Academies Press, 2006.

NOVAK, M.; VETVICKA, V. β -glucans, history, and the present: immunomodulatory aspects and mechanisms of action. **Journal of immunotoxicology**, v. 5, n. 1, p. 47-57, 2008.

POGUE, R. et al. Exploiting immunomodulatory properties of β -glucans derived from natural products for improving health and sustainability in aquaculture-farmed organisms: Concise review of existing knowledge, innovation and future opportunities. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 21, p. 100248, 2021.

ROTH, J. A.; SPICKLER, A. R. Duration of immunity induced by companion animal vaccines. **Animal Health Research Reviews**, v. 11, n. 2, p. 165-190, 2010.

SAKAI, Y. et al. Peyer's patch-immunomodulating glucans from sugar cane enhance protective immunity through stimulation of the hemopoietic system. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 505-514, 2019.

SCHOLZ-AHRENS, K. E.; SCHREZENMEIR, J. Inulin and oligofructose and mineral metabolism: the evidence from animal trials. **The Journal of nutrition**, v. 137, n. 11, p. 2513S-2523S, 2007.

SHAO, P. et al. Recent advances in improving stability of food emulsion by plant polysaccharides. **Food Research International**, v. 137, p. 109376, 2020.

STUYVEN, E. et al. Oral administration of β -1, 3/1, 6-glucan to dogs temporally changes total and antigen-specific IgA and IgM. **Clinical and vaccine immunology**, v. 17, n. 2, p. 281-285, 2010.

SUNVOLD, G. D. et al. Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 1099-1109, 1995.

SWANSON, K. et al. Effects of supplemental fructooligosaccharides plus mannanoligosaccharides on immune function and ileal and fecal microbial populations in adult dogs. **Archives of Animal Nutrition**, v. 56, n. 4, p. 309-318, 2002.

THEODORO, S. S. et al. β -glucans from *Euglena gracilis* or *Saccharomyces cerevisiae* effects on immunity and inflammatory parameters in dogs. **Plos one**, v. 19, n. 5, p. e0304833, 2024.

VETVICKA, V. et al. Orally administered marine (1 \rightarrow 3)- β -d-glucan Phycarine stimulates both humoral and cellular immunity. **International Journal of biological macromolecules**, v. 40, n. 4, p. 291-298, 2007.

VETVICKA, V.; OLIVEIRA, C. β (1-3) (1-6)-D-glucans modulate immune status and blood glucose levels in dogs. **British Journal of Pharmaceutical Research**, v. 4, n. 8, 2014.

VETVICKA, V.; VETVICKOVA, J. Glucan supplementation enhances the immune response against an influenza challenge in mice. **Annals of translational medicine**, v. 3, n. 2, p. 22, 2015.

VOLMAN, J. J.; RAMAKERS, J. D.; PLAT, J. Dietary modulation of immune function by β -glucans. **Physiology & behavior**, v. 94, n. 2, p. 276-284, 2008.

WEISS, D. J.; WARDROP, K. J. (Ed.). **Schalm's veterinary hematology**. John Wiley & Sons, 2011.

YUAN, H. et al. Comparison of freely-moving telemetry Chinese Miniature Experiment Pigs (CMEPs) to beagle dogs in cardiovascular safety pharmacology studies. **Journal of Pharmacological and Toxicological Methods**, v. 70, n. 1, p. 19-28, 2014.

ZHANG, X. et al. Lipopolysaccharide and beta-1, 3-glucan binding protein (LGBP) stimulates prophenoloxidase activating system in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). **Developmental & Comparative Immunology**, v. 61, p. 70-79, 2016.

ZHU, F. et al. Beta-glucans from edible and medicinal mushrooms: Characteristics, physicochemical and biological activities. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 165-173, 2015.

ZIELKE, C. et al. Characterization of cereal β -glucan extracts from oat and barley and quantification of proteinaceous matter. **PLoS One**, v. 12, n. 2, p. e0172034, 2017.