

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

EDILSON SILVA DE OLIVEIRA

Médico Veterinário

**FORMA FÍSICA DAS FONTES ENERGÉTICAS (MILHO OU SORGO) NA RAÇÃO
SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE E VIABILIDADE
ECONÔMICA PARA PEQUENOS PRODUTORES**

Ilha Solteira - SP

2025



EDILSON SILVA DE OLIVEIRA

Médico Veterinário

**FORMA FÍSICA DAS FONTES ENERGÉTICAS (MILHO OU SORGO) NA RAÇÃO
E EFEITO SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE E VIABILIDADE
ECONÔMICA PARA PEQUENOS PRODUTORES**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia – Unesp, Câmpus de Ilha Solteira como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

Orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos de Laurentiz

Ilha Solteira - SP

2025

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

O48f Oliveira, Edilson Silva de.
Forma física das fontes energéticas (milho ou sorgo) na ração e efeito sobre o desempenho de frangos de corte e viabilidade econômica para pequenos produtores / Edilson Silva de Oliveira. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2025
41 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Ciência e Tecnologia Animal, 2025

Orientador: Antonio Carlos de Laurentiz

Inclui bibliografia

1. Custo. 2. Granulometria. 3. Grãos energéticos. 4. Moagem.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

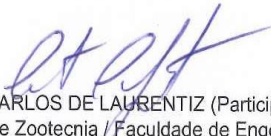
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: FORMA FÍSICA DAS FONTES ENERGÉTICAS (MILHO OU SORGO) NA RAÇÃO E EFEITO SOBRE O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE E VIABILIDADE ECONÔMICA PARA PEQUENOS PRODUTORES

AUTOR: EDILSON SILVA DE OLIVEIRA

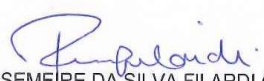
ORIENTADOR: ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências , pela Comissão Examinadora:


Prof. Ass. Dr. ANTONIO CARLOS DE LAURENTIZ (Participação Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO HENRIQUE ZANETTI
Data: 21/02/2025 09:13:23-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. LEONARDO HENRIQUE ZANETTI (Participação Virtual)
Departamento de Ciências Agrárias / Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE


Profa. Dra. ROSEMEIRE DA SILVA FILARDI (Participação Presencial)
Departamento de Biologia e Zootecnia / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Ilha Solteira, 18 de fevereiro de 2025

DEDICATÓRIA

Primeiramente, agradeço a Deus e ao meu pai, Silmar Rodrigues Silva de Oliveira, por me permitirem alcançar mais essa conquista. Meu pai é um verdadeiro exemplo de vida, sendo fundamental para minha formação pessoal e profissional. Sou profundamente grato por sua inspiração, apoio e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por me abençoar, por toda proteção e por permitir que este sonho se tornasse realidade.

Ao meu professor orientador, Dr. Antônio Carlos de Laurentiz, manifesto minha eterna gratidão pela oportunidade de receber sua orientação. Foi um privilégio compartilhar este período de convivência e trabalho conjunto, aprendendo com sua experiência e dedicação. Sou imensamente grato por tudo!

À Universidade Estadual Paulista (UNESP), nos câmpus de Ilha Solteira e Dracena – SP, meu agradecimento por me acolher e proporcionar um ambiente de aprendizado enriquecedor. Aos docentes do programa, com os quais tive o prazer de ser aluno, sou profundamente grato por todo o conhecimento transmitido.

Aos servidores do Setor de Produção Animal da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – Carlos, Edison, Leandro e Márcio –, agradeço pelo suporte essencial durante a realização dos experimentos.

Ao meu grupo de pesquisa GEAIS e aos colaboradores Carla, Giovana, Gustavo e Axis, registro meu agradecimento pela parceria e colaboração.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio concedido a este trabalho, por meio do Código de Financiamento 001.

RESUMO

O estudo teve por finalidade avaliar as diferentes formas de fornecer os cereais, como milho ou sorgo, para frangos de corte na fase de crescimento e terminação de 28 a 42 dias e a influência da moagem dos grãos em diferentes peneiras sobre o custo da moagem dos cereais. No estudo de desempenho foram utilizados 300 frangos de corte com 28 dias de idade, machos, de uma linhagem comercial, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado em um esquema fatorial 2x2, sendo os fatores 2 cereais (milho ou sorgo) e 2 formas físicas do cereal (inteiro ou triturado), totalizando 4 tratamentos e 5 repetições com 15 aves cada. No período de 1 a 27 dias, as aves receberam rações para atendimento de suas necessidades nutricionais e a partir de 28 dias passaram a receber os tratamentos experimentais. O fornecimento do sorgo apresentou melhor desempenho ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) quando comparado ao milho, especialmente nos períodos de 35 a 42 dias e 28 a 42 dias. O sorgo moído foi mais eficiente em ambos os parâmetros, com menor CA, indicando maior eficiência alimentar, principalmente quando o grão foi moído, sugerindo que a moagem melhora a digestibilidade e a conversão alimentar, otimizando o desempenho das aves. No ensaio de custo energético da moagem do grão e do sorgo para diferentes peneiras (Diâmetro Geométrico Médio, DGM) de moedor tipo martelo, o milho consumiu 20,59 kWh/ton, enquanto o sorgo 16,86 kWh/ton, o que resulta em maior custo energético para moer o milho. Considerando-se o preço do kWh em 2024, o com o custo de moer o sorgo foi 25% mais barato em relação a moagem do milho. Portanto para um produtor de menor porte que prepara sua ração na propriedade, a utilização do sorgo, independente do DGM, é menos onerosa em relação a do milho, além de garantir desempenho satisfatório dos frangos de corte a partir de 35 dias de idade.

Palavras-chave: custo; granulometria; grãos energéticos; moagem.

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the different ways of supplying cereals, such as corn or sorghum, to broilers in the growth and finishing phase of 28 to 42 days and the influence of grinding the grains in different sieves on the cost of grinding the cereals. The performance study used 300 28-day-old male broilers from a commercial lineage, distributed in a completely randomized design in a 2x2 factorial scheme, with the factors being 2 cereals (corn or sorghum) and 2 physical forms of the cereal (whole or crushed), totaling 4 treatments and 5 replicates with 15 birds each. In the period from 1 to 27 days, the birds received feed to meet their nutritional needs and from 28 days onwards they began to receive the experimental treatments. The supply of sorghum showed better performance in weight gain (WG) and feed conversion (FCR) when compared to corn, especially in the periods from 35 to 42 days and 28 to 42 days. Milled sorghum was more efficient in both parameters, with lower CA, indicating greater feed efficiency, especially when the grain was milled, suggesting that milling improves digestibility and feed conversion, optimizing bird performance. In the energy cost test of grinding grain and sorghum for different sieves (Mean Geometric Diameter, DGM) of a hammer mill, corn consumed 20.59 kWh/ton, while sorghum consumed 16.86 kWh/ton, which results in a higher energy cost to grind corn. Considering the price of kWh in 2024, the cost of grinding sorghum was 25% cheaper than grinding corn. Therefore, for a smaller producer who prepares his feed on the property, the use of sorghum, regardless of DGM, is less expensive than that of corn, in addition to ensuring satisfactory performance of broilers from 35 days of age.

Keywords: cost; granulometry; energy grains; milling.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classes e DGM para produção de aves	23
Tabela 2 – Ingredientes utilizados e composição nutricional calculada das rações experimentais no período de 28 a 42 dias.....	25
Tabela 3 – Análise de variância e médias dos dados de desempenho zootécnico ...	29
Tabela 4 – Desdobramento das interações de desempenho zootécnico	30
Tabela 5 – Médias de DGM (μm) do milho e do sorgo moído	33
Tabela 6 – Tempo em hora e média de hora dispendida para moer uma tonelada de milho e sorgo.....	34
Tabela 7 – Medições de Potência, tempo e energia para a moagem de milho e sorgo	35
Tabela 8 – Média de kWh gasto para moer uma tonelada de milho e sorgo.....	36
Tabela 9 – Custo médio para moer uma tonelada de milho em novembro de 2023 e em novembro de 2024.....	37

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	17
3.1	Avicultura de Corte.....	17
3.1.1	<i>Milho e Sorgo</i>	18
3.1.2	<i>Dietas à base de grãos inteiros para frango de corte</i>	19
3.1.3	<i>Granulometria</i>	21
3.1.4	<i>Granulometria na Avicultura</i>	22
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1	Considerações gerais, instalações, aves e manejo.....	24
4.2	Delineamento experimental e tratamentos.....	24
4.3	Parâmetros avaliados.....	26
4.4	Análise estatística	26
4.5	Delineamento experimental e tratamentos.....	26
4.6	Equipamento utilizados para moagem do milho e sorgo.....	27
4.7	Metodologia para padronização das repetições	27
4.8	Coleta de materiais para análise laboratorial.....	27
4.9	Medição do consumo de energia	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	Ensaio de desempenho Zootécnico.....	29
5.2	Experimento 2	33
6	CONCLUSÃO.....	38
	REFERÊNCIAS	39
	DADOS CURRICULARES DO AUTOR	43

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira passou por diversas transformações, impulsionadas por avanços na genética de linhagens, investimentos em tecnologias de automação, melhorias no controle sanitário, capacitação de pessoal para o manejo das aves e a adoção de sistemas de produção integrados (Brasil, 2012).

O Brasil mantém-se como o maior exportador mundial de carne de frango, com previsão de embarques recorde de até 5,2 milhões de toneladas em 2024, representando um aumento de 6,6% em comparação ao ano anterior (ABPA, 2023). Além disso, é o terceiro maior produtor global, com uma produção anual estimada em 14,8 a 14,9 milhões de toneladas, das quais aproximadamente 35,5% destinam-se ao mercado externo e 65,5% ao mercado interno (Forbes Agro, 2024). Esse crescimento reflete a forte demanda internacional pela carne de frango brasileira e a eficiência do país em atender ambos os mercados.

Tradicionalmente, grandes complexos industriais utilizam milho e sorgo moídos na alimentação de frangos de corte. Tem-se explorado o uso de grãos inteiros na fase de crescimento e terminação como uma alternativa viável para atender às exigências nutricionais das aves, especialmente em sistemas de produção de menor escala. Estima-se que as dietas representem cerca de 70% dos custos totais de produção, o que incentiva estudos sobre ingredientes alternativos que possam reduzir esses custos (Silva *et al.*, 2022).

O milho, principal ingrediente das rações, apresenta oscilações sazonais de preço, o que impacta diretamente os custos de produção. Nesses períodos de alta, o sorgo surge como uma opção econômica para substituição parcial ou total do milho, especialmente em locais e épocas de baixa oferta. Com 3.204 kcal/kg de energia metabolizável, 8,75% de proteína bruta e 66,60% de amido, o sorgo possui valores nutricionais que o tornam uma alternativa viável para rações avícolas (Rostagno *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2023).

Esse conjunto de fatores mostra como o setor avícola brasileiro continua a buscar eficiência e inovação, assegurando competitividade tanto no mercado interno quanto externo. O uso de ingredientes alternativos e a adequação do processamento têm se mostrado estratégias fundamentais para o desenvolvimento sustentável e econômico da produção nacional de frangos de corte.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar se inclusão de milho ou sorgo em grão na ração de crescimento e terminação frangos de corte possibilita o mesmo desempenho zootécnico de em relação a utilização destes cereais incluídos na forma moída.

2.2 Objetivos Específicos

Verificar se a inclusão do milho ou sorgo sem moagem na ração de frangos de corte permite o mesmo desempenho zootécnico nas fases de crescimento e terminação das aves em relação a inclusão dos mesmos grãos após a moagem.

Determinar a eficiência da moagem e da granulometria do milho e do sorgo utilizando diferentes peneiras em moedor tipo martelo, analisando o consumo de energia elétrica, o tempo de moagem e o impacto da granulometria da peneira na eficiência do processo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Avicultura de Corte

A partir da década de 1950, a avicultura brasileira passou por uma transformação significativa, deixando de ser uma atividade de subsistência para se tornar uma atividade industrial voltada ao abastecimento de uma demanda crescente por proteína animal acessível e nutritiva decorrente do aumento populacional (Rodrigues *et al.*, 2019). O crescimento da avicultura de corte nas últimas décadas tem sido exponencial, impulsionado por avanços em melhoramento genético, nutrição e sanidade, fatores que permitiram o desenvolvimento de aves com alta produtividade e menor custo de produção (Valentim *et al.*, 2023).

A alimentação representa cerca de 70% do custo total na produção de frango de corte, o que justifica a importância da busca por fontes alternativas de alimentos energéticos e proteicos que atendam às necessidades de forma econômica e eficiente (Barbosa *et al.*, 2019).

A trajetória da produção avícola no Brasil é uma das mais notáveis dentro do setor agroindustrial, impulsionada por inovações técnicas e pela crescente colaboração entre os agentes da cadeia produtiva. Esse modelo permitiu ao Brasil se destacar tanto no mercado interno quanto externo, superando concorrentes e consolidando-se como um dos maiores fornecedores de proteína animal do mundo (Jesus Junior *et al.*, 2021).

Nas últimas três décadas, a intensificação da produção avícola no Brasil foi acompanhada pela implementação de sistemas de produção que concentram grandes quantidades de aves em ambientes controlados.

Contudo, isso dificultou a inclusão de pequenos produtores e levantou questões sobre a sustentabilidade e a segurança alimentar dos consumidores (Sales, 2021).

Para se manterem competitivas, as empresas da cadeia de produção de frangos de corte investiram na criação de laboratórios próprios de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), buscando inovação e agilidade na resposta às demandas do mercado. Além disso, estabeleceram mecanismos de Transferência de Tecnologia (TT), visando ampliar parcerias e explorar novos mercados.

A evolução da agroindústria avícola brasileira é inegável, e as buscas por estratégias para reduzir custos e aumentar a rentabilidade são constantes.

Como a alimentação representa aproximadamente 70% dos custos de produção, há um foco em formular rações que promovam um bom desempenho zootécnico das aves e contribuam para a redução de custos (Rosa *et al.*, 2020).

Na formulação de rações para frangos de corte, é essencial considerar a qualidade e a composição dos nutrientes, garantindo um balanceamento adequado para otimizar a eficiência alimentar (Jesus Junior *et al.*, 2021).

O uso de alimentos alternativos, como o sorgo, é uma estratégia importante para reduzir custos, atendendo às necessidades energéticas e nutricionais das aves (Avilla *et al.*, 2022).

3.1.1 Milho e Sorgo

Na produção de frangos de corte os nutricionistas buscam continuamente estratégias economicamente viáveis para a redução dos custos com alimentação, especialmente devido às volatilidades nos preços das matérias primas como milho e soja, observados anualmente no mercado global de grãos. Em função da ração representar a maior parte do custo da produção de frango, aproximadamente 64% (Carvalho *et al.*, 2008), o uso de alimentos alternativos, ao milho pode determinar desempenho satisfatório a custos mais viáveis.

No Brasil o milho representa a principal fonte energética na ração de aves e normalmente nas rações de frangos de corte sua proporção é de 60 a 65% e sua utilização representa cerca de 45% do custo total de produção. O milho pode ser substituído, parcial ou total, por matérias-primas mais baratas e viáveis como intuito de desonerar os custos. Sendo o sorgo muito semelhante em composição nutricional ao milho (Valadares Filho *et al.*, 2001) no seu teor de amido, é possível a substituição do milho pelo sorgo nas dietas de frangos, principalmente pelo fato de que em muitas regiões brasileiras seu preço é inferior ao do milho.

De acordo com Rostagno *et al.* (2011), o sorgo apresenta para aves um valor de 3.189 kcal/kg de energia metabolizável, 8,97% de proteína bruta, 2,96% de extrato etéreo, 63,24% de amido, 2,30% de fibra bruta e 1,41% de cinzas; enquanto que o milho apresenta para aves, 3.381 kcal/kg de energia metabolizável, 7,88 %

de proteína bruta, 3,65% de extrato etéreo, 62,66% de amido, 1,73% de fibra bruta e 1,27% de cinzas. Para aves o sorgo apresenta apenas 5,68% a menos de energia metabolizável comparativamente à energia metabolizável do milho.

Em trabalho realizado com frangos de corte utilizando rações a base de milho ou sorgo os parâmetros de desempenho, qualidade de carne e rendimento de carcaça e cortes não foram afetados pela substituição do milho pelo sorgo (Santos *et al.*, 2018).

Esses resultados demonstram que em termos nutricionais o grão de milho e sorgo possuem composição química semelhantes, embora a energia do sorgo seja menor e o seu teor proteico maior.

3.1.2 Dietas à base de grãos inteiros para frango de corte

A granulometria dos ingredientes da ração exerce papel fundamental nos custos de produção da fábrica de ração além de refletir no desempenho das aves. Expressa em, Diâmetro Geométrico Médio (DGM) das partículas da ração, a granulometria influencia na homogeneidade e, dispersibilidade dos nutrientes na ração, no transporte e na fluidez da ração nos comedouros (Costa, 1998).

As aves, desde a primeira semana possuem a capacidade de selecionar as dietas quando expostas a situações de escolha. Esta capacidade não é determinada exclusivamente por características nutricionais da dieta, mas também pela forma física e a granulometria, fatores são considerados importantes no processo de ingestão (Eley; Bell, 1948).

Estratégias de arraçamento com dietas que contemplem a granulometria mais adequada para melhor desenvolvimento do trato gastro-intestinal (TGI) passam pela escolha das matérias-primas das rações, pela granulometria mais alta ou até mesmo o uso de grãos inteiros na ração (Hetland; Svihus, 2001).

Em aves alimentadas com rações muito finas, a moela torna-se flácida e ineficiente no processo de moagem e trituração do alimento, além de prejudicar a mistura deste com os sucos digestivos (Penz; Magro, 1998).

A velocidade de passagem do alimento pelo TGI é afetada pela granulometria da dieta, sendo que em dietas de alta granulometria, a velocidade e o trânsito de partículas maiores é menor comparativamente à velocidade e o

trânsito de partículas menores.

De acordo com Nir *et al.* (1994), a passagem mais lenta do alimento, resultante da ingestão de dietas com partículas maiores foi acompanhada por um consumo semelhante à dieta de partículas menores, porém com melhor taxa de crescimento.

Em um experimento comparando a granulometria do milho e a energia metabolizável para frangos de corte, foi constatado que a granulometria não altera o valor energético do milho, porém partículas com DGM próximo a 1000 µm, obtidas ao utilizar a peneira com furos de 10 mm, são mais adequadas (Zanotto *et al.*, 1996).

Desde a década passada, dietas de frangos de corte à base de grãos inteiros têm se tornado uma prática constante no Brasil, Canadá, Europa e Austrália, especialmente devido aos conhecidos benefícios presentes nesta forma de arração (Liu *et al.*, 2014).

Na Europa o grão inteiro mais utilizado na ração de frangos de corte é o trigo, o qual é fornecido juntamente com um concentrado protéico, sendo a prática uma forma eficaz de redução do custo com alimentação, pois não exige a moagem dos cereais e permite o uso dos mesmos direto das explorações agrícolas (Faruk, 2010).

Outro aspecto economicamente importante uso de grãos inteiros na ração refere-se à redução dos custos fabris na manufatura da ração, uma vez que os custos com energia elétrica intrínsecos ao processo de moagem, representam o segundo maior custo de energia elétrica da fábrica (Biagi, 1998), podendo estes custos com a moagem representarem até 30% dos custos da ração (Dozier, 2002).

Ainda analisando as formas físicas do grão e sua composição nutricional, ao avaliar o desempenho de frangos de corte alimentados com dietas à base de milho moído, sorgo moído, ou sorgo inteiro, Carvalho *et al.* (2015), constataram que o uso do sorgo grão moído ou inteiro em substituição ao grão de milho não interferiu no desempenho zootécnico dos animais.

Além disso, ocorre a vantagem econômica do processo produtivo, pelo seu custo de referência e pela diminuição do processo industrial, essencialmente quando é utilizado o grão inteiro que leva a redução do uso de moinhos e mão-de-obra nas fábricas de rações, ainda uma economia de energia elétrica.

Desta forma a utilização de grãos inteiros é uma estratégia que pode ser

particularmente vantajosa em sistemas de produção de menor escala ou em períodos em que os custos de energia estão elevados, contribuindo para a redução dos custos totais de produção sem comprometer o desempenho das aves.

3.1.3 Granulometria

A granulometria de moagem dos alimentos, além de interferir na qualidade física do pelete, pode afetar as propriedades físicas da digesta, desenvolvimento do trato gastrointestinal e a utilização de nutrientes (Amerah *et al.*, 2007).

Desta forma, o conhecimento dos efeitos físicos da dieta sobre as alterações anato fisiológicas e do comportamento alimentar em aves auxilia na escolha do melhor tamanho de partícula e forma física da ração (Favero *et al.*, 2009).

A granulometria de um grão pode variar de muito fina a muito grossa, de acordo com o diâmetro dos furos da peneira do moinho onde este é processado (Lentle *et al.*, 2006).

O tamanho de partículas resultantes de uma moagem pode sofrer influência pelo tipo de grão, distância entre martelos, potência do moinho, dureza do grão, entre outros fatores, e a granulometria resultante destes fatores podem influenciar o desempenho das aves (Carre, 2004).

Para Leandro *et al.* (2001), a padronização do tamanho das partículas das rações desempenha papel importante no uso de métodos de processamento que procedam ao adensamento via calor úmido, caso da peletização, sendo a granulometria fator comprometedor da qualidade do pelete.

Em aves o tamanho do bico pode determinar a ingestão de alimentos (Penz Junior; Magro, 1998), e pode ser evidenciado que as aves têm dificuldade de consumir partículas maiores ou menores que o tamanho de seus bicos, o que estabelece para cada ave a preferência por um determinado tamanho da partícula (Moran, 1982).

Cavalcanti, Silva e Oliveira (2022) identificaram que frangos alimentados com ingredientes mais grosseiramente moídos apresentaram maior consumo e menor perda de alimento. Entretanto, não é somente o tamanho das partículas dos alimentos, normalmente expresso pelo (DGM), que deve ser considerado. Também

é importante, para caracterizar a granulometria da dieta, a amplitude de dispersão do tamanho das partículas, representada pelo (Desvio Geométrico Padrão DGP).

3.1.4 Granulometria na Avicultura

O valor nutritivo do milho moído em moinho de martelos não é afetado quando a sua granulometria apresenta partículas entre 500 e 1000 μm . Entretanto, se a granulometria do milho for excessivamente fina ou grossa, os nutrientes podem não ser bem aproveitados pelas aves. Isso depende também da forma física da ração (farelada, triturada ou peletizada) (Condé *et al.*, 2014).

No caso de uma granulometria do milho muito fina, com DGM abaixo de 400 μm , em rações fareladas e/ou trituradas, os frangos podem apresentar problemas de consumo devido à maior presença de pó, podendo causar-lhes problemas respiratórios e incrustações do alimento no bico, aumentando o consumo de água e a perda de alimento nos bebedouros, além de possibilitar o umedecimento da cama.

Em estudo com frangos de corte entre 1 a 21 dias de idade, foi observado que dieta cujo o DGM do milho foi de 1196 μm promoveu melhor desempenho das aves em relação a uma dieta com milho com DGM de 716 μm (Lott *et al.*, 1999b). Ainda comparando diferentes DGM do milho (769 e 367 μm) em rações para frangos de corte, Penz Junior e Magro (1998) também verificaram maior consumo e maior ganho de peso na fase de 21 a 42 dias para frangos que receberam ração com o maior DGM. Nesta mesma fase de criação, frangos que receberam ração com DGM do milho de 778 μm também apresentaram maior consumo de ração e ganho de peso, além de melhor conversão alimentar, em relação aos frangos que receberam ração com DGM do milho de 337 μm (Ribeiro *et al.*, 2002).

Embora menores valores de DGM do milho possam influenciar o desempenho das aves, a variação do tamanho das partículas do milho de 350 e 815 μm , moídas em moinhos de martelos, praticamente não alterou a energia metabolizável desse alimento para frangos de corte (Rodrigues; Freitas; Almeida, 2021). Estes resultados demonstram flexibilidade na alteração do tamanho da partícula de forma que a granulometria pode ser ajustada de acordo com a

necessidade da categoria animal sem o comprometimento do valor nutricional do alimento.

A granulometria na avicultura é um fator crucial para o desempenho produtivo das aves, especialmente em relação à eficiência alimentar e ao crescimento. A moagem dos ingredientes da ração influencia diretamente a digestibilidade e a absorção dos nutrientes, com partículas menores favorecendo uma maior superfície de contato para a ação das enzimas digestivas. No entanto, uma granulometria excessivamente fina pode resultar em desperdício de energia e até prejudicar a saúde intestinal das aves, enquanto partículas muito grandes podem dificultar a mastigação e a digestão. O ajuste adequado da granulometria, considerando o tipo de ração e a fase de crescimento das aves, é essencial para otimizar o desempenho zootécnico e reduzir custos de produção.

De acordo com a Embrapa (2001), os valores recomendados de DGM para a produção de aves estão entre 761 a 997 μm (Tabela 1).

Tabela 1 – Classes e DGM para produção de aves

Classe	DGM, μm	Aves
1	1177 ou mais	Grosso
2	1177 a 998	Cautela
3	997 a 862	Recomendado
4	861 a 761	Recomendado
5	760 a 669	Cautela
6	668 a 605	Não Recomendado
7	604 a 561	Não Recomendado
8	560 a 530	Não Recomendado
9	529 a 508	Não Recomendado
10	507 a 493	Não Recomendado
11	492 a 483	Não Recomendado
12	483 ou menos	Fino

Fonte: Embrapa (2001).

4 MATERIAL E MÉTODOS

EXPERIMENTO I – Ensaio de desempenho zootécnico.

4.1 Considerações gerais, instalações, aves e manejo

O estudo foi realizado no Setor de Avicultura da Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Engenharia, Ilha Solteira, região Noroeste do Estado de São Paulo, no segundo semestre de 2024. Todos os procedimentos utilizados na condução do estudo foram submetidos à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da referida unidade e aprovado sob parecer 07/2024.

O experimento de desempenho foi conduzido na fase de 28 a 42 dias de idade, utilizando-se 300 aves com 28 dias de idade, alojadas em 20 boxes (15 aves por box) de 4 m² montados em um galpão de alvenaria, com cobertura de telha de cerâmica, piso de concreto, paredes laterais em alvenaria com 0,3 m de altura, completadas com tela de arame até o telhado, com 3,20 m de pé direito e cortinado externo móvel. Todos os boxes foram revestidos de cama de serragem a uma espessura de 5 cm.

4.2 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em um esquema fatorial 2x2 (2 grãos: milho ou sorgo e 2 formas físicas dos grãos: triturado ou inteiro), sendo 4 tratamentos com 5 repetições cada, totalizando 20 parcelas experimentais com 15 aves cada.

A combinação entre os fatores resultou nos tratamentos:

T1 Milho triturado mais concentrado;

T2 Milho grão mais concentrado;

T3 Sorgo triturado mais concentrado;

T4 Sorgo grão mais concentrado.

As rações experimentais utilizadas no estudo foram produzidas na Fábrica de Rações da Fazenda Experimental da FEIS/UNESP, localizada em Ilha Solteira. Essas rações foram formuladas com base em milho e sorgo, atendendo às

exigências nutricionais específicas para cada fase de criação das aves. As formulações seguiram rigorosamente as recomendações nutricionais descritas por Rostagno *et al.* (2017), adequadas para o pleno desenvolvimento e desempenho zootécnico dos frangos de corte.

Tabela 2 – Ingredientes utilizados e composição nutricional calculada das rações experimentais no período de 28 a 42 dias

Ingredientes	Milho moído	Milho grão	Sorgo moído	Sorgo grão
Milho (7,92% PB)	62,13	62,13	63,05	63,05
Soja farelo (46% PB)	30,23	30,23	28,78	28,78
Óleo soja	4,02	4,02	4,48	4,48
Fosfato bicálcico	1,61	1,61	1,59	1,59
Calcário	0,77	0,77	0,79	0,79
Sal comum	0,44	0,44	0,45	0,45
DL-metionina	0,288	0,288	0,335	0,335
L-lisina	0,282	0,282	0,300	0,300
*Premix mineral	0,100	0,100	0,100	0,100
**Premix vitamínico	0,100	0,100	0,100	0,100
Total	100	100	100	100
Composição nutricional calculada				
EM (kcal/kg)	2900	2900	2900	2900
Proteína Bruta (%)	19,00	19,00	19,00	19,00
Cálcio (%)	0,80	0,80	0,80	0,80
Fósforo disponível (%)	0,40	0,40	0,40	0,40
Lisina digestível (%)	1,10	1,10	1,10	1,10
Metionina digestível (%)	0,55	0,55	0,55	0,55
Sódio (%)	0,20	0,20	0,20	0,20

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: * Premix mineral, níveis de garantia: cobre (min) 6,300,00 mg/kg; ferro (min) 52,50 g/kg; iodo (min) 1.260,00 mg/kg; manganês (min) 70,00 g/kg; selênio (min) 300,00 mg/kg; zinco (min) 63,00 g/kg. **Premix vitamínico, níveis de garantia: ácido fólico (min) 750,00 mg/kg; ácido pantotênico (min) 10,00 g/kg; biotina (min) 80,00 mg/kg; niacina (min) 40,00 g/kg; vitamina A (min) 8.000.000,00 UI/kg; vitamina B1 (min) 3.000,00 mg/kg; vitamina B12 (min) 18.000,00 µg/kg; vitamina B2 (min) 6.000,00 mg/kg; vitamina B6 (min) 3.250,00 mg/kg; vitamina D3 (min) 2.500.000,00 UI/kg; vitamina E (min) 15.000,00 UI/kg; vitamina K3 (min) 2.500,00 mg/kg.

As rações foram fornecidas de forma padronizada, utilizando um único comedouro para todos os tratamentos, garantindo as mesmas condições de acesso e consumo para os animais. Para as rações contendo grãos triturados, todos os ingredientes foram batidos juntos, garantindo uma mistura homogênea antes da oferta. Já para as rações com grãos inteiros, os demais ingredientes foram

inicialmente batidos separadamente, e os grãos inteiros foram adicionados à mistura posteriormente, garantindo a incorporação uniforme ao restante da ração.

4.3 Parâmetros avaliados

Foi avaliado o desempenho zootécnico das aves para a fase de 28 a 42 dias de idade. Os parâmetros avaliados, no final de cada semana experimental foram: consumo de ração (g/ave), ganho de peso (g/ave) e conversão alimentar (g de ração/ g de peso vivo):

Consumo de ração (g/ave/fase): foi determinado por meio da diferença da pesagem da ração fornecida (RF) e a ração remanescente (RR) para cada parcela experimental, no final de cada fase experimental.

Ganho de peso (g/ave): foi determinado pela diferença de peso final e inicial da parcela no final de cada fase experimental.

Conversão alimentar g de ração/g de peso vivo: foi expressa em gramas de ração consumida para produzir gramas de ganho de peso no final de cada fase experimental.

4.4 Análise estatística

Os dados do experimento foram submetidos à análise de variância e quando ocorreu efeito significativo as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi o SISVAR, versão 5.6

Experimento II EFICIÊNCIA DE MOAGEM DO MILHO E DO SORGO

O experimento foi conduzido na Fábrica de Ração da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira.

4.5 Delineamento experimental e tratamentos

Para determinação dos diferentes DGM's, foram definidos dois tratamentos, com três repetições por peneira, totalizando seis amostras de milho e sorgo triturado. Os tratamentos foram: moagem do grão de milho em peneira com

diâmetro do orifício de 3 mm e moagem do sorgo em peneira com diâmetro do orifício 4 mm.

As porções de milho e sorgo triturados, antes da pesagem, foram processadas em uma mesa de pré-limpeza para retirar as impurezas.

4.6 Equipamento utilizados para moagem do milho e sorgo

A moagem foi realizada em um conjunto motor-triturador. O motor de indução trifásico tem potência nominal de 15 CV e rotação nominal de 3510 rpm. O motor está acoplado ao conjunto de martelos, dentro do duto de admissão e sucção do material triturado. Entre os dutos está fixada a peneira de 3 mm ou 4mm.

4.7 Metodologia para padronização das repetições

Para proporcionar melhor padronização entre as repetições, foi adotado o seguinte procedimento: após iniciar a partida no moinho aguardava-se 30 segundos antes de liberar a entrada do grão no sistema do moinho.

Após a passagem de 30 kg de grão, novamente se aguardava 30 segundos para garantir a passagem de todo o material pela peneira. A abertura de entrada do grão no sistema foi mantida padrão para cada tipo de grão.

Após moer cada amostra, o material automaticamente foi armazenado no silo pulmão de onde foi retirada amostra de cada repetição realizada. Das repetições já moídas foram coletadas amostras representativas de aproximadamente 1 kg.

4.8 Coleta de materiais para análise laboratorial

Após a coleta das amostras, essas foram levadas ao laboratório em sacos plásticos identificados, e no laboratório foram homogeneizadas e retirado 0,5 kg de cada amostra, as quais foram colocadas em bandejas de secagem.

As amostras foram secas a 65°C por 24 horas para que não houvesse aderência de partículas finas nas malhas e não interferisse na passagem de outras partículas. Após a retirada da estufa as amostras permaneceram em repouso para que a temperatura da amostra se equilibrasse com a do ambiente.

As amostras foram analisadas em duplicatas (100g cada sub-amostra), e foram mantidas no aparelho por dez minutos. Ao fim, foram pesadas com seu conteúdo e por diferença definido a quantidade de material presente.

Para o cálculo da DGM (μm) os valores foram inseridos no programa Granucalc® (EMBRAPA) e gerado um relatório para cada repetição realizada.

4.9 Medição do consumo de energia

A medição do consumo de potência elétrica do motor foi realizada com um medidor de energia SAGA 4000, configurado para registro de potência aparente a cada 5 segundos.

A energia total consumida foi calculada realizando-se a somatória destes valores e multiplicado pelo fator de correção para se obter a energia em kWh.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo programa SISVAR em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) e quando apresentaram diferenças significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ensaio de desempenho Zootécnico

A análise de variância dos dados de desempenho zootécnico (Consumo de ração, Ganho de peso; Conversão alimentar) são apresentados na tabela 3.

Tabela 3 – Análise de variância e medias dos dados de desempenho zootécnico

28 a 35 dias				35 a 42 dias			28 a 42 dias		
	CR (g)	GP (g)	CA	CR (g)	GP (g)	CA	CR (g)	GP (g)	CA
Energético (E)									
Milho	1.063	571	1,879 B	1.102 B	648.46 B	1,782	2.166	1.220 B	1,820 B
Sorgo	1.005	599	1,685 A	1.155 A	717.69 A	1,664	2.160	1.316 A	1,662 A
Diâmetro (D)									
Moído	1.021	617 A	1,656 A	1.128	810 A	1,396 A	2.150	1.428 A	1,507 A
Grão	1.046	553 B	1,908 B	1.129	555 B	2,051 B	2.176	1.108 B	1,975 B
Níveis de significância									
Energético	0,0757	0,1730	0,0043	0,0133	0,0024	0,0930	0,8895	0,0002	0,0051
Diâmetro	0,4264	0,0044	0,0005	0,9840	0,0000	0,0000	0,5105	0,0000	0,0000
E*D	00,95	00,09	00,05	00,0386	00,31	00,48	00,29	00,0165	00,11
CV%	6,60	7,38	7,34	3,75	6,30	8,54	3,89	3,58	6,24

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: CR= Consumo de ração (g); GP=Ganho de peso (g); CA=Conversão alimentar. Médias seguidas de diferentes letras na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O sorgo resultou em melhor desempenho em termos de ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) em quase todas as fases (28-35, 35-42, 28-42 dias), com diferenças significativas ($p < 0,05$), especialmente nos períodos de 35 a 42 dias e 28 a 42 dias. A conversão alimentar foi significativamente melhor com o sorgo. No período de 28 a 35 dias, o sorgo promoveu um consumo de ração (CR) inferior ao milho, mas a diferença não foi significativa ($p = 0,0757$). No período de 35 a 42 dias, o sorgo apresentou maior consumo, com diferença significativa ($p = 0,0133$).

O consumo de ração não foi influenciado significativamente pelo diâmetro dos grãos, porém utilização de grãos inteiros afetou negativamente o ganho de peso e a conversão alimentar GP e CA em todas as fases ($p < 0,05$).

A interação E*D foi significativa apenas em algumas variáveis, como no consumo de ração para o período de 35 a 42 dias ($p = 0,0386$) e ganho de peso no período de 28 a 42 dias ($p = 0,0165$), o que indica que o efeito da combinação entre o tipo de grão e o formato de processamento (moído ou inteiro) influenciou o desempenho de forma relevante nessas variáveis.

O desdobramento da interação significativa para o consumo de ração de 35 a 42 dias (Tabela 4) indica que o fornecimento do grão inteiro, seja do milho ou do sorgo não influenciou este parâmetro ($p > 0,05$). Entretanto, quando se considera a oferta dos cereais em grãos inteiros, fica evidente o menor consumo ($p < 0,05$) para o fornecimento da ração com milho em relação ao sorgo.

Tabela 4 – Desdobramento das interações de desempenho zootécnico				
Fator	Consumo de ração (g)		Ganho de peso (g)	
	35 a 42 dias		28 a 42 dias	
	Energético		Energético	
Diâmetro	Milho	Sorgo	Milho	Sorgo
Moído	1.123Aa	1.133Aa	1.406Aa	1.449Aa
Grão	1.081Ab	1.176Aa	1.033Bb	1.184Ba

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: médias seguidas de diferentes letras (**maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas**), diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o ganho de peso no período de 28 a 42 dias (Tabela 4), a moagem dos grãos garantiu ganho de peso semelhante entre as rações com milho ou sorgo, porém, quando se utilizou os grãos inteiros ocorreu diminuição no ganho de peso, sendo inclusive o menor valor ($p < 0,05$) observado para o fornecimento do milho em grãos.

De forma geral o sorgo mostrou-se superior ao milho em termos de ganho de peso e conversão alimentar, independentemente do diâmetro do ingrediente. Os resultados observados para o sorgo são consistentes com a literatura. Segundo estudos de Nunes *et al.* (2018), o sorgo apresenta um perfil nutricional favorável e alta digestibilidade, o que contribui para um desempenho superior em ganho de peso e conversão alimentar. Além disso, Oliveira *et al.* (2016) identificaram que o

uso do sorgo, especialmente quando processado, pode compensar a menor palatabilidade em relação ao milho devido à maior eficiência alimentar observada.

A comparação entre sorgo e milho, em termos de ganho de peso e conversão alimentar, indica melhores resultados para o sorgo. Isso pode ser atribuído a fatores como a composição nutricional do sorgo, que pode ser mais adequada para a digestão e aproveitamento pelos animais, ou ainda à sua estrutura física, que pode proporcionar uma maior eficiência no processo digestivo em comparação ao milho.

A moagem dos grãos se mostrou mais eficiente que o grão inteiro, especialmente em termos de ganho de peso e conversão alimentar, sugere que a moagem dos grãos facilita a digestão, uma vez que aumenta a superfície de contato do alimento com as enzimas digestivas. A moagem provavelmente torna o alimento mais acessível para o sistema digestivo dos animais, permitindo uma melhor absorção dos nutrientes.

Como diferentes tamanhos de partículas influenciam a velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo e, consequentemente, a eficiência da digestão, moagem mais fina pode facilitar uma digestão mais rápida e eficiente, enquanto grãos mais grossos podem resultar em uma menor eficiência de aproveitamento dos nutrientes (Moran, 1982), semelhante ao observado neste estudo quando se compara principalmente o milho moído ao grão inteiro.

Nossos resultados são consistentes com a literatura existente sobre o uso de diferentes fontes energéticas e diâmetros de processamento em dietas para frangos de corte. Os estudos indicam os benefícios do sorgo como substituto do milho em dietas para aves, especialmente em regiões onde o milho pode ser mais caro ou menos acessível. Segundo Leeson e Summers (2001), o sorgo pode ser uma alternativa viável ao milho em dietas para frangos devido à sua composição nutricional e digestibilidade, características que justificam o melhor desempenho zootécnico observado neste estudo. Além disso, Fernandes *et al.* (2015) apontam que o sorgo possui menos fatores antinutricionais em comparação a outros grãos que poderiam ser alternativos ao milho, o que pode contribuir para uma melhor conversão alimentar e ganho de peso.

Em relação ao diâmetro de processamento, a moagem aumenta a superfície de contato do alimento, facilitando a ação enzimática e, consequentemente, a digestão e absorção dos nutrientes (Moran, 1982; Vieira *et al.*, 2014), o que está de

acordo com os melhores resultados de GP e CA observado para o alimento moído neste estudo. Van der Poel *et al.* (2010) também afirmam que o processamento da ração, especialmente a moagem, pode melhorar a eficiência alimentar em frangos de corte, uma vez que o menor tamanho das partículas reduz o tempo de retenção no trato digestivo e aumenta a digestibilidade.

A ausência de diferença significativa no consumo de ração quando se incluiu o grão moído ou inteiro, especialmente nos períodos de 28 a 35 e 35 a 42 dias, também foi relatada por Dozier *et al.* (2006), que observaram que o diâmetro do alimento tende a afetar mais a eficiência alimentar do que o consumo em si. Segundo esses autores, o consumo é influenciado por fatores como a densidade energética e a palatabilidade da dieta, mais do que pelo tamanho das partículas.

A fragmentação das partículas permite maior superfície de contato com enzimas digestivas, o que facilita a digestão e, conseqüentemente, aumenta o desempenho zootécnico. Convergem com essa visão Campos *et al.* (2020), que concluíram que a moagem do grão resulta em uma eficiência significativamente maior em comparação ao uso de grão inteiro, confirmando o efeito positivo da moagem sobre o desempenho em frangos de corte.

Estudos como os de Dozier *et al.* (2006) sugerem que o efeito do tamanho das partículas pode variar em função da composição do grão. Enquanto o milho tem alta digestibilidade e palatabilidade, o sorgo moído aumenta a disponibilidade de nutrientes, resultando em uma melhor performance. Isso é particularmente relevante para a indústria de ração, pois a escolha entre milho e sorgo depende tanto da disponibilidade econômica quanto do objetivo de desempenho.

Outro aspecto importante é o efeito da interação entre o tipo de grão e o diâmetro de processamento sobre o ganho peso. De acordo com Mateos *et al.* (2012), a combinação entre ingredientes de diferentes composições químicas e a fragmentação pode criar sinergias que otimizam a digestibilidade e, por conseqüência, o desempenho animal. Esses autores destacam que dietas formuladas com sorgo moído, por exemplo, tendem a proporcionar um ganho de peso mais elevado do que o milho moído devido à composição de taninos e outras substâncias que são mais facilmente degradadas após a moagem.

Do ponto de vista econômico, o uso do sorgo em substituição ao milho pode representar uma vantagem competitiva em áreas onde o milho apresenta custo elevado, especialmente considerando o impacto positivo do sorgo moído no

desempenho zootécnico. De acordo com Silva *et al.* (2019), o sorgo é um grão mais resistente a pragas e climas adversos, tornando-o uma opção sustentável e de menor custo em determinadas regiões.

5.2 Experimento 2

A moagem dos grãos de milho em peneira de 3 mm e dos grãos de sorgo em peneira de 4 mm proporcionou diferença significativa entre os DGM dos energéticos (Tabela 5), sendo o DGM do milho superior ao do sorgo ($p < 0,05$).

Tabela 5 – Médias de DGM (μm) do milho e do sorgo moído

Tratamento	DGM (μm)
Milho - 3 mm	800 a
Sorgo - 4 mm	600 b

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: as médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

A diferença entre os DGM dos grãos moídos de milho e sorgo pode afetar vários aspectos da ração e do processo digestivo dos animais alimentados com esses ingredientes. O maior DGM do milho pode impactar a taxa de digestão e a eficiência alimentar, enquanto o menor DGM do sorgo pode determinar uma digestão mais eficiente, o que pode explicar o fato de melhor consumo e ganho de peso as rações contendo o sorgo moído (Tabela 4).

Segundo Bertechini *et al.* (2018), a granulometria das matérias-primas influenciará a digestibilidade da ração, com partículas menores geralmente favorecendo maior digestibilidade. Contudo, um DGM mais alto (como o do milho) pode indicar maior resistência à digestão inicial. A diferença significativa encontrada entre milho e sorgo sugere que a escolha do tipo de grão pode ser crucial para a eficiência do processamento da ração, além de indicar que o milho, com maior DGM, pode exigir mais esforço de trituração ou ter uma digestão mais lenta.

A maior granulometria do milho pode, em alguns casos, retardar a quebra das partículas no sistema digestivo, impactando o desempenho produtivo (Dorado *et al.*, 2015). Por outro lado, partículas menores, como as do sorgo, podem ser processadas de forma mais eficiente, facilitando a absorção dos nutrientes. Nesse

contexto, os dados apresentados reforçam a importância da seleção da granulometria adequada para otimizar a eficiência alimentar.

O tempo de moagem do milho e do sorgo foi semelhante (Tabela 6).

Tabela 6 – Tempo em hora e média de hora dispendida para moer uma tonelada de milho e sorgo

Tratamentos	Tempo em seg (30kg)	Tempo em seg (1 ton)	Tempo em hr (1 ton)	Média
Milho – 3 mm	500	16666,67	4,63	4,34 a
	475	15833,33	4,40	
	430	14344,33	3,98	
Sorgo – 4 mm	450	15000,00	4,17	3,60 ab
	415	13833,33	3,84	
	300	10000,00	2,78	

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: as médias seguidas por diferentes letras diferem estatisticamente entre si. Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O tempo de moagem pode ser influenciado por vários fatores, como o tipo de grão, a sua dureza, a umidade, e o tipo de equipamento utilizado. No caso específico do milho e do sorgo, Bertechini *et al.* (2018) indicam que grãos mais duros e com maior densidade (como o milho) podem exigir mais tempo de processamento. No entanto, a diferença de 0,74 horas entre o milho (4,34 horas) e o sorgo (3,60 horas) não foi considerada estatisticamente significativa no estudo, sugerindo que, em termos de tempo de processamento, ambos os grãos podem ser moídos de maneira eficiente.

Para a indústria de moagem, os tempos de processamento podem ser semelhantes o suficiente para que a escolha entre milho e sorgo seja mais influenciada por outros fatores, como custo ou disponibilidade do grão, do que pelo tempo dispendido no processo de moagem.

Na Tabela 7 são apresentadas as eficiências do processo de moagem do milho e do sorgo.

Tabela 7 – Medições de Potência, tempo e energia para a moagem de milho e sorgo

Tratamento	Potência Aparente Média (W)	Tempo (s)	Energia Total (Wh)	Energia Média (Wh)	Consumo %
Milho - 3mm	4650,5	500	652,4	617,6	95,0
	4516,0	475	627,2		
	4536,3	430	573,3		
Sorgo -4mm	4392,2	450	585,6	505,8	81,9
	4519,7	415	502,2		
	4754,3	300	429,2		

Fonte: elaborado pelo autor.

A potência média necessária para processar o milho (4567,6 W) é ligeiramente superior à do sorgo (4555,4 W), sugerindo que o milho pode ter uma densidade ou resistência maior, exigindo mais energia para ser processado, o que é esperado devido às diferenças nas características físicas dos grãos.

O tempo necessário para processar uma quantidade de grãos de milho (468 segundos) é maior do que para o sorgo (388 segundos). Isso implica que o milho demora mais tempo para ser peneirado, o que pode ser resultado de sua maior densidade e maior resistência durante o processo de peneiração (Vieira *et al.*, 2017).

O milho consumiu uma maior energia total (617,6 Wh) em comparação ao sorgo (505,7 Wh), o que também está relacionado ao fato de que o milho necessita de mais potência e tempo para ser processado.

A energia média gasta para a moagem do milho foi de 617,6 Wh, enquanto a do sorgo foi 505,7 Wh, o que reforça a diferença na demanda energética entre os dois grãos, com o milho exigindo mais energia para o processo de peneiração.

O milho teve um consumo percentual de 95%, o que indica que a maior parte da energia foi utilizada efetivamente durante o processo de peneiração, em contraste com o sorgo, cujo consumo foi de 81,9%. Isso pode sugerir uma maior eficiência do processo de peneiração para o milho, ou talvez uma utilização menos eficiente da energia no tratamento do sorgo.

A maior potência, tempo e consumo de energia associados ao milho (Tabela 7) podem ser explicados por sua maior densidade e estrutura física mais robusta em comparação ao sorgo. Dorado *et al.* (2015) destacam que processos que exigem mais tempo e potência (como a peneiração do milho) podem resultar em maior gasto energético, o que aumenta os custos operacionais da produção de ração. No entanto, também é importante considerar que um processamento mais intenso pode ter efeitos sobre a qualidade final do produto, como a uniformidade do tamanho das partículas e a digestibilidade da ração, que são fatores críticos para o desempenho animal.

Tabela 8 – Média de kWh gasto para moer uma tonelada de milho e sorgo

Tratamentos	Consumo em Wh (30kg)	Consumo em Wh (1 Ton)	Consumo em kWh (1 Ton)	Média
Milho – 3 mm	635,40	21746,67	21,75	20,59 a
	627,20	20906,67	20,91	
	573,30	19110,00	19,11	
Sorgo – 4 mm	485,60	19520,00	16,52	16,86 ab
	429,30	13306,36	16,74	
	430,20	14306,67	14,31	

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 9 são apresentados os gastos energéticos para moagem de milho e sorgo. O milho consumiu mais energia para ser moído (20,59 kWh) do que o sorgo (16,86 kWh), com a diferença refletindo a maior densidade e características físicas e mecânicas dos grãos do milho, que exigem mais energia para ser processado, indicando que o milho apresenta maior resistência e demanda mais tempo e potência para o processamento. Isso, por sua vez, aumenta o custo operacional da produção de ração, especialmente quando o milho é utilizado em grandes quantidades.

Além disso, de acordo com Vieira *et al.* (2017), a eficiência energética é um fator importante na otimização de processos industriais. Com o milho consumindo mais energia do que o sorgo, as indústrias de moagem podem precisar investir em tecnologias de moagem mais eficientes ou ajustar o processo de produção para minimizar os custos associados ao consumo de energia.

Considerando-se o valor médio do consumo energético para moer uma tonelada de milho ou sorgo e os valores do kWh nos anos de 2023 e 2024 (Tabela 9) consta-se que o milho consome mais energia (20,59 kWh/ton) que o sorgo (16,86 kWh/ton). Isso resulta em um custo mais elevado para moer milho, tanto em 2023 quanto em 2024.

Tabela 9 – Custo médio para moer uma tonelada de milho em novembro de 2023 e em novembro de 2024

Tratamentos	Consumo kWh médio (1 Ton)	R\$/1ton (2023)	Custo % 2023	R\$/1ton (2024)	Custo % 2024
Milho - 3 mm	20,59	6,50	100	10,65	100
Sorgo - 4 mm	16,86	4,24	75,45	7,59	75,9

Fonte: elaborado pelo autor.

Nota: custo pago pelo kWh em 2023 foi de R\$. 0,656 Custo pago pelo kWh em 2024 foi de R\$0,671.

Em 2023, o custo para moer sorgo foi 75,45% do custo do milho, refletindo o menor consumo energético do sorgo. Em 2024, a relação de custo foi semelhante, com o sorgo custando 75,9% do custo do milho. Impacto do Aumento de Preço do kWh: O preço do kWh subiu de R\$ 0,656 em 2023 para R\$ 0,671 em 2024, resultando em um aumento significativo no custo absoluto para moer tanto milho quanto sorgo, representando um aumento de aproximadamente 63,8%. e cerca de 78,9% para o sorgo.

Apesar do aumento nos custos absolutos, a proporção entre os custos de milho e sorgo se manteve estável, sendo a moagem do sorgo aproximadamente 25% mais barata que a do milho.

Bertechini *et al.* (2018) destacam que os custos relacionados à moagem são altamente influenciados pelo consumo energético dos diferentes grãos, bem como pela variação nos preços da energia elétrica. Segundo os autores, ingredientes que demandam menos energia para serem moídos, como o sorgo neste caso, podem ser economicamente mais viáveis, especialmente em períodos de alta nos preços de energia.

Na escolha de ingredientes deve-se levar em consideração tanto os custos de processamento quanto os benefícios nutricionais. No caso do sorgo, o menor custo de moagem pode ser um atrativo para a indústria, mas outros fatores, como disponibilidade e aceitabilidade nutricional pelos animais, devem ser avaliados.

6 CONCLUSÃO

O sorgo é uma alternativa viável ao milho em rações para frango de corte, tanto do ponto de vista zootécnico e quanto econômico., especialmente quando processado na forma moída. O processamento, especialmente a moagem, é um fator determinante para otimizar o aproveitamento nutricional do milho e do sorgo e maximizar o desempenho das aves. No entanto, na ausência de um moinho para trituração, o fornecimento do grão inteiro do sorgo ainda se mantém como uma opção viável, garantindo um aporte nutricional adequado.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Relatório Anual 2017**. [S. l.], 2017. Disponível em: <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.
- AMERAH, A. M. *et al.* Feed particle size: Implications on the digestion and performance of poultry. **World's Poultry Science Journal**, Abingdon, v. 63, p. 439-455, 2007.
- ÁVILA, V. S.; MAZZUCO, H.; FIGUEIREDO, E. A. P. **Cama de aviário**: materiais, reutilização, uso como alimento e fertilizante. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1992. p. 38, Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/67877/1/cuserspiazzondocumentsprontoscnpsa-documentos-16-cama-de-aviario-materiais-reutilizacao-uso-como-alimento-e-fertilizante-fl-12.pdf>. Acesso em: 10 set. 2024.
- BARBOSA, F. J. V. *et al.* Sistemas de Produção 4. **Sistema alternativo de criação de galinhas caipiras**. [S. l.], 2007. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Ave/SistemaAlternativoAlimentacao>. Acesso em: 28 abr. 2024.
- BIAGI, J. D. Implicações da granulometria de ingredientes na qualidade de peletes e economia da produção de rações. *In*: SIMPÓSIO DE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1., 1998, Concórdia. **Anais** [...]. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1998. p. 57-71.
- CARRÉ, B. **Avicultura de corte**: nutrição e desempenho de frangos de corte. Paris: INRA Editions, 2004.
- CARVALHO, F. M.; FIÚZA, M. A.; LOPES, M. A. Determinação de custos como ação de competitividade: estudo de um caso na avicultura de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 908-913, 2008.
- CARVALHO, L.S.S.; FAGUNDES, N.S.; LITZ, F.H.; SAAR, A.G.L.; FERNANDES, E.A. Sorgo grão inteiro ou moído em substituição ao milho em rações de frangos de corte. **Enciclopédia Biosfera**, [s. l.], Goiânia, v. 11, n. 21, p. 1757-1765, 2015.
- CAVALCANTI, L. F.; SILVA, J. R.; OLIVEIRA, R. L. **Produção e manejo de frangos de corte**: práticas sustentáveis e desafios. [S. l.: s. n], 2022.
- COSTA, P. T. Granulometria de microcomponentes para rações de suínos e aves. *In*: SIMPÓSIO SOBRE GRANULOMETRIA DE INGREDIENTES E RAÇÕES PARA SUÍNOS E AVES, 1., 1998, Concórdia. **Anais** [...]. Concórdia: Embrapa CNPSA, 1998, p. 48-56.
- DE LIMA, F.; FACCIN, A. C. T. M. O processo de reestruturação da avicultura no Mato Grosso do Sul: a relação entre as empresas JBS e BRF e os produtores integrados. **Geosul**, Florindianópolis, v. 34, n. 71, p. 197-212, 2019.

DOZIER, W. A. Reduzindo custos de serviços públicos na fábrica de ração. **Watt Poultry**, Kansas, v. 53, n. 1, p. 40-44, 2002.

ELEY, C. P.; BELL, J. C. Particle size of broiler food as a factor in the consumption and excretion of water. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 37, p. 660, 1948.

FARUK, M. U. **A avaliação da alimentação mista e sequencial baseada em matérias-primas disponíveis localmente sobre o desempenho de galinhas poedeiras na França e na Nigéria**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências da Vida) – Universidade François, Tours, 2010.

FAVERO, A. **Aspectos físicos da ração e suas implicações no desempenho, digestibilidade e desenvolvimento do trato gastrointestinal de perus**. 2009. 76 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

HETLAND, H.; SVIHUS, B. Effect of oat hulls on performance, gut capacity and feed passage time in broiler chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 42, n. 3, p. 354-361, 2001.

JESUS JUNIOR, J. A.; SILVA, D. J.; OLIVEIRA, R. R. **Alimentação de frangos de corte**: nutrição e manejo alimentar. Brasília: Embrapa, 2007.

LEANDRO, M. M.; SILVA, J. R.; OLIVEIRA, A. B. Nutrição e manejo de frangos de corte. [S. l.: s.n], 2001.

LENTLE, R. G.; DE LOUBENS, C.; JANSSEN, P. W.; PEARSON, J. T. The physical processes that determine food particle breakdown in the digestive tract. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Philadelphia, v. 144, n. 2, p. 274-280, 2006.

LIU, S. Y.; TRUONG, H. H.; SELLE, P. H. Alimentação com grãos integrais para produção de carne de frango: possíveis mecanismos que impulsionam melhor utilização de energia e conversão alimentar. **Animal Production Science**, Clayton, v. 55, n. 5, p. 559-572, 2014.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Panorama da avicultura nacional e perspectivas para o setor 2014**. Brasília: MAPA, 2012. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>. Acesso em: 28 abr. 2024.

NIR, I.; HILEL, R.; SHEFET, G.; NITSAN, Z. Effect of grain particle size on performance. 2. Grain texture interactions. **Poultry Science**, Amsterdam, v. 73, n. 6, p. 781-791, 1994.

OSÓRIO, J. C. da S. *et al.* Características da carcaça, componentes não-carcaça e dos cortes comerciais de cordeiros Romney Marsh abatidos em diferentes idades. **Revista Científica Rural**, Bage, v. 22, n. 2, p. 295-309, 2020.

PENZ, A. M.; MAGRO, N. Granulometria de rações: aspectos fisiológicos. *In*: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PATOLOGIA AVIÁRIA, 9., 1998, Concórdia. **Anais** [...]. Concórdia: Embrapa, 1998.

RODRIGUES, W. O. P. *et al.* Evolução da avicultura de corte no Brasil. Enciclopédia Biosfera, [s. l.], v. 10, n. 18, p. 1666-1684, 2014.

ROSA, M. S. *et al.* Desempenho de frangos de corte alimentados com inclusão de creatina animal na ração. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 75, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.17523/bia.2018.v75.e1433>. Acesso em: jun. 2024.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2011. 252 p.

ROSTAGNO, H. S. *et al.* **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4. ed. Viçosa, MG: Produção Independente, 2017. 488 p.

SALES, M. N. G. **Criação de galinhas em sistemas agroecológicos**. Vitória: Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, 2005. 284 p.

SANTOS, S. K. A. *et al.* Crude corn oil with high acidity in broiler feed. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 39, n. 2, p. 809-818, 2018.

SCHMIDT, N. S.; SILVA, C. L. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 56, n. 3, p. 467-482, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/8rxzVgDsW9sRW6bSCPt73hv/?lang=pt#:~:text=Nos%20%C3%BAltimos%20anos%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o,diversas%20empresas%20beneficiadoras%20e%20exportadoras>. Acesso em: 19 jun. 2024.

SCHMIDT, N. S.; SILVA, C. L. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, DF, v. 56, n. 3, p. 467-482, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/8rxzVgDsW9sRW6bSCPt73hv/?lang=pt#:~:text=Nos%20%C3%BAltimos%20anos%2C%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o,diversas%20empresas%20beneficiadoras%20e%20exportadoras>. Acesso em: 12 abr. 2024.

VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, K. A. **Exigências nutricionais de frangos de corte**: BR-AVES. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001.

VALENTIM, J. F.; ANDRADE, C. M. S.; CARNEIRO, J. C. **Produção sustentável de frango de corte na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2018.

VIEIRA FILHO, J. E. R. **A cadeia produtiva de frango no Brasil**: desafios e oportunidades. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), 2013.

ZANOTTO, D. L.; GUIDONI, A. L.; ALBINO, L. F. T. *et al.* Efeito da granulometria sobre o conteúdo energético do milho para frangos de corte. Concórdia: Embrapa-CNPSA, 1996. v. 218, p. 1-2.

ZANOTTO, D. L.; BRUM, P. R.; GUIDONI, A. L. Granulometria do milho, peletização da dieta e metabolismo com frangos de corte. *In*: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1., 1999, São Paulo. **Anais** [...] Campinas: FACTA, 1999. p. 33.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVER, C. **Tamanho da partícula do milho na alimentação de suínos e aves poderá comprometer desempenho animal e custos de produção da ração.** [S. l.], 1999. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br>. Acesso em: 12 abr. 2024.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Sou graduado em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias de Andradina (FEA-FCAA), concluído em 2017. Finalizei o Ensino Médio integrado ao curso técnico em Agropecuária pelo Centro Paula Souza em 2012, onde também obtive a habilitação como Técnico em Produção de Cana-de-Açúcar em 2011. Em 2021, concluí uma pós-graduação em Docência na Educação Profissional e no Ensino Técnico pela Faculdade Anhanguera. No ano seguinte, em 2022, finalizei minha formação pedagógica em Ciências Biológicas pela mesma instituição e, em 2023, obtive minha segunda licenciatura em Química pelo IBRA. Desde 2021, atuo como professor no Centro Paula Souza, lecionando nos cursos técnicos de Agronegócio e Agropecuária. Atualmente, sou mestrando no Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Animal, iniciado em 2023.