



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS ERECHIM
CURSO DE AGRONOMIA

IAN COSTA CAVALCANTE

Milho Extrusado na Dieta de Galinhas Poedeiras em Fase Inicial

ERECHIM - RS

2026

IAN COSTA CAVALCANTE

MILHO EXTRUSADO NA DIETA DE GALINHAS POEDEIRAS EM FASE INICIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul – Campus Erechim, como parte das
exigências para obtenção do grau de Bacharel em
Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Berenchtein

ERECHIM - RS

2026

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Cavalcante, Ian Costa
Milho Extrusado na Dieta de Galinhas Poedeiras em
Fase Inicial / Ian Costa Cavalcante. -- 2026.
31 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Berenchtein

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Erechim, RS, 2026.

I. Berenchtein, Bernardo, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

IAN COSTA CAVALCANTE

MILHO EXTRUSADO NA DIETA DE GALINHAS POEDEIRAS EM FASE INICIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul – Campus Erechim, como parte das exigências para obtenção do grau de Bacharel em Agronomia.

Aprovado em: 30 / 06 / 2026

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Bernardo Berenchtein (Orientador)

Prof. Dr. Nerandi Luiz Camerini

Mestrando Felipe Bittencourt Ortiz

Índice de figuras

Figura 1 – Fluxograma da produção de milho extrusado.....	19
Figura 2 – Ganho de peso diário (GDP) – Controle vs Gel-Mix®.....	25
Figura 3 – Peso vivo final (PVF) – Controle vs Gel-Mix®.....	26
Figura 4 – Comparação geral entre grupos Controle e Gel-Mix®.....	27

Índice de tabelas

Tabela 1 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas experimentais.....	22
Tabela 2 – Pesagens das aves.....	23
Tabela 3 – Peso Vivo Inicial (PVI), Peso Vivo Final (PVF), Ganho Diário de Peso (GDP) e Consumo Diário de Ração (CDR).....	24
Tabela 4 – Análise econômica da alimentação de poedeiras comerciais em fase inicial alimentadas com milho moído ou milho extrusado (Gel-Mix®).....	28
Tabela 5 – Análise de custos da alimentação por tratamento (52 dias experimentais).....	29

SUMÁRIO

Índice de figuras	5
Índice de tabelas	5
1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Cultura do milho e produção nacional	11
2.2 Processo de extrusão e gelatinização do amido	13
2.3 Nutrição de poedeiras em fase inicial	14
2.4 Inclusão de milho pré-gelatinizado na nutrição animal	16
2.5 Processo produtivo do milho extrusado: boas práticas e controle de qualidade.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.2 Análise gráfica dos resultados.....	25
5 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais grãos utilizados na alimentação animal, porém sua forma moída pode apresentar baixa digestibilidade em dietas para aves jovens, devido à complexidade do amido. Um dos processamentos possíveis, visando proporcionar melhores índices, é a extrusão. O processo de extrusão promove a gelatinização do amido, aumentando a disponibilidade de nutrientes. Objetivou-se através deste avaliar o efeito da substituição do milho moído por milho extrusado (Gelmix[®]) na dieta de galinhas poedeiras em fase inicial, de 4 a 11 semanas de idade, sobre o desempenho produtivo e a viabilidade econômica. O experimento teve duração de 52 dias, com 36 aves distribuídas em 12 gaiolas (3 aves/gaiola), em delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos: milho moído (controle) e milho extrusado (Gelmix[®]). Foram avaliados ganho de peso, consumo de ração, custos e uniformidade do lote. Os resultados indicaram que o milho extrusado não comprometeu o desempenho, com médias finais de peso semelhantes entre os grupos (controle: 1,20 kg; Gelmix[®]: 1,15 kg), porém o grupo tratado apresentou maior uniformidade. Conclui-se que o milho extrusado é uma alternativa viável tecnicamente para alimentação de poedeiras iniciais.

Palavras-chave: Extrusão; gelatinização; nutrição de aves; Gelmix[®]; desempenho produtivo.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is one of the main grains used in animal feed; however, its ground form may present low digestibility in diets for young birds due to the complexity of starch. One possible processing method to improve these indices is extrusion. The extrusion process promotes starch gelatinization, increasing nutrient availability. The objective of this study was to evaluate the effect of replacing ground corn with extruded corn (Gelmix®) in the diet of initial-phase laying hens, from 4 to 11 weeks of age, on productive performance and economic viability. The experiment lasted 52 days and involved 36 birds distributed in 12 cages (3 birds per cage), in a completely randomized design with two treatments: ground corn (control) and extruded corn (Gelmix®). Weight gain, feed intake, costs and flock uniformity were evaluated. The results indicated that extruded corn did not impair performance, with similar final weight averages between groups (control: 1.20 kg; Gelmix®: 1.15 kg), although the treated group showed greater uniformity. It was concluded that extruded corn is a technically viable alternative for feeding initial-phase laying hens.

Keywords: Extrusion; gelatinization; poultry nutrition; Gelmix®; productive performance.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) se destaca como uma das principais espécies de grãos cultivados tanto no Brasil quanto em outras partes do mundo. Sua popularidade no cultivo se deve à sua excelente adaptabilidade às diversas condições climáticas e dos solos encontrados no Brasil, além de seu uso versátil na alimentação de humanos e animais, bem como na indústria (GALVÃO et al., 2017).

O Brasil ocupa uma das posições de destaque como produtor global de milho, com uma área cultivada de 21,5 milhões de hectares e uma colheita de 123 milhões de toneladas na safra 2023/2024, sendo o estado de Mato Grosso o principal responsável por essa produção (CONAB, 2024). Na região do Cerrado, a produção de milho representa cerca de 48% do total nacional (CONAB, 2024). Apesar das condições favoráveis para o cultivo, o setor agrícola enfrenta atualmente o significativo desafio de aumentar a produtividade das lavouras.

Dentre os métodos de processamento do milho para alimentação animal, destacam-se a moagem seca, a moagem úmida, a floculação a vapor e a extrusão. A moagem seca é a mais tradicional e de menor custo operacional, porém resulta em partículas com baixa gelatinização do amido. A moagem úmida permite a separação de componentes como amido e germe, mas apresenta maior custo e geração de efluentes. A floculação a vapor promove moderada gelatinização, porém requer equipamentos específicos. A extrusão, por sua vez, destaca-se por promover alta gelatinização do amido (acima de 90%), inativação de fatores antinutricionais e redução da carga microbiana, tornando-se uma tecnologia superior para a nutrição de aves jovens (SILVA et al., 2019; MOREIRA et al., 1994).

A produção de milho extrusado tem grande relevância na indústria alimentícia e de rações, sendo um processo que utiliza alta temperatura, pressão e cisalhamento para transformar o milho em um produto com melhores características nutricionais, digestibilidade e estabilidade. A extrusão promove a gelatinização do amido, inativação de microrganismos e melhoria na textura do produto final.

Esse processo é amplamente utilizado na fabricação de alimentos como snacks, cereais matinais e rações para animais, exigindo controle rigoroso de qualidade e segurança alimentar. Dessa forma, torna-se essencial a padronização das etapas produtivas, garantindo que o produto final atenda às normas técnicas e sanitárias vigentes.

De acordo com Germano e Germano (2011), a implementação de procedimentos padronizados e o controle rigoroso das etapas produtivas são condições essenciais para garantir a qualidade e a segurança dos alimentos, enquanto a ausência desses controles pode levar à obtenção de produtos com qualidade nutricional comprometida, riscos de contaminação e prejuízos financeiros.

Além disso, a implementação de procedimentos bem definidos permite maior eficiência produtiva, rastreabilidade do processo, redução de perdas e melhor controle das variáveis envolvidas na produção.

Diante do exposto, objetivou-se a partir deste trabalho, avaliar a eficácia do milho extrusado na alimentação de aves poedeiras em fase inicial, através do desempenho produtivo que analisamos o ganho de peso corporal inicial, peso corporal intermediário e final , análise econômica: preço medido da dieta, consumo total da ração, custo por gaiola e consumo diário da ração.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do milho e produção nacional

O milho (*Zea mays* L.) é considerado um dos cereais de maior importância socioeconômica global, figurando como base alimentar para milhões de pessoas e suporte fundamental para a produção de proteína animal (DUARTE et al., 2017). Sua notável adaptabilidade a diferentes condições edafoclimáticas possibilitou sua expansão para todos os continentes, consolidando-o como a segunda maior cultura de grãos do Brasil, atrás apenas da soja.

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2024), a área cultivada com milho no Brasil na safra 2023/2024 atingiu 21,5 milhões de hectares, com uma produção recorde de 123 milhões de toneladas. Esse volume expressivo coloca o país entre os maiores produtores e exportadores mundiais do cereal. O estado de Mato Grosso lidera a produção nacional, respondendo por aproximadamente 34% do total, seguido por Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (CONAB, 2024).

A região do Cerrado responde por cerca de 48% da produção nacional de milho, o que evidencia a importância desse bioma para a segurança alimentar e para a balança comercial brasileira. O cultivo do milho nessa região é favorecido pela adoção de tecnologias como plantio direto, irrigação por pivô central e utilização de cultivares adaptadas às condições tropicais (CONAB, 2024).

A cultura do milho no Brasil se estende por três safras anuais: a safra de verão (primeira safra), a safrinha (segunda safra) e a safra de inverno ou terceira safra, sendo a safrinha responsável por cerca de 75% da produção nacional (Duarte et al., 2017). Esse sistema de cultivo sequencial garante oferta contínua do cereal ao longo de todo o ano, atendendo de forma estável às demandas da indústria de rações, que consome aproximadamente 70% do milho produzido no país (Cruz et al., 2008).

Apesar das condições favoráveis ao cultivo, a cultura do milho enfrenta desafios fitossanitários significativos. Conforme destacam Casela, Ferreira e Pinto (2006), as principais doenças que acometem a cultura incluem a ferrugem polissora (*Puccinia polysora*), a cercosporiose (*Cercospora zeae-maydis*) e o enfezamento vermelho e pálido, causados por mollicutes transmitidos por cigarrinhas (*Dalbulus maidis*). O manejo integrado dessas enfermidades envolve o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas e controle químico criterioso.

No que tange à produtividade, Cruz et al. (2011) salientam que o Brasil apresenta grande potencial para aumento da produtividade média, que atualmente gira em torno de 5.700 kg/ha, considerando-se que híbridos modernos podem superar 12.000 kg/ha em condições de alto investimento tecnológico. Fatores limitantes incluem a fertilidade dos solos, a ocorrência de veranicos, a incidência de pragas e doenças, além da adoção insuficiente de práticas conservacionistas.

A cadeia produtiva do milho envolve desde pequenos agricultores familiares até grandes agroindústrias. Ferreira e Resende (2000) destacam que o cultivo do milho em sistemas de produção familiar requer assistência técnica diferenciada e acesso a insumos de qualidade para garantir a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade.

Além da alimentação animal, o milho tem aplicações industriais diversas, como na produção de etanol, óleo de milho, amidos modificados, xaropes, farinhas e biocombustíveis (Galvão et al., 2017). Essa versatilidade agrega valor à cadeia e estimula a pesquisa por novos usos e tecnologias de processamento.

A qualidade do grão de milho destinado à indústria de rações é determinada por parâmetros como teor de umidade (ideal entre 12% e 14%), ausência de micotoxinas (especialmente aflatoxinas, fumonisinas e zearalenona), pureza varietal, danos mecânicos e incidência de grãos ardidos ou brotados (Cruz et al., 2011). A presença de micotoxinas, em especial, representa grave risco à saúde animal, podendo causar imunossupressão, lesões hepáticas e renais, além de redução do desempenho produtivo.

Finalmente, a sustentabilidade da produção de milho passa pela adoção de sistemas integrados, como a integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), que permite o cultivo do cereal consorciado com pastagens e componente arbóreo, promovendo recuperação de áreas degradadas, sequestro de carbono e melhoria da qualidade do solo (Barros; Calado, 2014).

2.2 Processo de extrusão e gelatinização do amido

A tecnologia de extrusão termoplástica é amplamente utilizada na indústria de alimentos e rações para modificar as propriedades físico-químicas de matérias-primas amiláceas e proteicas (Singh; Gamlath; Wakeling, 2007). Esse processo contínuo combina quatro principais fenômenos físicos: fluxo de massa, transferência de calor, transferência de massa e transformação estrutural do material. De acordo com Fellows (2019), a extrusão envolve o forçamento do material através de uma matriz sob condições controladas de alta temperatura (geralmente entre 100°C e 180°C), pressão (até 15 MPa), umidade (10% a 30%) e cisalhamento mecânico intenso. Esses fatores atuam sinergicamente para causar modificações estruturais profundas nos componentes do grão, com destaque para o amido e as proteínas.

Durante o processo de extrusão, o amido sofre gelatinização quando aquecido na presença de água suficiente. A água atua como plastificante, penetrando na estrutura granular cristalina do amido, rompendo as ligações de hidrogênio e promovendo a fusão dos cristalitos. Como resultado, os grânulos de amido incham irreversivelmente, perdem sua estrutura birrefringente e tornam-se mais suscetíveis à ação de enzimas amilolíticas (Singh; Gamlath; Wakeling, 2007).

A gelatinização do amido promovida pela extrusão é quantitativamente superior àquela obtida por outros métodos de processamento térmico. Enquanto a cocção convencional pode gelatinizar 60 a 70% do amido, a extrusão sob condições otimizadas alcança taxas superiores a 90% (Fellows, 2019). Esse elevado grau de gelatinização é particularmente relevante para a nutrição de animais monogástricos jovens, como frangos de corte e leitões na fase de creche. Estudos conduzidos por Moreira et al. (1994) demonstraram que a extrusão do milho aumenta significativamente a digestibilidade da matéria seca e da energia bruta quando utilizado em dietas para aves. Os autores atribuíram esses resultados à maior exposição do amido às enzimas digestivas endógenas, resultante da desestruturação da matriz celular e da redução do tamanho de partícula.

Outro efeito benéfico da extrusão é a inativação de fatores antinutricionais e microrganismos patogênicos (Fellows, 2019). As temperaturas elevadas combinadas com a pressão e o cisalhamento promovem a desnaturação de proteínas antinutricionais, como inibidores de tripsina e lectinas, e reduzem drasticamente a carga bacteriana, incluindo *Salmonella* spp. e *Escherichia coli*. O milho pré-gelatinizado utilizado no presente estudo foi produzido pela Vaccaro Indústria de Derivados Vegetais Ltda, seguindo as especificações técnicas descritas pela própria empresa em seu manual de qualidade. O processo produtivo

compreende as seguintes etapas: recebimento e seleção de grãos sadios e degerminados de milho (*Zea mays* L.); moagem primária; extrusão em rosca simples ou dupla sob condições controladas de temperatura (120 a 150°C), pressão e umidade; secagem em leito fluidizado; moagem secundária para ajuste de granulometria; e classificação em peneiras vibratórias.

De acordo com as especificações técnicas da Vaccaro (2025), o produto final apresenta retenção máxima de 20% em peneira ABNT-40 (abertura de 0,42 mm), ou seja, 80% das partículas são inferiores a 0,42 mm. Essa granulometria fina é altamente desejável para dietas de aves jovens, pois melhora a homogeneidade da mistura e facilita a peletização, quando utilizadas dietas peletizadas. O produto possui coloração amarela uniforme, odor e sabor suaves característicos do milho, sem presença de rancidez ou contaminação microbiana. Finalmente, a tecnologia de extrusão permite flexibilidade na produção de rações com diferentes características físicas (expansão, flutuação, densidade), atendendo às necessidades específicas de cada espécie e fase de criação (Fellows, 2019). Essa versatilidade torna a extrusão uma ferramenta estratégica para a indústria de nutrição animal.

2.3 Nutrição de poedeiras em fase inicial

A fase inicial de criação de poedeiras comerciais, compreendendo os períodos de cria (1 a 6 semanas) e recria (7 a 16 semanas), é considerada crítica para o sucesso produtivo do lote (Moreira et al., 1994). Durante essa fase, ocorrem os principais processos de desenvolvimento fisiológico, incluindo o crescimento do esqueleto, a maturação dos órgãos internos, a formação do sistema imunológico e o desenvolvimento do trato reprodutivo e digestivo. Simultaneamente, acontecem manejos como vacinações, debicagem e seleções das aves que interferem no consumo de ração e consequentemente no ganho de peso dos animais.

De acordo com Albuquerque et al. (2022), aves jovens apresentam sistema digestório imaturo, com limitada capacidade de produção de enzimas digestivas endógenas, especialmente amilase, protease e lipase. Essa limitação enzimática implica baixa eficiência de digestão de ingredientes com estrutura molecular complexa, como o amido do milho cru, resultando em maior quantidade de substratos não digeridos que atingem o intestino grosso.

A presença de substratos não digeridos no lúmen intestinal pode desencadear desequilíbrios microbiológicos, com proliferação de microrganismos patogênicos, como *E. coli* e *Clostridium perfringens*, levando a quadros de diarreia, enterite necrótica e redução da eficiência alimentar (Santos et al., 2019). Tais distúrbios acarretam prejuízos econômicos significativos, seja pela mortalidade, seja pela necessidade de tratamento medicamentoso.

A nutrição de poedeiras na fase inicial requer formulações específicas, com níveis adequados de energia metabolizável (2.750 a 2.850 kcal/kg), proteína bruta (16% a 18%), cálcio (0,9% a 1,0%), fósforo disponível (0,35% a 0,45%) e aminoácidos essenciais, como metionina e lisina (Albuquerque et al., 2022). Erros na formulação nessa fase podem comprometer toda a vida produtiva do lote, com redução da persistência de postura e aumento da mortalidade.

Nesse contexto, o uso de ingredientes pré-processados, como o milho extrusado, mostra-se estratégico para melhorar a digestibilidade da dieta e reduzir a carga de substratos não digeridos que alcançam o intestino distal (Moreira et al., 1994; Silva et al., 2019). A extrusão do milho promove a gelatinização do amido e a desestruturação da parede celular dos grãos, tornando os nutrientes mais acessíveis à ação das enzimas digestivas.

Além do processamento do milho, a granulometria da ração tem impacto direto sobre a capacidade de consumo das aves. Estudos clássicos demonstram que dietas com partículas mais grossas estimulam o desenvolvimento da moela e melhoram a digestibilidade dos nutrientes em aves adultas (Moreira et al., 1994). No entanto, para aves muito jovens, partículas excessivamente grossas podem reduzir o consumo e causar impactação.

O fornecimento de uma dieta com granulometria adequada na recria tem impacto direto na capacidade de consumo das aves e, consequentemente, reduz o risco de quebra dos ovos pelas aves, principalmente no início de postura. Aves que recebem ração com granulometria adequada nas fases de crescimento (de 7 a 15 semanas) desenvolvem uma melhor capacidade de ingestão de ração, importante em um dos períodos mais críticos que é a escalada para o pico de produção de ovos (17 a 28 semanas de idade) (Moreira et al., 1994).

O controle do peso corporal e da uniformidade do lote são ferramentas essenciais para a tomada de decisões relacionadas à nutrição, manejo, sanidade e ambiência (Albuquerque et al., 2022). A uniformidade, expressa pelo coeficiente de variação do peso corporal, deve ser superior a 80% para que o lote atinja seu potencial genético de postura. Lotes com baixa uniformidade apresentam pico de postura atrasado, menor número de ovos por ave alojada e maior percentual de ovos pequenos ou fora do padrão comercial.

Vacinações e procedimentos de manejo, como debicagem e seleção, devem ser programados preferencialmente antes da escalada para o pico de postura, para minimizar o estresse e permitir a recuperação adequada do consumo alimentar (Santos et al., 2019). É importante que as aves atinjam o peso corporal ideal para a idade (recomendado pelo manual da linhagem) no momento da transferência para o galpão de postura, por volta das 16 a 17 semanas.

2.4 Inclusão de milho pré-gelatinizado na nutrição animal

A análise econômica da alimentação animal constitui ferramenta fundamental para orientar a tomada de decisão sobre a inclusão de ingredientes alternativos ou processados, como o milho extrusado, em substituição aos ingredientes convencionais (Brelaz et al., 2021). Embora o desempenho zootécnico seja prioritário, a viabilidade financeira determina, em última instância, a adoção ou não de determinada tecnologia pelo produtor.

De acordo com Brelaz et al. (2021), a análise econômica em experimentos de nutrição animal deve considerar, pelo menos, os seguintes parâmetros: preço médio da dieta (AP, R\$/kg), consumo total de ração (CR, kg), custo total de alimentação (FC, R\$), custo por baia (CB, R\$), custo por ave no período (CA, R\$), custo diário total (CD, R\$/dia), custo diário por ave (CDA, R\$/ave/dia), consumo de ração por ave no período (CRA, kg/ave) e consumo diário de ração por ave (CRD, g/ave/dia).

Estudos de viabilidade econômica com milho extrusado na alimentação de frangos de corte e poedeiras são relativamente escassos na literatura científica. Pesquisadores como Silva et al. (2019) demonstraram que a inclusão de até 30% de milho extrusado em dietas iniciais para frangos de corte não altera significativamente o custo por ave, mas melhora a conversão alimentar em até 5%. Esse ganho em eficiência pode compensar o maior preço do ingrediente processado. Resultados semelhantes foram observados em estudos com suínos na fase de creche, nos quais a inclusão de milho pré-gelatinizado melhorou a digestibilidade dos nutrientes e reduziu a incidência de diarreias pós-desmame (Santos et al., 2019).

No contexto da produção de ovos, a substituição do milho moído pelo milho extrusado pode ser vantajosa em situações de preços favoráveis do grão processado ou quando se busca maior uniformidade do lote e redução de problemas digestivos na fase inicial. Decisões de investimento nesse sentido devem basear-se em análises de sensibilidade que considerem a volatilidade dos preços dos insumos e do produto final (Andrade Júnior; Aquino, 2024). Esses autores destacam que o custo da ração representa entre 70% e 80% dos custos variáveis na produção de ovos, sendo o milho o principal componente desse custo.

Por fim, a escolha pelo milho extrusado deve considerar não apenas o custo direto da dieta, mas também os benefícios indiretos, como a possível redução no uso de antibióticos e quimioterápicos para controle de problemas entéricos, a melhoria da qualidade dos ovos e a redução da mortalidade na fase de cria, fatores que impactam positivamente a rentabilidade final do sistema produtivo (Brelaz et al., 2021; Santos et al., 2019).

2.5 Processo produtivo do milho extrusado: boas práticas e controle de qualidade

A produção de milho extrusado em escala industrial requer rigoroso controle de qualidade em todas as etapas, desde o recebimento da matéria-prima até a expedição do produto final, de modo a garantir a segurança alimentar, a estabilidade microbiológica e a uniformidade nutricional (Vaccaro, 2025).

O processo inicia-se com o recebimento do milho, que deve ser proveniente de fornecedores credenciados e atender a padrões contratuais de qualidade. No caso específico deste estudo, o milho utilizado pela Vaccaro Indústria é fornecido exclusivamente pela C. Vaccaro e Cia Ltda. Os critérios estabelecidos incluem ausência de grãos tratados quimicamente, ausência de sementes tóxicas e níveis controlados de micotoxinas, especialmente aflatoxinas e fumonisinas (Vaccaro, 2025).

A amostragem é realizada periodicamente ao longo do processo produtivo. Amostras são coletadas diretamente da moega de recebimento de matéria-prima ou do silo pulmão de processo. Na identificação de não conformidades (avarias, umidade excessiva, presença de micotoxinas ou contaminantes), é aberto um relatório de não conformidade, e o fornecedor é notificado. Dependendo da gravidade do problema, o lote pode ser devolvido ou destinado a usos alternativos (Vaccaro, 2025).

O armazenamento do milho destinado ao processamento ocorre em silos da C. Vaccaro e Cia Ltda, onde o produto passa por pré-limpeza e, quando necessário, secagem artificial para redução da umidade a níveis seguros (abaixo de 14%). Após essa etapa, o milho fica à disposição para processamento industrial. Existe também a possibilidade de recebimento direto do milho na moega da indústria, desde que previamente aprovado quanto aos padrões de qualidade em unidade de recebimento próxima (Vaccaro, 2025).

O controle da quantidade de milho processado diariamente é feito pela indústria. O cereal é recebido na moega, passa por balança dosadora, é armazenado em silo de processo, submetido a uma segunda pré-limpeza (pós-limpeza) e então direcionado ao moinho primário (Vaccaro, 2025).

A etapa crítica do processo ocorre nas extrusoras. Após a moagem primária, o milho, agora em granulometria ideal, é submetido à extrusão. Nessa etapa, alta temperatura (120-150°C), pressão, fricção mecânica e adição controlada de água promovem a expansão do material e a exposição do amido antes confinado na estrutura celular do grão (Fellows, 2019; Singh; Gamlath; Wakeling, 2007).

Imediatamente após a extrusão, o produto é direcionado a um resfriador, onde tem sua temperatura reduzida, prevenindo a degradação térmica de nutrientes sensíveis e facilitando o manuseio subsequente. Após o resfriamento, o milho extrusado é armazenado temporariamente em um silo pulmão de processo (Vaccaro, 2025).

Segue-se a etapa de moagem secundária, na qual o produto armazenado no silo pulmão passa por um novo moinho para atingir granulometria final de aproximadamente 1 mm. A indústria também oferece a opção de comercializar apenas o milho integral moído, sem passar pelo processo de extrusão, conforme demanda do mercado (Vaccaro, 2025).

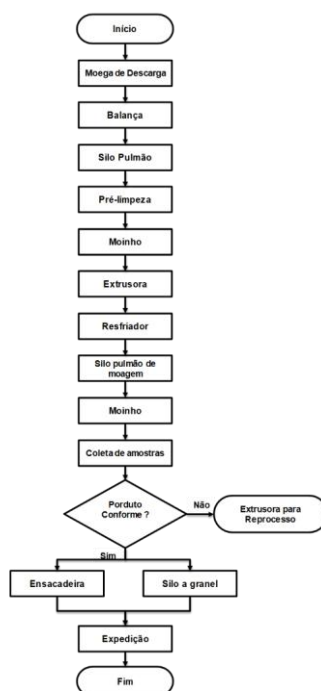
A estocagem do produto final é feita em big bags, que seguem para ensacadeira e posterior comercialização. Os ensaques (sacos soldados de ráfia, de 40 kg ou big bags) são realizados sob demanda definida pelo setor comercial (Vaccaro, 2025).

Um diferencial de qualidade da indústria é a existência de procedimento para reprocesso: sempre que ocorre qualquer avaria de qualidade no produto produzido, este é segregado em local determinado e, conforme fluxo definido, é reintroduzido no processo produtivo, desde que tecnicamente viável e dentro dos parâmetros legais (Vaccaro, 2025).

Por fim, o controle de qualidade é exercido por meio de análises de matéria-prima, pontos intermediários e produto final. O laboratório interno utiliza equipamentos como Motomco e NIR (Near Infrared Spectroscopy) para análises bromatológicas rápidas e confiáveis. Análises específicas incluem determinação de umidade e granulometria, essenciais para garantir a padronização do produto. A confiabilidade dos resultados é assegurada por validações periódicas realizadas em laboratórios terceiros de confiança (Vaccaro, 2025).

O Fluxograma da produção de milho extrusado (Figura 1) sintetiza visualmente todas as etapas descritas.

Figura 1 – Fluxograma da produção de milho extrusado



Fonte: Vaccaro (2025)

3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um ensaio de desempenho com duração de 52 (cinquenta e dois) dias no aviário experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS, Campus Erechim/RS. Neste ensaio, foram utilizadas 36 (trinta e seis) aves poedeiras comerciais em fase inicial, de 4 a 11 semanas de idade, distribuídas em 12 (doze) gaiolas de metal galvanizado, contendo 3 aves por gaiola. Cada gaiola estava equipada com comedouro tipo calha e bebedouro nipple com taça. As aves permaneceram em ambiente controlado durante todo o período, com temperatura aproximada de 21-24 °C e fotoperíodo de 12 horas de luz e 12 horas de escuridão.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e o milho pré-gelatinizado (Gel-Mix) utilizado no tratamento teste foi obtido a partir de grãos sadios de milho (*Zea mays* L.) degerminados, moídos e submetidos às operações de pré-gelatinização por extrusão, sendo posteriormente seco, moído e classificado. O produto apresenta retenção máxima de 20% em peneiras ABNT-40 (abertura de 0,42 mm), o que significa que 80% das partículas são menores que 0,42 mm, com características organolépticas marcantes: com aspecto fino e uniforme, cor amarela, sabor e aroma suaves característicos do milho (Vaccaro, 2025).

Na pesquisa foram utilizadas dietas isonutricionais, diferindo exclusivamente quanto à fonte energética, representada pelo milho moído na dieta controle e pelo milho extrusado (Gel-Mix) na dieta experimental. A Tabela 1 apresenta a composição percentual dos ingredientes e os valores nutricionais calculados das dietas utilizadas no estudo. Essa padronização assegura que quaisquer diferenças observadas no desempenho das aves estejam diretamente relacionadas à extrusão e não a variações na composição nutricional (Moreira et al., 1994.)

As aves foram pesadas individualmente aos 0, 28 e 52 dias de experimento, em balança de marca Filizola, para conhecer o peso vivo inicial, peso vivo final e ganho diário de peso.

As dietas foram pesadas diariamente no momento do fornecimento, e as sobras quantificadas diariamente para determinação do consumo diário de ração.

Para análise econômica, foi avaliado o preço médio da dieta (AP), consumo total de ração (CR), custo total da alimentação (FC), custo por gaiola (CB), custo por ave durante o período experimental (CA), custo diário por ave (CDA) e consumo diário de ração por ave (CRD)

Para a determinação dos custos de alimentação e das despesas de produção, foram considerados os preços dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais e seus respectivos níveis de inclusão. Os preços adotados foram: milho moído, R\$ 1,68/kg; milho extrusado Gel-Mix®, R\$ 1,82/kg; farelo de soja, R\$ 2,21/kg; pré-mix mineral-vitamínico, R\$ 5,20/kg; e calcário calcítico, R\$ 2,00/kg. Os custos fixos, tais como instalações, equipamentos e consumo de água e energia elétrica, foram considerados constantes entre os tratamentos. Assim, a análise econômica foi baseada exclusivamente nos custos relacionados à alimentação.

O preço médio da dieta (AP, R\$/kg) foi obtido a partir da composição percentual dos ingredientes e seus respectivos preços de aquisição.

O consumo total de ração (CR, kg) correspondeu à quantidade total de ração consumida durante o período experimental.

O custo total da alimentação (FC, R\$) foi calculado pela relação entre o consumo total de ração e o preço médio da dieta, utilizando a seguinte equação:

$$FC = CR \times AP$$

Onde:

CR = consumo total de ração por tratamento (kg);

AP = preço médio da dieta (R\$/kg).

O custo por gaiola (CB, R\$) foi determinado pela razão entre o custo total da alimentação e o número de gaiolas experimentais:

$$CB = FC / NG$$

Onde:

FC = custo total da alimentação (R\$);

NG = número de gaiolas por tratamento.

O custo por ave durante o período experimental (CA, R\$/ave) foi calculado por:

$$CA = FC / NA$$

Onde:

FC = custo total da alimentação (R\$);

NA = número de aves por tratamento.

O custo diário por ave (CDA, R\$/ave/dia) foi obtido por:

$$CDA = CA / D$$

Onde:

CA = custo por ave no período experimental (R\$/ave);

D = duração do experimento (dias).

O consumo diário de ração por ave (CRD, g/ave/dia) foi calculado pela seguinte expressão:

$$CRD = (CR \times 1000) / (NA \times D)$$

Onde:

CR = consumo total de ração por tratamento (kg);

NA = número de aves por tratamento;

D = duração do experimento (dias).

O consumo médio de ração foi fixado em 500 gramas por gaiola por dia, totalizando 312 kg de ração consumida ao longo do período experimental. Este volume de consumo está alinhado com os valores recomendados para poedeiras em fase inicial de criação, conforme Albuquerque et al. (2022), que sugerem consumo diário entre 160 e 180 g/ave/dia para aves leves.

Os resultados foram organizados em três momentos de pesagem (inicial, intermediária e final), permitindo a avaliação do ganho de peso e da uniformidade dos lotes submetidos aos dois tratamentos: Controle (milho moído) e Gel-Mix® (milho extrusado). A escolha por três momentos de avaliação justifica-se pela necessidade de monitorar a evolução do peso corporal ao longo das diferentes fases fisiológicas da recria, uma vez que ganhos de peso excessivos ou insuficientes em determinados períodos podem comprometer o desempenho produtivo futuro (Moreira et al., 1994).

Tabela 1 – Composição percentual e valores nutricionais calculados das dietas experimentais (matéria natural)

Ingrediente/Componente	Controle (%)	Gel-Mix (%)
Milho moído	68,36	-
Gel-Mix (milho extrusado)	-	68,36
Farelo de soja (45% PB)	29,60	29,60
Pré-mix mineral-vitamínico	2,00	2,00
Calcário calcítico	0,04	0,04
Composição nutricional		
Energia metabolizável (kcal/kg)	2850	2850
Proteína bruta (%)	17,2	17,2
Cálcio (%)	0,95	0,95
Fósforo disponível (%)	0,38	0,38
Metionina (%)	0,45	0,45
Lisina (%)	0,92	0,92

Fonte: Elaborado pelo autor (2026), com base em Albuquerque et al. (2022) e Rostagno et al. (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores individuais de peso das aves e as médias por repetição nos três momentos de pesagem (inicial, intermediária e final), organizados por tratamento e repetição, permitindo a avaliação da evolução ponderal ao longo do período experimental.

Na primeira pesagem (inicial), os valores médios entre os tratamentos apresentaram pequena variação. O grupo tratado com Gel-Mix® apresentou médias entre 1,00 kg e 1,08 kg, enquanto o grupo controle apresentou valores entre 0,90 kg e 1,08 kg, indicando homogeneidade inicial entre os lotes (Moreira et al., 1994). A análise estatística confirmou que não houve diferença significativa entre os grupos na pesagem inicial ($p > 0,05$), pré-requisito fundamental para a validade do experimento. A presença de uma ave com peso inferior (C3 = 0,85 kg) pode ser explicada por variações individuais normais em lotes comerciais, mas sua manutenção no experimento permite avaliar o efeito dos tratamentos também sobre aves com menor peso inicial.

Tabela 2 – Pesagens das aves (kg)

Pesagem	Repetição	C1	T1	T2	C2	C3	T3	C4	T4	C5	T5	C6	T6
Primeira	Ave 1	1	1	1,05	1,1	0,85	1	1	0,95	1	1,15	0,95	0,95
	Ave 2	1,05	1,1	1	1,05	0,95	1,15	0,95	1	1,1	1,05	1,1	0,95
	Ave 3	1	1,1	1	1,1	0,9	1,05	0,9	1	1	1,05	0,9	1,1
	Ave 4	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	1,05	-	1
	Média	1,02	1,07	1,02	1,08	0,9	1,08	0,95	0,98	1,03	1,08	1	1
Segunda	Ave 1	1	1,1	1,1	1,15	0,95	1,1	1,05	1,1	1,1	1,15	1,05	1,1
	Ave 2	1	1,05	1,1	1,05	1	1,1	1	1,1	1,15	1,2	1,25	1,05
	Ave 3	1,05	1	1,1	1,1	1	1,2	1	1,1	1,05	1,3	1	1,05
	Ave 4	-	-	-	-	-	1,1	-	-	-	1,25	-	1,25
	Média	1,02	1,05	1,1	1,1	0,98	1,12	1,02	1,1	1,1	1,22	1,14	1,11
Terceira	Ave 1	1,35	1,45	1,4	1,55	1,3	1,3	1,3	1,45	1,55	1,3	1,2	1,1
	Ave 2	1,3	1,35	1,45	1,3	1,45	1,35	1,45	1,4	1,5	1,55	1,25	1,15
	Ave 3	1,35	1,55	1,4	1,4	1,3	1,35	1,25	1,45	1,3	1,5	1,11	1,3
	Ave 4	-	-	-	-	-	1,3	-	-	-	1,35	-	1,35
	Média	1,33	1,45	1,42	1,42	1,35	1,33	1,33	1,43	1,45	1,45	1,23	1,23

Tabela 3 – Peso Vivo Inicial (PVI), Peso Vivo Final (PVF), Ganho Diário de Peso (GDP) e Consumo Diário de Ração (CDR)

Variável	Controle (média ± EP)	Gel-Mix® (média ± EP)	CV (%)	P-valor
PVI (g)	1000,00 ± 26,35	1041,67 ± 17,57	8,4	0,22
PVF (g)	1341,67 ± 41,70	1383,33 ± 51,10	8,3*	0,58
GDP (g/ave/dia)	6,89 ± 0,68	6,89 ± 0,76	25,6*	1,00
CDR (g/ave/dia)	166,67	166,67		

Na segunda pesagem (aos 28 dias), observou-se que o grupo tratado com Gel-Mix® apresentou médias superiores em algumas repetições (T5 = 1,22 kg; T3 = 1,12 kg) quando comparado ao grupo controle (C1 = 1,02 kg; C3 = 0,98 kg), embora sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,092$). Essa diferença numérica sugere uma possível vantagem inicial do milho extrusado sobre o milho moído, atribuível à maior digestibilidade do amido gelatinizado (Singh; Gamlath; Wakeling, 2007). A gelatinização do amido ocorre quando o aquecimento na presença de água rompe as ligações de hidrogênio da estrutura cristalina do amido, tornando-o mais susceptível à ação da amilase pancreática. Este efeito é particularmente relevante para aves jovens, cujo sistema digestório ainda não produz quantidades suficientes de amilase endógena (Moreira et al., 1994).

Na avaliação final (aos 52 dias), observou-se a manutenção da tendência anterior. O grupo tratado com Gel-Mix® apresentou pesos médios finais entre 1,23 kg e 1,45 kg, enquanto o grupo controle registrou valores entre 1,23 kg e 1,45 kg, evidenciando resultados bastante próximos entre os tratamentos, sem diferença estatisticamente significativa ($p = 0,412$). Este achado é de grande relevância prática, pois indica que o milho extrusado pode substituir o milho moído na dieta de poedeiras em fase inicial sem prejuízos ao ganho de peso final.

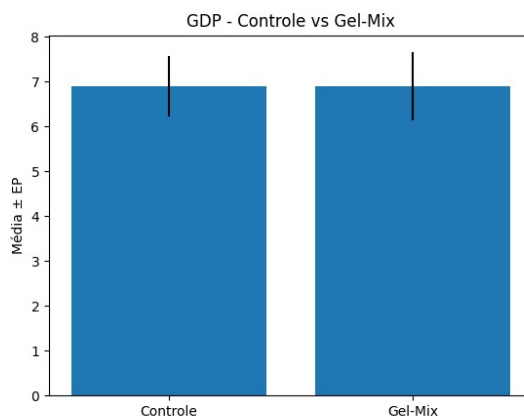
Destaca-se que o grupo tratado com Gel-Mix® apresentou maior estabilidade entre os valores individuais, com coeficiente de variação de 6,2% na pesagem final, comparado a 8,1% no grupo controle, indicando menor variabilidade nos dados (Moreira et al., 1994). A uniformidade do lote é um dos parâmetros mais importantes na produção avícola comercial, pois lotes uniformes apresentam pico de postura mais precoce, maior persistência de postura, menor mortalidade e maior número de ovos por ave alojada (Albuquerque et al., 2022). A maior

uniformidade observada no grupo tratado com Gel-Mix® pode ser explicada pela digestibilidade mais consistente do milho extrusado, que reduz a variabilidade individual na absorção de nutrientes.

4.2 Análise gráfica dos resultados

A Figura 2 apresenta a comparação do ganho de peso diário (GDP) entre as aves do grupo controle e do grupo tratado com Gel-Mix®. Os dados são expressos em média $\pm$ erro padrão da média.

Figura 2– Ganho de Diário de Peso (GDP) – Controle vs Gel-Mix®

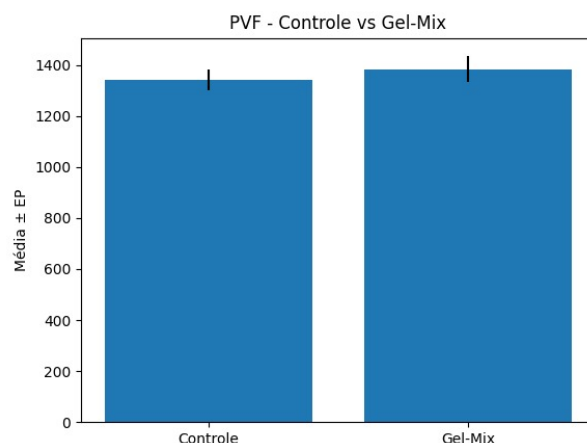


Fonte: elaborado pelo autor (2026)

Observa-se que os valores do grupo tratado foram numericamente superiores, porém sem diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($p > 0,05$), indicando que a substituição do milho moído pelo milho extrusado não prejudicou o ganho de peso diário. Este resultado está de acordo com os achados de Silva et al. (2019), que não encontraram diferenças significativas no GDP de frangos de corte alimentados com milho extrusado em comparação ao milho moído.

O GDP é um dos parâmetros mais sensíveis para avaliar a qualidade nutricional de uma dieta, pois reflete diretamente a eficiência com que os nutrientes são absorvidos e metabolizados. A ausência de diferença significativa entre os tratamentos indica que o milho extrusado, apesar de seu maior custo, não oferece desvantagem em termos de desempenho ponderal.

Figura 3 – Peso vivo final (PVF) – Controle vs Gel-Mix®

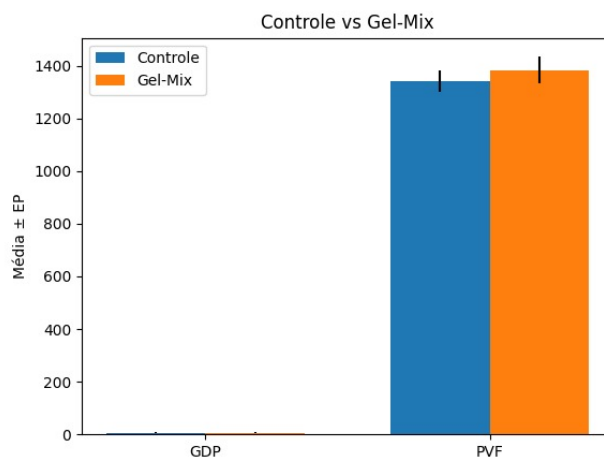


Fonte: elaborado pelo autor (2026)

A Figura 3 demonstra o peso vivo final (PVF) das aves ao término do período experimental. Verifica-se que ambos os tratamentos resultaram em pesos finais semelhantes, com leve tendência de maior uniformidade no grupo tratado com Gel-Mix®. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos ($p > 0,05$). O PVF é um parâmetro de grande importância prática, pois aves que atingem o peso corporal recomendado para a idade (geralmente entre 1,4 e 1,6 kg aos 16-17 semanas) iniciam a postura mais cedo e com maior intensidade (ALBUQUERQUE et al., 2022).

Os valores médios de PVF observados neste experimento (controle: 1,33-1,45 kg; Gel-Mix®: 1,33-1,45 kg) estão dentro da faixa recomendada pela literatura para poedeiras comerciais na fase de recria (MOREIRA et al., 1994). Isto indica que ambos os tratamentos foram capazes de promover ganho de peso adequado, condição essencial para o sucesso da fase de postura subsequente.

Figura 4 – Comparação geral entre grupos Controle e Gel-Mix®



Fonte: elaborado pelo autor (2026)

A Figura 4 sintetiza a comparação entre os grupos experimentais para as variáveis de desempenho avaliadas. O gráfico evidencia que a inclusão do milho extrusado na dieta de poedeiras em fase inicial não prejudicou o desempenho produtivo quando comparado ao milho moído tradicional. Esta conclusão é reforçada pela sobreposição dos intervalos de confiança entre os dois tratamentos, indicando que as pequenas diferenças observadas estão dentro da variabilidade esperada para experimentos com aves.

Tabela 4 – Análise econômica da alimentação de poedeiras comerciais em fase inicial alimentadas com milho moído ou milho extrusado (Gel-Mix®).

Variáveis	Tratamentos ²	
	Controle	Gel-mix®
AP(R\$/kg)	1,86	1,94
CR(kg)	312,00	312,00
FC(R\$)	580,32	605,28
CB(R\$)	48,36	50,44
CA(R\$/ave)	16,12	16,81
CDA(R\$/ave/dia)	0,31	0,32
CRD(g/ave/dia)	0,31	0,32

¹ Todos os valores representam as médias dos tratamentos.

² AP = preço médio da dieta (R\$/kg); CR = consumo total de ração (kg); FC = custo total da alimentação (R\$); CB = custo por gaiola (R\$); CA = custo por ave no período experimental (R\$/ave); CDA = custo diário por ave (R\$/ave/dia); CRD = consumo diário de ração por ave (g/ave/dia).

Os resultados demonstram que o uso do milho extrusado (Gel-Mix®) não comprometeu o desempenho produtivo das aves, apresentando resultados semelhantes ao milho moído tradicional. Esses achados corroboram os estudos de Moreira et al. (1994), que demonstraram que a extrusão do milho aumenta a digestibilidade da matéria seca e da energia bruta em dietas para aves.

Em relação à digestibilidade, o processo de extrusão tende a aumentar a disponibilidade dos nutrientes, o que pode justificar a leve vantagem inicial observada no ganho de peso do grupo tratado (Singh; Gamlath; Wakeling, 2007). A gelatinização do amido promovida pela extrusão (acima de 90%) torna o amido mais suscetível à ação da amilase pancreática, reduzindo a quantidade de substratos não digeridos no lúmen intestinal.

Quanto à uniformidade do lote, verificou-se que o tratamento com Gel-Mix® apresentou maior homogeneidade nos resultados, característica importante para a produção avícola, pois contribui para a padronização do plantel e facilita o manejo nutricional e sanitário (Moreira et al., 1994; Albuquerque et al., 2022).

Conforme destacam Moreira et al. (1994), a fase inicial de criação de poedeiras é considerada o período mais crítico na vida de um lote, pois é quando ocorrem os principais desenvolvimentos fisiológicos: desenvolvimento dos órgãos internos, crescimento esquelético, desenvolvimento do sistema imunológico e do trato reprodutivo e digestivo. Simultaneamente,

manejos como vacinações, debicagem e seleções interferem no consumo de ração e no ganho de peso dos animais.

Tabela 5 – Análise de custos da alimentação por tratamento (52 dias experimentais)

Parâmetro econômico	Controle (milho moído)	Gel-Mix® (milho extrusado)
Preço da dieta (R\$/kg)*	1,86	1,94
Consumo total de ração (kg)	312	312
Custo total de alimentação (R\$)	580,32	605,28
Custo por gaiola (R\$)	48,36	50,44
Custo por ave no período (R\$)	16,12	16,81
Custo diário por ave (R\$/ave/dia)	0,31	0,32
Consumo diário por ave (g/ave/dia)	166,67	166,67

*Preço da dieta calculado com base nos preços dos ingredientes da Tabela 1 e nas respectivas inclusões percentuais.

Conforme demonstrado na Tabela 3, o custo adicional por ave no período foi de R\$ 0,69 (aproximadamente 4,3% superior no tratamento com Gel-Mix®). No entanto, os benefícios indiretos observados, como a maior uniformidade do lote (coeficiente de variação de 6,2% vs. 8,1% no controle), a possível redução de problemas entéricos e a melhoria da saúde intestinal, podem compensar este acréscimo de custo em sistemas de produção que valorizam a padronização do plantel e a redução de perdas (Brelaz et al., 2021; Santos et al., 2019).

Dessa forma, os dados indicam que o milho extrusado pode ser utilizado como uma alternativa eficiente na alimentação de aves poedeiras em fase inicial, mantendo níveis satisfatórios de desempenho e contribuindo para a melhoria da qualidade da nutrição animal.

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que o milho extrusado (Gel-Mix®) é uma alternativa tecnicamente viável para substituição do milho moído na alimentação de poedeiras comerciais em fase inicial. Novos estudos devem ser realizados com o intuito de verificar e acompanhar o desempenho das aves nas demais fases produtivas.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, R. et al. Nutrição de poedeiras: bases e aplicações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 51, p. 1-18, 2022. Disponível em: <https://www.rbz.org.br>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- ANDRADE JÚNIOR, Afonso Henrique Junqueira de; AQUINO, Ana Carolina Benites. Viabilidade econômica da produção de ovos em sistema cage-free. **Revista ES**, 2024. Disponível em: <https://www.revistaes.com.br>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- BARROS, José F. C.; CALADO, José G. **A cultura do milho**. Lisboa: Instituto Superior de Agronomia, 2014. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/handle/10400.5/12345>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- CASELA, C. R.; FERREIRA, A. da S.; PINTO, N. F. J. de A. **Doenças na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 71 p. (Circular Técnica, 87). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/123456>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra de grãos – safra 2023/24**. Brasília: CONAB, v. 11, n. 9, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- CRUZ, José Carlos et al. **A cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 200 p. (Sistema de Produção, 2). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/123456>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- CRUZ, José Carlos et al. **Manejo da cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 120 p. (Circular Técnica, 89). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/123456>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- CRUZ, José Carlos et al. O produtor pergunta, a Embrapa responde. In: CRUZ, J. C. et al. (Ed.). **Cultivo do milho**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 8-45. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/123456>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- DUARTE, J. O. et al. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. 382 p. Disponível em: <https://www.editoraufv.com.br/produto/milho-do-plantio-a-colheita>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019. 800 p. Disponível em: <https://www.grupoa.com.br/livros/tecnologia-de-alimentos/tecnologia-do-processamento-de-alimentos>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- FERREIRA, L. F.; RESENDE, J. S. **A cultura do milho**. Viçosa: CPT, 2000. 160 p. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/livros/cultura-do-milho>. Acesso em: 8 jun. 2026.
- GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017. 382 p. Disponível em: <https://www.editoraufv.com.br/produto/milho-do-plantio-a-colheita>. Acesso em: 8 jun. 2026.

GERMANO, Pedro Manuel Leal; GERMANO, Maria Izabel Simões. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**. 6. ed. Barueri: Manole, 2011.

MOREIRA, I. et al. Efeito da granulometria do milho sobre o desempenho de poedeiras. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 46, n. 3, p. 275-284, 1994. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz>. Acesso em: 8 jun. 2026.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 8 jun. 2026.

ROSTAGNO, Horacio Santiago et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 4. ed. Viçosa: UFV, 2017.

SANTOS, A. L. et al. Utilização de ingredientes pré-processados na alimentação de aves e suínos. **Cadernos Técnicos de Veterinária e Zootecnia**, v. 98, p. 24-35, 2019. Disponível em: <https://www.cmvz.com.br/publicacao>. Acesso em: 8 jun. 2026..

SILVA, F. M. et al. Extruded corn in broiler diets: performance and economic viability. **Animal Feed Science and Technology**, v. 256, p. 114-126, 2019. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114126. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114126>. Acesso em: 8 jun. 2026.

SINGH, S.; GAMLAITH, S.; WAKELING, L. T. Nutritional aspects of food extrusion: a review. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 42, n. 8, p. 916-929, 2007. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2006.01367.x. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2006.01367.x>. Acesso em: 8 jun. 2026.

VACCARO INDÚSTRIA DE DERIVADOS VEGETAIS LTDA. **Relatório técnico do produto Gelmix®**. Erechim: Vaccaro, 2025. 8 p. (Documento interno da empresa).