




***Bacillus* spp. na nutrição de aves de corte e suínos: uma revisão**

Nutritional application of *Bacillus* spp. in broiler chicken and pig diets: a review

Juliana dos Santos Conceição^{*1} , Amanda Silva Carvalho¹ , Letícia Caroline Santos¹ , Eliene Pereira² , Mário Melo¹ , Norma Suely Evangelista Barreto² 

1 Universidade Federal de Sergipe (UFS), Aracaju, Sergipe, Brasil 

2 Universidade Recôncavo da Bahia (UFRB), Salvador, Bahia, Brasil 

*autor correspondente: ljuanay@gmail.com

Recebido: 29 de julho de 2024. Aceito: 25 de março de 2025. Publicado: 03 de junho de 2025. Editor: Rondineli P. Barbero

Resumo: Este estudo teve como objetivo avaliar o uso de bactérias do gênero *Bacillus* como probióticos na alimentação de frangos e suínos, com foco na saúde intestinal, no desempenho produtivo e no manejo nutricional dos animais. Foi realizada uma revisão de literatura utilizando palavras-chave específicas em diversas bases de dados para reunir estudos relevantes sobre o tema. As espécies de *Bacillus* mais comumente usadas na nutrição de monogástricos, como aves e suínos, são *B. subtilis* e *B. licheniformis*, mas também há pesquisas sobre o uso de *Bacillus* em outras espécies, como peixes e bovinos. A maior parte dos estudos sobre o uso de *Bacillus* na alimentação animal ocorre em países como Estados Unidos, Brasil, China, e na Europa, com variações nos focos e na prevalência dependendo das necessidades regionais. Entre os principais benefícios associados ao uso de *Bacillus* na nutrição de monogástricos estão a melhoria na digestão de nutrientes, especialmente proteínas e fibras; o estímulo do sistema imunológico, que contribui para a resistência a doenças; a redução da colonização de patógenos no trato gastrointestinal, promovendo a saúde intestinal e a melhoria do desempenho produtivo, incluindo aumento do ganho de peso e melhor conversão alimentar. Os estudos sobre o uso de *Bacillus* na nutrição de monogástricos são conduzidos tanto em nível nacional quanto internacional, frequentemente por meio de colaborações entre instituições de pesquisa e empresas do setor agropecuário. Em conclusão, as cepas de *Bacillus* são uma abordagem promissora para otimizar o desempenho e a saúde de monogástricos na produção animal.

Palavras-chave: probióticos; suplementação; zootécnicos.

Abstract: The aim was to determine the performance bases for the use of bacteria of the genus *Bacillus* as probiotics in the feeding of broilers and pig, assessing the ability of microorganisms to provide intestinal health development, productive yield and nutritional management of animals. To this end, a literature review was carried out, investigating specific words on various data platforms, in order to collect relevant studies on the subject. The two *Bacillus* species most commonly used in the nutrition of monogastric animals, such as poultry and pigs, are *B. subtilis* and *B. licheniformis*. However, there are also studies investigating the use of *Bacillus* in other species, such as fish and cattle. Most studies on the use of *Bacillus* in animal feed are carried out in different parts of the world, including countries such as the United States, Brazil, China and European countries. It is important to note that the prevalence and focus of studies also vary according to the specific needs and characteristics of each region. The benefits associated with the use of *Bacillus* in the nutrition of monogastrics include improved digestion of nutrients, especially protein and fiber; stimulation of the immune system, helping resistance to disease; reduction of colonization by

pathogens in the gastrointestinal tract, promoting intestinal health and improved production performance, including weight gain and feed conversion. Studies on the use of *Bacillus* in monogastric nutrition can be conducted both nationally and internationally, depending on collaboration between research institutions and companies in the agricultural sector.

Key-words: probiotics; supplementation; zootechnics.

1. Introdução

Os probióticos são microrganismos vivos que, quando dosados apropriadamente, trazem benefícios à saúde dos animais de produção. Bactérias do gênero *Bacillus* têm sido amplamente estudadas e utilizadas como probióticos na alimentação de aves e suínos devido às suas propriedades benéficas⁽¹⁾. Várias espécies do gênero *Bacillus* têm sido selecionadas devido à sua capacidade em promover o equilíbrio da microbiota intestinal, melhorar a digestibilidade dos nutrientes, aumentar a eficiência alimentar e reduzir a ocorrência de doenças gastrointestinais⁽¹⁾.

O panorama da produção científica que aborda o uso dessas bactérias na alimentação de aves e suínos é extenso. As áreas de foco englobam basicamente a eficácia do gênero *Bacillus*, seu mecanismo de ação, segurança e viabilidade, além dos impactos econômicos. A produção científica sobre o uso de *Bacillus* como probióticos tem demonstrado um crescente interesse e desenvolvimento, principalmente como alternativa natural aos antibióticos promotores de crescimento, especialmente em contextos de restrições regulatórias e preocupações com a resistência antimicrobiana⁽²⁾.

Com o aumento das pesquisas no campo da nutrição animal nos últimos anos, o resultado do uso de *Bacillus* como probiótico na alimentação de aves e suínos tem sido promissor e evidências científicas indicam melhorias no desempenho produtivo, com aumento do ganho de peso, conversão alimentar mais eficiente e menor mortalidade^(3,4). Além disso, observa-se melhoria na saúde intestinal, com redução da inflamação e aumento da integridade da mucosa⁽³⁾. Esses efeitos contribuem para o bem-estar e a saúde dos animais, bem como para a produtividade e a rentabilidade da produção animal. Dessa forma, essa revisão objetivou mapear as informações acerca do uso de bactérias do gênero *Bacillus* como probióticos na dieta de animais monogástricos com foco no desempenho zootécnico.

2. Material e métodos

2.1. Pesquisa

Foram utilizadas duas bases de dados, Web of Science (<https://www.webofscience.com/wos>) e Scopus (<https://www.scopus.com/sources>), para buscar artigos relevantes, sem restrição de idioma e de período. Foi utilizado o método de busca booleana, e as palavras-chave foram monogastric OR non-ruminant AND nutrition OR fed OR supplementation OR supply, AND *bacillus*.

Os artigos foram analisados quanto ao título, ao resumo e às palavras-chave. Somente estudos que preencheram os critérios propostos foram incluídos na avaliação: (1) *Bacillus* deve ser suplementado na dieta e (2) estudos com resultados de desempenho. Ao final da busca, foram excluídos os artigos duplicados. Seguiu-se a leitura dos resumos e da metodologia e foram eliminados os trabalhos que não abordavam ou que não se encaixavam nos critérios de elegibilidade (Figura 1). Em seguida, foi realizada avaliação da produção científica mundial anual, bem como do impacto das publicações.

Os metadados foram exportados no formato BibTeX, formato de texto simples e CSV e, posteriormente, analisados no software R, com o pacote Bibliometrix⁽⁵⁾, e no software VOSviewer⁽⁶⁾.

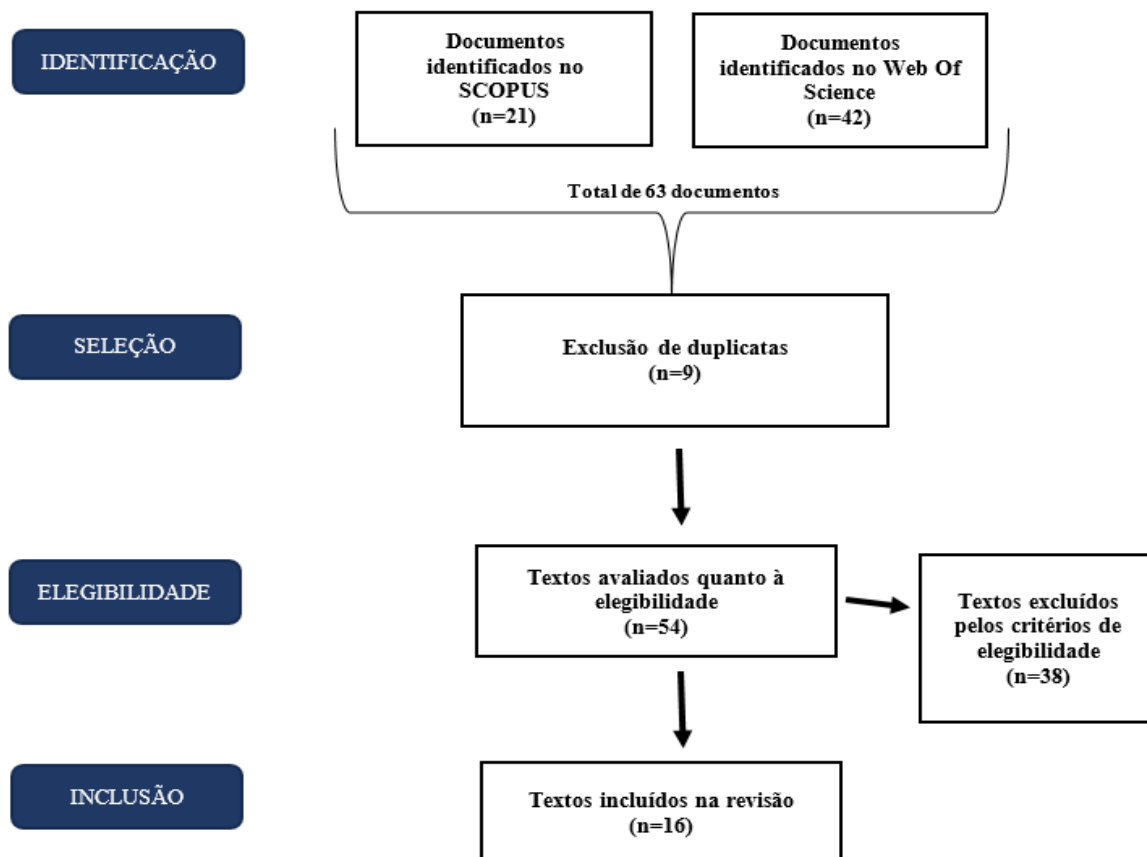


Figura 1. Fluxograma das etapas de seleção dos artigos.

2.2. Estrutura conceitual

A estrutura conceitual é uma representação visual ou analítica das relações entre palavras ou termos que são mais proeminentes ou relevantes em um determinado tema, área de estudo ou conjunto de dados^(7,8). Essa estrutura visa a identificar e ilustrar as conexões semânticas entre os elementos-chave do domínio em questão⁽⁹⁾. Por meio da coleção de palavras-chave e sua representação como uma rede de coocorrência de termos, é viável expressar a base de conhecimento integrada na coleção analisada⁽⁸⁾. As estruturas foram elaboradas com o auxílio da plataforma Biblioshiny da Bibliometrix⁽⁵⁾ e VOSviewer de Van Eck e Waltman⁽⁶⁾.

Utilizando o arquivo gerado pelo Bibliometrix, os metadados foram extraídos e um novo arquivo foi criado. Nesse arquivo, foram identificadas as principais bactérias do gênero *Bacillus* utilizadas na dieta de animais monogástricos como o probiótico, a recomendação, os autores, as espécies de animais e os resultados fenômicos provenientes dos estudos. Tabelas de correlação foram criadas utilizando-se esses dados.

3. Resultados

A busca de artigos nas bases de dados, por meio das palavras-chave, resultou em 63 documentos de 44 fontes, 21 identificados na SCOPUS e 42 na Web of Science. Desses 63, 9 documentos eram duplicados, portanto foram excluídos. Assim, 54 documentos passaram pelos critérios de elegibilidade, em que 38 foram retirados e 16 documentos foram selecionados. Desses documentos retirados, incluíram-se aqueles que não se encaixavam nos critérios e artigos do tipo revisão.

3.1. Panorama da produção científica

A análise dos dados revela uma tendência crescente de publicações principalmente a partir de 2015 (Figura 2). No período de 2012 a 2015, foi registrada uma publicação por ano, indicando um possível período de baixa atividade ou interesse na área do uso de *Bacillus* spp. na nutrição de monogástricos.

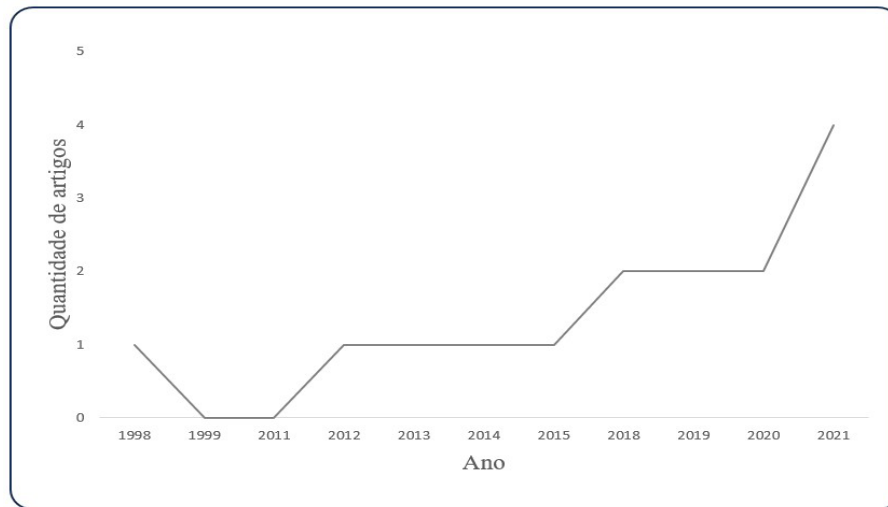


Figura 2. Panorama da produção científica mundial acerca do uso de *Bacillus* spp. na nutrição de monogástricos.

Também se observa uma estagnação temporária nas publicações no período de 2018 a 2020. Nos anos de 2018 e 2019, foram encontrados dois registros de produção em cada um dos anos. O aumento na produção se intensificou nos anos seguintes, com três publicações registradas em 2020 e quatro publicações em 2021. Ademais, é esperado que a produção permaneça em crescimento em 2024.

Ao longo do período estudado, foram encontradas publicações em sete diferentes países (Figura 3), com a maior produção de artigos ocorrendo em ordem decrescente na China ($n = 6$) > EUA ($n = 2$), Brasil ($n = 2$), Taiwan ($n = 2$) > Holanda ($n = 1$), Alemanha ($n = 1$), Coreia ($n = 1$), México ($n = 1$).

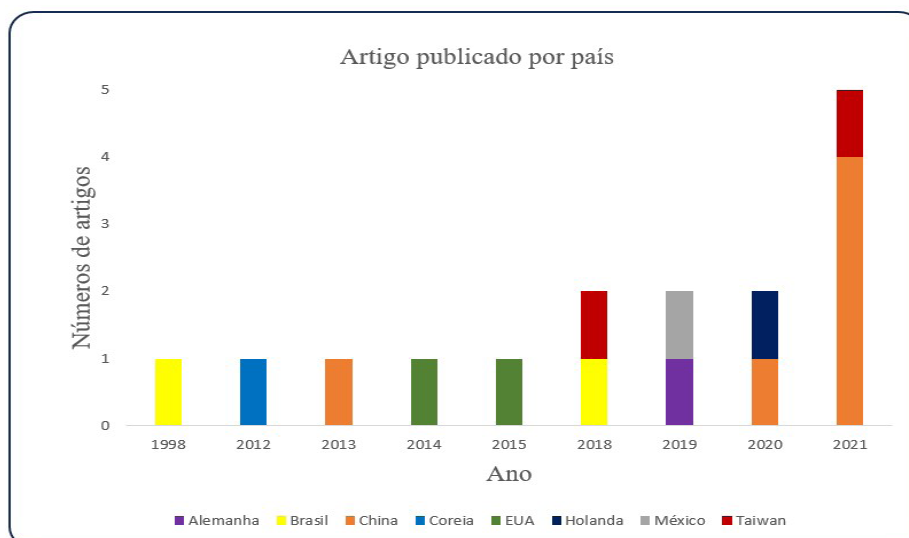


Figura 3. Produção científica dos países que publicaram artigos científicos relacionados ao uso de *Bacillus* spp. na nutrição de monogástricos. As cores nos gráficos são referentes a cada país (sua cor condiz na legenda). A Alemanha possui uma publicação no ano de 2019 (cor roxa). O Brasil, por exemplo, tem duas produções, uma em 1998 e outra em 2018; as duas produções estão com a cor em amarelo. A China (cor laranja) possui uma publicação em 2013, uma em 2020 e quatro em 2021. A Coreia (cor azul) possui uma produção em 2012. Os EUA (verde) possuem duas produções (2014 e 2015). O México possui uma publicação em 2019. Por fim, Taiwan (vermelho) possui duas produções, uma em 2018 e outra em 2021.

3.2 Estrutura conceitual

Foram encontradas 214 palavras-chave nos documentos, as quais estão correlacionadas na Figura 4. A relação das palavras-chave, por meio de uma rede de conexão, indica os termos utilizados nos documentos, sua relação e proximidade. Assim, quanto maior o círculo, maior a frequência do termo citado. Ao centro, o termo “*Bacillus subtilis*”, além de representar a maior frequência, está correlacionado com os outros clusters, representados por outras cores, que iniciam com “beta-manase”, “phytase”, “fermentation” e “monogastric animal”.

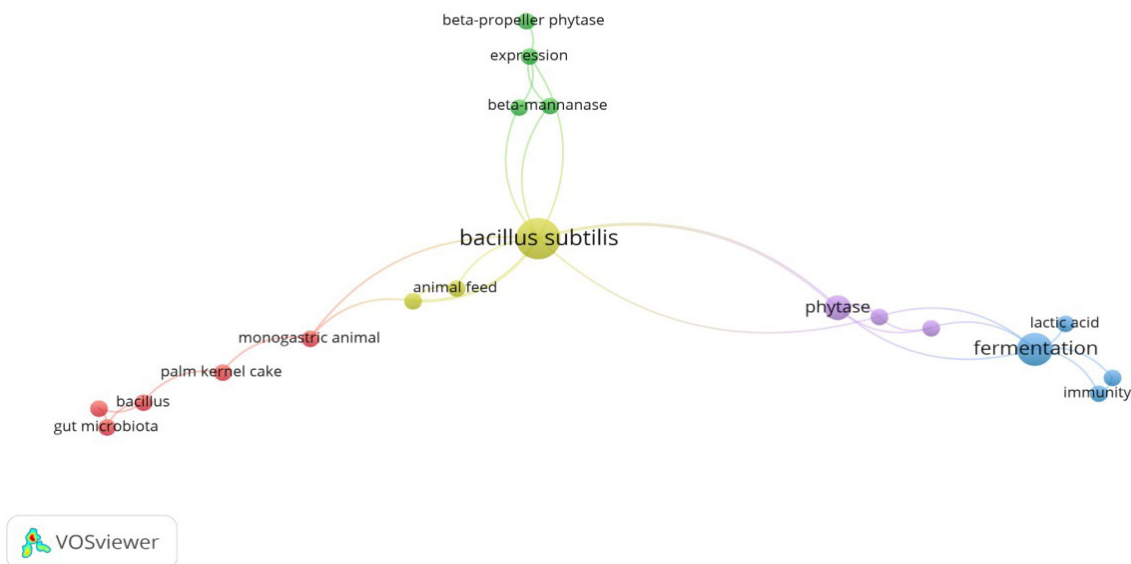


Figura 4. Relação das palavras-chave encontradas nos documentos analisados.

A análise de correspondência múltipla também gerou um gráfico bidimensional (Figura 5) que respondeu por 77,11% da variabilidade total entre as palavras mais utilizadas. A Dimensão 1 (Dim 1) representou 66,69% dessa variabilidade, enquanto a Dimensão 2 (Dim 2) representou 10,42%. No gráfico de dispersão, cada ponto representa uma observação e a distância entre os pontos reflete a dissimilaridade ou associação entre as observações, podendo ter uma correlação negativa ou positiva. Assim, há uma relação positiva entre os termos “*Bacillus subtilis* subsp.”, “phytic.acid” e “monogastric”.

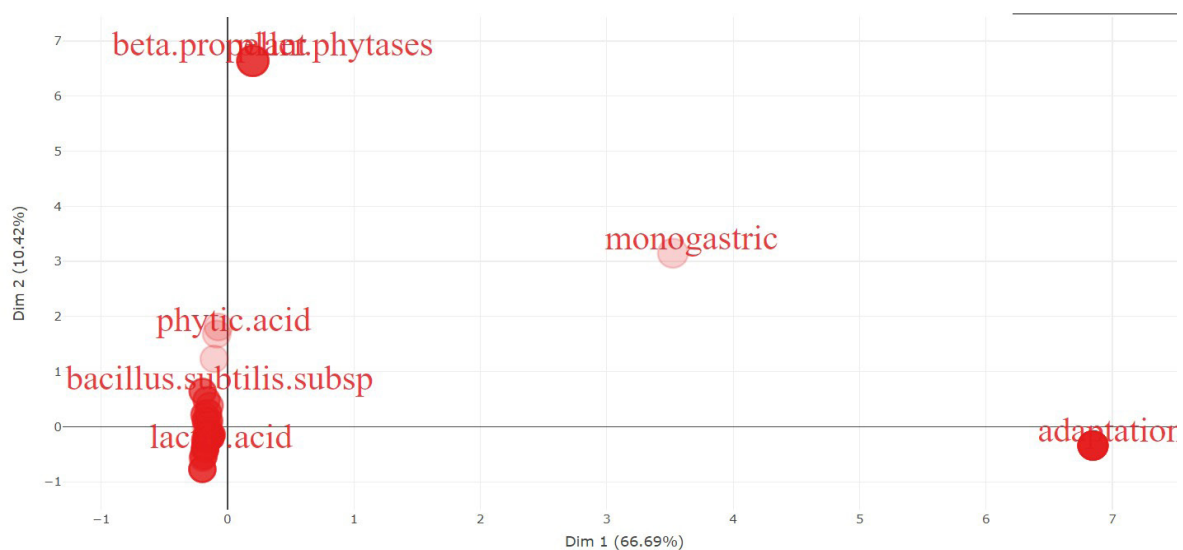


Figura 5. Análise de correspondência múltipla dos termos mais utilizados nas publicações avaliadas.

A Figura 6 mostra o mapa temático gerado para o uso de *Bacillus* spp. na nutrição de monogástricos, que contém os termos mais utilizados relacionados ao tema dentro das publicações. Com isso, podemos inferir que os temas mais desenvolvidos e importantes encontrados dizem respeito ao efeito da fermentação dos probióticos na saúde intestinal e *Bacillus* como aditivo alimentar para a microbiota intestinal de monogástricos. Os temas do quadrante superior direito indicam forte centralidade e alta densidade, sendo chamados de temas motores⁽¹⁰⁾, enquanto os temas básicos “beta-mannase” e “applications” são temas pouco desenvolvidos, mas importantes na área em que se estuda a utilização de probióticos na nutrição de monogástricos. Já os temas “enzyme in the diet of monogastrics” e “expression of beta-helical phytase and” emergem dentro dos temas relevantes, mostrando que eles ainda não foram completamente explorados, mas têm potencial para contribuir acerca do entendimento do papel dos

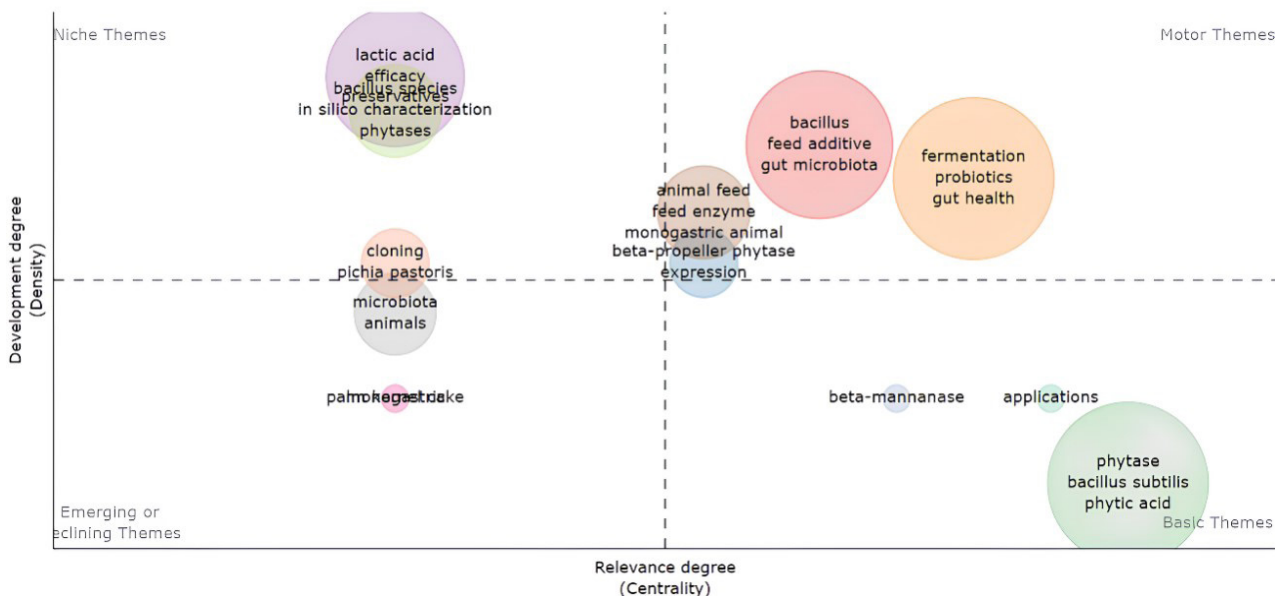


Figura 6. Mapa temático dos termos mais utilizados nos artigos pesquisados.

3.3. Ação das bactérias do gênero *Bacillus* na dieta de animais monogástricos

Os efeitos da suplementação com diferentes cepas de *Bacillus* na alimentação de frangos, sua inclusão e os resultados de desempenho são apresentados na Tabela 1. Entre os benefícios decorrentes da suplementação com as diferentes cepas, tem-se que a inclusão de *B. subtilis* LS 1-2 na proporção de 108 UFC/g de ração apresenta melhorias lineares no consumo de ração, no ganho de peso (1,639 kg para 1,769 kg) e na conversão alimentar (1,8 para 1,7), com a bactéria se mostrando promissora na promoção do crescimento e eficiência alimentar em frangos⁽¹¹⁾. A cepa de *B. subtilis* DSM32315, estudada por Hernandez-Patlan *et al.*⁽¹²⁾ e por Whelan *et al.*⁽¹³⁾, também foi eficiente para a microbiota intestinal de frangos por reduzir patógenos oportunistas (106 esporos/g de ração) e por controlar a proliferação de *Clostridium perfringens* (2 ×10⁹ UFC/g). Já a inclusão de *B. coagulans* na concentração de 5 ×10⁹ UFC/kg de ração resultou em um aumento de peso corporal (1,812 kg para 2,10 kg), no ganho médio diário (42g para 49g) e na capacidade antioxidante, mostrando-se promissor não apenas em promover o crescimento das aves, mas também em protegê-las contra o estresse oxidativo⁽¹⁴⁾.

Outra cepa de *B. liqueniforme*, ao ser incluída na dieta na concentração de 1×10⁶ UFC/g, apresentou melhorias notáveis na morfologia intestinal e na capacidade antioxidante das aves⁽¹⁵⁾. Já o consórcio das cepas de *B. subtilis* + *B. amyloliquefaciens* (106 esporos/g ração), *B. subtilis* var. natto N21 (BS) + *B. coagulans* L12 (106 UFC/g de ração) e *B. subtilis* (NP122, B2 e AM0904 Sporulin®, Novus International Inc.) apresentaram melhorias na absorção de nutrientes⁽¹⁶⁾, aumento do ganho médio diário⁽¹⁷⁾, melhora na conversão alimentar e desempenho de crescimento⁽¹⁸⁾.

Tabela 1. Relação entre as cepas de *Bacillus* spp. utilizadas na suplementação, inclusão e resultados de desempenho zootécnico em frangos.

Cepa	Inclusão	Desempenho	Referência
<i>B. subtilis</i> LS 1-2	10 ⁸ UFC/g ração	Melhora linear no consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar	Sen et al. (2012) ⁽¹¹⁾
<i>B. subtilis</i> <i>B. amyloliquefaciens</i>	10 ⁶ esporos /g ração	Melhora da integridade intestinal e absorção de nutrientes	Latorre et al. (2015) ⁽¹⁶⁾
<i>B. subtilis</i> DSM 32315	10 ⁶ esporos/g ração	Estabilização da microbiota e prevenção de patógenos oportunistas	Hernandez-Patlan et al. (2019) ⁽¹²⁾
<i>B. coagulans</i>	5×10 ⁹ UFC/kg ração	Aumento de peso corporal, ganho médio diário e aumento da capacidade antioxidante	Zhang et al. (2021) ⁽¹⁴⁾
<i>B. liqueniforme</i> cepa H2 (CCTCC NO: M2011133)	1×10 ⁶ UFC/g dieta	Melhora na morfologia intestinal e capacidade antioxidante	Zhao et al. (2020) ⁽¹⁵⁾
<i>B. subtilis</i> DSM32315	2×10 ⁹ UFC/g	Controle da proliferação de <i>C. perfringens</i> no intestino de frangos de corte	Whelan et al. (2019) ⁽¹³⁾
<i>B. subtilis</i>	1,5×10 ⁵ UFC/g	Melhora do crescimento, aumento dos níveis de óxido nítrico e diminuição dos anticorpos específicos para coccídios em frangos	Lee et al. (2014) ⁽¹⁹⁾
<i>B. subtilis</i> var. <i>natto</i> N21 <i>B. coagulans</i> L12	10 ⁶ UFC/g de ração	Melhora na conversão alimentar, peso final da carcaça e desempenho de crescimento	Yeh, Hsieh e Chen (2018) ⁽¹⁸⁾
<i>B. subtilis</i> (NP122, B2 e AM0904 Sporulin®, Novus International Inc.)	250g/ton.	Aumento do ganho médio diário e eficiência alimentar	Hayashi et al. (2018) ⁽¹⁷⁾

UFC = unidade formadora de colônia

Na tabela 2 são apresentados os resultados da utilização das cepas de *Bacillus* na nutrição de suínos. A inclusão de *B. cereus* (1012 esporos/kg de ração) demonstrou melhorias notáveis no valor da conversão alimentar dos leitões desmamados com 1,904 e 2,099 para os grupos que receberam probiótico comercial (tratado) e ração básica (controle), respectivamente. Em termos de consumo alimentar, o grupo que recebeu probiótico consumiu 10% menos alimento para atingir o mesmo peso que o grupo controle⁽²⁰⁾, sugerindo seu potencial para otimizar a eficiência alimentar dos suínos. Esses resultados são semelhantes aos que Li, Jiang e Qiao⁽²¹⁾ encontraram quando incluíram *B. subtilis* a 107 UFC/kg de ração e observaram um aumento do ganho médio diário (252 para 285g/dia) e uma melhora na taxa de conversão alimentar (1,56 para 1,43). Adicionalmente, a inclusão de *B. subtilis* KN-42, em concentrações de 4×10⁹ UFC ou de 20×10⁹ UFC/kg de ração apresentou melhorias no ganho médio diário (885 para 897g/dia) e eficiência alimentar em comparação com grupos sem suplementação⁽²²⁾, destacando sua capacidade em promover um crescimento mais eficaz nos suínos.

Em relação à saúde digestiva, o uso de *B. subtilis* DSM32315 na concentração de 2×10⁹ UFC/g mostrou-se eficaz com melhor diversidade, composição e metabólitos da microbiota intestinal⁽²³⁾, como também *B. subtilis* ASAG 216 com 1×10⁸ UFC/mL se destacou por melhorar a função imunológica, capacidade antioxidante e integridade intestinal de leitões⁽²⁴⁾. Outra descoberta relevante foi observada com *B. amyloliquefaciens* SC06, em que a inclusão de 100 mg/kg ou 10⁹ UFC/kg resultou em uma redução significativa na incidência de diarreia em leitões desmamados⁽²⁵⁾.

A combinação de *B. subtilis* e *B. coagulans* com inclusões de 2,5 a 5% na dieta também aumentou significativamente o desempenho de crescimento e a imunidade em suínos em fase de terminação⁽²⁶⁾, sugerindo um potencial para promover um crescimento saudável e uma resposta imunológica robusta nessa fase crítica do desenvolvimento suíno.

Tabela 2. Relação entre as cepas de *Bacillus* spp. utilizadas na suplementação, inclusão e os resultados de desempenho zootécnico e imunológico em suínos.

Cepa	Inclusão	Desempenho	Referência
<i>B. cereus</i>	10 ¹² esporos/kg de ração	Melhora na conversão alimentar e no consumo de ração	Zani et al. (1998) ⁽²⁰⁾
<i>B. subtilis</i> DSM32315	2×10 ⁹ UFC/g	Melhora na diversidade, na composição e nos metabólitos da microbiota intestinal	Ding et al. (2021) ⁽²³⁾
<i>B. subtilis</i>	10 ⁷ UFC /kg de ração;	Aumento de ganho médio diário e melhora da taxa de conversão alimentar	Li, Jiang e Qiao (2021) ⁽²¹⁾
<i>B. subtilis</i> ASAG 216	1×10 ⁸ UFC/mL	Melhora na função imunológica, na capacidade antioxidante e na integridade intestinal dos leitões	Jia et al. (2021) ⁽²⁴⁾
<i>B. amiloliquefaciens</i> SC06	100 mg/kg de 10 ⁹ UFC/kg	Diminuição da incidência de diarreia dos leitões desmamados	Ji et al. (2013) ⁽²⁵⁾
<i>B. subtilis</i> KN-42	4×10 ⁹ UFC e 20×10 ⁹ UFC/kg de ração	Melhora no GMD e na eficiência alimentar em relação ao grupo sem suplementação	Peet-Schwering et al. (2020) ⁽²²⁾
<i>B. subtilis</i> <i>B. coagulans</i>	2,5 a 5% de inclusão na dieta	Aumento do desempenho de crescimento e da imunidade em suínos em terminação	Huang et al. (2021) ⁽²⁶⁾

UFC = unidade formadora de colônia

4. Discussão

A presença de *B. subtilis* como um ponto central na rede da pesquisa metodológica desta revisão indica que essa espécie tem sido o foco central de interesse nos estudos de monogástricos, como frangos e suínos. Todas as pesquisas encontradas buscaram investigar os efeitos das bactérias do gênero *Bacillus* via alimentação, desde sua atuação em processos de fermentação até o seu impacto na saúde e no desempenho de animais monogástricos.

Na literatura, é reportado que as espécies de *Bacillus* mostram-se eficientes como probióticos devido à sua capacidade em formar esporos, que lhes configura resistência a condições adversas, como sobrevivência a temperaturas extremas durante o processo de peletização da ração, condições extremas de pH, desidratação e altas pressões^(27, 28, 29). O gênero *Bacillus* também é excelente na produção de substâncias, desde enzimas extracelulares, que melhoram a digestibilidade dos alimentos e a absorção de nutrientes, até substâncias antagonistas que controlam a presença de outras bactérias patogênicas no mesmo ambiente^(13,30).

Os dados expostos nas Tabelas 1 e 2 mostram a eficácia de *Bacillus* spp. em melhorar o desempenho de frangos de corte e suínos. Diversas cepas, como *B. subtilis* var. natto N21 (BS), *B. subtilis* LS 1-2 e *B. amyloliquefaciens* DSM 25.840, demonstraram melhorias significativas no ganho de peso, na conversão alimentar e na eficiência alimentar dos animais. Esses resultados corroboram com Bahaddad *et al.*⁽³¹⁾, que sugerem o uso de cepas de *Bacillus* como suplemento alimentar benéfico para monogástricos, destacando o aumento do teor de aminoácidos digestíveis na dieta e o estabelecimento de uma microbiota intestinal saudável.

Além do efeito benéfico ao desempenho, bactérias do gênero *Bacillus* também apresentam melhorias na resposta imunológica dos animais, principalmente em casos de diarreias. É sabido que, na mucosa intestinal, há presença de folículos linfóides solitários, que, frente ao imunoestimulante, responde aumentando o número desses folículos (que controlam o desenvolvimento do tecido linfóide associado ao intestino) e melhorando a função dos macrófagos⁽³²⁾. Outra via que também contribui para melhorar a imunidade é a competição pela colonização da mucosa com as bactérias patogênicas, reduzindo a carga de patógenos e, conseqüentemente, o risco da contaminação de produtos de origem animal com patógenos nocivos de origem alimentar⁽³³⁾.

Também foi observada uma variação nas dosagens recomendadas e nas cepas utilizadas, destacando-se a importância em se considerar a dose e a especificidade da cepa em relação à espécie animal, principalmente quando se leva em consideração a idade, como as primeiras semanas de vida, consideradas sensíveis e críticas em todas as espécies⁽³⁴⁾. Essa variação ressalta a necessidade de mais pesquisas para compreender completamente os efeitos das cepas de *Bacillus* em diferentes contextos da produção animal.

A suplementação com *Bacillus* apresenta efeitos distintos entre aves e suínos devido às diferenças fisiológicas e digestivas dessas espécies. Em frangos, os benefícios estão, principalmente, na melhora do crescimento, na eficiência alimentar e na absorção de nutrientes, com impacto positivo na estrutura intestinal e na proteção contra o estresse oxidativo. Já em suínos, além do ganho de peso e da conversão alimentar, há uma ênfase maior na estabilidade da microbiota, na redução de distúrbios intestinais e no fortalecimento da resposta imunológica, especialmente em fases críticas do desenvolvimento.

Os resultados desses estudos têm implicações significativas para a indústria avícola e suinícola, pois fornecem orientações valiosas para a utilização de cepas de *Bacillus* como suplemento alimentar em dietas de frangos de corte e suínos. Essas recomendações podem auxiliar, ainda, os produtores na melhoria do desempenho e da eficiência de produção dos animais, contribuindo para uma produção pecuária mais sustentável e econômica, além de estimular pesquisas de seus efeitos em outras espécies de animais.

5. Conclusão

As cepas de *Bacillus* surgem como uma abordagem promissora para otimizar o desempenho e a saúde de monogástricos na produção animal, incentivando a utilização desses probióticos como uma ferramenta eficaz na produção animal.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesses.

Declaração de disponibilidade de dados

Os dados serão fornecidos mediante solicitação ao autor correspondente.

Contribuições do autor

Conceituação: Conceição, J. S. Curadoria de dados: Conceição, J. S.; Carvalho, S. A.; Santos, C. L.; Pereira, E.; Melo, M. Análise formal: Conceição, J. S.; Carvalho, S. A.; Evangelista-Barreto, N. S. Metodologia: Conceição, J. S. Investigação: Conceição, J. S.; Carvalho, S. A.; Santos, C. L.; Pereira, E.; Melo, M. Supervisão: Evangelista-Barreto, N. S. Validação e visualização: Conceição, J. S. Redação (esboço original): Conceição, J. S.; Carvalho, S. A.; Santos, C. L.; Pereira, E.; Melo, M. Redação (revisão e edição): Conceição, J. S.; Carvalho, S. A.; Evangelista-Barreto.

Referências

1. Anee IJ, Alam S, Begum RA, Shahjahan RM, Khandaker AM. The role of probiotics on animal health and nutrition. J Basic Appl Zool. 2021 [cited 2024 Jul 20];82(1):1-16. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41936-021-00250-x>
2. Arsène MMJ, Davares AKL, Andreevna SL, Vladimirovich EA, Carime BZ, Marouf R, Khelifi I. The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics. Vet World. 2021 [cited 2024 Jul 20];14(2):319-328. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14202/vetworld.2021.319-328>
3. Markowiak P, Śliżewska K. The role of probiotics, prebiotics and synbiotics in animal nutrition. Gut Pathog. 2018 [cited 2024 Jul 20];10(1):1-20. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13099-018-0250-0>
4. Bhogoju S, Nahashon S. Recent advances in probiotic application in animal health and nutrition: a review. Agriculture. 2022 [cited 2024 Jul 20];12(2):1-16. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture12020304>
5. Aria M, Cuccurullo C. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. J Informetr. 2017 [cited 2024 Jul 20];11(4):959-975. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
6. Van Eck N, Waltman L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics. 2010;84(2):523-538. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
7. Hubert JJ. Linguistic indicators. Soc Indic Res. 1980;8(2):223-255. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00286478>
8. Aria M, Misuraca M, Spano M. Mapping the evolution of social research and data science on 30 years of Social Indicators Research. Soc Indic Res. 2020 [cited 2024 Jul 20];149(3):803-831. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/s11205-020-02281-3>
9. McCain RA. A linguistic conception of rationality. Soc Sci Inf. 1991 [cited 2024 Jul 20];30(2):233-255. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1177/053901891030002002>
10. Cobo MJ, López-Herrera AG, Herrera-Viedma E, Herrera F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: a practical application to the fuzzy sets theory field. J Informetr. 2011 [cited 2024 Jul 20];5(1):146-166. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joi.2010.10.002>

11. Sen S. Effect of supplementation of *Bacillus subtilis* LS 1-2 to broiler diets on growth performance, nutrient retention, caecal microbiology and small intestinal morphology. *Res Vet Sci*. 2012 [cited 2024 Jul 20];93(1):264-268. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2011.05.021>
12. Hernandez-Patlan D, Solis-Cruz B, Pontin KP, Hernandez-Velasco X, Merino-Guzman R, Adhikari B, et al. Impact of a *Bacillus* direct-fed microbial on growth performance, intestinal barrier integrity, necrotic enteritis lesions, and ileal microbiota in broiler chickens using a laboratory challenge model. *Front Vet Sci*. 2019 [cited 2024 Jul 20];6:108. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fvets.2019.00108>
13. Whelan RA, Doranalli K, Rinttilä T, Vienola K, Jurgens G, Apajalahti J. The impact of *Bacillus subtilis* DSM 32315 on the pathology, performance, and intestinal microbiome of broiler chickens in a necrotic enteritis challenge. *Poult Sci*. 2019 [cited 2024 Jul 20];98(9):3450-3463. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pey500>
14. Zhang B. Effects of *Bacillus coagulans* on growth performance, antioxidant capacity, immunity function, and gut health in broilers. *Poult Sci*. 2021 [cited 2024 Jul 20];100(6):101168. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.psj.2021.101168>
15. Zhao Y. Dietary probiotic *Bacillus licheniformis* H2 enhanced growth performance, morphology of small intestine and liver, and antioxidant capacity of broiler chickens against *Clostridium perfringens*-induced subclinical necrotic enteritis. *Probiotics Antimicrob Proteins*. 2020 [cited 2024 Jul 20];12:883-895. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12602-019-09597-8>
16. Latorre JD. Evaluation of a *Bacillus* direct-fed microbial candidate on digesta viscosity, bacterial translocation, microbiota composition and bone mineralisation in broiler chickens fed on a rye-based diet. *Br Poult Sci*. 2015 [cited 2024 Jul 20];56(6):723-732. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/00071668.2015.1101053>
17. Hayashi RM. Effect of feeding *Bacillus subtilis* spores to broilers challenged with *Salmonella enterica* serovar Heidelberg Brazilian Strain UPR1 on performance, immune response, and gut health. *Front Vet Sci*. 2018 [cited 2024 Jul 20];5:1-12. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fvets.2018.00013>
18. Yeh RH, Hsieh CW, Chen KL. Screening lactic acid bacteria to manufacture two-stage fermented feed and pelleting to investigate the feeding effect on broilers. *Poult Sci*. 2018 [cited 2024 Jul 20];97(1):236-246. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex300>
19. Lee SH, Ingale SL, Kim JS, Kim KH, Lokhande A, Kim EK, et al. Effects of dietary supplementation with *Bacillus subtilis* LS 1-2 fermentation biomass on growth performance, nutrient digestibility, cecal microbiota and intestinal morphology of weanling pig. *Anim Feed Sci Technol*. 2014 [cited 2024 Jul 20];188:102-110. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.12.001>
20. Zani JL, Cruz FW da, Santos AF dos, Gil-Turnes C. Effect of probiotic CenBiot on the control of diarrhoea and feed efficiency in pigs. *J Appl Microbiol*. 1998 [cited 2024 Jul 20];84:68-71. Disponível em: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1997.00309.x>
21. Li HH, Jiang XR, Qiao JY. Effect of dietary *Bacillus subtilis* on growth performance and serum biochemical and immune indexes in weaned piglets. *J Appl Anim Res*. 2021 [cited 2024 Jul 20];49(1):83-88. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09712119.2021.1877717>
22. Peet-Schwering CMC van der, Verheijen R, Jørgensen L, Raff L. Effects of a mixture of *Bacillus amyloliquefaciens* and *Bacillus subtilis* on the performance of growing-finishing pigs. *Anim Feed Sci Technol*. 2020 [cited 2024 Jul 20];261(114409). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114409>
23. Ding H. Dietary supplementation with *Bacillus subtilis* DSM 32315 alters the intestinal microbiota and metabolites in weaned piglets. *J Appl Microbiol*. 2021 [cited 2024 Jul 20];130(1):217-232. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jam.14767>
24. Jia R, Sadiq FA, Liu W, Cao L, Shen Z. Protective effects of *Bacillus subtilis* ASAG 216 on growth performance, antioxidant capacity, gut microbiota and tissue residues of weaned piglets fed deoxynivalenol contaminated diets. *Food Chem Toxicol*. 2021 [cited 2024 Jul 20];148:111962. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2020.111962>
25. Ji J, Hu S, Zheng M, Du W, Shang Q, Li W. *Bacillus amyloliquefaciens* SC06 inhibits ETEC-induced pro-inflammatory responses by suppression of MAPK signaling pathways in IPEC-1 cells and diarrhea in weaned piglets. *Livest Sci*. 2013 [cited 2024 Jul 20];158(1-3):206-214. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2013.09.017>
26. Huang HJ, Weng BC, Hsuuw YD, Lee YS, Chen KL. Dietary supplementation of two-stage fermented feather-soybean meal product on growth performance and immunity in finishing pigs. *Animals*. 2021 [cited 2024 Jul 20];11(6):1527. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/ani11061527>
27. Latorre JD, Hernandez-Velasco X, Vicente JL, Wolfenden R, Hargis BM, Tellez G. Effects of the inclusion of a *Bacillus* direct-fed microbial on performance parameters, meat quality, recovered gut microflora, and intestinal morphology in broilers consuming a grower diet containing corn distillers dried grains with solubles. *Poult Sci*. 2017 [cited 2024 Jul 20];96(8):2728-2735. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pex082>

28. Kim J, Bayo J, Cha J, Choi YJ, Jung MY, Kim D, *et al.* Investigating the probiotic characteristics of four microbial strains with potential application in feed industry. PLoS One. 2019 [cited 2024 Jul 20];14(6). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0218922>
29. Soares MB. Behavior of different *Bacillus* strains with claimed probiotic properties throughout processed cheese ("requeijão cremoso") manufacturing and storage. Int J Food Microbiol. 2019 [cited 2024 Jul 20];307. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108288>
30. Dutta D, Ghosh K. Screening of extracellular enzyme-producing and pathogen inhibitory gut bacteria as putative probiotics in mrigal, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton, 1822). Int J Fish Aquat Stud. 2015;2(4):310-318.
31. Bahaddad SA, Almalki MH, Alghamdi OA, Sohrab SS, Yasir M, Azhar El, *et al.* *Bacillus* species as direct-fed microbial antibiotic alternatives for monogastric production. Probiotics Antimicrob Proteins. 2023 [cited 2024 Jul 20];15(1):1-16. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12602-022-09909-5>
32. Latorre JD. Evaluation and selection of *Bacillus* species based on enzyme production, antimicrobial activity, and biofilm synthesis as direct-fed microbial candidates for poultry. Front Vet Sci. 2016 [cited 2024 Jul 20];3:1-2. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3389/fvets.2016.00095>
33. Wan MLY, Forsythe SJ, El-Nezami H. Probiotics interaction with foodborne pathogens: a potential alternative to antibiotics and future challenges. Crit Rev Food Sci Nutr. 2018 [cited 2024 Jul 20];59(20):3320-3333. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2018.1490885>
34. Ruiz Sella SRB, Bueno T, Oliveira AAB de, Karp SG, Soccol CR. *Bacillus subtilis* natto as a potential probiotic in animal nutrition. Crit Rev Biotechnol. 2021 [cited 2024 Jul 20];41(3):355-369. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/07388551.2020.1858019>