



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE ALAGOAS**

**CENTRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

BRUNA BRASIL OLIVEIRA

PROBIÓTICOS NA AVICULTURA: UMA REVISÃO

Rio Largo

13 de setembro de 2022

BRUNA BRASIL OLIVEIRA

PROBIÓTICOS NA AVICULTURA: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Zootecnia, como parte dos re-
quisitos necessários à obtenção do título de
Bacharel em Zootecnia

Orientadora: Tania Marta Carvalho dos Santos

Rio Largo
13 de setembro de 2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

O48p Oliveira, Bruna Brasil
 Probióticos na avicultura: uma revisão. / Bruna Brasil Oliveira. – 2022.
 60 f.; il.

Monografia de Graduação em Zootecnia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2022.

Orientação: Prof.^a Dr^a. Tania Marta Carvalho dos Santos

Inclui bibliografia

1. Aves. 2. Microbiota. 3. Probióticos. I. Título.

CDU 636.5

BRUNA BRASIL OLIVEIRA

PROBIÓTICOS NA AVICULTURA: UMA REVISÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
submetida ao corpo docente do Curso
de Graduação em Zootecnia da
Universidade Federal de Alagoas e
aprovada em: 13 de setembro de 2022

Prof.^a Dra. Tania Marta Carvalho Dos Santos
Orientadora

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Cícero Cerqueira Cavalcanti Neto
Examinadora Interno

Prof.^a. Dr.^a Sandra Roseli Valerio Lana
Examinadora Interna

Dedico este projeto aos meus pais, Mary e Ivan, e a minha irmã Brenda, que sempre me apoiaram e estiveram presentes mesmo de longe, em todos os momentos da minha formação.

A minha querida avó Hilda (*in memoriam*) por ser a minha melhor pessoa no mundo, exemplo de caráter e amor ao próximo.

Ao meu namorado, Saul, por estar ao meu lado durante toda a graduação, me apoiando e dividindo a vida comigo.

A todos os professores da graduação, que foram essenciais nessa trajetória, principalmente as professoras Patrícia Guimarães e Sandra Roseli.

Por fim, dedico em especial à minha orientadora, Tânia Marta, por todo ensinamento, paciência e apoio.

AGRADECIMENTOS

Agradeço os meus pilares, minha mãe por ser o meu exemplo de mulher, obrigada pelas horas a mais nas ligações, por diversas vezes eu dizia que precisava desligar para estudar, mas o que eu realmente queria era estar com você. Meu pai, o meu parceiro, obrigada por todas as perguntas sobre animais, pois aprendi muito mais para te responder. Eu amo vocês incondicionalmente. Agradeço também por terem me dado o melhor presente da minha vida, minha irmã, por isso não poderia faltar os agradecimentos a ela, minha gêmea, Brenda. Obrigada por sempre acreditar em mim e nos meus sonhos. Me ver longe de você não foi fácil, mas fez com que o amor que sinto aumentasse. Ah! obrigada pela ajuda com bioquímica e por se fazer presente mesmo à 1.869 Km de distância. Você é muito especial para mim. Eu te amo desde sempre.

Agradeço o meu fiel escudeiro, colega de faculdade e namorado, Saul, por estar sempre ao meu lado, compartilhando os desafios da graduação e da vida. Obrigada por todo apoio, por sempre me alegrar quando eu estava triste e com saudades da família, e pelo homem que você é para mim. Eu te amo mil milhões.

Agradeço à minha estrelinha felina Amy (*in memoriam*), por ter sido minha companheira de aventura, e por me fazer muito feliz durante seu instante na terra. E ao, Loki, Bruce e Athena por me ensinarem que o amor é o sentimento mais puro, nobre e eterno.

Agradeço à tia Kátia por trazer todo carinho nas visitas, e por cuidar da minha mãe quando eu não pude. Agradeço também o meu tio Agnaldo e meu primo caçula, Vitor. Amo vocês.

Agradeço à minha orientadora, Tânia, por ter me acolhido e proporcionado todo aprendizado. Obrigada por ter sido a melhor orientadora de PIBITI e TCC, obrigada por ser tão especial, por ter cuidado de todos com tanta dedicação, e por ter feito do Laboratório de Microbiologia Agrícola um lar. Serei eternamente grata.

Agradeço a todos os professores do CECA, em especial aos professores Jacques e Ubaldo, obrigada pelas caronas, vocês vieram para facilitar, juro.

Agradeço aos meus colegas da faculdade, principalmente meu companheiro do laboratório, Arthur Costa, eu não teria conseguido sem você. E as minhas colegas de turma, Alexandra e Isabela, vocês foram essenciais.

Agradeço a todos os funcionários da faculdade, e o Júnior, nossos lanches não seriam os mesmos sem você.

“No momento em que você duvida da sua habilidade de voar, você cessa para sempre sua chance de poder fazer isso.” (Peter Pan)

RESUMO

OLIVEIRA, B. B. **PROBIÓTICOS NA AVICULTURA - UMA REVISÃO**. Rio Largo: CECA/UFAL, 2022, 61 p. (Trabalho de Conclusão de Curso)

A avicultura no Brasil é uma das atividades agropecuárias de maior evolução nas últimas décadas, tornando o país o terceiro produtor e o maior exportador de carne de frango. A suplementação com antibióticos foi amplamente utilizada como aditivo para estabilizar a microbiota intestinal, melhorar os parâmetros de produção e prevenir doenças aviárias. No entanto, devido ao surgimento e disseminação de bactérias resistentes, tem se buscado alternativas viáveis ao uso dos antibióticos, entre as quais os probióticos. De acordo com a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) / Organização Mundial da Saúde (OMS), probióticos são “micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro”. Os probióticos beneficiam o animal de quatro diferentes mecanismos de ação, sendo eles, a interação dos probióticos com a microbiota intestinal, devido à produção de vários compostos os quais possuem características antimicrobianas. O reforço na barreira epitelial intestinal, devido à interação com células do sistema imunológico da mucosa, a modulação do sistema imunológico e da resposta inflamatória, e a produção de neurotransmissores. Objetivou-se com esta revisão coletar informações disponíveis sobre o uso de probióticos em aves e seus efeitos no desempenho e parâmetros da saúde intestinal. Foi realizada a pesquisa bibliográfica de artigos, recorrendo a bases de dados científicos digitais, utilizando palavras chaves como, avicultura, probióticos, alimentação, dentre outros. Ao final da leitura dos resumos, foram escolhidos os artigos mais relevantes e atuais, e assim cumprindo o objetivo proposto. Foram compilados 364 artigos, selecionados 206, dos quais 66 tratavam do histórico e aspectos gerais dos probióticos, 14 do trato gastrointestinal de frangos e 126 dos efeitos benéficos na avicultura.

Palavras-chave: aves, trato gastrointestinal, microbiota, probióticos

ABSTRACT

OLIVEIRA, B. B. **PROBIOTICS IN POULTRY FARMING - A REVIEW**. Rio Largo: CECA/UFAL, 2022, 61 p.

Poultry farming in Brazil is one of the fastest growing agricultural activities in recent decades, making the country the third producer and the largest exporter of chicken meat. Antibiotic supplementation has been widely used as an additive to stabilize the gut microbiota, improve production parameters and prevent avian diseases. However, due to the emergence and spread of resistant bacteria, viable alternatives to the use of antibiotics have been sought, including probiotics. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) / World Health Organization (WHO), probiotics are “live microorganisms that, when administered in adequate amounts, confer benefits on the health of the host”. Probiotics benefit the animal from four different mechanisms of action, namely, the interaction of probiotics with the intestinal microbiota, due to the production of various compounds which have antimicrobial characteristics. The strengthening of the intestinal epithelial barrier, due to the interaction with mucosal immune cells, the modulation of the immune system and the inflammatory response, and the production of neurotransmitters. The objective of this review was to collect available information on the use of probiotics in poultry and their effects on performance and parameters of intestinal health. A bibliographic search of articles was carried out, using digital scientific databases, using keywords such as poultry, probiotics, food, among others. At the end of reading the abstracts, the most relevant and current articles were chosen, thus fulfilling the proposed objective. A total of 364 articles were compiled, 206 of which were selected, of which 66 dealt with the history and general aspects of probiotics, 14 on the gastrointestinal tract of chickens and 126 on the beneficial effects in poultry.

Keywords: poultry, gastrointestinal tract, microbiota, probiotics

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Seleção de artigos utilizados na pesquisa	14
Figura 2 – Sumérios ordenhando vacas e preparando laticínios	17
Figura 3 – Características de um probiótico ideal	19
Figura 4 – Mecanismos de ação dos probióticos	22
Figura 5 – Microbiota do trato gastro-intestinal de aves	28
Figura 6 – Percentagem de artigos relatando os benefícios de micro-organismos probióticos na avicultura	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Antimicrobianos proibidos no Brasil como melhoradores de desempenho animal	16
Tabela 2 – Principais micro-organismos utilizados como probióticos	20
Tabela 3 – Características das espécies probióticas usadas na avicultura	31
Tabela 4 – Efeitos benéficos de probióticos usados na avicultura	33

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	MATERIAL E MÉTODOS	13
2.1	Pesquisa Bibliográfica	13
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	Probióticos: Conceitos e Definições	16
3.2	Probióticos: Mecanismos de Ação	21
3.2.1	Interação com a Microbiota Intestinal	22
3.2.2	Reforço da Barreira Epitelial Intestinal	23
3.2.3	Modulação do Sistema Imunológico e da Resposta Inflamatória	24
3.2.4	Produção de Neurotransmissores	25
3.3	Probióticos na Avicultura	25
3.3.1	Microbiota Gastrointestinal nas Aves	26
3.3.2	Micro-organismos probióticos na alimentação de aves	30
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A avicultura no Brasil é uma das atividades agropecuárias de maior evolução nas últimas décadas, tornando o país o terceiro produtor e o maior exportador de carne de frango. No ranking de Principais Produtos Exportados no ano de 2021 a carne de frango se destacou na 7ª posição, com participação de 2,48% nas exportações totais (BUENO, 2022) sendo, portanto, indiscutível a importância da avicultura para a economia do país.

A indústria avícola obteve um enorme progresso em seu sistema de produção durante os últimos 50 anos através de melhorias em composição genética, gerenciamento adequado e avanços na área da nutrição. O uso de aditivos para rações aumentou, e consequentemente contribuiu para o sucesso alcançado na produção atual de frangos.

Vários aditivos com diferentes funções têm sido usados para formular dietas para frangos. Alguns atuam como melhoradores nutricionais e outros garantem proteção contra doenças. Os antibióticos foram amplamente utilizados como promotores de crescimento, cuja aplicação foi feita em doses subterapêuticas ao longo da criação de frangos de corte (BAHULE; SILVA, 2021). No entanto, fortes evidências indicaram que os antibióticos contribuíram para o desenvolvimento de resistência em cepas patogênicas. Os probióticos tornaram-se um potencial aditivo substituto de antibióticos em frangos, devido à sua influência no desempenho de frangos de corte e segurança em relação aos antibióticos.

De acordo com a *Food and Agriculture Organization* (FAO) / Organização Mundial da Saúde (OMS), probióticos são “micro-organismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro”, desta forma devem cumprir alguns requisitos (FAO/WHO, 2001).

Os probióticos, de modo geral, exercem os seus benefícios através de quatro diferentes mecanismos de ação: interação com o microbiota intestinal, reforço da barreira epitelial intestinal, modulação do sistema imunológico, influência noutros órgãos do organismo através do sistema imunológico e da produção de neurotransmissores.

Várias cepas de micro-organismos probióticos têm sido incluídas na dieta de aves para promoção animal e saúde, especialmente quando as condições são desafiadoras para a saúde. Cada micro-organismo probiótico confere vários níveis de eficácia protetora, razão pela qual muitos produtos usam probióticos multi-cepas. Probióticos de múltiplas cepas e várias espécies agem em locais diferentes e fornecem diferentes modos de ação que criam efeitos sinérgicos.

Os critérios padrões para selecionar cepas probióticas incluem tolerância a condições gastrointestinais, a capacidade de aderir à mucosa gastrointestinal e a exclusão competitiva de patógenos. Além disso, os probióticos são selecionados com base em sua sobrevivência na fabricação, transporte, armazenamento, processos de aplicação e sua capacidade de manter a viabilidade e características desejáveis.

Objetivou-se com este trabalho, realizar uma revisão bibliográfica sobre o papel

dos probióticos na avicultura, relacionando-o com a composição da microbiota de frangos e abordando os mecanismos pelos quais exercem efeitos benéficos para maximizar o desempenho e manter a produtividade animal.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa decorreu entre maio de 2020 até junho de 2022. A análise compreendeu duas etapas: (1) pesquisa na literatura de aspectos gerais dos micro-organismos probióticos, (2) micro-organismos probióticos utilizados na avicultura, especificamente na produção de frangos.

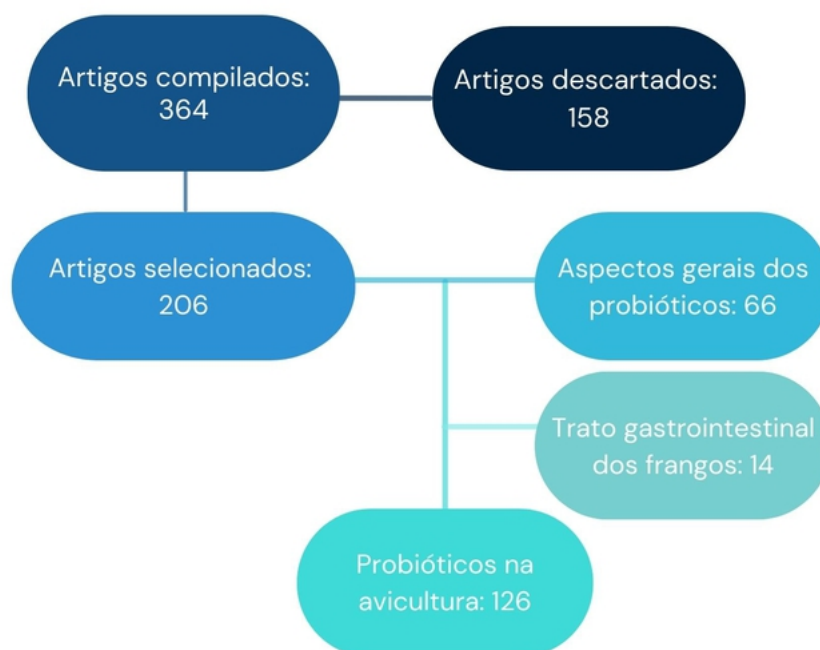
2.1 Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada a pesquisa bibliográfica de artigos, recorrendo a bases de dados científicos digitais como o Pubmed, Google Acadêmico, SciELO e o banco de referências da plataforma FastFormat, selecionando os estudos publicados entre 2014 e 2022. Também foi realizada uma busca recursiva, usando as bibliografias de artigos obtidos. Referências de anos anteriores foram citadas de acordo com a sua relevância para o trabalho. Uma busca eletrônica foi realizada usando as seguintes palavras-chave pertinentes ao tema, em combinações variadas:

- probióticos,
- avicultura,
- frangos,
- mecanismo de ação,
- alimentação de frangos,
- suplementação,
- dieta

Os artigos de texto completo publicados em 2014 à 2022 foram compilados e combinados aos resultados da pesquisa e as duplicatas foram removidas. Inicialmente foi realizada a seleção dos títulos e dos resumos, sendo escolhidos os mais relevantes e atuais. As informações de cada fonte selecionada, foram compiladas considerando os tópicos mais importantes. Posteriormente, foram obtidos os textos integrais daqueles que cumpriram os critérios de elegibilidade. Os artigos foram recuperados do Pubmed, Google Acadêmico, Scielo e periódicos individuais. Os resultados do processo de seleção estão apresentados na figura 1.

Figura 1 – Seleção de artigos utilizados na pesquisa



Autor (2022)

3 REVISÃO DE LITERATURA

A avicultura no Brasil é uma das atividades agropecuárias de maior evolução nas últimas décadas, tornando o país o terceiro produtor e o maior exportador de carne de frango, devido à excelência utilizada nos processos de produção, o tratamento e desenvolvimento das aves (COELHO; DOMINGUES; SILVA, 2021).

A produção brasileira de carne de frango em 2021 foi de 14,329 milhões de toneladas, uma alta de 5,7% em relação a 2020. Já as exportações tiveram alta de 9%, somando 4,6 milhões de toneladas (ABPA, 2022).

A indústria avícola obteve um enorme progresso em seu sistema de produção durante os últimos 50 anos através de melhorias em composição genética, gestão adequada e avanços na área da nutrição (EL-TAHAWY et al., 2017; GADO et al., 2019). O uso de aditivos para rações aumentou, e consequentemente contribuiu para o sucesso alcançado na produção atual de frangos.

Os aditivos alimentares são geralmente considerados materiais usados para melhorar a eficácia dos nutrientes e exercer seus efeitos sobre, melhorando o desempenho das aves. Existe um grande número de aditivos usados na alimentação de aves, como antibióticos, probióticos, oligossacarídeos, enzimas e ácidos orgânicos (EL-HACK et al., 2020).

Segundo a normativa nº 15/2009 de 26/05/2009, estabelecida pelo MAPA, os aditivos são considerados “substâncias, micro-organismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal, ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano” (BRASIL - MAPA, 2009).

Vários aditivos com diferentes funções têm sido usados para formular dietas para frangos. Alguns aditivos atuam como incrementos nutricionais e outros garantem proteção contra doenças. Os antibióticos estão entre os aditivos mais usados para controlar a saúde das aves (VASCONCELOS et al., 2019; BAHULE; SILVA, 2021).

Os antibióticos foram amplamente utilizados como promotores de crescimento, cuja aplicação foi feita em doses subterapêuticas ao longo da criação de frangos de corte. Porém, forte evidências indicaram que os antibióticos contribuíram para o desenvolvimento de resistência em cepas patogênicas (ZOMMITI; CHIKINDAS; FERCHICHI, 2020).

O surgimento de cepas resistentes em granjas avícolas tem despertado uma grande preocupação. Relatórios comprovam não só os danos à saúde do animal, mas também a de humanos devido às interações tróficas (VAN et al., 2020; LOUREIRO et al., 2016). A recomendação de substituição de antibióticos por outros compostos têm sido objeto de discussões em todo o mundo, principalmente depois que a Comunidade Europeia, proibiu oficialmente seu uso total na nutrição animal, com a divulgação do Regulamento (CE) nº. 1831/2003 (EEA - EUROPEAN UNION, 2003; BAHULE; SILVA, 2021).

O principal motivo da substituição é a ocorrência de resistência cruzada a medicamentos usados para tratar infecções bacterianas em humanos. De acordo com o relatório conjunto da Organização Mundial da Saúde (OMS), *Food and Agriculture Organization* (FAO) e Organização Mundial da Saúde Animal (OiE), existem países que ainda não têm controle sobre os antibióticos que circulam em produção animal (AIDARA-KANE et al., 2018). Muitos deles necessitam de uma organização estrutural para controle e outros apenas limitaram seu uso para promover o crescimento dos animais.

Seguindo as recomendações das agências mundiais de saúde, no Brasil o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, tem elaborado planos e normativas vetando a utilização de alguns antibióticos (Tabela 1) em dosagens subterapêuticas, pois, o consumo destes produtos a longo prazo poderia levar a resistência bacteriana em humanos. No entanto, apesar das proibições, órgãos mundiais (WHO, UE, FDA) ligados à área de saúde no Brasil, segundo a normativa de número 01 de 13 de janeiro de 2020 – MAPA, o antibiótico bacitracina de zinco ainda é usual em dosagens subterapêuticas para a alimentação animal.

Tabela 1 – Antimicrobianos proibidos no Brasil como melhoradores de desempenho animal

Instrução Normativa	Antimicrobianos	Referência
11/2004	Olaquinox	(BRASIL - MAPA, 2004)
35/2005	Carbadox	(BRASIL - MAPA, 2005)
14/2012	Espiramicina, Eritromicina	(BRASIL - MAPA, 2012)
45/2016	Sulfato de colistina	(BRASIL - MAPA, 2016)
01/2020	Lincomicina, Tilosina, Tiamulina	(BRASIL - MAPA, 2020)

Autor, 2022

Diversas alternativas naturais aos antibióticos têm sido estudadas de modo a melhorar o desempenho animal, diminuir a contaminação das aves e carcaças por bactérias patogênicas, sem efeito residual nocivo para o consumidor final. Os probióticos se destacam como uma alternativa para otimizar a produção do frango de corte, melhorando os parâmetros zootécnicos, como conversão alimentar, ganho de peso e consumo de ração.

3.1 Probióticos: Conceitos e Definições

A história dos suplementos alimentares microbianos vivos retoma a milhares de anos. Provavelmente os primeiros alimentos que continham micro-organismos foram os leites fermentados, as primeiras evidências vêm de um relevo esculpido encontrado em Tel Ubaid na antiga Babilônia que parece representar a produção de produtos lácteos cultivados para

alimentos há cerca de 8.000 anos (Figura 2) (KROGER; KURMANN; RASIC, 1992; AMIN, 2019) .

Figura 2 – Sumérios ordenhando vacas e preparando laticínios



Amin (2019)

Os sumérios também cruzavam extensões de deserto transportando leite em sacos feitos de estômago de ovelha, onde as bactérias fermentavam o leite para coalhar, melhorando seu sabor e mantendo as qualidades. Hipócrates chamou o leite tanto como um alimento quanto como um remédio para curar distúrbios estomacais. Plínio, o historiador romano, registrou que o leite fermentado era usado para distúrbios estomacais (KROGER; KURMANN; RASIC, 1992; FULLER, 1992).

O leite fermentado é mencionado no Antigo Testamento, quando três anjos visitaram Abraão, ele pediu a Sara para assar pão e ela trouxe coalhada e leite (Gênesis 18:7). Este poderia ser o primeiro registro de alimentos processados contendo micro-organismos vivos, mas, os Hinos Védicos da Índia, escritos antes de 2000 AC, também revelam que os hindus usavam leite fermentado em sua dieta (LEVIN, 2018). Em 1941, os árabes usaram *Bacillus subtilis* para controlar a diarreia, consumindo-a através de excrementos frescos de camelo (MEDINA-SAAVEDRA et al., 2017).

A observação original do papel positivo desempenhado por algumas bactérias selecionadas é atribuída a Eli Metchnikoff, vencedor do Prêmio Nobel, que trabalhava no Instituto Pasteur no início do século passado, ele observou que as populações nas áreas rurais da Bulgária apresentavam uma maior expectativa de vida do que a média. O fato foi correlacionado com o consumo de grandes quantidades de produtos lácteos fermentados (JENI et al., 2021). Metchnikoff sugeriu que “A dependência do intestino dos micróbios nos alimentos torna possível a adoção de medidas para modificar a microbiota em nossos corpos e para substituir os micróbios prejudiciais por micróbios úteis”.

A bactéria ou organismo probiótico no qual Metchnikoff baseou sua teoria foi identificado como *Lactobacillus bulgaricus* de “Podkvassa”, que foi o agente de iniciação da cultura na produção de “kiselo mleko” búlgaro. O *Lactobacillus bulgaricus* mais tarde se tornou a bactéria popular para fermentar iogurte (FULLER, 1992; FORKUS et al., 2017; RAN et al., 2019).

Nesta época Henry Tissier, um pediatra francês, observou que as crianças com diarreia tinha nas fezes um baixo número de bactérias caracterizadas por uma peculiar forma de Y morfologia. Essas bactérias “bífidas” eram, ao contrário, abundantes em crianças saudáveis. Ele sugeriu que esses micro-organismos poderiam ser administrados a pacientes com diarreia para ajudar a restaurar uma microbiota intestinal saudável (FAO/WHO, 2001).

Derivado do Grego, a palavra probiótico significa “pró-vida” e na busca por abranger o correto mecanismo dos probióticos, esse termo sofreu várias alterações ao longo dos anos. Em 1953, Werner Kollath ofereceu a comunidade científica o termo “probiotika” (??). Sua definição baseou-se na premissa que micro-organismos vivos são essenciais para o desenvolvimento saudável do intestino para a vida. O termo “probiótico” resultou de um fenômeno observado entre micro-organismos co-cultivados, onde um deles produziram promotores de crescimento, substâncias que estimularam o crescimento de outros microrganismos (LILLY; STILLWELL, 1965; TANNOCK, 1997).

Parker, em 1974, usou o termo probiótico para descrever “organismos e substâncias que contribuem para o equilíbrio da microbiota intestinal”. Fuller em 1989, propôs modificar esta definição para “suplementos alimentares compostos por micro-organismos vivos que afetam benéficamente a saúde do animal hospedeiro, promovendo uma melhoria no balanço da microbiota intestinal” (FULLER, 1989). Uma definição semelhante foi proposta por Havenaar e Huis in’t Veld (1992), “um viável mono ou misto de cultura de bactérias que, quando aplicadas ao animal ou ao homem, afetam benéficamente o hospedeiro por melhorar as propriedades da microbiota indígena” (HAVENAAR; VELD, 1992). Segundo Guarner e Schaafsma, (1998) probióticos são “micro-organismos vivos, que quando consumidos em quantidades adequadas, conferem um efeito benéfico na saúde do hospedeiro” (FAO/WHO, 2001).

Apenas em 2001, surgiu um consenso na definição de probióticos. O termo “probiótico”, tal como definido originalmente pela *Food and Agriculture Organization* (FAO) / Organização Mundial da Saúde (OMS), tem a seguinte redação: “microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício à saúde do hospedeiro” (FAO/WHO, 2001). Nos últimos anos, alguns desses probióticos começaram a ser descritos pelo termo geral “eubióticos”, que está relacionado com a palavra grega “Eubiose”, referindo-se a um equilíbrio ótimo da microbiota no trato gastro-intestinal (MINIELLO et al., 2017; YASAR; OKUTAN; TOSUN, 2017)

Em 2013 a Associação Científica Internacional atualizou a definição como “micro-organismos vivos estritamente selecionados que, quando administrados em quantidade

adequada conferem um benefício à saúde do hospedeiro” (LAMBO; CHANG; LIU, 2021).

A FAO e a OMS apresentaram, em conjunto, diretrizes para o estabelecimento de uma abordagem sistemática que permitisse uma avaliação eficaz dos benefícios para a saúde decorrentes da presença de probióticos nos alimentos (PANDEY; NAIK; VAKIL, 2015; REIS, 2019). Alguns dos pré-requisitos de um organismo probiótico ideal estão descritos na Figura 3.

Figura 3 – Características de um probiótico ideal



Adaptado de REIS (2019)

Os micro-organismos mais usados como probióticos (tabela 2) são principalmente bactérias Gram-positivas do grupo de *Bifidobacterium* e bactérias do ácido láctico (BAL), os gêneros *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* e *Leuconostoc*, e *Bacillus*. Além de bactérias, fungos e cepas de leveduras, principalmente das espécies de *Saccharomyces cerevisiae* e *Kluyveromyces* também são usados como probióticos (BAJAGAI et al., 2016; MARKOWIAK; SLIZEWSKA, 2018; ZOMMITI; CHIKINDAS; FERCHICHI, 2020).

Tabela 2 – Principais micro-organismos utilizados como probióticos

<i>Bacillus</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Bifidobacterium</i>	Outras bactérias produtoras de ácido láctico	Não produtores de ácido láctico	Nova geração
<i>B. cereus</i>	<i>L. acidophilus</i>	<i>B. adolescentis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>	<i>Escherichia coli</i> Nissle1917	<i>Bifidobacterium longum</i>
<i>B. clausii</i>	<i>L. amylovorus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>Akkermansia muciniphila</i>
<i>B. coagulans</i>	<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>	<i>Saccharomyces boulardii</i>	<i>Propionibacterium freudenreichii</i>
<i>B.licheniformis</i>	<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>		<i>Faecalibacterium prausnitzii</i>
<i>B. polyfermenticus</i>	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pediococcus acidilactici</i>		<i>Bacteroides xylanisolvens</i>
<i>B. pumilus</i>	<i>L. gallinarum</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Sporolactobacillus inulinus</i>		<i>Kluyveromyces</i>
<i>B. subtilis</i>	<i>L. gasseri</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>		
	<i>L. johnsonii</i>	<i>B. longum</i>			
	<i>L. paracasei</i>				
	<i>L. plantarum</i>				
	<i>L. reuteri</i>				
	<i>L. rhamnosus</i>				

Autor: 2022

As bactérias do gênero *Bifidobacterium* são Gram-positivas e pertencem ao filo Actinobactéria. Este gênero, é constituído por 80 espécies distribuídas pelo trato gastrointestinal de seres humanos, cavidade oral, outros mamíferos, aves, insetos e águas residuais (TURRONI et al., 2019). O grupo das BAL foi o probiótico mais antigo descoberto. Este grupo de bactérias Gram-positivas inclui 12 gêneros, entre os quais o gênero *Lactobacillus*, e compreende 183 espécies reconhecidas. Metabolicamente caracterizam-se pela produção de ácido láctico a partir de hidratos de carbono proporcionando um ambiente ácido que inibe o crescimento de várias espécies de bactérias patogênicas. Podem também produzir metabolitos secundários, incluindo bacteriocinas, exopolissacarídeos e enzimas, usadas

para aumentar a qualidade e prazo de validade dos alimentos fermentados. Outros gêneros de BAL com ação probiótica provada incluem *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, e *Leuconostoc* (PEREIRA et al., 2018). Estas bactérias produzem ácidos graxos de cadeia curta como produtos finais da degradação de hidratos de carbono, especificamente lactato e acetato. Estes compostos podem influenciar a inflamação local por interferirem com a síntese de citocinas inflamatórias, inibindo a síntese de TNF-alfa e IL-6 e estimulando a síntese da citocina anti-inflamatória IL-10 em macrófagos e neutrófilos (SANDERS et al., 2017).

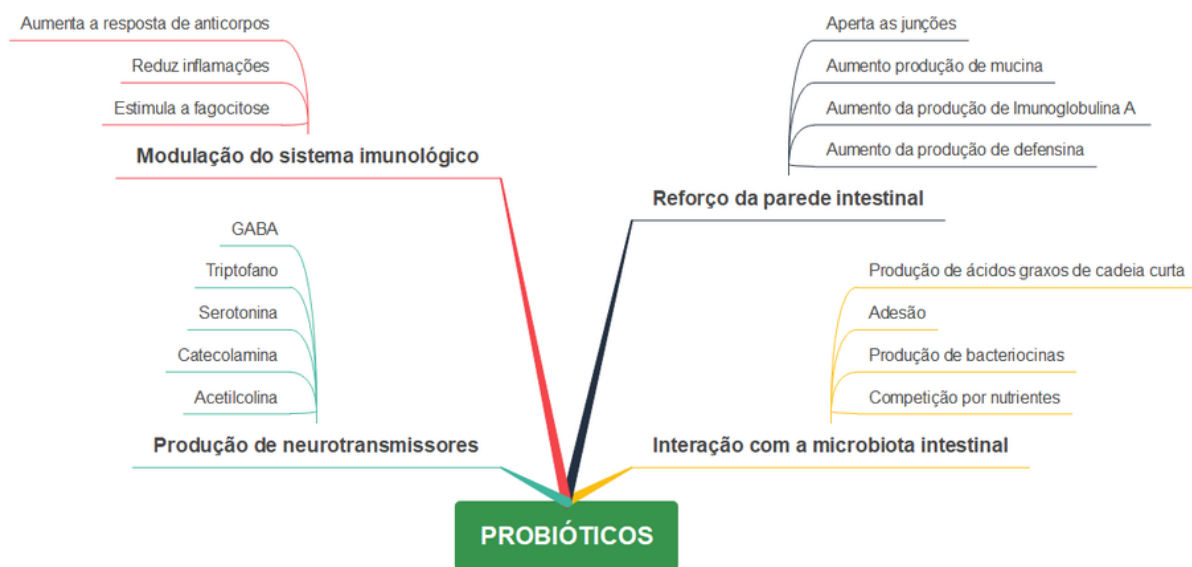
As leveduras têm revelado um grande potencial para utilização como probióticos. O teor rico em proteínas, vitamina B, minerais e variados compostos imunestimulantes são algumas razões para esse interesse. Estes fungos unicelulares habitam o trato intestinal de humanos e encontram-se também em plantas e produtos alimentares. Em geral, exibem a vantagem de não-sensibilidade aos antibióticos e uma boa tolerância às condições de processamento industrial. A levedura *Saccharomyces boulardii* é a mais utilizada como probiótico e apresenta um excelente perfil de segurança. Outras leveduras como *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Rhodotorula*, *Schizosaccharomyces* e *Candida* também tem sido identificadas e reconhecidas pelo seu potencial como probióticos (PEREIRA et al., 2018).

3.2 Probióticos: Mecanismos de Ação

Todos os benefícios relacionados à utilização de probióticos são decorrentes de resultados de ações específicas no organismo do animal hospedeiro, e podem ocorrer de diferentes maneiras. Estudos moleculares e genéticos têm contribuído para a compreensão dos efeitos benéficos dos probióticos através da elucidação dos seus mecanismos de ação conforme ilustrado na Figura 4.

Os probióticos, de modo geral, exercem os seus benefícios através de quatro diferentes mecanismos de ação: interação com o microbiota intestinal, reforço da barreira epitelial intestinal, modulação do sistema imunológico, influência noutros órgãos do organismo através do sistema imunológico e da produção de neurotransmissores (BORJA SÁNCHEZ et al., 2017; SANDERS et al., 2019).

Figura 4 – Mecanismos de ação dos probióticos



Autor 2022

3.2.1 Interação com a Microbiota Intestinal

Os probióticos podem interagir com o microbiota intestinal através da produção de vários compostos com características antimicrobianas. Os microrganismos pertencentes aos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* produzem ácidos láctico e acético como produtos finais do metabolismo dos hidratos de carbono. Estes ácidos orgânicos podem diminuir o pH do lúmen e impedir o crescimento de agentes patogênicos (SANDERS et al., 2019).

Bactérias do gênero *Lactobacillus* são responsáveis pela produção de bacteriocinas. Estes compostos podem inibir a proliferação de outras estirpes do mesmo gênero, de outras bactérias Gram-positivas e Gram-negativas, e até mesmo de vírus e certos fungos (PATEL; DUPONT, 2015).

Outra forma de interação ocorre pela competição por nutrientes, antagonismo, alimentação cruzada e de promoção da estabilidade da microbiota devido à diversidade de micro-organismos (SANDERS et al., 2019). A competição por nutrientes não ocorre entre o hospedeiro e a bactéria, mas sim, entre as bactérias intestinais por seus nutrientes específicos. A carência destes nutrientes disponíveis no lúmen intestinal para as bactérias indesejáveis prejudica a manutenção e o estabelecimento das mesmas neste ambiente, ou ainda, podem “alimentar” qualitativamente as bactérias probióticas intestinais em detrimento das patogênicas (SANDERS et al., 2019).

A ocorrência de fenômenos de antagonismo deve-se à produção de bacteriocinas que atuam contra certos grupos da microbiota. Por outro lado, alguns produtos de probióticos podem apoiar o desenvolvimento de outros grupos microbianos, como as bactérias do gênero *Bifidobacterium* que produzem acetato, o qual serve de fonte de energia para outros membros do microbiota intestinal, apoiando a alimentação cruzada (SANDERS et al., 2019).

Algumas bactérias probióticas específicas têm propriedades antimicrobianas, geralmente associadas à secreção de peptídeos ou moléculas com capacidade bacteriostática ou bactericida, que favorecem o processo de exclusão competitiva, impedindo a fixação de patógenos no lúmen intestinal. Essas moléculas podem proteger o hospedeiro contra bactérias infecciosas e favorecer a sobrevivência de bactérias comensais através da lesão direta ou indireta dos microrganismos patogênicos (LAFATA; WEBER; MOHAJERI, 2018).

Os ácidos orgânicos e os peróxidos de hidrogênio apresentam a capacidade de alterar o pH do meio, inibindo o crescimento e o estabelecimento de bactérias nocivas no trato gastrointestinal. Nas suas formas não dissociadas, os ácidos graxos de cadeia curta são antimicrobianos contra bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, devido à sua lipofilicidade e à capacidade de solubilização das membranas celulares bacterianas (CARMO et al., 2018; VALCHEVA; DIELEMAN, 2016).

Os ácidos também podem lesar diretamente os microrganismos patogênicos através da produção de substâncias com atividade bacteriostática ou bactericida (DALIRI; LEE, 2015; REID, 2016). A estirpe 925A de *Lactobacillus brevis* influencia o sistema imunológico do intestino através da produção de uma bacteriocina identificada como brevicina 925A. Verificou-se que a brevicina 925A é eficaz contra *Listeria monocytogenes* e *Streptococcus mutans*, que causam intoxicação alimentar e cárie dentária (LAFATA; WEBER; MOHAJERI, 2018).

3.2.2 Reforço da Barreira Epitelial Intestinal

A integridade da barreira intestinal é um pré-requisito para a homeostase da função da mucosa, que visa maximizar a capacidade de absorção enquanto mantém reações defensivas eficientes contra agentes químicos e microbianos. Existem evidências de que a ruptura da integridade da barreira epitelial é um dos principais fatores etiológicos associados a várias doenças gastrointestinais (LANGDON; CROOK; DANTAS, 2016; BORJA SÁNCHEZ et al., 2017).

No trato intestinal, uma única camada de células epiteliais forma uma barreira entre o lúmen intestinal, a lâmina própria e o tecido linfático associado à mucosa. O muco secretado pelas células caliciformes no epitélio serve para, especialmente, compartimentar as bactérias no lúmen e evitar a colonização do epitélio (BRON et al., 2017).

A função da barreira intestinal é mantida pela produção de muco que reduz a ligação dos agentes patogênicos às células epiteliais (SANDERS et al., 2019), pela secreção de cloreto e água, e pelas junções apertadas que ligam as porções apicais das células epiteliais (PATEL; DUPONT, 2015).

Os probióticos podem melhorar a função de barreira do muco através da interação com células do sistema imunológico da mucosa, levando à produção de citocinas (por exemplo, IL-22, IL-8) que podem aumentar a expressão de genes específicos da mucina.

Estudos *in vitro* demonstraram que *Lactobacillus* spp. estimulam a expressão de MUC3 nas células do epitélio intestinal humano, inibindo a adesão de bactérias patogênicas (BRON et al., 2017). Também verificou-se que vários microrganismos dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* induzem a expressão de proteínas das junções apertadas (SANDERS et al., 2019), conferindo maior coesão ao epitélio intestinal.

Muitos agentes patogênicos influenciam a permeabilidade da barreira epitelial intestinal, através da produção de toxinas que danificam as junções apertadas e/ou causam aumento da secreção ou diminuição da absorção de líquidos e eletrólitos. Os probióticos possuem mecanismos indiretos de manutenção da função barreira, contrariando a ação destas toxinas. Os micro-organismos *Bifidobacterium brevis* estirpe Yakult e *Bifidobacterium pseudocatenulatum* DSM20439 foram descritos como inibidores da expressão da toxina Shiga em *Escherichia coli* enterohemorrágica (EHEC) 0157: H7 *in vitro*. Um outro mecanismo foi identificado em *Saccharomyces boulardii*, uma levedura que secreta uma protease que pode degradar a toxina A produzida pelo *Clostridium difficile*, impedindo que afete a barreira epitelial intestinal (BRON et al., 2017).

3.2.3 Modulação do Sistema Imunológico e da Resposta Inflamatória

As bactérias intestinais regulam o sistema imunológico do hospedeiro e este, no que lhe concerne, afeta a composição do microbioma intestinal. O sistema imunológico do hospedeiro é responsável por garantir uma composição benéfica da microbiota, controlando o crescimento excessivo de bactérias específicas, mas também reagindo à bactérias ou moléculas patogênicas da barreira intestinal (LAFATA; WEBER; MOHAJERI, 2018).

A resposta imunológica é ativada pelo reconhecimento dos organismos estranhos, mediada por receptores específicos de células de imunidade inata as células epiteliais, as células dendríticas e os macrófagos. Estes receptores são denominados receptores de reconhecimento de padrões (PRR), e são reconhecidos por Padrões moleculares associados a micro-organismos (MAMP,) que por sua vez interagem com o epitélio intestinal, estimulando as células do sistema imunológico intestinal ao nível da lâmina própria. As células T reguladoras são ativadas e diferenciam-se em linfócitos T Helper, o que induz a produção de citocinas pró ou anti inflamatórias (PLAZA-DIAZ et al., 2019).

Alguns probióticos demonstraram aumentar a fagocitose ou a atividade natural das células natural killer. Alguns também demonstraram a capacidade de induzir a diferenciação de linfócitos B em plasmócitos e regular positivamente a secreção de anticorpos, o que pode aumentar a resistência a agentes patogênicos (PATEL; DUPONT, 2015). Os probióticos, assim como outras bactérias, possuem compostos na sua superfície, padrões moleculares associados a patógenos (PAMP) que interagem com receptores nos fagócitos, denominados receptores de reconhecimento de padrões (PRR), presentes na membrana de células epiteliais e dendríticas.

Algumas das famílias de PRR presentes em células do sistema imunológico são recetores do tipo Toll (TLR), recetores do tipo NOD (NLR), recetores de lectina do tipo C ou recetores do tipo RIG-I. Esta interação dos microrganismos com os recetores celulares leva a ativação das células apresentadoras de antígenos, que ao apresentar antígenos a linfócitos T influenciam o tipo de resposta imunitária desenvolvida, que pode ser principalmente efetora (Th1, Th2 ou Th17) ou reguladora (Treg) (SANDERS et al., 2019; LARANJEIRA, 2020).

A resposta imunológica mediada pelas células Treg está diretamente relacionada com a manutenção da homeostase do intestino e com o desenvolvimento de tolerância à microbiota residente. Os probióticos indutores da resposta imunitária mediada por Treg, assumem particular importância no quadro de DII e outras doenças inflamatórias. Em estudos com animais não colonizados por microrganismos ("germ-free") foi observado que, após colonização com um microbiota modelo, ocorreu recrutamento de células Treg para a mucosa intestinal, o que é essencial para manter um baixo grau de inflamação (BORJA SÁNCHEZ et al., 2017).

3.2.4 Produção de Neurotransmissores

Os micro-organismos probióticos podem produzir pequenas moléculas com efeitos diferentes no hospedeiro e na sua microbiota. Uma das descobertas mais intrigantes é a produção de substâncias neuroquímicas tais como oxitocina, ácido gama-aminobutírico, serotonina, triptamina, noradrenalina, dopamina e acetilcolina (KIM et al., 2018; REID, 2019; SANDERS et al., 2019).

Algumas bactérias do gênero *Lactobacillus* são capazes de converter nitrato em óxido nítrico (NO), um potente regulador das respostas a diferentes níveis do sistema imunológico e nervoso. Além disso, aumentam a atividade da enzima indol-amina-2,3-dioxigenase (IDO), envolvida no catabolismo do triptofano (TRP) e na formação de compostos neuroativos (BERMÚDEZ-HUMARÁN et al., 2019).

3.3 Probióticos na Avicultura

Nos animais, os probióticos são usados para fins diferentes do que para seres humanos. A principal função do uso dos probióticos na produção animal é a obtenção de melhores índices de desempenho zootécnico, visando a melhores índices de produtividade com menores gastos. De acordo com a literatura, os probióticos afetam os seguintes parâmetros na indústria avícola:

- Parâmetros bioquímicos do sangue mostrando a intensidade de carboidratos e proteínas no metabolismo ;
- A composição hematológica do sangue, e estimulação dos órgãos hematopoiéticos ;

- Dinâmica do peso vivo;
- Taxa de conversão alimentar ;
- Composição quantitativa e qualitativa da microbiota ;
- Nível de estresse oxidativo ;
- Qualidade da carne ;
- Produção de ovos ;
- Qualidade do ovo;
- Qualidade do esperma;
- Função de barreira intestinal .

A ação sistemática dos probióticos é mediada pela modulação da microbiota do trato gastrointestinal das aves (TGI), resultando em uma ampla gama de melhorias ao desempenho das aves. Antes de considerar os efeitos das bactérias probióticas na microbiota intestinal, é necessário conhecer a microbiota comensal do TGI do frango. As aves têm uma taxa mais elevada de passagem de alimentos pelo TGI e aumento da atividade de enzimas digestivas em comparação a outros vertebrados (POPOV et al., 2021) .

3.3.1 Microbiota Gastrointestinal nas Aves

Nas aves o desenvolvimento do TGI se inicia nas primeiras 24 horas de vida do embrião. Ao quinto dia de vida embrionária, ocorre a diferenciação da boca, assim como a formação do proventrículo e da moela. No sexto dia de vida tem início a formação do bico. Ao décimo quarto dia de vida embrionária ocorre à introdução do intestino na cavidade abdominal, e no décimo sétimo dia ocorre à abertura do divertículo de Meckel, e no intestino, inicia-se o mecanismo fisiológico da absorção do saco vitelínico (CLAVIJO; FLÓREZ, 2018).

O TGI das aves é formado pelo intestino delgado (duodeno, jejuno e íleo) com cerca de 150 cm, sendo responsável pela digestão do alimento e absorção dos nutrientes; e o intestino grosso (com 8 a 10 cm), composto pelos cecos, cólon e cloaca (SOUSA et al., 2015). Todo o TGI assim como, o esôfago, papo, o proventrículo e a moela, abrigam comunidades microbianas que desempenham papéis importantes no crescimento e desenvolvimento do animal.

Após a eclosão, o trato intestinal das aves é estéril, que se torna povoado com micro-organismos em busca de alimento, constituindo sua microbiota intestinal. A comunidade que habita o TGI das aves é composta por bactérias, fungos, protozoários e vírus, que interagem constantemente com o hospedeiro. A aquisição e desenvolvimento desta microbiota intestinal se originam da incubação do pintinho, junto com micróbios encontrados na

superfície da casca do ovo, que corresponde a micro-organismos do intestino da mãe, bem como de fontes externas presentes no meio ambiente, alimentos e pessoas que manuseiam animais (DÍAZ-LÓPEZ; ÁNGEL-ISAHA; B., 2017).

A colonização ocorre imediatamente após a eclosão; tanto a microbiota da casca, quanto do ambiente, formam o primeiro inóculo. Geralmente, a parte superior do aparelho digestivo do sistema é preenchida por baixas concentrações de espécies tolerantes ao ácido, enquanto o intestino grosso exibe uma maior variedade de organismos, incluindo coliformes, enterococos e anaeróbios. A colonização segue nos dias seguintes, de modo que a diversidade da microbiota aumenta durante as primeiras semanas de vida, por volta dos 14 dias, uma microbiota presumivelmente mais estável ainda não está estabelecida (MACHADO et al., 2019).

O desenvolvimento inicial da microbiota intestinal exerce um papel importante no desempenho produtivo, na saúde geral e na resistência contra infecções microbianas (KERS et al., 2018). A velocidade do contato inicial com a colonização dos micro-organismos que irão compor a microbiota autóctone do trato gastro intestinal das aves de corte é fundamental para a sucessão da colonização e pela resposta do hospedeiro.

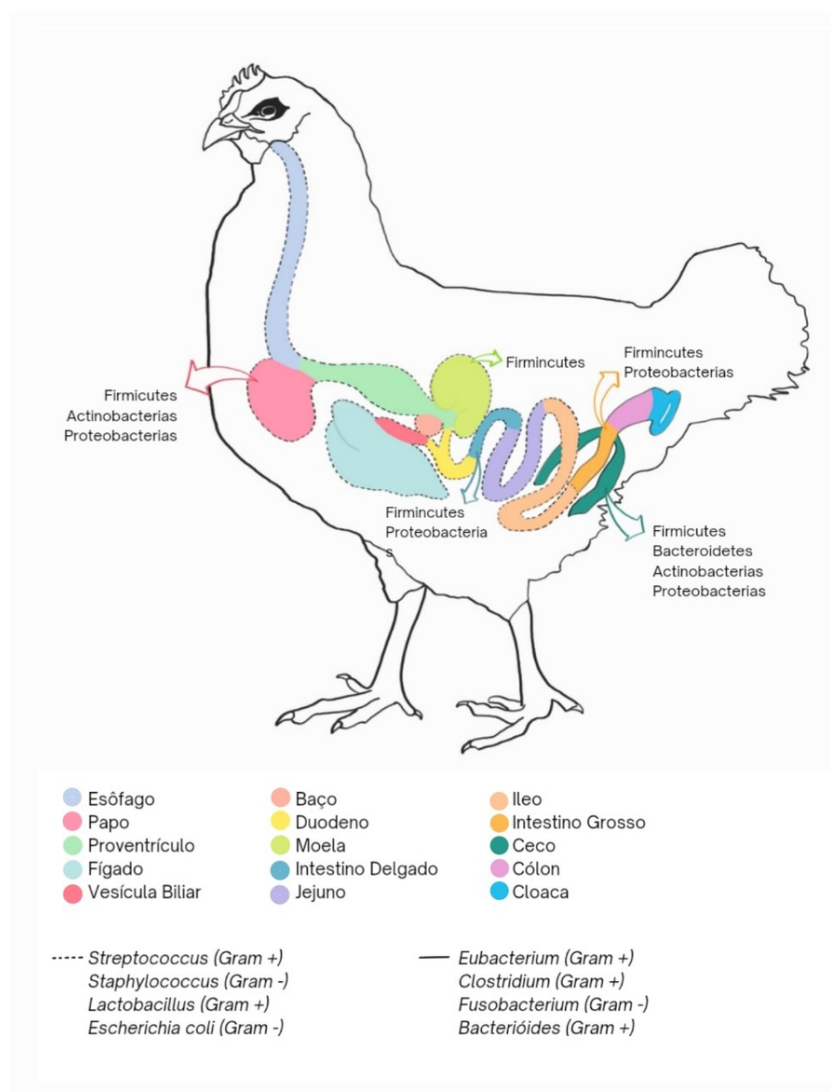
Considerando essa diversidade, Wei et al. (2013) verificaram a presença de 915 unidades taxonômicas operacionais (UTOs) equivalentes à espécie (definidas como tendo uma distância filogenética de 3%), classificadas em 13 filos, dos quais o Firmicutes (70%), Bacteroidetes (12,3%) e Proteobacteria (9,3%), representaram mais de 90% de todas as sequências, sendo que ao todo, foram descritos 117 gêneros, dentre eles *Clostridium*, *Ruminococcus*, *Lactobacillus* e *Bacteroides* (WEI; MORRISON; YU, 2013).

Em cada segmento do trato gastrointestinal existe a predominância de um determinado micro-organismo (Figura 05). A composição das comunidades bacterianas é influenciada principalmente pela idade, dieta e localização intestinal, além de genética do hospedeiro, ambiente de criação, estresse, estado imunológico e interações entre as comunidades.

A cavidade oral das aves não contém dentes, ao contrário das dos mamíferos e, portanto, a comida não permanece lá, descendo imediatamente pelo esôfago para o papo. No entanto, a produção de saliva, que umedece os alimentos, ocorre na cavidade oral, proporcionando um ambiente úmido e ambiente favorável para o desenvolvimento de micro-organismos (POPOV et al., 2021).

O papo é um alargamento do esôfago onde o alimento pode ser armazenado antes de entrar no estômago. Se a ave estiver com fome, a comida pode entrar no estômago, contornando o papo; se houver alimento suficiente, ele permanecerá no papo e entrará no estômago em pequenas porções.

Figura 5 – Microbiota do trato gastro-intestinal de aves



Autor 2022 (adaptado de CLAVIJO; FLORES, 2018)

Dentro do papo, além da saliva da cavidade oral, uma secreção mucosa contendo mucina é produzida, esta secreção cria as condições ideais para o amaciamento dos alimentos e o desenvolvimento da microbiota, incluindo a fermentação microbiana de alimentos. Em frangos, a microbiota do papo é representada principalmente por bactérias ingeridas com comida. Seus números podem chegar a 10^9 UFCg⁻¹. Estes são principalmente *Lactobacillus* e espécies de *Clostridiaceae*, *Bifidobacterium*, *Enterobacteriaceae* e *Enterococcus* (STANLEY; HUGHES; MOORE, 2014).

Han et al. (2016) confirmaram esses dados, mostrando que o papo era dominado por Firmicutes (60%) seguido por Bacteroidetes (14%), Cyanobacteria (13%) e Proteobacteria (8%). Dentre Firmicutes, *Lactobacillus* (28% de todas as espécies), *Bacillus* (4%) e Bacterioides (4%) foram os mais prevalentes (HAN et al., 2016).

Uma revisão de Feye et al. (2020) também mostrou que *Lactobacillus*, *Bifidobacterium* e *Enterobacter* foram mais frequentemente representados no papo de frangos (FEYE et al., 2020). No entanto, ao ar livre, grandes quantidades de *Bacillus* (até 76%) também podem ser encontradas (SAXENA et al., 2016). Os alimentos podem permanecer no papo por até 14h; no entanto, na maioria das vezes o faz por 1 - 3h. Em seguida, entra no estômago, levando consigo uma parte da microbiota, enquanto o restante permanece nas paredes do papo.

O estômago glandular, ou proventrículo processa o quimo, usando enzimas em pH. O pH pode ser 2,3–4,8. A comida não permanece por muito tempo; na maioria das vezes, em frangos, o tempo gasto para alimentação no estômago glandular é de 10 a 30 minutos (POPOV et al., 2021). Na moela, a comida é quebrada por pequenas pedras ou cascalho onde também ocorre a primeira parte da digestão enzimática dos alimentos, e a maior parte de sua moagem mecânica. O conteúdo do intestino é então transportado para o intestino delgado em pequenas porções (OAKLEY et al., 2014).

Devido ao baixo pH, o número e a diversidade de micro-organismos na moela são mais baixas do que no papo e nos intestinos. O número de bactérias não excede 10^8 UFCg⁻¹ (OAKLEY et al., 2014). Em geral, a microbiota da moela é representada principalmente por *Lactobacillus*, bem como por *Clostridiaceae*, *Enterococcus* e coliformes (STANLEY; HUGHES; MOORE, 2014).

No intestino delgado das aves, o duodeno, o íleo e o jejuno podem ser distinguidos; no entanto, não há diferenças funcionais significativas entre eles, nem limites como esfíncteres. O pH aumenta gradualmente de 5,8 para 6,4 nos intestinos. Além das secreções do pâncreas e do fígado, o intestino delgado produz uma secreção contendo enzimas e mucina. Em média, os frangos têm 2 a 8 h de alimento no intestino delgado. A quantidade total de micro-organismos aqui aumenta significativamente em comparação com outras regiões do TGI, até 10^9 - 10^{11} UFCg⁻¹ (OAKLEY et al., 2014)

Apesar da ausência de limites claros, a microbiota nas diferentes seções do intestino é distinta. Aparentemente, isso se deve a uma mudança na composição do nutrientes disponíveis devido à digestão e absorção enzimática da parede intestinal. Desta forma, por exemplo, embora representantes de Firmicutes (>60%) e Bacteroidetes (>10%) sejam a espécie predominante no intestino delgado como um todo, o duodeno também contém uma quantidade elevada de Proteobacteria (>20%) (POPOV et al., 2021).

O duodeno, primeira porção do intestino delgado, apresenta uma baixa densidade bacteriana, devido ao curto tempo de trânsito, ao baixo pH e à diluição por secreções pancreáticas e biliares, demorando cerca de duas semanas para atingir a estabilidade microbiana, sendo composta principalmente por bactérias anaeróbias facultativas, como *Lactobacillus* sp., *Enterococcus* sp. e *Escherichia coli*, que representam entre 60 e 90% da microbiota intestinal (HAN et al., 2016).

Em comparação, no restante das seções, Proteobactérias representam menos de

10% da microbiota total. O íleo, porção mais distal do intestino delgado, apresenta condições mais favoráveis ao desenvolvimento microbiano, em que os principais gêneros encontrados são *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacteriaceae* e *Clostridiaceae* (DÍAZ-LÓPEZ; ÁNGEL-ISAHA; B., 2017). Em termos de gêneros individuais, os *Lactobacillus* compõem mais de 35% da microbiota do intestino delgado, os *Enterococcus* ocupam uma posição dominante no íleo (até 30%); onde os maiores números de *Corynebacterium* também são encontrados (XIAO et al., 2017).

No íleo, também ocorre a predominância de Firmicutes, representando 85% da microbiota, seguido pelas Proteobacteria. As ordens dominantes são *Clostridiales*, bacilos (incluindo lactobacilos) e Gammaproteobacteria, principalmente Enterobacterales (SHAUFI et al., 2015). O número de lactobacilos no íleo pode ser de 70%, como os demais gêneros dominantes sendo *Clostridiaceae* (11%), *Streptococcus* (6,5%) e *Enterococcus* (6,5%) (POPOV et al., 2021).

O ceco, é descrito como o órgão com maior diversidade e abundância taxonômica, por ser o órgão do trato digestivo que retém alimento por mais tempo (12 a 20 h). Outras características que tornam esse órgão um nicho importante para a microbiota é que ele é o local de maior absorção de água, é responsável pela regulação da ureia e realiza a fermentação dos carboidratos. A microbiota do ceco está associada à digestão de alimentos ricos em celulose, amido, e polissacarídeos, que são resistentes à digestão bacteriana no intestino delgado (CLAVIJO; FLÓREZ, 2018). Este órgão hospeda principalmente Firmicutes, Bacteroides, Proteobacteria e Clostridiaceae.

O cólon é curto e seu conteúdo permanece dentro por cerca de uma hora antes de entrar na cloaca. Em geral, a composição da microbiota do intestino grosso é mais próximo do intestino delgado do que do cólon. Também é dominado por Firmicutes (>60%) e Bacteroidetes (>10%) (XIAO et al., 2017). Os gêneros mais amplamente representados são *Lactobacillus* e *Enterococcus*. Devido ao peristaltismo reverso, o conteúdo da cloaca pode entrar no reto juntamente com o ácido úrico, afetando negativamente a microbiota do cólon e influenciando os dados obtidos a partir de amostras fecais (POPOV et al., 2021).

3.3.2 Micro-organismos probióticos na alimentação de aves

O mercado de probióticos atingiu 80 milhões USD em 2018, e esta tendência crescente de adição de probióticos na ração de aves está se expandindo globalmente no mercado, que deve chegar a 125 milhões de USD em 2025 com um crescimento anual composto taxa de 7,7% (JHA et al., 2020).

Várias cepas de micro-organismos probióticos têm sido incluídas na dieta de aves para promover o crescimento e a saúde dos animais, especialmente quando as condições são desafiadoras para a saúde (BAHULE; SILVA, 2021). JHA (2020) relata 17 espécies bacterianas mais utilizadas como probióticos na alimentação de frangos, cujas principais

características estão resumidas na tabela 3.

Tabela 3 – Características das espécies probióticas usadas na avicultura

Espécies probióticas	Características
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Bactérias de biocontrole, colonizadoras de raízes, usadas para combater patógenos de raízes de plantas na agricultura, aquicultura e hidroponia.
<i>Bacillus coagulans</i>	Exibeas características de ambos os gêneros <i>Lactobacillus</i> e <i>Bacillus</i> .
<i>Bacillus licheniformis</i>	Bactérias comumente encontradas no solo.
<i>Bacillus subtilis</i>	Bactérias encontradas no solo e no trato gastrointestinal trato de ruminantes e humanos.
<i>Bifidobacterium animalis</i>	Bactérias encontradas no intestino grosso da maioria dos mamíferos.
<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Uma das mais comuns bactérias probióticas encontradas no corpo de mamíferos.
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Bactérias encontradas em no trato gastrointestinal e boca de humanos e animais.
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Bactérias encontradas no trato gastrointestinal de mamíferos e produtos fermentados naturalmente.

Espécies probióticas	Características
<i>Lactobacillus bifementans</i>	Bactérias encontradas no trato gastrointestinal de humanos e animais.
<i>Lactobacillus fermentum</i>	Bactérias encontradas em fermentação animal e em material vegetal.
<i>Lactobacillus salivarius</i>	Bactérias encontradas em no trato gastrointestinal e boca de humanos e animais.
<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i>	Bactérias heterofermentativas.
<i>Lactobacillus reuteri</i>	Bactérias que habitam naturalmente o intestino de mamíferos e aves.
<i>Pediococcus acidilactici</i>	Bactérias encontradas em vegetais fermentados, produtos lácteos fermentados e carnes.
<i>Propionibacterium acidipropionici</i>	Encontrado em produtos lácteos e no meio ambiente.
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Levedura encontrada principalmente em frutas como uvas.
<i>Enterococcus faecium</i>	Bactérias que habitam o trato gastrointestinal de humanos e outros mamíferos.

Adaptada de JAH (2020)

Segundo Popov (2021) atualmente não existem padrões para ensaios de probióticos em frangos, especificamente quanto às definições relacionadas aos parâmetros de desempenho da produção. De acordo com o autor, certamente a maior parte da pesquisa de probióticos em aves *in vivo*, seguiu os princípios de randomização cega e controle placebo, e escolheu testes estatísticos adequados para análise.

Os principais efeitos relacionados à suplementação das 17 espécies probióticas selecionadas por Jha (2020) utilizadas isoladas ou em multipreparações estão resumidos na tabela 4.

Tabela 4 – Efeitos benéficos de probióticos usados na avicultura

Parâmetros Avaliados	Micro-organismos	Referência
Desempenho decrescimento e saúde intestinal.	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	(AHMED et al., 2014)
		(LI et al., 2015b)
		(MAZANKO et al., 2017)
		(RODRIGUES et al., 2020)
		(SHINI et al., 2020)
Desempenho de crescimento e histomorfologia intestinal.	<i>Bacillus coagulans</i>	(ZHEN et al., 2018)
		(AL-KHALAIFA et al., 2021)
Prevenção da enterite necrótica e desempenho de crescimento.	<i>Bacillus licheniformis</i>	(ZHOU et al., 2016)
		(CHENG et al., 2017)
		(LIN et al., 2017)
		(XU et al., 2018)
		(HE et al., 2019)
		(RODRIGUES et al., 2020)
		(YU et al., 2021)

Parâmetros Avaliados	Micro-organismos	Referência
Desempenho de crescimento e postura; modulação do sistema imunológico e saúde intestinal; resistência ao estresse térmico; controle de patógenos; parâmetros bioquímicos do sangue; composição quantitativa e qualitativa da microbiota; qualidade do esperma.	<i>Bacillus subtilis</i>	(PARK; KIM, 2014)
		(ZHANG; KIM, 2014)
		(LI et al., 2015a)
		(LUEGAS et al., 2015)
		(SADEGHI; TOGHYANI; GHEISARI, 2015)
		(BAI et al., 2016)
		(FORTE et al., 2016)
		(GUO et al., 2016)
		(UPADHAYA; HOSSIENDOUST; KIM, 2016)
		(WANG et al., 2016)
		(EL-HACK et al., 2017)
		(MANAFI et al., 2017)
		(MAZANKO et al., 2017)
		(WEALLEANS et al., 2017)
		(ABDULLA et al., 2018)
		(BAI et al., 2018)
		(BOROOJENI et al., 2018)
		(CRAMER et al., 2018)
		(GAO et al., 2018)
		(ROA; GUZMÁN; NAVARRO, 2018)
		(TRIPLETT et al., 2018)
		(HE et al., 2019)
		(NEIJAT et al., 2019)
		(BODINGA et al., 2020)
		(DONG et al., 2020)
		(RAMLUCKEN et al., 2020)
		(RODRIGUES et al., 2020)
		(SIKANDAR et al., 2020)
		(WANG et al., 2020)
		(NEVELING; DICKS, 2020)
		(SANDVANG et al., 2021)
		(SOLIMAN; HAMAD; ABDALLAH, 2021)
		(ZHANG et al., 2021a)
		(ZHANG et al., 2021b)

Parâmetros Avaliados	Micro-organismos	Referência
Reforço do sistema imunológico, fisiologia intestinal, e saúde.	<i>Bifidobacterium animalis</i>	(ABDEL-MONEIM et al., 2019a) (HERNÁNDEZ-GRANADOS et al., 2021)
Melhora do desempenho de crescimento, do sistema imunológico e a saúde intestinal.	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	(EL-MONEIM et al., 2019a) (ABDEL-MONEIM et al., 2019a)
Melhora da saúde intestinal desempenho de crescimento; resistência ao estresse térmico.	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	(ZHANG; KIM, 2014) (CENGIZ et al., 2015) (FORTE et al., 2015; FORTE et al., 2016) (JAHROMI et al., 2015) (PENDER et al., 2017) (ALAGAWANY et al., 2018) (ASGARI et al., 2018) (ROA; GUZMÁN; NAVARRO, 2018) (TRIPLETT et al., 2018) (FORTE et al., 2018)
Melhora o desempenho do crescimento e da função imune.	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	(CHENG et al., 2017)
Melhora do desempenho de crescimento e saúde digestiva .	<i>Lactobacillus bif fermentans</i>	(TIMMERMAN et al., 2006)
Melhora do desempenho de crescimento, e da histomorfologia intestinal do sistema imunológico.	<i>Lactobacillus fermentum</i>	(TIMMERMAN et al., 2006) (WEIS et al., 2010) (CAO et al., 2012)

Parâmetros Avaliados	Micro-organismos	Referência
Melhora do desempenho de postura e da histomorfologia intestinal.	<i>Lactobacillus salivarius</i>	(CHAVES; BRASHEARS; NIGHTINGALE, 2017) (SAINT-CYR et al., 2017) (OLNOOD et al., 2018)
Melhora o desempenho do crescimento.	<i>Lactobacillus sanfranciscensis</i>	(TIMMERMAN et al., 2006)
Melhora do desempenho de crescimento, da histomorfologia intestinal do sistema imunológico e saúde intestinal e controle de <i>Salmonella</i> .	<i>Lactobacillus reuteri</i>	(GADO et al., 2019) (NII et al., 2020a) a) (NII et al., 2020b)
Melhora do desempenho de postura e modulação da microbiota intestinal.	<i>Pediococcus acidilactici</i>	(XIANG et al., 2019) (JAZI et al., 2018) (MIKULSKI et al., 2020)
Contribui para o melhor desenvolvimento da mucosa intestinal.	<i>Propionibacterium acidipropionici</i>	(ARGAÑARAZ MARTÍNEZ et al., 2016)
Melhora da função imune, desempenho de postura e modulação da microbiota intestinal.	<i>Enterococcus faecium</i>	(ZHENG et al., 2014) (KARAFFOVÁ et al., 2015) (PARK et al., 2016) (HWANHLEM et al., 2017) (BEIRÃO et al., 2018) (WU et al., 2018b) (HUANG et al., 2018) (SKJØT-RASMUSSEN et al., 2019) (YU et al., 2019) (WU et al., 2019) (EL-SAWAH et al., 2020) (HE et al., 2021) (SHAO et al., 2022)

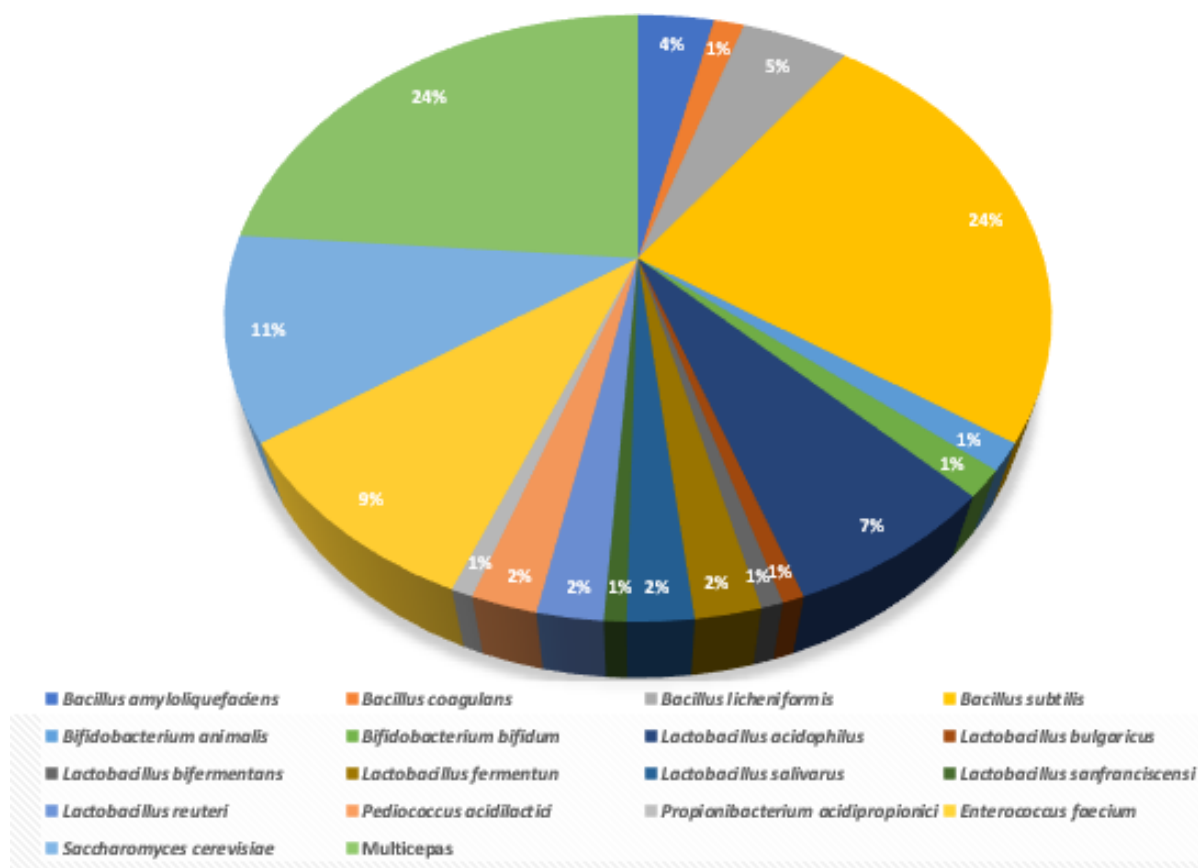
Parâmetros Avaliados	Micro-organismos	Referência
Melhora de desempenho de crescimento e de postura, e histomorfologia intestinal.	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	(MEDINA et al., 2014)
		(AHMED et al., 2015)
		(ROTO; RUBINELLI; RICKE, 2015)
		(WALKER; JALUKAR; BRAKE, 2017)
		(PARRA; CONDOY, 2018)
		(ROA; GUZMÁN; NAVARRO, 2018)
		(WALKER; JALUKAR; BRAKE, 2018)
		(WU et al., 2018a)
		(AHIWE et al., 2019)
		(FEYE et al., 2019)
		(OGBUEWU et al., 2019)
		(SINGH et al., 2019)
		(ATTIA et al., 2020)
		(QUEVEDO et al., 2020)
		(KHALID et al., 2021)

Parâmetros Avaliados	Micro-organismos	Referência
Eficiência alimentar; melhora da resposta imune; estrutura da microbiota intestinal; controle de patógenos.	Multicepas	(GOMEZ; HERRERA; SUESCÚN, 2015)
		(GUTIÉRREZ; BEDOYA; ARENAS, 2015)
		(HRNČÁR et al., 2016)
		(BALAMURALIKRISHNAN; LEE; KIM, 2016)
		(POURAKBARI et al., 2016)
		(KOBIERECKA et al., 2017)
		(GADDE et al., 2017b)
		(PENDER et al., 2017)
		(SHOKRYAZDAN et al., 2017)
		(WEALLEANS et al., 2017)
		(AALAEI et al., 2018)
		(CARVALHO et al., 2018)
		(SOUZA et al., 2018)
		(CHANG et al., 2019)
		(HE et al., 2019)
		(KAZEMI; AHMADI; TORSHIZI, 2019)
		(MICHEL et al., 2019)
		(MUSA et al., 2019)
		(XIANG et al., 2019)
		(ALIZADEH et al., 2020)
		(ARTEAGA et al., 2020)
		(PRICE et al., 2020)
		(CHANG et al., 2020)
		(SABO et al., 2020)
		(REHMAN et al., 2020)
		(FAZELNIA et al., 2021)
		(REUBEN et al., 2021)
		(MILIÁN et al., 2021)
		(KHOCHAMIT et al., 2021)
		(MACIT et al., 2021)
		(AGUSTONO et al., 2022)
		(BISWAS et al., 2022)
		(REUBEN et al., 2022)

Autor, 2022

A figura 6 apresenta a percentagem de artigos selecionados no que relatam o benefício do uso de micro-organismos probióticos na avicultura

Figura 6 – Percentagem de artigos relatando os benefícios de micro-organismos probióticos na avicultura



Autor (2022)

Os critérios padrões para selecionar cepas probióticas incluem tolerância a condições gastrointestinais, a capacidade de aderir à mucosa gastrointestinal e a exclusão competitiva de patógenos (GADDE et al., 2017a). Além disso, os probióticos são selecionados com base em sua sobrevivência na fabricação, transporte, armazenamento, processos de aplicação e sua capacidade de manter a viabilidade e características desejáveis. A principal desvantagem associada à maioria dos probióticos, é a baixa sobrevivência ou sobrevivência limitada, através das etapas de produção de ração e no TGI dos frangos (RAMLUCKEN et al., 2020).

O gênero *Bacillus* aparece como o mais amplamente estudado, respondendo por 34,53% dos trabalhos selecionados (Figura 6). Ao contrário dos *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* spp., que são normalmente encontrados no TGI de animais e humanos, as bactérias formadoras de endósporos como *Bacillus* spp., podem ser encontrados não só no TGI, mas

também no solo, água e poeira (MINGMONGKOLCHAI; PANBANGRED, 2018). Isso torna o processo de desenvolvimento de probióticos mais acessíveis em relação às bactérias do ácido lático.

A formação de endósporos aumenta a sobrevivência de probióticos durante o processo de fabricação, incluindo fermentação, congelamento, secagem, descongelamento e reidratação. Além disso, os endósporos desses probióticos têm maior capacidade de sobreviver à passagem pelo intestino, proliferar e colonizar o trato digestivo [(BERIKASHVILI et al., 2017; ELISASHVILI; KACHLISHVILI; CHIKINDAS, 2018)]. Essa capacidade torna os probióticos formadores de endósporos um aditivo alimentar ideal para animais, especialmente na avicultura.

As bactérias do gênero *Bacillus* também são relativamente fáceis de multiplicar através de fermentação, e não requerem processamento caro para garantir produtos comerciais estáveis. Eles também são conhecidos por seu rápido crescimento, produção de uma ampla gama de enzimas digestivas, e a capacidade de excluir competitivamente certas bactérias patogênicas.

As espécies do gênero *Bacillus* spp. apresentam ainda a vantagem de poder ser administradas oralmente, na forma de células vegetativas ou endósporos, sendo estas duas formas mais resistentes às altas temperaturas existentes, por exemplo, no processo de produção de ração e também à ação dos sais biliares no processo digestivo.

Bifidobacterium (2,88% dos trabalhos selecionados, Figura 6) é um gênero de bactérias produtoras de ácido lático, Gram-positivas, não formadoras de endósporos, não móveis, e anaeróbias. Habitam o trato gastrointestinal de mamíferos e aves (FIBI et al., 2016). As bifidobactérias produzem substâncias proteicas antimicrobianas, como bacteriocinas (bifidina e bifidocina B), bem como ácido lático e ácido acético, que pode suprimir o crescimento de várias bactérias Gram-positivas e Gram-negativas *in vitro*.

Geralmente, os probióticos são administrados através de ração e água, o que afeta positivamente a saúde e o desempenho de frangos de corte, melhorando o equilíbrio microbiano intestinal natural. No entanto, a iniciação da microbiota intestinal em pintos começa no incubatório antes de qualquer alimentação (ABDEL-MONEIM et al., 2019a). A colonização pré-eclosão do intestino embrionário com bactérias benéficas pode ajudar os pintinhos a gerenciar melhor o estresse durante a eclosão, melhorar seu crescimento, aumentar a utilização da ração, melhorar a digestibilidade e absorção de nutrientes, reduzir a mortalidade e reduzir a carga de doenças patogênicas (EL-MONEIM et al., 2019b).

O estudo da inoculação de duas espécies de *Bifidobacterium* no saco vitelino de embriões no 17º dia de incubação, resultou em melhora no peso vivo, ganho de peso corporal, taxa de conversão alimentar, parâmetros hematológicos e altura das vilosidades sem efeito negativo sobre as características de carcaça e parâmetros de indicação de função biliar (EL-MONEIM et al., 2019b).

Abdel et al (2019b), investigaram, os efeitos da injeção *in ovo* de quatro cepas de

bifidobactérias isoladas de acordo com sua presença natural no trato gastrointestinal de aves ou sua atividade promotora de saúde e uso na indústria alimentícia. Segundo o autor, os resultados obtidos indicam que a inoculação in ovo com cepas de bifidobactérias é preferida para reduzir o risco de doenças gastrointestinais, aumentar a taxa de crescimento, melhorar os status antioxidante, imunológico e metabolismo do hormônio tireoidiano, e elevar a lucratividade na produção avícola (ABDEL-MONEIM et al., 2019b)

Dos artigos selecionados, 9,35% (Figura 6) utilizaram *Enterococcus faecium*, que é uma espécie de bactérias lácticas Gram-positivas, anaeróbia facultativa e foi o primeiro probiótico a ser usado aditivo alimentar permitido pela União Europeia e FDA (HE et al., 2021). É um probiótico amplamente utilizada na pecuária, melhora a imunidade intestinal e o muco jejunal e a secreção em frangos de corte. Secreta ácidos orgânicos e outros metabólitos no trato gastrointestinal de animais, e muitos estudos têm mostrado que tem a capacidade de melhorar o desempenho de crescimento animal e imunidade à doenças (YU et al., 2019).

A suplementação com *Enterococcus faecium* também pode aumentar a qualidade da carne do músculo da coxa, aumentar o teor de iosina monofosfato (IMP) no músculo do peito e da coxa e aumentar a capacidade antioxidante (incluindo atividades das enzimas, sódio, dismutase e catalase, capacidade antioxidante total e glutationala peroxidase) no músculo de frangos de corte (YU et al., 2019).

Huang et al (2018) verificaram que a suplementação com *E. faecium* melhorou o desempenho de crescimento e reduziu a taxa de mortalidade de frangos de corte em potencializando a resposta imune humoral, modulando secreção de citocinas, aumentando a expressão das proteínas TJ, e manutenção da barreira intestinal contra a infecção por *E. coli* O78. Os efeitos benéficos de *E. faecium* podem ser parcialmente associados aos seus efeitos na integridade e sistema intestinal imunidade humoral.

Segundo Park et al (2016) a suplementação de *E. faecium* resultou em um aumento significativo na produção de ovos, espessura da casca do ovo e digestibilidade dos nutrientes em galinhas poedeiras. A alteração da composição microbiana de excretas fecais resultantes da suplementação, foi acompanhado por um aumento da retenção de nitrogênio (N), resultando na redução da emissão de amônia e de coliformes fecais.

Do total de trabalhos selecionados, 15,83% foram de estudos realizados com *Lactobacillus* spp (figura 6) se verifica que esse gênero apresenta o maior número de espécies probióticas (7). Classificado taxonomicamente como bactérias do filo Firmicutes, são estritamente fermentativos, não esporuladas com exigências nutricionais complexas (carboidratos, aminoácidos, peptídeos, ésteres de ácidos graxos, sais, derivados de ácidos nucleicos, vitaminas).

As espécies do gênero *Lactobacillus* podem modular o equilíbrio da microbiota intestinal, produzir substâncias antimicrobianas e anticancerígenas, estimular a resposta do sistema imunológico, aumentar atividade enzimática, produzem ácidos graxos de cadeia

curta e diminuir o pH. Durante a digestão, também ajuda na produção de niacina, ácido fólico e vitamina B6 (piridoxina) (RONDÓN et al., 2020).

O equilíbrio da microbiota intestinal, com a aderência às paredes e acidificação do meio, a eliminar 50% de bactérias patogênicas Gram-negativas e positivas, como *E. coli*, *Salmonella* spp e *Shigella* (RONDÓN et al., 2020). *Lactobacillus* também produz a enzima hidrolase de sais biliares, que contribui para resistir à presença de bile e, posteriormente, colonizar o intestino. Efeitos que melhoram os indicadores produtivos e a saúde dos animais de interesse zootécnico.

Pediococcus acidilactici (2,16% dos trabalhos selecionados, Figura 6), é uma espécie de bactéria Gram-positiva, anaeróbia, homofermentativa e produz ácido láctico exclusivamente a partir da fermentação da glicose, utilizando a via glicolítica. São capazes de crescer em uma ampla faixa de pH, temperaturas e pressões osmóticas. Exercem antagonismo contra outros micro-organismos, incluindo patógenos entéricos, principalmente através da produção de ácido láctico e secreção de bacteriocinas conhecidas como pediocinas.

Probióticos a base de *P. acidilactici*, aumenta a resistência de aves e protege parcialmente contra o crescimento negativo, efeitos associados à coccidiose. Também mostrou a capacidade de restaurar a atividade da amilase em frangos de corte desafiados com *Salmonella typhimurium* (JAZI et al., 2018) Segundo Mikulski et al (2020) a suplementação teve um efeito positivo no desempenho produtivo de poedeiras e na qualidade dos ovos, aumentando o peso do ovo, a produção de massa de ovos e a espessura da casca durante um período de postura de 16 semanas.

Propionibacterium (0,72% dos trabalhos selecionados, Figura 6) são bactérias Gram-positivas, imóveis, não esporulantes e pleomórficas. Crescem apenas em baixas concentrações de oxigênio (anaeróbicos a aerotolerantes). O gênero é um candidato atraente para o desenvolvimento de culturas probióticas, pois, produzem ácidos graxos de cadeia curta por fermentação de carboidratos (JHA et al., 2020).

Martínez et al (2016) investigaram os efeitos de cepas de *Propionibacterium acidipropionici* isoladas de intestino de aves na atividade da microbiota e no desenvolvimento da mucosa na fase inicial de criação de pintos. A suplementação com a bactéria aumentou a concentração de ácidos graxos de cadeia curta no 14º dia que foi mantida até o final do estudo. Ajudou no melhor desenvolvimento da mucosa intestinal, o que foi evidenciado pelo aumento do comprimento das unidades viloso-cípticas, contagem de células e produção de mucina neutra ((ARGAÑARAZ MARTÍNEZ et al., 2016).

Saccharomyces é um gênero de levedura no qual *S. cerevisiae* é a espécie mais conhecida e mais utilizada como probiótico, respondendo por 10,79% dos trabalhos selecionados (Figura 6). As leveduras não são um hospedeiro natural do intestino micro-organismos em monogástricos; portanto, a mesma flui ao longo do trato gastrointestinal como vivo e ativo sem aderir às suas paredes (ELGHANDOUR et al., 2019).

Essa levedura tem sido usada em dietas para frangos como um aditivo natural para

fornecer uma proteína de alto custo biológico, sem elemento tóxico, ou alergênico. Seu uso como célula integral, ou em extrato, aumenta o peso do ovo, a qualidade do ovo (baixo nível de colesterol na gema do ovo) e da sua casca, melhora as características sensoriais e qualidade da carne (ELGHANDOUR et al., 2019). Fornecem energia, contêm entre 30% e 70% de proteína, são ricas em vitaminas do complexo B (B1, B2, B6, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e biotina), minerais, especialmente selênio e fibra dietética (MEDINA et al., 2014). Diminuição do colesterol sérico e da albumina sérica. Com o aumento dos níveis de levedura na dieta de frangos de corte, foi observado e sem efeitos prejudiciais sobre o desempenho das aves, ocorreu até um nível de inclusão de 1% (AHMED et al., 2015).

Os produtos da parede celular da levedura têm demonstrado aumentar o número de espécies e diversidade bacteriana intestinal (ROTO; RUBINELLI; RICKE, 2015). A adição de nucleotídeos de *S. cerevisiae* à dieta de frangos aumentou a diversidade da microbiota intestinal e a abundância de *Lactobacillus* (WU et al., 2018a). A levedura integral e seus derivados podem melhorar o rendimento da carne de frangos de corte, e através do seu efeito sobre os glóbulos brancos, linfócitos, e contagens de monócitos, pode estar ligada a uma melhoria no estresse induzido pelo lipopolissacarídeo de *Salmonella* em frangos de corte (AHIWE et al., 2019).

Existem diferentes formas de preparações probióticas e, às vezes, sua eficácia depende se são preparações de uma ou várias cepas. Cada micro-organismos probiótico confere vários níveis de eficácia protetora, razão pela qual muitos produtos usam probióticos multi-cepas, conforme se verifica na figura 6, 23,74% dos estudos selecionados utilizaram essa forma de preparação.

Os probióticos multi-cepas são compostos por mais de uma espécie ou cepas de bactérias e, às vezes, incluindo algumas espécies de fungos que atuam em locais diferentes e têm diferentes modos de ação criando efeitos sinérgicos, proporcionando uma cobertura mais ampla (KAZEMI; AHMADI; TORSHIZI, 2019; WEALLEANS et al., 2017; JHA et al., 2020). Probióticos de várias cepas têm mostrado benefícios aprimorados devido às características diferenciadas dos micro-organismos constituintes. Os efeitos da sinergia resulta em alta adesão às mucosas e permite aumentar a resistência dos probióticos no trato gastrointestinal dos frangos intensificando seus benefícios.

Alguns probióticos de cepa única são benéficos no controle de doenças associadas ao trato gastrointestinal. No entanto, estudos in vitro, mostraram que aqueles de várias cepas podem exibir melhores efeitos inibitórios sobre enteropatógenos, e benefícios aprimorados combinando efeitos de diferentes cepas em comparação com suas preparações de cepa única (ADAMBERG et al., 2014; AALAEI et al., 2018). No entanto, não é apenas o número de cepas específicas usadas que predizem a eficácia, a escolha das mesmas que é o fator de impacto mais importante (MCFARLAND, 2020).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados da presente pesquisa, se verifica que o uso de micro-organismos probióticos como aditivos na avicultura, apresentam várias vantagens em relação aos antibióticos, além de não induzir resistência e exigir um período entre o uso pelos animais e o consumo alimentar.

Os probióticos melhoram o desempenho, principalmente pela promoção dos processos metabólicos de digestão e utilização de nutrientes. A suplementação dietética probiótica pode influenciar esses mecanismos exercendo atividades enzimáticas, aumentando a taxa de passagem da digestão e desconjugando sais e ácidos biliares. Também melhora o desenvolvimento do intestino e aumento da altura das microvilosidades o que leva ao alargamento da superfície absorptiva das microvilosidades e possibilita a utilização ideal dos nutrientes.

REFERÊNCIAS

- AALAEI, M. et al. Comparison of single- and multi-strain probiotics effects on broiler breeder performance, egg production, egg quality and hatchability. **British poultry science**, v. 59, p. 531 – 538, 7 2018.
- ABDEL-MONEIM, A. E. et al. Effect of in Ovo Inoculation of Bifidobacterium spp. on Growth Performance, Thyroid Activity, Ileum Histomorphometry, and Microbial Enumeration of Broilers. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 12, p. 873 – 882, 11 2019a.
- ABDEL-MONEIM, A. E. et al. Effect of in Ovo Inoculation of Bifidobacterium spp. on Growth Performance, Thyroid Activity, Ileum Histomorphometry, and Microbial Enumeration of Broilers. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 12, p. 873 – 882, 11 2019b.
- ABDULLA, N. et al. Growth performance, fatty acid profile and lipid oxidative stability of breast muscle in chickens fed probiotics and antibiotics or their mixture. **South African Journal of Animal Science**, v. 48, n. 6, 2018.
- ABPA. **Relatório Anual 2022**: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2022/05/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1.pdf>. Acesso em: 05/05/2022.
- ADAMBERG, S. et al. Survival and synergistic growth of mixed cultures of bifidobacteria and lactobacilli combined with prebiotic oligosaccharides in a gastrointestinal tract simulator. **Microbial ecology in health and disease**, v. 25, 7 2014.
- AGUSTONO, B. et al. Efficacy of dietary supplementary probiotics as substitutes for antibiotic growth promoters during the starter period on growth performances, carcass traits, and immune organs of male layer chicken. **Veterinary world**, v. 15, p. 324 – 330, 4 2022.
- AHIWE, E. et al. EFFECTS OF YEAST AND ITS DERIVATIVES ON MEAT YIELD AND HAEMATOLOGICAL INDICES OF BROILER CHICKENS CHALLENGED WITH SALMONELLA LIPOPOLYSACCHARIDE. In: SYDNEY, T. P. R. F. U. of (org.). **30th ANNUAL AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM**. Sydney: University of Sydney, 2019. v. 1, p. 210 – 212. ISSN 1034-6260. Disponível em: <https://az659834.vo.msecnd.net/eventsairaeuprod/production-usyd-public/1330f0d28dc54ef39afea020d58a4da9>. Acesso em: 19/09/2020.
- AHMED, M. E. et al. Effect of Dietary Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) Supplementation on Performance, Carcass Characteristics and Some Metabolic Responses of Broilers. **Animal and Veterinary Sciences**, Science Publishing Group, v. 3, n. 5, 2015.
- AHMED, S. T. et al. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* as a probiotic strain on growth performance, cecal microflora, and fecal noxious gas emissions of broiler chickens. **Poultry science**, v. 93, p. 1963 – 71, 6 2014.
- AIDARA-KANE, A. et al. World Health Organization (WHO) guidelines on use of medically important antimicrobials in food-producing animals. **Antimicrobial Resistance & Infection Control**, v. 7, n. 1, p. 1 – 8, 2018.
- AL-KHALAIFA, H. et al. Effect of dietary probiotics and prebiotics on the performance of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 100, n. 2, 2021.

- ALAGAWANY, M. et al. The use of probiotics as eco-friendly alternatives for antibiotics in poultry nutrition. **Environmental science and pollution research international**, v. 25, p. 10611 – 10618, 3 2018.
- ALIZADEH, M. et al. Effects of in ovo Inoculation of Multi-Strain Lactobacilli on Cytokine Gene Expression and Antibody-Mediated Immune Responses in Chickens. **Frontiers in veterinary science**, v. 7, p. 105 –, 3 2020.
- AMIN, O. S. M. Sumerians Milking Scene from Tell al-'Ubaid. **World History Encyclopedia**, 2019. Disponível em: <https://www.worldhistory.org/image/10768/sumerians-milking-scene-from-tell-al-ubaid/>. Acesso em: 25/08/2021.
- ARGAÑARAZ MARTÍNEZ, E. et al. Feed supplementation with avian *Propionibacterium acidipropionici* contributes to mucosa development in early stages of rearing broiler chickens. **Beneficial microbes**, v. 7, p. 687 – 698, 9 2016.
- ARTEAGA, F. G. et al. Efecto de una mezcla probiótica de *Bacillus subtilis* 20Bp y *Lactobacillus brevis* 40Lp en indicadores productivos y de salud de pollos de ceba. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 54, n. 1, p. 67 – 76, 2020.
- ASGARI, F. et al. Effects of Oral Probiotic Feeding on Toll-Like Receptor Gene Expression of the Chicken's Cecal Tonsil. **Reports of biochemistry & molecular biology**, v. 6, p. 151 – 157, 5 2018.
- ATTIA, Y. et al. Growth performance, digestibility, intestinal morphology, Carcass traits and meat quality of broilers fed marginal nutrients deficiency-diet supplemented with different levels of active Yeast. **Livestock Science**, v. 233, 2020.
- BAHULE, C. E.; SILVA, T. N. S. Probiotics as a Promising Additive in Broiler Feed: Advances and Limitations. In: PATRA, A. K. (Ed.). **Advances in Poultry Nutrition Research**. [S.l.]: IntechOpen, 2021. p. 1 – 16.
- BAI, K. et al. Dietary effects of *Bacillus subtilis* fmbj on growth performance, small intestinal morphology, and its antioxidant capacity of broilers. **Poultry science**, v. 97, p. 2312 – 2321, 4 2018.
- BAI, K. et al. Supplemental effects of probiotic *Bacillus subtilis* fmbj on growth performance, antioxidant capacity, and meat quality of broiler chickens. **Poultry science**, v. 96, p. 74 – 82, 8 2016.
- BAJAGAI, Y. S. et al. Probiotics in animal nutrition – Production, impact and regulation. In: MAKKAR, H. P. (ed.). **FAO Animal Production and Health paper No. 179**. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nation, 2016.
- BALAMURALIKRISHNAN, B.; LEE, S. I.; KIM, I. H. Dietary inclusion of different multi-strain complex probiotics; effects on performance in broilers. **British poultry science**, v. 58, p. 83 – 86, 12 2016.
- BEIRÃO, B. C. B. et al. Effect of an *Enterococcus faecium* probiotic on specific IgA following live *Salmonella* Enteritidis vaccination of layer chickens. **Avian pathology : journal of the W.V.P.A.**, v. 47, p. 325 – 333, 3 2018.

- BERIKASHVILI, V. et al. *Bacillus amyloliquefaciens* Spore Production Under Solid-State Fermentation of Lignocellulosic Residues. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 10, p. 755 – 761, 12 2017.
- BERMÚDEZ-HUMARÁN, L. G. et al. From Probiotics to Psychobiotics: Live Beneficial Bacteria Which Act on the Brain-Gut Axis. **Nutrients**, v. 11, n. 4, 2019.
- BISWAS, A. et al. The effect of multi-strain probiotics as feed additives on performance, immunity, expression of nutrient transporter genes and gut morphometry in broiler chickens. **Animal bioscience**, v. 35, p. 64 – 74, 3 2022.
- BODINGA, B. et al. Effects of *Bacillus subtilis* DSM 32315 on Immunity, nutrient transporters and functional diversity of cecal microbiome of broiler chickens in necrotic enteritis challenge. **J. World Poult. Res.**, v. 10, p. 527 – 544, 2020.
- BORJA SÁNCHEZ et al. Probiotics, gut microbiota, and their influence on host health and disease. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 61, n. 1, 2017.
- BOROOJENI, F. G. et al. *Bacillus subtilis* in broiler diets with different levels of energy and protein. **Poultry Science**, v. 97, n. 11, p. 3967 – 3976, 2018.
- BRASIL - MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA 14/2012- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **BINAGRI SISLEGIS**, 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-14-de-17-de-maio-de-2012.pdf>. Acesso em: 19/09/2020.
- BRASIL - MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA 45/2016 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **Dário Oficial da União**, 2016. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?jornal=1&data=30/11/2016&pagina=6>. Acesso em: 19/09/2020.
- BRASIL - MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 1/2020 - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. **Dário Oficial da União**, 2020. Disponível em: <https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=23/01/2020&jornal=515&pagina=6>. Acesso em: 19/09/2020.
- BRASIL - MAPA. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 15, DE 26 DE MAIO DE 2009. **BINAGRI SISLEGIS**, 2009. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-15-de-26-de-maio-de-2009.pdf>. Acesso em: 19/09/2020.
- BRASIL - MAPA. Instrução Normativa 11/2004 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **BINAGRI SISLEGIS**, 2004. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-11-de-24-de-novembro-de-2004.pdf>. Acesso em: 19/09/2020.
- BRASIL - MAPA. Instrução Normativa 35/2005 - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Secretaria de Apoio Rural e Cooperativismo. **BINAGRI SISLEGIS**, 2005. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/>

insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-35-de-14-de-novembro-de-2005.pdf. Acesso em: 19/09/2020.

BRON, P. A. et al. Can probiotics modulate human disease by impacting intestinal barrier function? **British Journal of Nutrition**, v. 117, n. 1, p. 93 – 107, 2017.

BUENO, S. **Exportação da carne de frango**. 2022. Disponível em: <https://www.fazcomex.com.br/comex/exportacao-de-carne-de-frango/#:~:text=Exporta%C3%A7%C3%A3o%20da%20carne%20de%20frango>. Acesso em: 07/07/2020.

CAO, L. et al. Reduced lesions in chickens with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis by *Lactobacillus fermentum* 1.20291. **Poultry science**, v. 91, p. 3065 – 71, 11 2012.

CARMO, M. S. do et al. Probiotics, mechanisms of action, and clinical perspectives for diarrhea management in children. **Food & function**, v. 9, p. 5074 – 5095, 2018.

CARVALHO, E. H. et al. Probióticos comerciais de culturas definidas e indefinidas na prevenção de *Salmonella* Enteritidis em frangos de corte. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, SciELO Brasil, v. 38, p. 271 – 276, 2018.

CENGIZ, O. et al. Effect of dietary probiotic and high stocking density on the performance, carcass yield, gut microflora, and stress indicators of broilers. **Poultry science**, v. 94, p. 2395 – 2403, 2015.

CHANG, C. H. et al. Effects of multi-strain probiotic supplementation on intestinal microbiota, tight junctions, and inflammation in young broiler chickens challenged with *Salmonella enterica* subsp. *enterica*. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 33, p. 1797 – 1808, 2 2020.

CHANG, C. H. et al. The effects of the supplementation of multi-strain probiotics on intestinal microbiota, metabolites and inflammation of young SPF chickens challenged with *Salmonella enterica* subsp. *enterica*. **Animal Science Journal**, v. 90, n. 6, p. 737 – 746, 2019.

CHAVES, B. D.; BRASHEARS, M. M.; NIGHTINGALE, K. K. Applications and safety considerations of *Lactobacillus salivarius* as a probiotic in animal and human health. **Journal of applied microbiology**, v. 123, p. 18 – 28, 3 2017.

CHENG, Y. et al. Effects of synbiotic supplementation on growth performance, carcass characteristics, meat quality and muscular antioxidant capacity and mineral contents in broilers. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 97, p. 3699 – 3705, 1 2017.

CLAVIJO, V.; FLÓREZ, M. J. V. **The gastrointestinal microbiome and its association with the control of pathogens in broiler chicken production: A review**. 2018. 1006 – 1021 p.

COELHO, A. E. G.; DOMINGUES, J. A. G.; SILVA, E. J. da. Exportação brasileira do frango de corte. **Revista Processando o Saber**, v. 13, p. 124 – 137, jun 2021.

CRAMER, T. et al. Effects of probiotic (*Bacillus subtilis*) supplementation on meat quality characteristics of breast muscle from broilers exposed to chronic heat stress. **Poultry Science**, v. 97, p. 3358 – 3368, 2018.

- DALIRI, E. B.; LEE, B. H. New perspectives on probiotics in health and disease. **Food Science and Human Wellness**, v. 4, p. 56 – 65, 2015.
- DÍAZ-LÓPEZ, E. A.; ÁNGEL-ISAIZA, J.; B., D. A. Probióticos en la avicultura: una revisión. **Revista de Medicina Veterinaria**, v. 1, n. 35, p. 175 – 189, 2017.
- DONG, Y. et al. Benefit of Dietary Supplementation with *Bacillus subtilis* BYS2 on Growth Performance, Immune Response, and Disease Resistance of Broilers. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 12, p. 1385 – 1397, 3 2020.
- EEA - EUROPEAN UNION. REGULATION (EC) No 1831/2003 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 22 September 2003 on additives for use in animal nutrition. **Official Journal of the European Union**, 2003. Disponível em: <https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/EC-1831-2003.pdf>. Acesso em: 19/09/2020.
- EL-HACK, M. E. A. et al. Probiotics in poultry feed: A comprehensive review. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 104, n. 6, p. 1835 – 1850, 2020.
- EL-HACK, M. E. A. et al. Improving productive performance and mitigating harmful emissions from laying hen excreta via feeding on graded levels of corn DDGS with or without *Bacillus subtilis* probiotic. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 101, n. 5, p. 904 – 913, 2017.
- EL-MONEIM, A. E. E. A. et al. Assessment of In Ovo Administration of *Bifidobacterium bifidum* and *Bifidobacterium longum* on Performance, Ileal Histomorphometry, Blood Hematological, and Biochemical Parameters of Broilers. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 12, n. 2, p. 439 – 450, 2019a.
- EL-MONEIM, A. E. E. A. et al. Assessment of In Ovo Administration of *Bifidobacterium bifidum* and *Bifidobacterium longum* on Performance, Ileal Histomorphometry, Blood Hematological, and Biochemical Parameters of Broilers. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 12, p. 439 – 450, 4 2019b.
- EL-SAWAH, A. A. et al. Efficacy of probiotic *Enterococcus faecium* in combination with diclazuril against coccidiosis in experimentally infected broilers. **Journal of applied microbiology**, v. 129, p. 1020 – 1028, 5 2020.
- EL-TAHAWY, A. et al. Effect of flock size on the productive and economic efficiency of Ross 308 and Cobb 500 broilers. **European Poultry Science**, v. 81, p. 1 – 10, 2017.
- ELGHANDOUR, M. M. Y. et al. *Saccharomyces cerevisiae* as a probiotic feed additive to non and pseudo-ruminant feeding: a review. **Journal of applied microbiology**, v. 128, p. 658 – 674, 8 2019.
- ELISASHVILI, V.; KACHLISHVILI, E.; CHIKINDAS, M. L. Recent Advances in the Physiology of Spore Formation for *Bacillus* Probiotic Production. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 11, p. 731 – 747, 12 2018.
- FAO/WHO. **Health and Nutrition Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria**: Health and Nutrition Properties of Probiotics in Food including Powder Milk with Live Lactic Acid Bacteria. Cordoba, Argentina: FAO/WHO, 2001.

- FAZELNIA, K. et al. Dietary Supplementation of Potential Probiotics *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, and *Saccharomyces cerevisiae* and Synbiotic Improves Growth Performance and Immune Responses by Modulation in Intestinal System in Broiler Chicks Challenged with *Salmonella Typhimurium*. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 13, p. 1081 – 1092, 1 2021.
- FEYE, K. M. et al. Influential factors on the composition of the conventionally raised broiler gastrointestinal microbiomes. **Poultry science**, v. 99, p. 653 – 659, 2 2020.
- FEYE, K. M. et al. *Saccharomyces cerevisiae* fermentation products that mitigate foodborne salmonella in cattle and poultry. **Frontiers in Veterinary Science**, Frontiers Media SA, v. 6, 2019.
- FIBI, S. et al. Suppression subtractive hybridisation and real-time PCR for strain-specific quantification of the probiotic *Bifidobacterium animalis* BAN in broiler feed. **Journal of microbiological methods**, v. 123, p. 94 – 100, 2 2016.
- FORKUS, B. et al. Antimicrobial probiotics reduce *Salmonella enterica* in turkey gastrointestinal tracts. **Scientific reports**, v. 7, n. 40695, p. 1 – 9, 2017.
- FORTE, C. et al. Effects of two different probiotics on microflora, morphology, and morphometry of gut in organic laying hens. **Poultry science**, v. 95, n. 11, p. 2528 – 2535, 2016.
- FORTE, C. et al. Dietary *Lactobacillus acidophilus* positively influences growth performance, gut morphology, and gut microbiology in rurally reared chickens. **Poultry science**, v. 97, p. 930 – 936, 1 2018.
- FORTE, C. et al. Effects of dietary *Lactobacillus acidophilus* and *Bacillus subtilis* on laying performance, egg quality, blood biochemistry and immune response of organic laying hens. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 100, p. 977 – 987, 2015.
- FULLER, R. History and development of probiotics. In: FULLER, R. (ed.). **Probiotics**. Dordrecht: Springer, 1992. cap. 1, p. 1 – 8.
- FULLER, R. Probiotics in man and animals. **Journal of applied bacteriology**, v. 66, n. 5, p. 365 – 378, 1989.
- GADDE, U. et al. Alternatives to antibiotics for maximizing growth performance and feed efficiency in poultry: a review. **Animal health research reviews**, v. 18, n. 1, p. 26 – 45, 2017a.
- GADDE, U. et al. The Effects of Direct-fed Microbial Supplementation, as an Alternative to Antibiotics, on Growth Performance, Intestinal Immune Status, and Epithelial Barrier Gene Expression in Broiler Chickens. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 9, p. 397 – 405, 4 2017b.
- GADO, A. R. et al. Herbal medicine additives as powerful agents to control and prevent avian influenza virus in poultry—a review. **Annals of Animal Science**, v. 19, n. 4, p. 905 – 935, 2019.
- GAO, Z. et al. Study of *Bacillus subtilis* on growth performance, nutrition metabolism and intestinal microflora of 1 to 42 d broiler chickens. **Animal Nutrition**, v. 3, n. 2, p. 109 – 113, 2018.

- GOMEZ, L. A. C.; HERRERA, A. L.; SUESCÚN, J. E. P. Inclusion of probiotic strains improves immune parameters in broilers. **Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia**, v. 10, n. 2, p. 160 – 169, 2015.
- GUO, J. R. et al. Effects of long-term *Bacillus subtilis* CGMCC 1.921 supplementation on performance, egg quality, and fecal and cecal microbiota of laying hens. **Poultry science**, v. 96, n. 5, p. 1280 – 1289, 2016.
- GUTIÉRREZ, L. A.; BEDOYA, O.; ARENAS, J. E. Evaluación de parámetros productivos en pollos de engorde suplementados con microorganismos probióticos. **TEMAS AGRARIOS** -, v. 20, n. 2, p. 81–85 –, 2015.
- HAN, G. G. et al. Relationship between the microbiota in different sections of the gastrointestinal tract, and the body weight of broiler chickens. **SpringerPlus**, v. 5, p. 911 –, 7 2016.
- HAVENAAR, R.; VELD, J. H. in't. Probiotics: A General View. In: WOOD, B. (ed.). **The Lactic Acid Bacteria**. Boston: Springer, 1992. v. 1, cap. 6, p. 151 – 170.
- HE, T. et al. Effects of Probiotics as Antibiotics Substitutes on Growth Performance, Serum Biochemical Parameters, Intestinal Morphology, and Barrier Function of Broilers. **Animals : an open access journal from MDPI**, v. 9, n. 11, p. 985 –, 2019.
- HE, Y. et al. *Enterococcus faecium* PNC01 isolated from the intestinal mucosa of chicken as an alternative for antibiotics to reduce feed conversion rate in broiler chickens. **Microbial cell factories**, v. 20, p. 122 –, 6 2021.
- HERNÁNDEZ-GRANADOS, M. J. et al. Dietary encapsulated *Bifidobacterium animalis* and *Agave fructans* improve growth performance, health parameters, and immune response in broiler chickens. **Animal bioscience**, v. 35, p. 587 – 595, 9 2021.
- HRNČÁR, C. et al. Effect of Three-strains Probiotic on Productive Performance and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. **Animal Science and Biotechnologies**, v. 49, n. 2, p. 149 – 154, 2016.
- HUANG, L. et al. Effects of the Dietary Probiotic, *Enterococcus faecium* NCIMB11181, on the Intestinal Barrier and System Immune Status in *Escherichia coli* O78-Challenged Broiler Chickens. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 11, p. 946 – 956, 6 2018.
- HWANHLEM, N. et al. Bacteriocin producing *Enterococcus faecalis* isolated from chicken gastrointestinal tract originating from Phitsanulok, Thailand: Isolation, screening, safety evaluation and probiotic properties. **Food Control**, v. 78, p. 187 – 195, 2017. ISSN 0956-7135. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956713517301123>.
- JAHROMI, M. F. et al. Dietary supplementation of a mixture of *Lactobacillus* strains enhances performance of broiler chickens raised under heat stress conditions. **International journal of biometeorology**, v. 60, n. 7, p. 1099 – 110, 2015.
- JAZI, V. et al. Effects of *Pediococcus acidilactici*, mannan-oligosaccharide, butyric acid and their combination on growth performance and intestinal health in young broiler chickens challenged with *Salmonella Typhimurium*. **Poultry science**, v. 97, p. 2034 – 2043, 3 2018.

- JENI, R. E. et al. Probiotics and potential applications for alternative poultry production systems. **Poultry Science**, v. 100, n. 7, 2021.
- JHA, R. et al. Probiotics (Direct-Fed Microbials) in Poultry Nutrition and Their Effects on Nutrient Utilization, Growth and Laying Performance, and Gut Health: A Systematic Review. **Animals**, v. 10, n. 10, p. 1863 –, 2020.
- KARAFFOVÁ, V. et al. Interaction of TGF- β 4 and IL-17 with IgA secretion in the intestine of chickens fed with *E. faecium* AL41 and challenged with *S. Enteritidis*. **Research in veterinary science**, v. 100, p. 75 – 9, 5 2015.
- KAZEMI, S. A.; AHMADI, H.; TORSHIZI, M. A. K. Evaluating two multistrain probiotics on growth performance, intestinal morphology, lipid oxidation and ileal microflora in chickens. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 103, n. 5, p. 1399 – 1407, 2019.
- KERS, J. G. et al. Host and Environmental Factors Affecting the Intestinal Microbiota in Chickens. **Frontiers in Microbiology**, v. 9, n. 235, 2018.
- KHALID, A. H. et al. Effects of spray dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on growth performance and carcass characteristics, gut health, cecal microbiota profile and apparent ileal digestibility of protein, amino acids and energy in broilers. **Tropical animal health and production**, v. 53, p. 252 –, 4 2021.
- KHOCHAMIT, N. et al. Effects of dried yeast, a byproduct of the brewery industry, on the egg production and quality and the immune response of laying hens. **Italian Journal of Animal Science**, Taylor & Francis, v. 20, n. 1, p. 1135 – 1146, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1940322>.
- KIM, N. et al. Mind-altering with the gut: Modulation of the gut-brain axis with probiotics. **Journal of Microbiology**, v. 56, p. 172 – 182, 2018.
- KOBIERECKA, P. A. et al. In vitro characteristics of *Lactobacillus* spp. strains isolated from the chicken digestive tract and their role in the inhibition of *Campylobacter* colonization. **MicrobiologyOpen**, v. 6, 7 2017.
- KROGER, M.; KURMANN, J. A.; RASIC, J. L. Fermented milks—Past, present, and future. In: FOODS, P. on the Applications of Biotechnology to T. F. (ed.). **Applications of Biotechnology to Traditional Fermented Food**. Washington D.C.: National Academy Press, 1992. cap. 7, p. 92 – 99.
- LAFATA, G.; WEBER, P.; MOHAJERI, M. H. Probiotics and the gut immune system: indirect regulation. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 10, n. 1, p. 11 – 21, 2018.
- LAMBO, M. T.; CHANG, X.; LIU, D. The Recent Trend in the Use of Multistrain Probiotics in Livestock Production: An Overview. **Animals : an open access journal from MDPI**, v. 11, 10 2021.
- LANGDON, A.; CROOK, N.; DANTAS, G. The effects of antibiotics on the microbiome throughout development and alternative approaches for therapeutic modulation. **Genome medicine**, v. 8, p. 1 – 16, 2016.

- LARANJEIRA, P. C. **Probióticos – Revisão Bibliográfica e Perspetivas Futuras Faculdade Ciências da Saúde Universidade Fernando Pessoa Porto**, 2020. 60 p. Dissertação (Ciências Farmacêuticas) — Faculdade Ciências da Saúde -Universidade Fernando Pessoa.
- LEVIN, R. Probiotics: The First 10 000 Years. In: Y, T. A.; THOMAS, L. V. (ed.). **Probiotic Dairy Products**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2018. cap. 2, p. 17 – 36.
- LI, Y. et al. Effect of *Bacillus subtilis* CGMCC 1.1086 on the growth performance and intestinal microbiota of broilers. **Journal of applied microbiology**, v. 120, p. 195 – 204, 10 2015a.
- LI, Y. et al. *Bacillus amyloliquefaciens* supplementation alleviates immunological stress in lipopolysaccharide-challenged broilers at early age. **Poultry science**, v. 94, p. 1504 – 11, 2015b.
- LILLY, D. M.; STILLWELL, R. H. Probiotics: growth-promoting factors produced by microorganisms. **Science**, v. 147, p. 747 – 748, 1965.
- LIN, Y. et al. Disruption in the cecal microbiota of chickens challenged with *Clostridium perfringens* and other factors was alleviated by *Bacillus licheniformis* supplementation. **PloS one**, v. 12, p. e0182426 –, 8 2017.
- LOUREIRO, R. J. et al. O uso de antibióticos e as resistências bacterianas: breves notas sobre a sua evolução. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 34, p. 77 – 84, 2016.
- LUEGAS, J. et al. Efeito da adição de probióticos na dieta sobre digestibilidade ileal da matéria seca e da proteína de frangos de corte. **Archivos de zootecnia**, v. 64, n. 247, p. 1 – 5, 2015.
- MACHADO, N. de J. B. et al. Novas perspectivas sobre o uso de probióticos em rações para frangos de corte. **Revista Científica de Avicultura e Suinocultura**, v. 5, n. 2, p. 63 – 76, 2019.
- MACIT, M. et al. Effects of supplementation of dietary humate, probiotic, and their combination on performance, egg quality, and yolk fatty acid composition of laying hens. **Tropical animal health and production**, v. 53, p. 63 –, 1 2021.
- MANAFI, M. et al. Efficacy of *Bacillus subtilis* and bacitracin methylene disalicylate on growth performance, digestibility, blood metabolites, immunity, and intestinal microbiota after intramuscular inoculation with *Escherichia coli* in broilers. **Poultry science**, v. 96, p. 1174 – 1183, 3 2017.
- MARKOWIAK, P.; SLIZEWSKA, K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. **Gut pathogens**, v. 10, p. 1 – 20, 2018.
- MAZANKO, M. S. et al. *Bacillus* Probiotic Supplementations Improve Laying Performance, Egg Quality, Hatching of Laying Hens, and Sperm Quality of Roosters. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 10, p. 367 – 373, 12 2017.
- MCFARLAND, L. V. Efficacy of Single-Strain Probiotics Versus Multi-Strain Mixtures: Systematic Review of Strain and Disease Specificity. **Digestive diseases and sciences**, v. 66, p. 694 – 704, 4 2020.

- MEDINA, N. M. et al. Desempeño productivo de pollos de engorde suplementados con biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* derivada de la fermentación de residuos de banano. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, v. 61, n. 3, p. 270 – 283, 2014.
- MEDINA-SAAVEDRA, T. et al. *Bacillus subtilis* como probiótico en avicultura: aspectos relevantes en investigaciones recientes. **Abanico Veterinario**, v. 7, n. 3, p. 14 – 20, 2017.
- MICHEL, M. et al. Efectos de probióticos y ácidos orgánicos sobre parámetros de incubación y producción en gallinas reproductoras. **Revista Veterinaria**, v. 30, n. 2, p. 11 – 20, 2019.
- MIKULSKI, D. et al. Effects of dietary probiotic (*Pediococcus acidilactici*) supplementation on productive performance, egg quality, and body composition in laying hens fed diets varying in energy density. **Poultry science**, v. 99, p. 2275 – 2285, 4 2020.
- MILIÁN, G. et al. Evaluation of the zootechnical additive SUBTILPROBIO\textregistered E-44 in productive and health indicators in heavy pure. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 55, n. 1, p. 67 – 75, 2021.
- MINGMONGKOLCHAI, S.; PANBANGRED, W. *Bacillus* probiotics: an alternative to antibiotics for livestock production. **Journal of applied microbiology**, v. 124, p. 1334 – 1346, 1 2018.
- MINIELLO, V. et al. The importance of being eubiotic. **J. Prob. Health**, v. 5, n. 162, p. 1 – 12, 2017.
- MUSA, B. B. et al. *Bacillus subtilis* B21 and *Bacillus licheniformis* B26 improve intestinal health and performance of broiler chickens with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 103, p. 1039 – 1049, 4 2019.
- NEIJAT, M. et al. Effect of dietary supplementation of *Bacillus subtilis* DSM29784 on hen performance, egg quality indices, and apparent retention of dietary components in laying hens from 19 to 48 weeks of age. **Poultry science**, v. 98, p. 5622 – 5635, 6 2019.
- NEVELING, D. P.; DICKS, L. M. T. Probiotics: an Antibiotic Replacement Strategy for Healthy Broilers and Productive Rearing. **Probiotics and antimicrobial proteins**, v. 13, p. 1 – 11, 6 2020.
- NII, T. et al. Effects of Oral Administration of *Lactobacillus reuteri* on Mucosal Barrier Function in the Digestive Tract of Broiler Chicks. **J Poult Sci** ., v. 57, n. 1, p. 67 – 76, jan 2020a.
- NII, T. et al. *Lactobacillus reuteri* Enhances the Mucosal Barrier Function against Heat-killed *Salmonella Typhimurium* in the Intestine of Broiler Chicks. **J Poult Sci**, v. 57, n. 2, p. 148 – 159, abril 2020b.
- OAKLEY, B. B. et al. The chicken gastrointestinal microbiome. **FEMS microbiology letters**, v. 360, p. 100 – 112, 9 2014.
- OGBUEWU, I. et al. Yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and its effect on production indices of livestock and poultry—a review. **Comparative Clinical Pathology**, Springer, v. 28, n. 3, p. 669 – 677, 2019.

- OLNOOD, C. G. et al. Novel probiotics: Their effects on growth performance, gut development, microbial community and activity of broiler chickens. **Animal nutrition**, v. 1, p. 184 – 191, 5 2018.
- PANDEY, K. R.; NAIK, S. R.; VAKIL, B. V. Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. **Journal of food science and technology**, v. 52, p. 7577 – 87, 11 2015.
- PARK, J. H.; KIM, I. H. Supplemental effect of probiotic *Bacillus subtilis* B2A on productivity, organ weight, intestinal *Salmonella* microflora, and breast meat quality of growing broiler chicks. **Poultry science**, v. 93, p. 2054 – 9, 6 2014.
- PARK, J. W. et al. Effect of dietary supplementation with a probiotic (*Enterococcus faecium*) on production performance, excreta microflora, ammonia emission, and nutrient utilization in ISA brown laying hens. **Poultry science**, v. 95, p. 2829 – 2835, 7 2016.
- PARRA, S. S.; CONDOY, M. C. Levadura de cerveza (*Saccharomyces cerevisiae*) en la alimentación de pollos Broilers. **REDVET - Revista electrónica de Veterinaria**, v. 19, n. 2, p. 1 – 9, 2018.
- PATEL, R.; DUPONT, H. L. New approaches for bacteriotherapy: prebiotics, new-generation probiotics, and synbiotics. **Clinical Infectious Diseases**, v. 60, n. suppl_2, p. S108 – S121, 2015.
- PENDER, C. M. et al. In ovo supplementation of probiotics and its effects on performance and immune-related gene expression in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 96, p. 1052 – 1062, 2017.
- PEREIRA, G. V. de M. et al. How to select a probiotic? A review and update of methods and criteria. **Biotechnology advances**, v. 36, p. 2060 – 2076, 2018.
- PLAZA-DIAZ, J. et al. Mechanisms of action of probiotics. **Advances in Nutrition**, v. 10, n. suppl_1, p. S49 – S66, 2019.
- POPOV, I. V. et al. A Review of the Effects and Production of Spore-Forming Probiotics for Poultry. **Animals : an open access journal from MDPI**, v. 11, 7 2021.
- POURAKBARI, M. et al. Probiotic level effects on growth performance, carcass traits, blood parameters, cecal microbiota, and immune response of broilers. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 88, n. 2, p. 1011 – 1021, 5 2016.
- PRICE, P. T. et al. *Salmonella* Enteritidis reduction in layer ceca with a *Bacillus* probiotic. **Veterinary World**, v. 13, n. 1, p. 184 – 187, 2020.
- QUEVEDO, D. et al. Efectos de la adición de probiótico *Saccharomyces cerevisiae* sobre histomorfología intestinal en pollos de engorde. **Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia**, v. 67, n. 3, p. 239 – 252, 2020.
- RAMLUCKEN, U. et al. Isolation, selection and evaluation of *Bacillus* spp. as potential multi-mode probiotics for poultry. **The Journal of general and applied microbiology**, v. 66, p. 228 – 238, 6 2020.

- RAN, T. et al. Use of naturally sourced feed additives (lactobacillus fermentation products and enzymes) in growing and finishing steers: Effects on performance, carcass characteristics and blood metabolites. **Animal Feed Science and Technology**, v. 254, n. 114190, 2019.
- REHMAN, A. et al. Dietary effect of probiotics and prebiotics on broiler performance, carcass, and immunity. **Poultry science**, v. 99, p. 6946 – 6953, 2020.
- REID, G. Disentangling What We Know About Microbes and Mental Health. **Frontiers in endocrinology**, v. 10, 2019.
- REID, G. Probiotics: definition, scope and mechanisms of action. **Best practice & research. Clinical gastroenterology**, v. 30, p. 17 – 25, 2016.
- REIS, A. R. **Probióticos, potencialidades e desafios**. 2019. 56 p. Dissertação (Ciências Farmacêuticas) — Faculdade Ciências da Saúde -Universidade Fernando Pessoa.
- REUBEN, R. C. et al. Novel mono- and multi-strain probiotics supplementation modulates growth, intestinal microflora composition and haemato-biochemical parameters in broiler chickens. **Veterinary medicine and science**, v. 8, p. 668 – 680, 1 2022.
- REUBEN, R. C. et al. Novel multi-strain probiotics reduces *Pasteurella multocida* induced fowl cholera mortality in broilers. **Scientific reports**, v. 11, p. 8885 –, 4 2021.
- ROA, M.; GUZMÁN, Y.; NAVARRO, C. Efecto del uso de probióticos en la morfometría intestinal de pollos de engorde. **Archivos de zootecnia**, Servicio de Publicaciones, v. 67, n. 260, p. 486 – 492, 2018.
- RODRIGUES, D. R. et al. Cecal microbiome composition and metabolic function in probiotic treated broilers. **PloS one**, v. 15, p. e0225921 –, 6 2020.
- RONDÓN, A. J. et al. Probiotic potential of *Lactobacillus salivarius* in animals of zootechnical interest. **Cuban Journal of Agricultural Science**, v. 54, n. 2, p. 137 – 147, 2020.
- ROTO, S. M.; RUBINELLI, P. M.; RICKE, S. C. An Introduction to the Avian Gut Microbiota and the Effects of Yeast-Based Prebiotic-Type Compounds as Potential Feed Additives. **Frontiers in veterinary science**, v. 2, p. 28 –, 12 2015.
- SABO, S. da S. et al. Bioprospecting of probiotics with antimicrobial activities against *Salmonella Heidelberg* and that produce B-complex vitamins as potential supplements in poultry nutrition. **Scientific reports**, v. 10, p. 7235 –, 5 2020.
- SADEGHI, A.; TOGHYANI, M.; GHEISARI, A. Effect of various fiber types and choice feeding of fiber on performance, gut development, humoral immunity, and fiber preference in broiler chicks. **Poultry science**, v. 94, p. 2734 – 43, 10 2015.
- SAINT-CYR, M. J. et al. Use of the potential probiotic strain *Lactobacillus salivarius* SMXD51 to control *Campylobacter jejuni* in broilers. **International Journal of Food Microbiology**, v. 247, p. 9 – 17, 2017. Special Issue: CBL 20th edition: New challenges for research and industry.
- SANDERS, M. E. et al. Shared mechanisms among probiotic taxa: implications for general probiotic claims. **Current opinion in biotechnology**, v. 49, p. 207 – 216, 2017.

SANDERS, M. E. et al. Probiotics and prebiotics in intestinal health and disease: from biology to the clinic. **Nature reviews Gastroenterology & hepatology**, v. 16, p. 605 – 616, 2019.

SANDVANG, D. et al. Effects of feed supplementation with 3 different probiotic *Bacillus* strains and their combination on the performance of broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*. **Poultry Science**, v. 100, n. 100982, 2021.

SAXENA, S. et al. Characterisation of caecum and crop microbiota of Indian indigenous chicken targeting multiple hypervariable regions within 16S rRNA gene. **British poultry science**, v. 57, p. 381 – 9, 3 2016.

SHAO, Y. et al. **Pretreatment with probiotics *Enterococcus faecium* NCIMB11181 attenuated *Salmonella* Typhimurium-induced gut injury through modulating intestinal microbiome and immune responses with barrier function in broiler chickens**. Research Square, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1563606/v1>.

SHAUFI, M. A. M. et al. Deciphering chicken gut microbial dynamics based on high-throughput 16S rRNA metagenomics analyses. **Gut pathogens**, v. 7, p. 4 –, 3 2015.

SHINI, S. et al. Probiotic *Bacillus amyloliquefaciens* H57 ameliorates subclinical necrotic enteritis in broiler chicks by maintaining intestinal mucosal integrity and improving feed efficiency. **Poultry science**, v. 99, n. 9, p. 4278 – 4293, 9 2020.

SHOKRYAZDAN, P. et al. Effects of a *Lactobacillus salivarius* mixture on performance, intestinal health and serum lipids of broiler chickens. **PloS one**, v. 12, p. e0175959 –, 5 2017.

SIKANDAR, A. et al. Effects of *Bacillus subtilis* on performance, immune system and gut in *Salmonella*-challenged broilers. **South African Journal of Animal Science**, v. 50, n. 5, 2020.

SINGH, M. et al. Protective mechanisms of refined functional carbohydrates against *Salmonella* Typhimurium involve inhibition of inflammatory response and activation of apoptosis related regulators. In: SYDNEY, T. P. R. F. U. of (org.). **30th ANNUAL AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM**. Sydney: University of Sydney, 2019. v. 1, p. 123 – 126. ISSN 1034-6260. Disponível em: <https://az659834.vo.msecnd.net/eventsairaueprod/production-usyd-public/1330f0d28dc54ef39afea020d58a4da9>. Acesso em: 19/09/2020.

SKJØT-RASMUSSEN, L. et al. Post hatch recovery of a probiotic *Enterococcus faecium* strain in the yolk sac and intestinal tract of broiler chickens after in ovo injection. **FEMS microbiology letters**, v. 366, 4 2019.

SOLIMAN, E. S.; HAMAD, R. T.; ABDALLAH, M. S. Preventive antimicrobial action and tissue architecture ameliorations of *Bacillus subtilis* in challenged broilers. **Veterinary World**, Veterinary World, v. 14, n. 2, 2021.

SOUSA, D. C. et al. Caracterização morfológica do trato gastrointestinal de frangos de corte da linhagem Cobb 500®. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 35, n. (Supl.1), p. 61 – 68, 2015.

- SOUZA, L. F. de et al. Probiotics on performance, intestinal morphology and carcass characteristics of broiler chickens raised with lower or higher environmental challenge. **Austral journal of veterinary sciences**, v. 50, p. 35 – 41, 2018.
- STANLEY, D.; HUGHES, R. J.; MOORE, R. J. Microbiota of the chicken gastrointestinal tract: influence on health, productivity and disease. **Applied microbiology and biotechnology**, v. 98, p. 4301 – 10, 3 2014.
- TANNOCK, G. W. Probiotic properties of lactic-acid bacteria: plenty of scope for fundamental R & D. **Trends in Biotechnology**, v. 15, n. 7, p. 270 – 274, 1997.
- TIMMERMAN, H. M. et al. Mortality and growth performance of broilers given drinking water supplemented with chicken-specific probiotics. **Poultry science**, v. 85, p. 1383 – 8, 8 2006.
- TRIPLETT, M. et al. Investigating commercial in ovo technology as a strategy for introducing probiotic bacteria to broiler embryos¹ ¹This publication is a contribution of the Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station. **Poultry Science**, v. 97, n. 2, p. 658 – 666, 2018.
- TURRONI, F. et al. Bifidobacterium bifidum: A Key Member of the Early Human Gut Microbiota. **Microorganisms**, v. 7, n. 544, 2019.
- UPADHAYA, S. D.; HOSSIENDOUST, A.; KIM, I. H. Probiotics in Salmonella-challenged Hy-Line brown layers. **Poultry science**, v. 95, p. 1894 – 7, 4 2016.
- VALCHEVA, R.; DIELEMAN, L. A. Prebiotics: Definition and protective mechanisms. **Best Practice & Research Clinical Gastroenterology**, v. 30, n. 1, p. 27 – 37, 2016. Pre- and Probiotics in Gastroenterology Practice.
- VAN, T. T. H. et al. **Antibiotic use in food animals worldwide, with a focus on Africa:** Pluses and minuses. 2020. 170 – 177 p.
- VASCONCELOS, F. de Assis Guedes de et al. The 80-year history of the professional associations of nutritionists in Brazil: A historical-documentary analysis. **Revista de Nutrição**, v. 13, n. e180161, p. 1 – 13, 2019.
- WALKER, G. K.; JALUKAR, S.; BRAKE, J. Effect of refined functional carbohydrates from enzymatically hydrolyzed yeast on the presence of Salmonella spp. in the ceca of broiler breeder females. **Poultry science**, v. 96, p. 2684 – 2690, 4 2017.
- WALKER, G. K.; JALUKAR, S.; BRAKE, J. The effect of refined functional carbohydrates from enzymatically hydrolyzed yeast on the transmission of environmental Salmonella Senftenberg among broilers and proliferation in broiler housing. **Poultry science**, v. 97, p. 1412 – 1419, 1 2018.
- WANG, C. et al. Dynamics of the physicochemical characteristics, microbiota, and metabolic functions of soybean meal and corn mixed substrates during two-stage solid-state fermentation. **Msystems**, Am Soc Microbiol, v. 5, n. 1, p. e00501 – 19, 2020.
- WANG, X. et al. Effects of prebiotics, probiotics, and their combination on growth performance, small intestine morphology, and resident Lactobacillus of male broilers. **Poultry science**, v. 95, p. 1332 – 40, 3 2016.

- WEALLEANS, A. L. et al. Comparative effects of two multi-enzyme combinations and a *Bacillus* probiotic on growth performance, digestibility of energy and nutrients, disappearance of non-starch polysaccharides, and gut microflora in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 96, n. 12, p. 4287 – 4297, 2017.
- WEI, S.; MORRISON, M.; YU, Z. Bacterial census of poultry intestinal microbiome. **Poultry Science**, v. 92, n. 3, p. 671 – 683, 2013. ISSN 0032-5791.
- WEIS, J. et al. Effect of probiotic strain *Lactobacillus fermentum* CCM 7158 supplement on performance and carcass characteristics of broiler chickens. **Acta fytotechnica et zootechnica**, Slovenská Polnohospodárska Univerzita v Nitre, v. 13, n. 4, p. 96 – 98, 2010.
- WU, C. et al. Effects of dietary yeast nucleotides supplementation on intestinal barrier function, intestinal microbiota, and humoral immunity in specific pathogen-free chickens. **Poultry science**, v. 97, p. 3837 – 3846, 6 2018a.
- WU, Y. et al. Effects of dietary *Enterococcus faecium* NCIMB 11181 supplementation on growth performance and cellular and humoral immune responses in broiler chickens. **Poultry science**, v. 98, p. 150 – 163, 8 2018b.
- WU, Y. et al. Pretreatment with probiotic *Enterococcus faecium* NCIMB 11181 ameliorates necrotic enteritis-induced intestinal barrier injury in broiler chickens. **Scientific reports**, v. 9, p. 10256 –, 7 2019.
- XIANG, Q. et al. Effects of Different Probiotics on Laying Performance, Egg Quality, Oxidative Status, and Gut Health in Laying Hens. **Animals : an open access journal from MDPI**, v. 9, 12 2019.
- XIAO, Y. et al. Microbial community mapping in intestinal tract of broiler chicken. **Poultry science**, v. 96, p. 1387 – 1393, 3 2017.
- XU, S. et al. *Bacillus licheniformis* normalize the ileum microbiota of chickens infected with necrotic enteritis. **Scientific reports**, v. 8, p. 1744 –, 1 2018.
- YASAR, S.; OKUTAN, ; TOSUN, R. Testing novel eubiotic additives: its health and performance effects in commercially raised farm animals. **Iğdır University Journal of Institute of Science Technology**, v. 7, p. 297 – 308, 2017.
- YU, L. et al. *Enterococcus faecium* NCIMB 10415 supplementation improves the meat quality and antioxidant capacity of muscle of broilers. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 103, p. 1099 – 1106, 4 2019.
- YU, Y. et al. Effectiveness of *Bacillus licheniformis*-Fermented Products and Their Derived Antimicrobial Lipopeptides in Controlling Coccidiosis in Broilers. **Animals : an open access journal from MDPI**, v. 11, 12 2021.
- ZHANG, G. et al. Modulatory Effects of . **Animals : an open access journal from MDPI**, v. 11, 6 2021a.
- ZHANG, S. et al. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* promotes growth performance of broilers by altering the dominant microbial community. **Poultry science**, v. 100, p. 100935 –, 3 2021b.

ZHANG, Z. F.; KIM, I. H. Effects of multistrain probiotics on growth performance, apparent ileal nutrient digestibility, blood characteristics, cecal microbial shedding, and excreta odor contents in broilers. **Poultry Science**, v. 93, n. 2, p. 364 – 370, 2014. ISSN 0032-5791.

ZHEN, W. et al. Effect of dietary *Bacillus coagulans* supplementation on growth performance and immune responses of broiler chickens challenged by *Salmonella enteritidis*. **Poultry science**, v. 97, p. 2654 – 2666, 4 2018.

ZHENG, A. et al. Proteome changes underpin improved meat quality and yield of chickens (*Gallus gallus*) fed the probiotic *Enterococcus faecium*. **BMC genomics**, v. 15, p. 1167 –, 12 2014.

ZHOU, M. et al. Effects of *Bacillus licheniformis* on the growth performance and expression of lipid metabolism-related genes in broiler chickens challenged with *Clostridium perfringens*-induced necrotic enteritis. **Lipids in health and disease**, v. 15, p. 48 –, 3 2016.

ZOMMITI, M.; CHIKINDAS, M. L.; FERCHICHI, M. Probiotics—live biotherapeutics: a story of success, limitations, and future prospects—not only for humans. **Probiotics and antimicrobial proteins**, Springer, v. 12, n. 3, p. 1266 – 1289, 2020.