

EFEITO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS SOBRE O DESENVOLVIMENTO DE *ASPERGILLUS BRASILIENSIS* EM RAÇÕES PARA SUÍNOS

EFFECT OF ORGANIC ACIDS ON THE DEVELOPMENT OF *ASPERGILLUS BRASILIENSIS* IN SWINE FEED

Natalia de Souza Gati¹

Discente da Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Maringá-PR, Brasil.

<https://orcid.org/0009-0002-1103-2502>
nataliasouza6678@gmail.com

Thainá Blasques Silva²

Mestre em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Maringá-PR, Brasil.

<https://orcid.org/0009-0005-2267-7025>
thaina_blasques@hotmail.com

Rogério Aleson Dias Bezerra²

Doutor em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Maringá-PR, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0003-4352-6654>
radbezerra.ct@uem.br

Mariana Cardoso de Souza²

Mestre em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Zootecnia, Maringá-PR, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-3259-0581>
marianacardosodesouza97@gmail.com

Magali Soares dos Santos Pozza³

Universidade Estadual de Maringá, Docente. Departamento de Zootecnia, Maringá-PR, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-3500-1914>
msspozza@uem.br

Paulo Cezar Pozza³

Universidade Estadual de Maringá, Docente. Departamento de Zootecnia, Maringá-PR, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-8453-7371>
pcpozza@uem.br

¹Administração do Projeto

²Análise Formal, Metodologia

³Obtenção de recursos, revisão escrita científica

Recebido: 12/01/2026. Parecer: 09/06/2026. Corrigido: 13/07/2026. Aprovado: 25/08/2026.

Publicado: 28/08/2026



Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

RESUMO

Objetivou-se avaliar o desenvolvimento de *Aspergillus brasiliensis* em formulações de ração para suínos contendo ácidos orgânicos durante o armazenamento. A ração farelada foi formulada na Fábrica de Ração da Fazenda Experimental Iguatemi (FEI). Foram preparados 100 kg de ração, posteriormente divididos em quatro tratamentos experimentais. A suspensão de esporos de *A. brasiliensis* foi padronizada na concentração de $5,0 \times 10^6$ esporos mL^{-1} . A contaminação experimental foi realizada por meio da inoculação de 1 mL da suspensão para cada 100 g de ração. Os tratamentos consistiram em ração controle sem inóculo e sem ácidos orgânicos (controle negativo – CN), ração inoculada sem ácidos orgânicos (CI), ração inoculada com ácido fumárico (AF) e ração inoculada com ácido benzóico (AB), ambos aplicados na concentração de 0,2% por kg de ração. Após o preparo, as amostras foram armazenadas por 30 dias em condições ambientais, com temperatura média de 25 ± 2 °C, em ambiente ventilado, protegido da luz solar direta e sobre estrados, simulando condições práticas de armazenamento. As análises foram realizadas em cinco tempos de avaliação (0, 7, 14, 21 e 30 dias), com todas as determinações conduzidas em triplicata. Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na redução da contagem total de fungos entre os tratamentos, bem como nos teores de matéria seca. As rações contendo ácidos orgânicos apresentaram redução do pH, enquanto a atividade de água permaneceu abaixo dos valores ideais para o crescimento fúngico durante todo o período experimental. Os ácidos avaliados não demonstraram eficácia na inibição do crescimento fúngico, possivelmente em decorrência da baixa atividade de água das rações experimentais, embora menores valores de pH tenham sido observados nos tratamentos contendo ácidos orgânicos.

Palavras-chave: Ácido fumárico. Ácido benzóico. Contaminação fúngica. Ração animal.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the development of *Aspergillus brasiliensis* in swine feed formulations containing organic acids during storage. The mash feed was formulated at the Animal Feed Factory of the Iguatemi Experimental Farm (FEI). A total of 100 kg of feed was produced and subsequently divided into four experimental treatments. The *A. brasiliensis* spore suspension was standardized at a concentration of 5.0×10^6 spores mL^{-1} . Experimental contamination was performed by inoculating 1 mL of the suspension into each 100 g of feed. The treatments consisted of feed without inoculum and without organic acids (negative control – NC), inoculated feed without organic acids (IC), inoculated feed supplemented with fumaric acid, and inoculated feed supplemented with benzoic acid, both applied at a concentration of 0.2% per kg of feed. After preparation, the samples were stored for 30 days under ambient conditions, at an average temperature of 25 ± 2 °C, in a well-ventilated environment, protected from direct sunlight and placed on pallets to simulate practical storage conditions. Analyses were performed at five evaluation times (0, 7, 14, 21, and 30 days), with all determinations conducted in triplicate. No significant differences ($p > 0.05$) were observed in the reduction of total fungal counts among the treatments, nor in the dry matter content. Feed containing organic acids showed a reduction in pH, while water activity remained below the values considered ideal for fungal growth throughout the experimental period. The evaluated acids did not demonstrate efficacy in inhibiting fungal growth, possibly due to the low water activity of the experimental feeds, although lower pH values were observed in the treatments containing organic acids.

Keywords: Animal feed. Benzoic acid. Fumaric acid. Fungal contamination.

1 INTRODUÇÃO

A conservação adequada de rações é fundamental para garantir a qualidade nutricional e a segurança do alimento fornecido aos animais. A contaminação por fungos pode ocasionar deterioração física, química e microbiológica das rações, comprometendo sua qualidade e reduzindo sua vida útil. Nesse contexto, a adoção de boas práticas de armazenamento, como o controle da umidade, ventilação adequada e utilização de conservadores, é essencial para prevenir a proliferação de microrganismos (Food and Agriculture Organization – FAO, 1987).

Aspergillus brasiliensis caracteriza-se como um fungo filamentoso amplamente distribuído no ambiente, sendo responsável pela deterioração e pelas alterações nutricionais das rações, além da produção de aflatoxinas, que comprometem a segurança dos alimentos destinados aos animais (Ahmad; Wang; Liu, 2025). No Brasil, a Portaria SDA/MAPA nº 1.412/2025 estabelece o limite máximo de 20 µg/kg para aflatoxinas totais e determina que rações com contagens superiores a 10.000 UFC/g não devem ser fornecidas aos produtores, sendo esse valor considerado o limite de rejeição (GMP Brasil, 2025).

Nesse sentido, o Codex Alimentarius, da Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), recomenda a adoção de medidas

preventivas para reduzir a contaminação fúngica em grãos e ingredientes utilizados na fabricação de rações, como parte das estratégias voltadas à segurança alimentar animal (FAO, 2007; Yan, 2018). Entre essas medidas, destaca-se o uso de conservadores, definidos como substâncias adicionadas intencionalmente aos alimentos e às rações, sem finalidade nutritiva, cuja função tecnológica é prevenir ou retardar alterações químicas, físicas, biológicas ou sensoriais, incluindo a deterioração causada por microrganismos e por reações enzimáticas e oxidativas (ANVISA, 2025; EMBRAPA, 2021; Barros; Santos; Oliveira, 2021).

O controle do crescimento microbiano por conservadores químicos à base de ácidos orgânicos está diretamente relacionado ao pH do meio. A maioria desses compostos apresenta valores de pKa entre 3,0 e 5,0, de modo que a redução do pH favorece o aumento da fração não dissociada, responsável por sua atividade antimicrobiana (Almeida, 2011).

A seleção de um conservador deve considerar seu espectro de ação antimicrobiana, suas propriedades físico-químicas, as condições de processamento e armazenamento, bem como a qualidade inicial da matéria-prima. Nesse contexto, os ácidos orgânicos constituem uma alternativa promissora, por serem compostos naturalmente produzidos pelo metabolismo animal e vegetal e

amplamente distribuídos na natureza (Rebonatto, 2017; Ruschel, 2017).

Esses compostos atuam penetrando nas células microbianas em sua forma não dissociada e, posteriormente, dissociando-se no interior celular. Esse mecanismo promove alterações no pH citoplasmático, comprometendo processos metabólicos essenciais e podendo resultar na morte celular (Gricoletti, 2007). A aplicação de ácidos orgânicos em rações contaminadas por fungos tem demonstrado eficácia na redução do desenvolvimento de fungos filamentosos, contribuindo para a melhoria da qualidade e da segurança das rações, além de reduzir os riscos à saúde animal (Bezerra *et al.*, 2025).

Entre os ácidos orgânicos mais utilizados destacam-se os ácidos acético, benzóico, butírico, cítrico, fórmico, láctico, málico, propiônico e tartárico (Pickler *et al.*, 2012). Além desses compostos, substâncias com ação descontaminante, como o formaldeído, também têm sido empregadas no controle da contaminação fúngica em rações (Okuma, 2018). Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o desenvolvimento de *Aspergillus brasiliensis* em uma formulação de ração para suínos contendo ácidos orgânicos durante o armazenamento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fábrica de ração da Fazenda Experimental Iguatemi (FEI), pertencente à Universidade Estadual de Maringá (UEM) e no laboratório do Centro Mesorregional de Excelência em Tecnologia do Leite (Comcap-Fei).

A cepa de *Aspergillus brasiliensis* (MK 16404) foi reativada em meio Ágar Sabouraud Dextrose (SDA). O meio de cultura foi preparado de acordo com as instruções do fabricante, esterilizado em autoclave a 121 °C por 15 minutos e vertido assepticamente em placas de Petri estéreis. Após a solidificação do meio, a cepa foi inoculada por estriamento na superfície do ágar e incubada a 25 °C por sete dias, em incubadora microbiológica, para obtenção de crescimento fúngico adequado.

Após o período de incubação, os esporos foram coletados e utilizados para o preparo de uma suspensão, cuja concentração foi ajustada para $5,0 \times 10^6$ esporos mL⁻¹, obtendo-se a padronização do inóculo. Foi formulada uma ração farelada para suínos em fase de terminação de acordo com as exigências nutricionais propostas por Rostagno *et al.* (2024) e apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição da ração para suínos fase de terminação contendo ácidos orgânicos.

Ingrediente	CN	CI	AF	AB
Grão de milho	73,6554	73,6554	73,6554	73,6554
Farelo de soja	20,5548	20,5548	20,5548	20,5548
Óleo Soja	3,1456	3,1456	3,1456	3,1456
Fosfato Bicálcico	0,8538	0,8538	0,8538	0,8538
Calcário calcítico	0,5682	0,5682	0,5682	0,5682
Premix mineral e vitamínico	0,4000	0,4000	0,4000	0,4000
Sal	0,3818	0,3818	0,3818	0,3818
Inerte	0,2000	0,2000	0,1000	0,1000
L Lisina HCl	0,1148	0,1148	0,1148	0,1148
L Treonina	0,0272	0,0272	0,0272	0,0272
Enramicina	0,0200	0,0200	0,0200	0,0200
DI - Metionina	0,0186	0,0186	0,0186	0,0186
BHT ²	0,0100	0,0100	0,0100	0,0100
Ácido Fumárico	0,0000	0,0000	0,1000	0,0000
Ácido Benzoico	0,0000	0,0000	0,0000	0,1000

Suplementação de vitaminas, minerais e aditivos por kg de produto: vitamina A, 30.000 UI; vitamina D₃, 5.000 UI; vitamina E, 120 UI; vitamina B₁₂, 120 µg; vitamina K, 5 mg; niacina, 150 mg; pantotenato de cálcio, 75 mg; ácido fólico, 8 mg; cloreto de colina, 0,48 g; ferro, 350 mg; cobre, 15 mg; magnésio, 250 mg; zinco, 750 mg; iodo, 10 mg; selênio, 3 mg. ² BHT (hidroxitolueno butilado). CN: ração controle, sem inoculação fúngica e sem adição de ácidos orgânicos. CI: ração inoculada com *A. brasiliensis* e sem adição de ácidos orgânicos. Ácido fumárico e ácido benzoico: rações inoculadas com *A. brasiliensis* (1 mL da suspensão contendo $5,0 \times 10^6$ esporos mL⁻¹ para cada 100 g de ração) e suplementadas com 0,1% do respectivo ácido orgânico.

Fonte: Os autores

Foram produzidos 100 kg de ração, os quais foram divididos em quatro tratamentos, com 25 kg por tratamento, conforme: CN (controle negativo): ração sem inoculação fúngica e sem adição de ácidos orgânicos; CI (controle inoculado): ração inoculada com o fungo, sem adição de ácidos orgânicos; AF: ração inoculada com o fungo e suplementada com ácido fumárico; AB: ração inoculada com o fungo e suplementada com ácido benzoico. Para os tratamentos inoculados, foi adicionada uma suspensão de esporos de *A. brasiliensis* (MK 16404), utilizando-se 1 mL da suspensão para cada 100 g de ração,

de forma a garantir distribuição homogênea do inóculo.

Após a inoculação e a adição dos respectivos tratamentos, as amostras foram acondicionadas em condições ambientais, protegidas da luz, sobre estrados de madeira, em ambiente ventilado, e armazenadas por 30 dias à temperatura de aproximadamente 25 °C. Os tempos de avaliação (0, 7, 14, 21 e 30 dias) foram estabelecidos para monitorar semanalmente a evolução do desenvolvimento fúngico e das características físicas e microbiológicas da ração durante o armazenamento, abrangendo desde a inoculação até os 30

dias, período que normalmente as rações ficam armazenadas nas propriedades. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento foram obtidos na Estação Meteorológica da Fazenda Experimental de Iguatemi Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI, 2025).

As análises microbiológicas foram realizadas de acordo com a metodologia descrita por Silva *et al.* (2007). Para o preparo das amostras, 10 g de ração foram transferidos assepticamente para frascos contendo 90mL de água peptonada a 0,1% (HiMedia®, Índia), obtendo-se diluições decimais seriadas. A partir dessa suspensão, foram realizadas diluições decimais seriadas até a diluição adequada para contagem microbiológica. Alíquotas das diluições foram semeadas, em triplicata, em placas contendo Ágar Sabouraud Dextrose (SDA). As placas foram incubadas a 25 °C por sete dias, sendo posteriormente realizada a contagem das colônias e os resultados expressos em unidades formadoras de colônias por grama de ração (UFC g⁻¹).

A matéria seca foi determinada de acordo com a metodologia preconizada pelo Manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Inicialmente, os cadinhos foram previamente higienizados, secos em estufa a 105 °C por 1 hora, resfriados em dessecador, tarados e pesados. Posteriormente, aproximadamente 2g de

ração triturada foram adicionados a cada cadinho e submetidos à secagem em estufa previamente aquecida a 105 °C. As amostras permaneceram na estufa por 5 horas, até atingirem peso constante. Em seguida, os cadinhos foram resfriados em dessecador e pesados em balança analítica para determinação da matéria seca.

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada conforme a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Para isso, 10g de ração foram homogeneizados em 100mL de água destilada, sob agitação, até a obtenção de uma suspensão uniforme. Posteriormente, realizou-se a leitura do pH utilizando um pHmetro (NT-PHM), previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0, de acordo com as recomendações do fabricante.

A atividade de água (Aw) foi determinada utilizando o equipamento AQUALAB (Decagon Devices, modelo WP4C). Após a calibração do equipamento, aproximadamente 2 g de cada amostra foram pesados em cápsulas próprias para análise e, em seguida, inseridos no equipamento para realização da leitura, conforme metodologia descrita por Ruschel (2017).

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 4 × 5, composto por quatro tratamentos e cinco períodos de coleta. Os dados obtidos foram submetidos

à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, utilizando o procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (SAS Institute Inc., Cary, EUA). Efeitos foram declarados significativos quando o valor de probabilidade (p) foi menor que 0,05 ($p < 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$) na contagem de *A.*

brasiliensis entre os tratamentos. Esse resultado sugere que, nas condições experimentais avaliadas, a suplementação com ácido fumárico e ácido benzóico não foi suficiente para reduzir o crescimento fúngico. A principal explicação para esse comportamento parece estar relacionada à baixa atividade de água da ração, que permaneceu abaixo do limite mínimo necessário para o desenvolvimento do fungo (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2- Contagem de colônias de *A. brasiliensis* (log10) e características físico-químicas de ração farelada para suínos em terminação inoculada com *A. brasiliensis* ($5,0 \times 10^6$ esporos mL^{-1}) e suplementada com ácidos orgânicos.

Tratamento	UFC LOG ¹⁰	Aw	MS%	pH
Controle Negativo	2,75	0,53	90,21	6,09a
Controle com Inóculo	2,86	0,52	90,19	5,88a
Ácido Fumárico	2,92	0,54	89,6	5,67c
Ácido Benzóico	2,82	0,56	90,21	5,82bc
P valor	0,95	0,0001	0,33	0,0001

Valores médios de UFC (log10), atividade de água (Aw), matéria seca (MS%) e pH em diferentes tratamentos (controle negativo, controle com inóculo, ácido fumárico e ácido benzóico). Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna indicam diferença estatística significativa entre os tratamentos pelo teste de comparação de médias ($p < 0,05$).

Fonte: Os autores

No dia zero, observou-se menor contagem fúngica nas rações analisadas, uma vez que o período após a inoculação ainda era insuficiente para germinação e multiplicação dos esporos.

O tempo mínimo de desenvolvimento fúngico deve ser de 5 a 7 dias em condições ideais de alta atividade de água e temperatura elevada (Gimeno; Martins, 2011). No entanto, observou-se um aumento na contagem de colônias no dia 7 com estabilização nos demais períodos (14, 21, 30 dias).

Tabela 3. Contagem de colônias de *A. brasiliensis* (log10) e características físico-químicas de ração farelada para suínos em terminação, inoculada com *A. brasiliensis* e ácidos orgânicos.

Tempo (dias)	UFC LOG ¹⁰	Aw	MS%	pH
Dia Zero	1,06b	0,57b	94,34a	5,84ab
07 Dias	3,19a	0,53c	89,01ab	5,95a
14 Dias	2,93a	0,54bc	87,38ab	5,85ab
21 Dias	3,28a	0,48d	87,62b	6,00a
30 Dias	3,44a	0,59a	90,09ab	5,70b
<i>P valor</i>	0,0001	0,0001	0,015	0,001

Variação da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC log10), atividade de água (Aw), porcentagem de matéria seca (MS%) e pH durante o armazenamento nos tempos 0, 7, 14, 21 e 30 dias. Observa-se o efeito do tempo sobre os parâmetros avaliados. Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente entre si pelo teste de comparação de médias ($p < 0,05$). Valores de p indicam significância estatística entre os tempos de armazenamento.

Fonte: Os autores

A redução de apenas 0,10 na Aw (de 0,85 para 0,75) já é suficiente para atrasar a germinação fúngica em meses (Gimeno; Martins, 2011), favorecendo a estabilidade microbiológica da ração durante o armazenamento e contribuindo para sua conservação. A atividade de água é considerada um dos principais fatores limitantes do crescimento de fungos em alimentos e rações, pois determina a disponibilidade de água livre necessária ao metabolismo microbiano, a média de Aw foi de 0,538, muito abaixo do valor ótimo para proliferação fúngica, sendo o valor mínimo de 0,75 para crescimento do *A. brasiliensis* e valor ótimo de 0,80 (Beuchat, 1981). Em estudo de Guynot *et al.* (2005), os autores observaram que a eficácia do benzoato de sódio (sal de sódio do ácido benzóico) depende fortemente da combinação de baixa Aw e pH ácido, onde constatou-se que a inibição fúngica só foi eficaz em níveis baixos de Aw.

Verificou-se menor valor de Aw aos 21 dias de armazenamento (Tabela 3). Como já citado anteriormente, a redução da Aw aumenta o tempo de germinação dos esporos de fungos de 5-12 dias para 1-3 meses a 25°C, sugerindo que a Aw é o fator limitante de crescimento.

Houve efeito do tempo sobre a matéria seca, provavelmente em decorrência das oscilações de temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento, fatores que influenciam o equilíbrio higroscópico das rações. No início do experimento, a ração apresentou o maior teor de matéria seca (94,34%), coincidindo com temperatura média de 25,03 °C e umidade relativa do ar de 33,08%. Aos 21 dias foi observado o menor teor de matéria seca (87,62%), período em que a temperatura média atingiu 29,34 °C e a umidade relativa do ar 36,14%. Esses resultados sugerem que as condições ambientais podem ter contribuído para as variações no teor de matéria seca ao longo

do armazenamento, em razão das trocas de umidade entre a ração e o ambiente.

As oscilações de temperatura e umidade relativa do ambiente podem ser fatores que influenciam diretamente o equilíbrio higroscópico da ração durante o armazenamento. Após ponto de mínima umidade, observou-se elevação nos teores de matéria seca aos 30 dias chegando a 90,09% MS, valor que não diferiu estatisticamente dos demais tempos avaliados, exceto do registrado aos 21 dias. Tal comportamento pode indicar uma redistribuição interna de umidade no material ou estabilização das condições ambientais no período final do experimento. Considerando que rações fareladas possuem elevada porosidade e capacidade de intercâmbio higroscópico, pequenas variações ambientais podem resultar tanto em perdas quanto em incrementos de umidade.

Cabe destacar que, apesar da diferença significativa entre os tempos, não foram observadas diferenças entre os tratamentos ($p > 0,05$), o que demonstra que a variação da matéria seca decorreu predominantemente das condições ambientais de armazenamento e não das formulações empregadas.

Houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos para pH ($p < 0,05$) (Tabela 2). No entanto, a diminuição observada do pH nos tratamentos em relação ao controle

negativo, não refletiu na inibição do crescimento fúngico observado na análise microbiológica. Efeitos diferentes foram constatados por Moon *et al.* (2018), onde os autores não observaram crescimento fúngico de *Apergillus flavus* quando o meio foi tratado com 0,05% de ácido benzóico, 0,1% de ácido sórbico, 0,5% de ácido acético ou 0,5% de ácido butírico, uma vez que os agentes foram capazes de acidificar o meio a ponto de inibir o crescimento dos fungos, em circunstâncias semelhantes. Ao longo do armazenamento houve variação dos valores de pH (Tabela 3), o pH inicial foi de 5,84, refletindo o efeito acidificante dos ácidos orgânicos. Aos 7 dias, observou-se aumento do pH para 5,95, possivelmente relacionado às alterações químicas da matriz alimentar durante o armazenamento ou à neutralização parcial dos ácidos. No 14º dia, o pH manteve-se semelhante ao inicial (5,85), indicando estabilidade temporária. O menor valor foi registrado aos 21 dias (6,00), sugerindo ambiente menos ácido. Aos 30 dias ocorreu redução para 5,70, evidenciando o efeito residual dos ácidos orgânicos na manutenção da acidez da ração.

Em conjunto, os resultados demonstram que, embora os ácidos orgânicos tenham reduzido o pH da ração, essa acidificação não foi suficiente para promover efeito antifúngico adicional. A baixa atividade de água observada durante

todo o período experimental provavelmente constituiu o principal fator limitante ao desenvolvimento de *A. brasiliensis*, reduzindo a influência da acidificação promovida pelos conservadores.

4 CONCLUSÃO

Nas condições experimentais deste estudo, a suplementação da ração com ácido fumárico e ácido benzóico na concentração de 0,2% não foi eficaz para inibir o desenvolvimento de *A. brasiliensis* durante o armazenamento. A baixa atividade de água da ração constituiu o principal fator limitante ao crescimento fúngico, reduzindo a possibilidade de se observar efeito antifúngico adicional decorrente da acidificação promovida pelos ácidos orgânicos. Esses resultados indicam que, em rações com baixa atividade de água, o controle da umidade representa um fator mais determinante para a conservação microbiológica do que a utilização isolada desses ácidos orgânicos nas concentrações avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Aditivos alimentares e coadjuvantes de tecnologia**. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br/setorregulado/regularizacao/alimentos/aditivos-alimentares>. Acesso em: 3 dez. 2025.

AHMAD, T.; WANG, S.; LIU, Y. *Aspergillus flavus* and aflatoxins. **Toxins**, v. 17, n. 7, p.

326, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins17070326>

ALMEIDA, A. L. F. Conservantes químicos para alimentos. **Food Ingredients Brasil**, n. 18, p. 43-49, 2011.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Codex Alimentarius: **Producción de alimentos de origen animal**. 1. ed. Roma: FAO, 2007.

BARROS, F.; SANTOS, L.; OLIVEIRA, M. Conservação de alimentos pelo uso de aditivos: uma revisão. **Revista Alimentos**, Curitiba, v. 37, n. 1, p. 45-57, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/alimentos/article/view/55962>. Acesso em: 3 dez. 2025.

BEZERRA, R. A. D.; RATÃO, M. E. R.; BLASQUES, T. S.; SARAIVA, B. B.; ARAÚJO, G. A.; POZZA, P. C.; POZZA, M. S. S. Eficácia de ácidos orgânicos em rações experimentalmente contaminadas com *Aspergillus flavus*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 26, e77553P, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v26e-77553P>

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Conservação por aditivos**. Agência de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacaotecnologica/tematicas/tecnologias-de-alimentos/processos/tipos-de-processos/conservacao-por-aditivos>. Acesso em: 3 dez. 2025.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ (UEM). Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI). **Climatologia**. Disponível em: <http://www.fei.uem.br/climatologia.php>. Acesso em: 3 dez. 2025.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). How should I store my feeds? In: **Aquaculture feeding and feed storage manual**. Rome: FAO, 1987.

Disponível em:
<https://www.fao.org/4/s4314e/s4314e08.htm>. Acesso em: 3 dez. 2025.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008.

GIMENO, A.; MARTINS, M. L. **Micotoxinas e micotoxicose em animais e humanos**. 3. ed. Miami, FL: Special Nutrients, 2011. Disponível em: <http://specialnutrients.com/pdf/book/3%20edicion%20MICOTOXINAS%20LR%20Secure.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.

GMP + INTERNATIONAL. TS1.5 – **Specific feed safety limits**. Version 1, Jan. 2024. Disponível em: <https://www.gmpplus.org/feed-certification-scheme/scheme-documents/fsa-requirements/ts15/>. Acesso em: 3 dez. 2025.

GRIGOLETTI, C. **Associação de ácidos orgânicos no controle de fungos em grãos de milho armazenados**. 2007. 63 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

GUYNOT, M. E.; RAMOS, A. J.; SANCHIS, V.; MARÍN, S. Study of benzoate, propionate, and sorbate salts as mould spoilage inhibitors on intermediate moisture bakery products of low pH (4.5-5.5). **International Journal of Food Microbiology**, v. 101, n. 2, p. 161-168, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.003>

HERRERA, F. V.; CIRO, J.; PARRA, J. La adición de *Enterococcus faecium* aumenta la respuesta inmune intestinal en cerdos en crecimiento. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 65, n. 251, p. 389-398, 2016. DOI: <https://doi.org/10.21071/az.v65i251.701>.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz:**

métodos químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MOON, Y. S.; KIM, H. M.; CHUN, H. S.; LEE, S. E. Organic acids suppress aflatoxin production via lowering expression of aflatoxin biosynthesis-related genes in *Aspergillus flavus*. **Food Control**, v. 88, p. 207-216, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.01.017>.

OKUMA, T. A.; HUYNH, T. P.; HELLBERG, R. S. Use of enzyme-linked immunosorbent assay to screen for aflatoxins, ochratoxin A, and deoxynivalenol in dry pet foods. **Mycotoxin Research**, v. 34, n. 1, p. 69-75, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12550-017-0308-1>.

PÉRICAS, B. R.; AVILA, A. L.; CORREIA, C. E.; BAGGIO, P.; HASKEL, K. C.; GERMANO, A. C.; BATISTA, K. Z. S. Fungos causadores de micotoxicoses em suínos. **Revista de Educação Continuada em Medicina Veterinária e Zootecnia do CRMV-SP**, São Paulo, v. 19, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.36440/recmvz.v20i1.38141>

PERRONE, G.; SUSCA, A.; COZZI, G.; EHRLICH, K.; VARGA, J.; FRISVAD, J. C.; MEIJER, M.; NOONIM, P.; MAHAKARNCHANAKUL, W.; SAMSON, R. A. Biodiversity of *Aspergillus* species in some important agricultural products. **Studies in Mycology**, Amsterdam, v. 59, p. 53-66, 2007. Disponível em: <https://www.studiesinmycology.org/sim/Sim59/sim59.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2025.

PICKLER, L.; HAYASHI, R. M.; LOURENÇO, M. C.; MIGLINO, L. B.; CARON, L. F.; BEIRÃO, B. C. B.; SILVA, A. V. F.; SANTIN, E. Avaliação microbiológica, histológica e imunológica de frangos de corte desafiados com *Salmonella Enteritidis* e *Salmonella Minnesota* e tratados com ácidos orgânicos. **Pesquisa Veterinária**

REBONATTO, B. **Ácidos orgânicos visando à melhoria da estabilidade de rações peletizadas com melaço externo**. 2017. 106 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

REBONATTO, B.; RUSCHEL, J.; PRADO, N. V.; HIROOKA, E. Y.; MACHADO-LUNKES, A.; HASHIMOTO, E. H. Sinergismo entre ácidos orgânicos e sorbato de potássio no controle de *Aspergillus flavus*. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 25, n. 3, p. 114-125, 2018. DOI: <https://doi.org/10.20396/san.v25i3.8652765>.

RUSCHEL, J. **Combinações de ácidos orgânicos no controle de *Aspergillus spp.* micotoxigênico**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.

SILVA, J.; PEREIRA, R.; COSTA, A. **Tecnologia de conservação dos alimentos pelo uso de aditivos químicos**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, 2014.

YAN, Z.; WANG, L.; WANG, J.; TAN, Y.; YU, D.; CHANG, X.; FAN, Y.; ZHAO, D.; WANG, C.; DE BOEVRE, M.; DE SAEGER, S.; SUN, C.; WU, A. A QuEChERS-based liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the simultaneous determination of nine zearalenone-like mycotoxins in pigs. **Toxins**, v. 10, n. 3, p. 1-14, 2018. DOI: