



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

MARCOS CÍCERO PEREIRA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE INGREDIENTES ENERGÉTICOS NÃO
CONVENCIONAIS PARA SUÍNOS**

Recife

2025

MARCOS CÍCERO PEREIRA DOS SANTOS

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE INGREDIENTES
ENERGÉTICOS NÃO CONVENCIONAIS PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Área de concentração: Zootecnia

Orientador(a): Prof. Dra. Camilla Mendonça Silva.

Recife
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Ana Catarina Macêdo – CRB-4 1781

S237a Santos, Marcos Cícero Pereira dos.
Avaliação nutricional de ingredientes energéticos
não convencionais para suínos / Marcos Cícero
Pereira dos Santos. – Recife, 2025.

41 f.

Orientador(a): Camilla Mendonça Silva.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal
Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2025.

Inclui referências.

1. Cereais. 2. Nutrição animal . 3. Milheto. 4.
Sorgo 5. Suínos - Alimentação e rações. I. Silva,
Camilla Mendonça, orient. II. Título

CDD 636



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE
INGREDIENTES ENERGÉTICOS NÃO
CONVENCIONAIS PARA SUÍNOS**

Dissertação elaborada por
MARCOS CÍCERO PEREIRA DOS SANTOS

Aprovado em /..../....

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dra. Camilla Mendonça Silva, orientadora
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof^ª. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Teresinha Marisa Bertol
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Dedico essa dissertação à minha família, à minha noiva, aos meus três bebês de quatro patas, à minha Orientadora Camilla Mendonça, ao Grupo GAPS e a Embrapa, pois sem estes nada seria possível.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me guiar nos melhores e piores momentos.

Agradeço a minha noiva, por estar ao meu lado e ser meu suporte em tudo que faço.

Agradeço aos meus pais, José Severino e Ana Maria, sempre me apoiando emocionalmente e fortalecendo a minha caminhada. E a minha irmã, Mariana Talita, e meus sobrinhos Ana Livia e Stuart José pelo apoio.

Agradeço aos amigos que fiz no programa, nessa caminhada. Em especial Edson Carvalho, Kleydson Oliveira, Tatiane Amaral, Esterfani e Talita.

Agradeço à Embrapa e aos colaboradores do projeto desenvolvido, em especial, Teresinha Bertol, Jorge Ludke, Arlei Coldebella, João Marine, José Dirceu, Valdir e o pessoal do laboratório LABINA.

Agradeço à Professora Camilla Mendonça, minha orientadora, por todo aprendizado, acolhimento e amizade.

Agradeço à Universidade Federal Rural de Pernambuco, e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia por toda experiência que vivi.

RESUMO

Os custos com a alimentação para produção de suínos são afetados pela demanda internacional dos grãos milho e soja. Assim, a necessidade de avaliar ingredientes alternativos economicamente viáveis para integrar as rações viabilizando, principalmente, a substituição de tradicionais fontes energéticas e proteicas. Portanto, a fim proporcionar mais eficiência na produção de suínos, através de soluções nutricionais, objetiva-se com esta pesquisa avaliar seis ingredientes sendo eles três cereais de inverno (triticale BRS TL 51, cevada BRS Quaranta e trigo BRS TR 271), duas variedades de sorgo (Sorgo Santa Catarina e var. Sorgo Piauí) e uma variedade de milho do Nordeste. Foram realizados dois experimentos para determinar o coeficiente de metabolizabilidade e digestibilidade da energia de seis ingredientes não convencionais com 64 animais machos imuno castrados. Em cada experimento foi utilizado 32 animais distribuídos em quatro tratamentos experimentais (dieta controle; e três dietas com inclusão de 40% dos cereais testes, exceto para cevada BRS Quaranta que foi incluída ao nível 30% em relação a dieta controle). Foi adotado delineamento de blocos casualizados, o peso corporal inicial dos animais foi de $55,17 \pm 3,25$ kg no experimento I; e de $59,68 \pm 5,77$ kg de peso corporal no experimento II. O coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta, energia digestível (ED) e energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn) para o Trigo (86,40%; 3879 kcal/kg/MS; 3728kcal/kg/MS), Triticale (86,68%; 3793 kcal/kg/MS; 3651 kcal/kg/MS), Cevada (83,63%; 3404 kcal/kg/MS; 3282 kcal/kg/MS), Sorgo Piauí (84,34%; 3697 kcal/kg/MS; 3618 kcal/kg/MS), Sorgo SC (83,20%; 3640 kcal/kg/MS; 3512 kcal/kg/MS) e Milheto (80,18%; 3392 kcal/kg/MS; 3282 kcal/kg/MS). As equações de predição geradas a partir dos coeficientes de digestibilidade apresentaram alta precisão para estimar a energia metabolizável das matérias primas: Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina, Milheto Nordeste e Trigo BRS TR.

Palavras-chave: Cereais de inverno, energia, milho, sorgo, suínos.

Abstract

Feed costs for swine production are affected by the international demand for corn and soybean grains. Thus, there is a need to evaluate economically viable alternative ingredients to integrate rations, mainly enabling the replacement of traditional energy and protein sources. Therefore, in order to provide greater efficiency in swine production through nutritional solutions, the objective of this research is to evaluate six ingredients, namely three winter cereals triticale BRS TL 51, barley BRS Quaranta and wheat BRS TR 271, two samples of sorghum, one from Santa Catarina and another from Piauí and a sample of millet from the Northeast. Two experiments were carried out to determine the coefficient of metabolizability and digestibility of the energy of six unconventional ingredients with 64 immunocastrated male animals. In each experiment, 32 animals were distributed in a randomized block design, weighing $55.17 \text{ kg} \pm 3.25$ and test diet using 40% in replacement by winter cereals except for BRS Quaranta barley which was replaced by 30% in experiment 1 and weighing $59.68 \text{ kg} \pm 5.77$ and using two samples of sorghum and one of millet in experiment two. The metabolizability coefficient of gross energy, digestible energy (DE) and metabolizable energy corrected for nitrogen (AMEn) for Wheat (86.40%; 3879 kcal/kg/MS; 3728kcal/kg/MS), Triticale (86.68%; 3793 kcal/kg/MS; 3651 kcal/kg/MS), Barley (83.63%; 3404 kcal/kg/MS; 3282 kcal/kg/MS), Sorghum Piauí (84.34%; 3697 kcal/kg/MS; 3618 kcal/kg/MS), Sorghum SC (83.20%; 3640 kcal/kg/MS; 3512 kcal/kg/MS) and Millet (80.18%; 3392 kcal/kg/MS; 3282 kcal/kg/MS). The prediction equations generated from the digestibility coefficients showed high precision in estimating the metabolizable energy of the raw materials: BRS TR 271 Wheat, BRS Quaranta Barley, Piauí Sorghum, Santa Catarina Sorghum, Northeast Millet and BRS TR Wheat for pigs.

Keywords: Winter cereals, energy, millet, sorghum, pigs.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição da dieta Referência**.....	21
Tabela 2. Descrição das dietas experimentais do Ensaio I em função da inclusão dos ingredientes avaliados Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta.....	22
Tabela 3. Descrição das dietas experimentais do Ensaio II em função da inclusão dos ingredientes avaliados Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto.....	23
Tabela 4. Teores de matéria seca (MS), cinza (CZ) e proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato étere (EE) energia bruta (EB) e Diâmetro geométrico médio (DGM) do Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto (na MS%).....	25
Tabela 5. Composição do perfil de aminoácidos dos ingredientes avaliados, Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto.....	27
Tabela 6. Concentração relativa de aminoácidos na proteína dos ingredientes avaliados, Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto Nordeste (na matéria natural %).....	27
Tabela 7. Composição, coeficientes de digestibilidade e valores de energia de amostras de Trigo, Triticale e Cevada (na %MS).....	30
Tabela 8. Composição, coeficientes de digestibilidade e valores de energia de amostras de Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto (na %MS).....	31
Tabela 9. Equações de regressão linear em função dos ingredientes testes para prever a Energia metabolizável aparente corrigida para Nitrogênio.....	33

Sumário

1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Triticale	13
2.2 Trigo	14
2.3 Cevada	15
2.4 Sorgo	16
2.5 Milheto	17
3. OBJETIVOS	19
3.1 Geral	19
3.2 Específicos	19
4. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4.1 Comitê de ética e uso de animais	20
4.2 Alojamento dos animais	20
4.3 Composição dos ingredientes e rações experimentais	20
4.4 Experimento I	20
4.5 Experimento II	22
4.6 Análises químicas	23
4.7 Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Caracterização química e energética dos alimentos.	25
5.2 Coeficientes de metabolizabilidade da energia, coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB e valores de ED e EMAn dos alimentos	30
6 CONCLUSÕES	35
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Os custos com a alimentação para produção de suínos são afetados pela demanda internacional dos grãos milho e soja, uma vez que estes insumos são associados à paridade cambial (LEE et al., 2022). Nesse sentido, o uso estratégico de ingredientes não convencionais associados à manutenção do balanceamento nutricional é uma das formas de reduzir estes custos observados nas fórmulas de ração, quando são considerados os preços locais dos insumos (SON et al., 2019). Sob o ponto de vista nutricional, a inclusão de ingredientes não convencionais nas fórmulas de ração deve proporcionar a possibilidade de combinação otimizada viabilizando, principalmente, a substituição de tradicionais fontes energéticas e proteicas. Além disso, o correto balanceamento nutricional pode proporcionar também ganhos em sustentabilidade devido a menor excreção de nitrogênio via dejetos dos suínos (PAN et al., 2020). Os grãos de cereais pertencem à classe de ingredientes mais utilizados nas dietas de suínos quando se trata do seu conteúdo energético, porém, existe uma grande variabilidade em sua composição química e digestibilidade, devido as suas diferentes cultivares, processamentos e condições de cultivo (GAO et al., 2023). Dessa forma, determinar com precisão a composição nutricional, energia metabolizável (EM) dos cereais é essencial para formular dietas mais precisas.

Assim, a necessidade de avaliar ingredientes não convencionais economicamente viáveis para integrar as rações é um desafio permanente com o qual os pesquisadores nas universidades, nos institutos de pesquisa e os nutricionistas na iniciativa privada se confrontam constantemente, principalmente devido ao elevado custo que a alimentação dos animais representa. Dentre estes ingredientes não-convencionais podem ser citados triticales, cevada, trigo, sorgo e o milheto que contemplam uma qualidade energética.

O triticales (*X Triticosecale Wittmack*) é um cereal híbrido, criado para associar as vantagens do trigo (*Triticum spp.*) e do centeio (*Secale cereale*). Essa associação concedeu ao triticales um cereal de bom valor proteico, qualidade para derivados da panificação como biscoitos e massas, alto rendimento de grãos e biomassa, resistência às doenças e resiliência em baixas temperaturas (DE MORI et al., 2014). Segundo Nascimento Junior (2012), cerca de 60% da produção de grãos do triticales são destinados para alimentação animal, principalmente suínos e aves. Segundo Bertol et al. (2019), existem dados de energia metabolizável de 12 amostras em trabalhos publicados no Brasil de 1982 a 2018, dos quais 11 para suínos e 2 para aves, dentre elas dez dessas amostras apresentam composição bromatológica completa, e alta

variabilidade no conteúdo de EM para suínos (3.093 a 3.716 kcal/kg/MS), PB (7,3 a 15,1%) e EE (0,95 a 2,65%).

A cevada (*Hordeum sp.*) é o mais antigo dos cereais domesticados hoje em cultivo. Segundo dados da FAO em 2022 teve uma produção de 154 mi/to e 47 milhões/ha de área cultivada por todo o mundo. Segundo Carvalho (2008) 90% da produção desse grão é destinado à alimentação animal e apenas 5% são destinados à maltaria e os outros 5% usados para sementes. No Brasil, esse panorama se distingue, pois, a maior parte da produção de cevada é destinada à maltaria e, apenas aqueles grãos que não alcançam a qualidade desejada para o cervejeiro, são destinados para alimentação animal. Com isso, a cevada apresenta bons níveis de composição nutricional para o uso em dietas de animais de produção. Stein (2016) expõe dados do perfil nutricional da cevada, EM 2913,92 kcal/kg/MS, PB 10,8 %, MS 89,1%, EE 3%, FDA 5,8%, FDN 18,5.

O trigo (*Triticum spp.*) é um cereal de inverno cultivado por todo o mundo com dados produtivos segundo a FAO (2022) de 808 Mi/ton. Cerca de 20% do total vêm sendo utilizado na alimentação animal (LANGER., 2013). Segundo Carvalho (2008) o trigo apresenta o perfil nutricional: carboidratos (60% a 80%), principalmente na forma de amido; proteínas (de 8% a 15%), gordura (1,5% a 2%); minerais (de 1,5 % a 2,0 %) e vitaminas (E e do complexo B). Bertol et al. (2019) a partir de um levantamento feito na literatura nacional com dados publicados entre 1995 e 2018 referentes a 17 amostras de trigo, foram obtidos 10 valores de EM para suínos e 10 para aves. Esses dados mostram ampla variação no conteúdo de EM para suínos (3503 a 4045 kcal/kg/MS).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é geralmente utilizado como substituto total ou parcial do milho na dieta de suínos. O grão de sorgo com baixo teor de tanino contém composição química semelhante ao milho, além de alcançar até 95% do valor energético do mesmo (PAN et al., 2020; FIALHO et al., 2002). Segundo Stein (2016) o sorgo contém PB 11,2%, MS 88,9%, EE 3%, FDN 10,1%, FDA 4,6% e EM 3319,96 kcal/kg/MS.

O milheto pertencente à família Poaceae (BRUNKEN, 1977), é caracterizada como uma gramínea anual de verão, pertencente ao clima tropical, de porte alto e hábito ereto, além de sua implementação e manejo serem tidos como fáceis, muito relacionado ao fato de sua ampla diversidade tanto em ambientes como em distintas condições de clima e solo (PEREIRA FILHO et al., 2003). É válido destacar também, que o milheto é uma cultura de rápido crescimento e boa produção de grãos e massa (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1988), com uma produção média de 500 a 1500 kg/ha de sementes, contudo, essa produção mostra-se delimitada pela temperatura a qual, deve-se encontrar superior à 20 °C.

Ao comparar-se as vantagens do milho sobre o milho, pode-se citar o maior teor proteico e maior digestibilidade dos aminoácidos (ROSTAGNO et al., 2011), já que o grão do milho apresenta ótimo valor nutricional na dieta animal, com teores de proteína superior ao do milho, com uma variação média de 12-14% (WALKER, 1987). Além disso, no perfil de aminoácidos, é possível destacar a lisina, metionina e treonina (ADEOLA; ORBAM, 1995) no milho.

Outros pontos que valem ser destacados, são a composição química do milho que se sobressai sobre a do milho, com valores de proteína bruta (PB) 11,6 vs 7,65%, de gordura 4,59 vs 3,65% (ROSTAGNO et al., 2024); a menor vulnerabilidade à episódios de infecções fúngicas, minimizando a incidência de problemas como micotoxinas (BANDYOPADHYAY et al., 2007); e os menores preços de mercado, quando comparado ao milho, contribuindo veementemente, tanto na redução dos custos das dietas como elevando a praticabilidade econômica da produção animal (MURAKAMI et al., 2009).

Entende-se, então, que a utilização de ingredientes alternativos ao milho na formulação de rações, pode ser um abrir de portas para se identificar estratégias que reduzam custo sem gerar prejuízos no desempenho animal. Portanto, a fim de proporcionar mais eficiência na produção de suínos através de soluções nutricionais objetiva-se com esta pesquisa avaliar o valor nutricional e energético de seis ingredientes sendo eles três cereais de inverno triticale, cevada e trigo, duas amostras de sorgo, uma de Santa Catarina e uma do Piauí e uma amostra de milho do Nordeste, tendo em vista que se tem pouca informação acerca da composição nutricional e energia metabolizável dessas variedades para suínos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Triticale

O triticale (*X Triticosecale Wittmack*), é o primeiro cereal sintetizado pelo homem, criado com o intuito de associar as vantagens do trigo (*Triticum spp.*) e do centeio (*Secale cereale*); compondo a família Poaceae, subfamília Pooideae, tribo Trticeae, subtribo Triticinea e espécie \times *Triticosecale Wittmack* (BAIER, 1997), possui espiga e grão com características centrais ao trigo e centeio. Apresenta grão mais comprido e com diâmetro semelhante ao do trigo, sem enrugamento, espiga comprida semelhante ao centeio com vinte a trinta espiguetase de três a cinco flores férteis (BRAMBATTI, 2010).

O primeiro relatório a retratar a produção de plantas híbridas entre trigo e centeio foi apresentada, em 1875, à Sociedade Botânica de Edimburgo, na Escócia, pelo botânico Stephen Wilson (DE MORI et al., 2014). Até então o híbrido era estéril em virtude dos grãos de pólen disfuncionais (AMMAR et al., 2004). O pesquisador alemão Wilhem Rimpau produziu o primeiro híbrido estável em 1888, sendo a primeira planta híbrida com progênes uniformes e viáveis (BRAMBATTI, 2010).

É válido ressaltar que, esse cereal apresenta um alto potencial produtivo, qualidade para derivados da panificação como biscoitos e massas do trigo e resiliência, resistência às doenças do centeio. Essa associação concedeu ao triticale um cereal de alto valor proteico e alto teor de lisina quando comparado ao trigo, qualidade para derivados da panificação, alto rendimento de grãos e biomassa, resistência às doenças e resiliência em baixas temperaturas (DE MORI et al., 2014).

Segundo Lima (2001) a introdução do triticale no Brasil ocorreu no ano de 1961, quando foi trazida uma pequena quantidade de sementes vindas do Canadá para o Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Sul (IPEAS). Eram resistentes à doenças e fortes, porém tardios e ainda estéreis. Em 1969 se iniciou uma cooperação do Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo CIMMYT com os institutos de pesquisa do Brasil e duas linhagens foram lançadas no Brasil, o “Triticale BR1” e o “CEP 15 Batovi”, que começaram a ser cultivadas entre 1986 e 1988, facilitando a ampliação e pesquisa do triticale no país (BAIER et al., 1994; BRAMBATTI, 2010).

Com o decorrer dos anos o triticale vem se tornando uma importante fonte de produção de grãos no mundo, conforme apresenta o relatório da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), cuja área de cultivo aumentou de 91.342 ha, em 1980, para 3.616.655 ha, em 2022, (FAOSTAT, 2022). Segundo Carvalho (2008) houve um aumento no rendimento de grãos de triticale no mundo de 163% em 25 anos (1977 – 2004). Com rendimento

médio de 1830,6 kg/ha, em 1980, para 3914,6 kg/ha, em 2022, demonstrando um crescimento médio atual de 213% após 40 anos de melhoramento genético do triticale.

No Brasil, o triticale é cultivado no período de inverno-primavera, período pós safra, com as condições climáticas favoráveis de colheita na primavera. Dados do IBGE demonstram redução da área cultivada de 37 mil/ha em 2022, quando comparada à 2007, que era de 80 mil/ha, porém com rendimento médio da produção de 2.295 kg/ha, consideravelmente menor quando comparada aos dados de 2022, cujo rendimento médio da produção foi de 3.453 kg/ha. Esse declínio de áreas cultivadas, deve-se à falta de incentivos e investimento da agroindústria e órgãos governamentais no fomento ao cultivo e produção do triticale para alimentação animal e humana.

Sobre seu uso, de acordo com Carvalho et al. (2008), o triticale pode ser utilizado na alimentação humana com a mescla da farinha de trigo, para produção de biscoitos, pães, bolos e massas. Deve-se a seu baixo custo de produção, menor ocorrência de moléstia, melhor adaptação ao déficit hídrico e aos preços mais competitivos.

Segundo Nascimento Junior (2012), cerca de 60% da produção de grãos do triticale são destinados para alimentação animal, principalmente suínos e aves. O grão de triticale apresenta maior concentração de proteína bruta e menor conteúdo de energia, quando comparado ao milho, porém existem diversos trabalhos que demonstram vantagem em substituir o milho parcialmente pelo triticale nas formulações de rações para suínos e aves (BAIER et al., 1994).

2.2 Trigo

O grão de trigo (*Triticum spp.*) é uma cariopse de forma ovalada, arredondada nas extremidades, sendo formada pelo pericarpo, endosperma e gérmen (GWIRTZ et al., 2014). Possuindo também uma fina camada de aleurona, que envelopa o endosperma e o gérmen e representa cerca de 7% da massa seca do grão de trigo (JAEKEL, 2013).

A história do trigo cultivado está inteiramente ligada ao desenvolvimento da civilização humana, supõe-se que a domesticação do trigo, tenha se iniciado há cerca de dez mil anos na região da Mesopotâmia. A produção do trigo tomou tamanha proporção histórica que nos dias atuais é considerado a principal espécie cultivada no mundo. É válido destacar que o processo de domesticação do trigo, foi limitada tanto pela estrutura das espigas como pelo seu método de dispersão das sementes (CARVALHO, 2008).

O trigo é um cereal de inverno cultivado por todo o mundo com dados produtivos segundo a FAO (2022) de 808 Mi/ton, do qual cerca de 20% vêm sendo utilizado na alimentação animal (LANGER., 2013). O trigo é um alimento que apresenta valores nutricionais equivalentes ao

milho, podendo ser uma alternativa de substituição do mesmo. Segundo Carvalho (2008) o trigo apresenta o perfil nutricional: carboidratos (60% a 80%), principalmente na forma de amido; proteínas (de 8% a 15%); gordura (1,5% a 2%); minerais (de 1,5 % a 2,0 %) e vitaminas (E e do complexo B).

As atuais cultivares de trigo, foram desenvolvidas por meio de três principais fases: a primeira foi a seleção intrínseca pré histórica, pela maneira de selecionar e semear os grãos; a segunda, refere-se ao caráter intencional da escolha dos grãos realizado pelos agricultores primitivos ou medievais; e por último a seleção cientificamente planejada, ou seja, o melhoramento genético predominante nos dias atuais (CARVALHO, 2008).

Além disso, o trigo cultivado possui uma grande variabilidade genética, compondo mais de 25 mil cultivares distintas; possuindo um elevado valor nutritivo e boa qualidade de armazenamento, conferindo ao grão, o alimento básico de cerca de 35 % da população mundial (CARVALHO, 2008). De acordo com Bertol et al. (2019), a partir de um levantamento feito na literatura nacional com dados publicados entre 1995 e 2018 referentes a 17 amostras de trigo, foram obtidos 10 valores de EM para suínos e 10 para aves. Esses dados mostram ampla variação no conteúdo de EM para suínos (3503 a 4045 kcal/kg/MS).

No meio industrial, o trigo ganha visibilidade pelo seu uso na forma de farinha, servindo de matéria-prima principal para a fabricação de produtos panificáveis. Ademais, o cuidado e preocupação com a qualidade do trigo deve ter início nos primeiros estágios de sua implementação no campo, seguindo sob as condições de solo, manejo da cultura, momento da colheita; já que esses fatores delimitam diretamente as características e qualidade do grão.

Ao longo do tempo, vem cada vez mais se intensificando a utilização do trigo como fonte principal de energia em dietas de aves, principalmente nos países europeus. No Brasil, todavia, até pouco tempo, esse grão não era usado em rações para animais devido ao elevado custo de produção e disponibilidade de outros ingredientes alternativos. Contudo, mediante o aumento do preço do milho, principalmente em épocas de entressafra, o trigo passou a ser considerado uma opção alternativa ao milho na alimentação animal, além de possuir uma boa qualidade nutricional e potencial para uso nas dietas para monogástricos e ruminantes. (GOES et al., 2013).

2.3 Cevada

A cevada (*Hordeum sp.*) é o quarto cereal mais significativo em caráter mundial, ficando atrás do milho, do trigo e do arroz; sua produção concentra-se nas regiões temperadas da Europa, da Ásia e da América do Norte, além de ambientes subtropicais como o Sul do Brasil,

a Argentina, o Uruguai e a Austrália (CARVALHO et al., 2008). É considerado o mais antigo dos cereais domesticados hoje em cultivo. Segundo dados da FAO em 2022 teve uma produção de 154 mi/to em 47 milhões/ha de áreas cultivadas por todo o mundo. Segundo Carvalho (2008) 90% da produção desse grão é destinado à alimentação animal e apenas 5% é destinado à maltaria e os outros 5% usados para sementes.

A cevada apresenta bons níveis de composição nutricional para o uso em dietas de animais de produção, Stein (2016) expõe dados do perfil nutricional da cevada, EM 2913,92 kcal/kg/MS, PB 10,8 %, MS 89,1%, EE 3%, FDA 5,8%, FDN 18,5. Entende-se assim, que a cevada é dos cereais mais indicados para substituir o milho, se sobressaindo principalmente em períodos que o preço do milho está muito alto ou quando os estoques ao nível de propriedade ou região estão baixos (HUTJENS, 1996).

Possuindo um custo de produção competitivo mostra-se também como um excelente meio para produção de fontes tanto proteica como energética no período de inverno, quando muitas áreas agrícolas estão ociosas (KOSSOSKI, 1992). No território brasileiro as principais problemáticas relacionadas à cultura da cevada, são listados a seguir: falta de chuvas (antes e depois do plantio), excesso de chuvas (no enchimento de grão e colheita), granizo e tempestades acompanhadas de vento, geadas tardias, pragas (pulgões, corós e lagartas) e doenças como oídio (*Blumeria graminis*), ferrugem (*Puccinia hordei*) e giberela (*Gibberella zeae*) (MINELLA, 1998; 1999; 2003).

Somado a isso, tem-se que as condições climáticas de caráter extremo e manejo incorreto, afetam a composição nutritiva da cevada (BOYLES et al., 1990).

2.4 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) teve sua primeira utilização, muito provavelmente por volta dos anos 5.000 anos na região da Etiópia. Todavia, mesmo com uma datação tão antiga, o sorgo apenas recebeu importância como cereal no final do século XIX, atingindo o quinto lugar em área cultivada, ficando atrás do trigo, milho, arroz e cevada.

Nos dias atuais, a utilização do sorgo gira em torno de substituir parcial ou totalmente o milho na dieta de suínos, o que tem como subsídio as similaridades nas características nutricionais entre os dois cereais. Tendo como exemplo o baixo teor de tanino, conferindo a ambos cereais similaridades em sua constituição química, além disso, é válido destacar que o sorgo comparado ao milho atinge 95% do valor energético (PAN, et al., 2020; FIALHO, et al., 2002). Ainda de acordo com Stein (2016), o sorgo possui 11,2% PB, 88,9% MS, 3% EE, 10,1% FDN, 4,6% FDA e 3319,96 EM kcal/kg/MS.

Uma característica distintiva do sorgo sobre os demais cereais é a ausência da película protetora resistente em seu revestimento, como a palha do milho, por exemplo. Dessa maneira, para que a semente do sorgo consiga ultrapassar o ataque ocasionado pelos insetos, fungos e demais microrganismos, alguns macronutrientes (amido e proteína) encontram-se compactados dentro das células, revestidas tanto por celulose como por arabinosilanas (GIDLEY et al., 2011).

Mesmo possuindo um nível proteico superior ao milho, o sorgo possui em sua maioria proteínas do grupo das kafirinas, as quais são as proteínas de reserva pertencentes ao grupo das prolaminas (BELTON et al., 2006). Essas proteínas possuem baixa solubilidade, configuração estrutural, o que confere ao sorgo uma baixa digestibilidade (MOSSÉ et al., 1988).

Assim, quando se pensa em valor nutricional do sorgo, uma das principais características que a delimitam é não apenas o supracitado, mas também o fator ambiental e as condições de cultivo, uma vez que o sorgo possui condições de cultivo nas quais o milho tende a apresentar menor rendimento. Endente-se, então, a existência da necessidade de se verificar a digestibilidade dos aminoácidos do sorgo quando submetido a condições de cultivo diferenciadas (SANTOS et al, 2013).

2.5 Milheto

O milheto pertencente à família Poaceae (BRUNKEN, 1977), é caracterizada como uma gramínea anual de verão, pertencente ao clima tropical, de porte alto e hábito ereto, além de sua implementação e manejo serem tidos como fáceis, muito relacionado ao fato de sua ampla diversidade tanto em ambientes como em distintas condições de clima e solo (PEREIRA FILHO et al., 2003).

É válido destacar, também, que o milheto é uma cultura de rápido crescimento e boa produção de grãos e massa (ALCÂNTARA; BUFARAH, 1988), com uma produção que gira em torno de em média 500 a 1500 kg/ha de sementes, contudo, essa produção mostra-se delimitada pela temperatura a qual, deve-se encontrar superior ao valor de 20 °C.

Destacando-se como cultura de grãos nas regiões tanto áridas como semiáridas (AMADOU et al., 2013), amplamente usado em rações para poedeiras e frangos de corte no Nordeste (TORRES et al, 2013). Sua origem vem do continente africano, além de ser considerado o sexto cereal de maior significância no mundo, ficando atrás do trigo, arroz, milho, cevada e sorgo. De acordo com Devi et al. (2014); Habiyaremye et al. (2017) na Europa, as variedades do milheto são subutilizadas e cultivadas em baixa quantidade, sendo na maioria das

vezes usada como componente na alimentação de animais de estimação e raramente na de suínos.

Já na Índia, maior produtor do milheto, esse cereal faz parte da dieta humana, além de também ser consumido em países africanos. No território brasileiro, sua utilização como componente do quadro alimentício foi aprovada pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) no ano de 2021 e a partir do ano subsequente começou a fazer parte não só da ingestão animal, mas na fabricação de alimentos para humanos no país.

Ao comparar-se as vantagens do milheto sobre o milho, pode-se citar o maior teor proteico e maior digestibilidade dos aminoácidos (ROSTAGNO et al., 2011), já que o grão do milheto apresenta ótimo valor nutricional na dieta animal, com teores de proteína superior ao do milho, com uma variação média de 12-14% (WALKER, 1987), além disso, é possível observar uma concentração de aminoácidos, destacando-se a lisina, metionina e treonina (ADEOLA; ORBAM, 1995) no milheto, observando a concentração relativa dos aminoácidos do milheto para lisina (3,01%), metionina (2,32%) e treonina (4,30%) em comparação ao milho para lisina (3,23%), metionina (2,02%) e treonina (3,87%) segundo as Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2024).

A composição química do milheto, que se sobressai sobre a do milho, com valores de proteína bruta (PB) 11,6 vs 7,65%, de gordura 4,59 vs 3,65% (ROSTAGNO et al., 2024); a menor vulnerabilidade à episódios de infecções fúngicas, minimizando a incidência de problemas como micotoxinas (BANDYOPADHYAY et al., 2007); e os menores preços de mercado, quando comparado ao milho, contribuindo veemente tanto na redução dos custos das dietas como elevando a praticabilidade econômica da produção animal (MURAKAMI et al., 2009).

3. OBJETIVOS

3.1 Geral

Determinar a composição nutricional e energética de ingredientes não-convencionais para suínos.

3.2 Específicos

- Determinar a composição bromatológica de seis ingredientes não convencionais selecionados.

- Determinar a energia metabolizável (EM) e energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn) dos seis ingredientes.

- Avaliar o coeficiente de metabolizabilidade da energia dos seis ingredientes não convencionais.

- Desenvolver equações para prever energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMAn) dos seis ingredientes testes.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Comitê de ética e uso de animais

Todos os procedimentos experimentais dos dois ensaios experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais em Experimentação da Embrapa Suínos e Aves sob o protocolo no. 28/2023.

4.2 Alojamento dos animais

Foram realizados dois experimentos para determinar o coeficiente de metabolizabilidade e digestibilidade da energia de seis ingredientes não convencionais para suínos. Os ensaios experimentais foram realizados no Campo Experimental de Suínos da Embrapa Suínos e Aves/Concórdia-SC. Foram utilizados animais descendentes de macho terminal MS115 cruzados com fêmeas F1 (Large White x Landrace).

4.3 Composição dos ingredientes e rações experimentais

Os ingredientes não convencionais avaliados no presente estudo, os cereais de inverno (triticale, trigo e cevada) foram doados pela Embrapa Trigo e os demais ingredientes (sorgo Piauí, sorgo Santa Catarina e milho Nordeste) foram adquiridos em empresas comerciais. Foram utilizadas as variedades BRS TL 51 de triticale, BRS Quaranta de cevada e BRS TR 271 de trigo. Para os grãos de sorgo foi utilizada a uma amostra de Santa Catarina e uma do Piauí, enquanto que para milho foi utilizada uma amostra do Nordeste, todos de variedade desconhecida.

A composição química dos ingredientes e das dietas experimentais foi determinada de acordo com os seguintes métodos: A concentração de matéria seca (Gravimetria/IAL 012/IV), cinzas (Gravimetria/CBAA n°36), proteína bruta (Combustão seguida de detecção por condutividade térmica/AOAC 992.15), energia bruta (Calorimetria/AC500 Automatic Calorimeter Version 1.2x) extrato etéreo (Extração com Éter de petróleo quente sob pressão com detecção gravimétrica/ AOAC Am 5-04) e fibra bruta (AOAC Ba 6ª-05) foram determinadas seguindo as normativas da AOAC (2019).

A concentração dos aminoácidos lisina, metionina, cistina, metionina + cistina, treonina, triptofano, arginina, isoleucina, leucina, valina, histidina, fenilalanina, foi determinado por Espectrômetro NIR (NIR Foss DS2500F), amplitude de leitura de 850 a 2500 nm, acoplado a um computador equipado com software Vision®FossManagerTM.

A granulometria dos grãos foi determinada pelo método de gravimetria (CBAA N°28) com o auxílio de um agitador para peneiras granulométricas (Yu et al., 1998).

4.4 Experimento I

Um ensaio de metabolismo foi realizado, para determinar os coeficientes de digestibilidades e os valores energéticos do trigo BRS TR 271, triticale BRS TL 51 e cevada BRS Quaranta. Foram utilizados 32 suínos machos imunocastrados com peso inicial de 55,17 kg \pm 3,25 com 104 dias de vida em média, alojados em 32 gaiolas metabólicas tipo Pekas (PEKAS, 1968) equipadas com comedouro manual, fornecimento de água manualmente e piso ripado, seguindo os procedimentos descritos pelo manuscrito de SAKOMURA (2016). O período experimental teve duração de 11 dias, sendo seis dias de adaptação às dietas experimentais e às gaiolas, e cinco dias de coletas das fezes e urina.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h00 min. e às 14h00 min. A quantidade total diária de ração fornecida no período experimental foi estabelecida com base na média de consumo por peso metabólico ($PV^{0,75}$), obtido no decorrer da fase de adaptação, equalizando o fornecimento de ração à média de consumo por peso metabólico dentro de cada bloco. A água foi fornecida aos animais ad libitum após os arraçoamentos. Foi utilizado o método de coleta total de fezes, com a utilização do óxido de ferro (0,5% de Fe_3O_2) como marcador fecal. O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com a metodologia preconizada por SAKOMURA (2016).

A dieta referência (Tabela 1) foi formulada para atender as exigências nutricionais de suínos machos castrados de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2017). No experimento foram adotados quatro tratamentos e oito repetições correspondendo, sendo as dietas experimentais (Tabela 2) caracterizadas: Dieta referência padrão – REF; 60% de REF + 40% Trigo BRS TR 271; 60% de REF + 40% Triticale TL 51; 70% de REF + 30% Cevada BRS Quaranta. O delineamento adotado nos experimentos foi de blocos casualizados de acordo com o peso inicial.

Tabela 1. Composição da dieta referência adotada em ambos os experimentos.

Descrição	%
Milho	76,291
Farelo de Soja	20,314
Fosfato Bicálcico	1,456
Calcário Calcítico	0,7751
Sal comum	0,4743
L-Lisina	0,3033
DL – Metionina	0,044
L – Treonina	0,043
Premix microminerais e vitaminas*	0,300
Total	100,00
Composição nutricional	

PB (%)	14,85
EB (kcal/kg)	3756
FB (%)	2,19
EE (%)	3,49
Ca (%)	0,700
P total (%)	0,5752
P disp (%)	0,3100
Na (%)	0,2000
Lisina (%)	0,9950
Metionina (%)	0,2911
Treonina (%)	0,6482

*Cloreto de Colina, Vitamina B12, Vitamina D3, Vitamina K3, Vitamina B2, Vitamina B1, Vitamina B6, Vitamina E, Ácido Fólico, Aditivo Antioxidante, Biotina, Vitamina A, Pantotenato de Cálcio, Ácido Nicotínico, Sulfato De Manganês, Sulfato de Cobre, Sêlenito de Sódio, Iodato De Potássio, Sulfato De Zinco, Sulfato de Ferro.

Tabela 2. Descrição das dietas experimentais do Ensaio I em função da inclusão dos ingredientes avaliados Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta.

Composição das dietas analisadas	Trigo BRS TR 271	Triticale TL 51	Cevada BRS
Matéria seca (%)	87,17	87,29	87,17
Cinzas (%)	3,30	3,22	3,55
Proteína bruta (%)	16,55	15,98	16,08
EB (kcal/kg/MS)	4316	4306	4292

DR= Dieta referência; EB= Energia Bruta.

As fezes foram coletadas diariamente em sacos plásticos, identificados e armazenadas em freezer à -10°C. A urina foi coletada em baldes contendo 20mL de HCL, equalizados com água destilada ultra pura até 4L ou superior. Após a coleta do volume total de urina foi retirada uma alíquota de 100mL para compor uma amostra composta por repetição, e posteriormente armazenadas em geladeira. As fezes de cada repetição foram homogeneizadas e uma alíquota de 500g foi coletada, levada à estufa de ar forçado por 48 horas à 55°C para obtenção da pré-matéria seca, e posteriormente as amostras seguiram para moagem no moinho tipo faca Willey (peneira de 1mm).

4.5 Experimento II

Um ensaio de metabolismo foi realizado para determinar o coeficiente de digestibilidade do milho Nordeste, sorgo Piauí e sorgo Santa Catarina. Foram utilizados 32 suínos machos inteiros com peso inicial de 59,68 kg \pm 5,77 com 111 dias de vida em média, alocados em 32 gaiolas metabólicas tipo Pekas (PEKAS, 1968) equipadas com comedouro manual, fornecimento de água manualmente e piso ripado, adaptado para coleta total de fezes e urina, seguindo os procedimentos descritos por SAKOMURA (2016). O período experimental teve

duração de 11 dias, sendo seis dias de adaptação às dietas experimentais e às gaiolas, e cinco dias de coletas.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h00 min. e às 14h00 min. A quantidade total diária fornecida no período experimental foi estabelecida com base na média de consumo por peso metabólico ($PV^{0,75}$), obtido no decorrer da fase de adaptação, equalizando o fornecimento de ração à média de consumo por peso metabólico do grupo. A água foi fornecida aos animais ad libitum após os arraçoamentos. Foi utilizado o método de coleta total de fezes, com a utilização do óxido de ferro (0,5% de Fe_3O_2) como marcador fecal. O fornecimento das dietas, coleta de fezes e urina foram realizados de acordo com a metodologia preconizada pelo manuscrito de SAKOMURA (2016).

No experimento foram adotados quatro tratamentos e oito repetições correspondendo às dietas que os suínos receberam quando alojados nas gaiolas metabólicas: Dieta referência padrão – REF; 60% de REF + 40% Sorgo Piauí; 60% de REF + 40% Milheto; 60% de REF + 40% Sorgo Santa Catarina (Tabela 3). O delineamento adotado nos experimentos foi de blocos casualizados de acordo com o peso inicial.

Tabela 3. Descrição das dietas experimentais do Ensaio II em função da inclusão dos ingredientes avaliados Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto.

Composição das dietas analisadas	Sorgo Piauí	Milheto Nordeste	Sorgo SC
Matéria seca (%)	87,83	88,58	86,3
Cinzas (%)	3,30	3,32	3,51
Proteína bruta (%)	14,20	15,30	16,91
EB (kcal/kg/MS)	4361	4421	4395

DR= Dieta referência; T1= Tratamento 1; T2= Tratamento 2; T3= Tratamento 3; T4= Tratamento 4; EB= Energia Bruta.

As fezes foram coletadas diariamente e armazenadas em sacos esterilizados, identificados e armazenadas em freezer à $-10^{\circ}C$. A urina foi coletada em baldes contendo 20mL de HCL, após a coleta do volume total de urina foi retirada uma alíquota de 100mL para compor uma amostra por repetição, e posteriormente armazenadas em freezer à $-10^{\circ}C$. As fezes de cada repetição foram homogeneizadas e uma alíquota de 500g foi coletada, levada à estufa de ar forçado por 48 horas à $55^{\circ}C$ para obtenção da matéria seca parcial, e posteriormente as amostras seguiram para moagem no moinho tipo faca Willey (peneira de 1mm).

4.6 Análises químicas

Assim como as amostras de ingredientes e rações experimentais, as fezes e urina foram analisadas para determinação da matéria seca (método 930.15, AOAC Internacional, 2019), energia bruta utilizando uma bomba calorimétrica de isoperibol (Modelo 6400; Parr), cinzas

(método 942.05; AOAC Internacional, 2019), extrato etéreo (Ankom XT-15; método 2003.06; AOAC Internacional, 2019) e fibra bruta (Ankom 2000). A proteína bruta para as amostras de ingredientes, dietas e fezes foi obtida a partir do valor de N x 6,25 (fator de correção), sendo o valor de nitrogênio determinado pelo procedimento de combustão Dumas (método 990.03, AOAC/ 992.15, AOAC/ 992.23, AOAC/ 993.13, AOAC) utilizado o equipamento LECO FP-528, e para avaliação da urina foi utilizada a metodologia de de Kjeldahl (método 984.13, AOAC Internacional, 2019).

4.7 Coeficientes de digestibilidade e metabolizabilidade

Determinado a partir da composição química das dietas experimentais, fezes e urina dos ensaios de digestibilidade foram calculados os coeficientes metabolizabilidade da energia (CME), digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da matéria orgânica (CDAMO) e da proteína bruta (CDAPB) e calculados os valores de energia digestível (ED), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável corrigida para nitrogênio (EMn) de acordo com a metodologia proposta por SAKOMURA (2016).

4.8 Análises estatísticas

Foram aplicadas medidas de tendência central e de dispersão para descrever os coeficientes de digestibilidade de cada ingrediente avaliado, através da média e do desvio padrão da média. Os coeficientes de digestibilidade foram submetidos à análise de regressão simples, tendo como variáveis dependentes a EMAn e independentes os coeficientes de digestibilidades, para gerar equações de predição para estimar os valores de EMAn dos alimentos-teste. Previamente a análise de regressão foi aplicada uma correlação de Pearson para testar a correlação entre as variáveis preditoras. Para avaliar as equações foram calculados os coeficientes de correlação (r). Todas as análises estatísticas foram realizadas no SAS (2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização química e energética dos alimentos.

Os dados de MS, CZ, PB, FB, EE, EB e DGM dos ingredientes avaliados estão descritos na tabela 4.

Tabela 4. Teores de matéria seca (MS), cinza (CZ) e proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE) energia bruta (EB) e Diâmetro geométrico médio (DGM) do Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto (na MS%).

Composição	Ingredientes avaliados					
	Triticale BRS TL 51	Trigo BRS TR 271	Cevada BRS Quaranta	Sorgo Piauí	Sorgo SC	Milheto
Matéria seca (%)	88,6	87,85	87,08	88,19	85,31	89,41
Cinzas (%)	2,01	1,96	2,08	1,23	1,59	1,54
Proteína bruta (%)	17,23	15,59	11,68	9,32	10,96	11,57
FB (%)	1,76	2,31	3,77	1,65	3,18	2,12
EE (%)	1,57	1,63	1,77	3,45	3,48	5,63
EB (kcal/kg/MS)	4359	4359	4349	4326	4294	4476
DGM (µm)	666	814	940	416	418	553

FB=Fibra Bruta; EE=Extrato Etéreo; EB= Energia Bruta; DGM= Diâmetro Geométrico Médio.

Em relação ao triticale BRS TL 51, foi observado que a PB (17,23%) e EB (4.359 kcal/kg/MS) foram superiores aos encontrados por Stein et al. (2016) (13,40%; 3985 kcal/kg/MS, respectivamente) e a EB abaixo dos valores encontrados pela por Rostagno et al. (2024) (15,45%; 4409kcal/kg/MS, respectivamente). Esta discrepância de valores pode estar associada as diferentes condições edafoclimáticas das regiões e a cultivar utilizada. A variedade avaliada nesse estudo é recém desenvolvida e pouco estudo se tem acerca de sua composição nutricional e uso na alimentação animal.

No trigo BRS TR 271, observou-se que a PB (15,59%) ficou dentro do esperado para a variedade, que, segundo a cartilha publicada pela Embrapa, essa cultivar tem por volta de 14 à 17% de PB (EMBRAPA, 2024). Enquanto que os valores de CZ (1,96%); FB (2,31%); EE (1,63%) e EB (4359 kcal/kg) foram semelhantes aos encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2024).

O valor de PB (11,68%) da cevada BRS Quaranta foi superior à encontrada por Lee (2022) PB (10,22%), porém os valores de EE (1,77%; 2,25%, respectivamente) e EB (4349 kcal/kg/MS; 4396 kcal/kg/MS, respectivamente) foram menores. O teor de FB da cevada foi de

3,77%, valor abaixo de 4,35% encontrado por Lee (2022) e 4,74% relatado por Rostagno (2024) apresentando uma vantagem desta cultivar. O endosperma da cevada é composto basicamente por beta-glucanos. Thacker (1989) e Johnston (2003) relataram que o alto nível de beta-glucanos, reduz o valor nutricional aumentando a viscosidade do fluido intestinal e dificultando a ação das enzimas endógenas.

No milho Nordeste, observou-se valores de PB (11,57%) e FB (2,12%) abaixo ao encontrado por Rostagno et al. (2024) (12,99%; 2,64%, respectivamente) e os valores de EE e EB (5,63%; 4476 kcal/kg/MS) superiores (3,72%; 4343 kcal/kg/MS, respectivamente). As amostras de sorgo Piauí e Santa Catarina apresentaram dados bastante discrepantes quanto à FB (1,65%) e (3,18%), respectivamente. Tal discrepância de valores pode ser explicada pelo fato de o sorgo SC não ter passado pelo processo de limpeza dos grãos que visa reduzir o nível de impurezas, podendo ter ocasionado esse alto teor de fibra bruta, além de não ter passado pelo processo de secagem, o que pode ter ocasionado a diferença de MS (88,19%; 85,31%, respectivamente).

O sorgo Piauí observou-se valores de PB (9,32%); FB (1,65%); EB (4326 kcal/kg/MS) e CZ (1,23%) abaixo aos encontrados por Rostagno et al. (2024) (9,89%; 2,95%; 4558 kcal/kg/MS; 1,30%, respectivamente) e EE (3,45%) superior (2,41%). O sorgo SC observou-se valores de PB (10,96%); FB (3,18%); EE (3,48%) e CZ (1,59%) superiores aos encontrados por Rostagno et al. (2024) (9,89%; 2,95%; 2,41%; 1,30%, respectivamente) e EB (4294 kcal/kg/MS) abaixo (4558 kcal/kg/MS).

A moagem das amostras de sorgo e milho foi realizada em peneiras de 1mm, obtendo os valores de DGM 416 μ m; 418 μ m e 553 μ m, respectivamente. O grau de moagem tem grande importância para os coeficientes de digestibilidade, no entanto, autores relatam que quanto menor a partícula do grão melhor a eficiência alimentar e maior a digestibilidade da MS, EB e PB (CABRERA et al., 1993; SOUZA et al., 2020; BASTOS et al., 2005). Por outro lado, partículas abaixo de 400 μ m podem reduzir a palatabilidade e aumentar a incidência de úlceras esofágicas em suínos (DE JONG et al., 2012; ORIOL., 2008; CABRERA et al., 1993).

Bastos (2005) observou que o tamanho das partículas influenciou no coeficiente de digestibilidade da matéria seca (CDMS) pois com a peneira de 3mm propiciou a presença de grãos inteiros após a moagem, reduzindo a digestibilidade do ingrediente, em contra partida a moagem com peneira de 1mm propiciou melhor valor de CDMS (85,16%), CDPB (84,63%) e CDEB (84,61%).

No presente estudo, os valores de DGM obtidos através da moagem de 1mm apresentaram valores abaixo dos supracitados no parágrafo anterior, o que possibilita um possível efeito do

DGM nos coeficientes de digestibilidade, sendo necessário uma análise mais aprofundada nesses dados.

Tabela 5. Composição do perfil de aminoácidos dos ingredientes avaliados, Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto.

Aminoácidos*	Ingredientes					
	Triticale BRS TL 51	Trigo BRS TR 271	Cevada BRS Quaranta	Sorgo Piauí	Sorgo Santa Catarina	Milheto Nordeste
Metionina	0,19	0,18	0,14	0,16	0,16	--
Cistina	0,25	0,24	0,19	0,15	0,19	--
Metionina + Cistina	0,45	0,42	0,33	0,31	0,35	--
Lisina	0,35	0,32	0,34	0,19	0,23	--
Treonina	0,37	0,34	0,32	0,28	0,34	--
Triptofano	0,15	0,15	0,13	0,09	0,12	--
Arginina	0,58	0,54	0,47	0,34	0,36	--
Isoleucina	0,42	0,39	0,29	0,34	0,39	--
Leucina	0,8	0,75	0,58	1,14	1,14	--
Valina	0,52	0,49	0,43	0,41	0,46	--
Histidina	0,27	0,26	0,18	0,19	0,2	--
Fenilalanina	0,56	0,51	0,42	0,43	0,49	--

Valores obtidos através da análise NIR

Os valores de aminoácidos obtidos através da análise por NIR (Tabela 5) se mostraram semelhantes ao relatado por Rostagno et al. (2024) para a maioria dos aminoácidos.

Tabela 6. Concentração relativa de aminoácidos na proteína dos ingredientes avaliados, Triticale BRS TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto Nordeste (na matéria natural %).

Aminoácidos*	Ingredientes					
	Triticale BRS TL 51	Trigo BRS TR 271	Cevada BRS Quaranta	Sorgo Piauí	Sorgo Santa Catarina	Milheto Nordeste
PB	12,79	12,08	8,61	8,33	9,65	--
Metionina	1,486	1,490	1,626	1,921	1,658	--
Cistina	1,955	1,987	2,207	1,801	1,969	--
Metionina + Cistina	3,518	3,477	3,833	3,721	3,627	--
Lisina	2,737	2,649	3,949	2,281	2,383	--
Treonina	2,893	2,815	3,717	3,361	3,523	--
Triptofano	1,173	1,242	1,510	1,080	1,244	--

Arginina	4,535	4,470	5,459	4,082	3,731	--
Isoleucina	3,284	3,228	3,368	4,082	4,041	--
Leucina	6,255	6,209	6,736	13,685	11,813	--
Valina	4,066	4,056	4,994	4,922	4,767	--
Histidina	2,111	2,152	2,091	2,281	2,073	--
Fenilalanina	4,378	4,222	4,878	5,162	5,078	--

Valores obtidos através da análise NIR

Verificou-se que o triticale (12,79% PB) tem proteína bruta elevada e um perfil de aminoácidos equilibrado, enquanto o milho (7,81% PB), ficando com o nível de lisina 40% maior que o do milho (0,35 vs. 0,25, respectivamente), metionina com 26,66% maior (0,19 vs. 0,15, respectivamente), treonina ficando 23,33% maior (0,37 vs. 0,30, respectivamente) e triptofano ficando 150% superior (0,15 vs. 0,06, respectivamente). Para o trigo (12,08% PB) tem proteína bruta elevada e um perfil de aminoácidos equilibrado, enquanto o milho (7,81% PB), ficando com o nível de lisina 28% maior que o do milho (0,32 vs. 0,25, respectivamente), metionina com 20% maior (0,18 vs. 0,15, respectivamente), treonina ficando 13,33% maior (0,34 vs. 0,30, respectivamente) e triptofano ficando 150% superior (0,15 vs. 0,06, respectivamente). Para a cevada (8,61% PB), enquanto o milho (7,81% PB), ficando com o nível de lisina 36% maior que o do milho (0,34 vs. 0,25, respectivamente), treonina ficando 6,66% maior (0,32 vs. 0,30, respectivamente) e triptofano ficando 116,66% superior (0,13 vs. 0,06, respectivamente). Para o sorgo Piauí (8,33% PB), enquanto o milho (7,81% PB), ficando com o nível de metionina com 6,66% maior (0,16 vs. 0,15, respectivamente) e triptofano ficando 50% superior (0,09 vs. 0,06, respectivamente). Para o sorgo SC (9,65% PB), enquanto o milho (7,81% PB), ficando com o nível de metionina com 6,66% maior (0,16 vs. 0,15, respectivamente), treonina ficando 13,33% maior (0,34 vs. 0,30, respectivamente) e triptofano ficando 100% superior (0,12 vs. 0,06, respectivamente).

Enquanto a composição relativa dos aminoácidos na proteína o triticale, trigo, cevada, sorgo Piauí e sorgo SC apresentam superioridade ao milho no triptofano (1,17; 1,24; 1,51; 1,08; 1,24 vs. 0,81, respectivamente).

Os cereais de inverno apresentam concentração relativa do triptofano na proteína alta podendo ser uma vantagem destes grãos já que o triptofano apresenta fundamental ação no desenvolvimento de leitões e age no balanço de nitrogênio, manutenção dos músculos e homeostase dos suínos (PUPA, 2023).

A concentração relativa dos aminoácidos foi semelhante aos encontrados por Rostagno et al. (2024), para o triticale em destaque a metionina, treonina e triptofano apresentaram concentração relativa dos aminoácidos superior aos encontrados por Rostagno et al. (2024),

metionina (1,49 vs. 1,47, respectivamente), treonina (2,89 vs. 2,72, respectivamente) e triptofano (1,17 vs. 1,03, respectivamente).

A concentração relativa dos aminoácidos foi semelhante aos encontrados por Rostagno et al. (2024), para o trigo em destaque a metionina, lisina, treonina, triptofano apresentaram concentração relativa dos aminoácidos superior aos encontrados por Rostagno et al. (2024), metionina (1,49 vs. 1,47, respectivamente), lisina (2,65 vs. 2,57, respectivamente), treonina (2,82 vs. 2,65, respectivamente) e triptofano (1,24 vs. 1,10, respectivamente).

O trigo usado no presente estudo apresentou teor de aminoácidos essenciais e não essenciais, exceto a leucina, maiores que o milho, o que já se esperava segundo alguns autores (STEIN et al., 2016; PAN et al., 2020). Essa informação destaca que o trigo BRS TR 271 pode ser um substituto ao milho para atender às exigências de aminoácidos essenciais para suínos na formulação de dietas.

A concentração relativa dos aminoácidos foi semelhante aos encontrados em Rostagno et al. (2024), para a cevada em destaque a treonina, triptofano apresentaram concentração relativa dos aminoácidos superior aos encontrados em Rostagno et al. (2024), treonina (3,72 vs. 3,51, respectivamente) e triptofano (1,51 vs. 1,27, respectivamente).

A cevada exibe um perfil nutricional caracterizado por maior teor de AA e fibras, porém, baixa digestibilidade dos AA e do amido em comparação ao milho (Stein et al., 2001; 2016).

A concentração relativa dos aminoácidos foi semelhante aos encontrados por Rostagno et al. (2024), para o sorgo Piauí em destaque a metionina e treonina apresentaram concentração relativa dos aminoácidos superior aos encontrados em Rostagno et al. (2024), metionina (1,92 vs. 1,73, respectivamente) e treonina (3,36 vs. 3,24, respectivamente).

A concentração relativa dos aminoácidos foi semelhante aos encontrados por Rostagno et al. (2024), para o sorgo SC em destaque a metionina + cistina, lisina, treonina e triptofano apresentaram concentração relativa dos aminoácidos superior aos encontrados por Rostagno et al. (2024), metionina + cistina (3,63 vs. 3,47, respectivamente), lisina (2,38 vs. 2,31, respectivamente), treonina (3,52 vs. 3,24, respectivamente) e triptofano (1,24 vs. 1,16, respectivamente).

Os valores de aminoácidos obtidos através da análise de NIR (Tabela 6) mostram que o sorgo Piauí apresentou valores semelhantes aos relatados por Rostagno et al. (2024), enquanto o sorgo Santa Catarina apresentou valores superiores, exceto Leucina e histidina. Este fato pode ser explicado por terem sido cultivados em regiões com condições edafoclimáticas distintas, pois solo e período de colheita influenciam diretamente no nível de PB e AA do grão.

5.2 Coeficientes de metabolizabilidade da energia, coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB e valores de ED e EMAn dos alimentos

Os valores do coeficiente de metabolizabilidade da energia, coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB e valores de ED, EM e EMAn dos alimentos estão listados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Composição, coeficientes de digestibilidade e valores de energia de amostras de Trigo, Triticale e Cevada (na %MS).

Variáveis	Trigo BRS TR 271	Triticale BRS TL 51	Cevada BRS Quaranta
PB (%)	15,59	17,23	11,68
FB (%)	2,31	1,76	3,77
EE (%)	1,63	1,57	1,77
Cinzas (%)	1,96	2,01	2,08
CDAMS (%)	90,09 ± 2,09	88,91 ± 3,49	82,99 ± 4,26
CDAMO (%)	91,12 ± 1,83	89,94 ± 3,07	84,25 ± 4,22
CDAPB (%)	87,44 ± 5,34	82,93 ± 6,93	71,85 ± 11,80
CMEB (%)	86,40	85,68	83,63
ED (kcal/kg/MS)	3879 ± 118	3793 ± 177	3404 ± 253
EM (kcal/kg/MS)	3772 ± 115,97	3674 ± 187,32	3326 ± 238,94
EMAn (kcal/kg/MS)	3728 ± 109	3651 ± 179	3282 ± 225

PB=Proteína Bruta; FB=Fibra Bruta; EE=Extrato Etéreo; CDAMS=Coeficiente de digestibilidade aparente de Matéria Seca; CDAMO=Coeficiente de digestibilidade aparente de Matéria Orgânica; CDAPB=Coeficiente de digestibilidade aparente da Proteína Bruta; ED=Energia Digestível; EMAn=Energia Metabolizável Aparente Corrigida para Nitrogênio.

Os valores de ED (3793 kcal/kg/MS) e EMAn (3651 kcal/kg/MS) do triticale foram superiores aos encontrados por Stein et al. (2016) (3368 kcal/kg e 3248 kcal/kg, respectivamente) e Rostagno et al. (2024) (3714 kcal/kg/MS e 3619 kcal/kg/MS, respectivamente). Tendo em vista que a variedade de triticale utilizada nesse estudo seja diferente daquela utilizada por Stein et al. (2016), o que pode afetar a composição nutricional e os valores de ED e EMn. Esses resultados sugerem que o triticale BRS TL 51 pode ser uma fonte de energia valiosa para suínos, com valores de ED e EMn superiores aos relatados anteriormente.

Resultados semelhantes foram verificados para trigo, que apresentou valores de ED (3879 kcal/kg/MS) e EMAn (3728 kcal/kg/MS) superiores aos encontrados por Rostagno et al. (2024) (3795 kcal/kg/MS e 3685 kcal/kg/MS, respectivamente). Os valores de ED (3404 kcal/kg/MS) e EMAn (3282 kcal/kg/MS) da cevada foram menores aos encontrados por Rostagno (2024) (3542 kcal/kg/MS e 3442 kcal/kg/MS, respectivamente).

A EMAn mais próxima do milho (3792 kcal/kg/MS) foi a do trigo BRS TR 271 com (3728 kcal/kg/MS).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO e PB do triticale e trigo encontrados neste estudo foram de 88,91%; 89,94%; 82,93/ 90,09%; 91,12%; 87,44% respectivamente. Esses coeficientes se assemelham aos dados encontrados pelos seguintes autores (LETERME, 1991; BATTERHAM, 1990; LIMA, 2001).

A cevada apresentou coeficientes de digestibilidade da matéria seca (MS) de $82,99\% \pm 4,26$, matéria orgânica (MO) de $84,25\% \pm 4,22$ e proteína bruta (PB) de $71,85\% \pm 11,80$. Esses valores estão, em geral, dentro dos intervalos de valores esperados para cevada em suínos, que variam de 80-90% para MS e MO (Sauvant et al., 2004) e de 82,1% para PB (Rostagno et al., 2024). Contudo, existe uma hipótese do por que esses coeficientes fiquem abaixo dos outros grãos cereais (triticale e trigo). Isso se dá pela presença do maior teor de fibra da dieta, que reduz significativamente a digestibilidade aparente da proteína bruta e energia (LACHANGE, 1992; HARTOG et al., 1988).

O baixo coeficiente de digestibilidade aparente de proteína bruta pode ser explicado pelo fato dos polissacarídeos não amiláceos (PNAs) que dificultam a digestão dos nutrientes. Os principais constituintes das PNAs do triticale e trigo são arabinose e xilose, que se associam às proteínas e dificulta a ação das enzimas endógenas na degradação dos elementos proteicos na dieta (HAUSCHILD, 2008; BAIER, 1994).

Os coeficientes de metabolizabilidade do trigo BRS TR 271, triticale BRS TL 51 e cevada BRS Quaranta foram de 86,40%, 85,68% e 83,63%, respectivamente. O trigo apresentou o maior coeficiente de metabolizabilidade, o que pode ser atribuído à sua alta concentração de carboidratos solúveis e à sua baixa concentração de fibra (NRC, 2012). O triticale, por sua vez, apresentou um coeficiente de metabolizabilidade muito próximo ao do trigo. Isso pode ser atribuído à sua composição química semelhante à do trigo. Em resumo, os coeficientes de metabolizabilidade do trigo, triticale e cevada indicam que esses grãos são fontes de energia adequadas para suínos em crescimento, com o trigo apresentando o maior valor.

Tabela 8. Composição, coeficientes de digestibilidade e valores de energia de amostras de Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto (na %MS).

Variáveis	Sorgo Piauí	Sorgo Santa Catarina	Milheto
PB (%)	9,32	10,74	11,57
FB (%)	1,65	3,11	2,12

EE (%)	3,45	3,41	5,63
Cinzas (%)	1,23	1,59	1,54
CDAMS (%)	86,86 ± 2,66	83,56 ± 2,17	77,31 ± 2,16
CDAMO (%)	87,87 ± 2,48	84,84 ± 2,07	77,96 ± 1,79
CDAPB (%)	67,74 ± 5,64	71,61 ± 3,52	69,27 ± 1,79
CMEB (%)	84,34	83,20	80,18
ED (kcal/kg/MS)	3697 ± 145	3640 ± 125	3392 ± 88
EM (kcal/kg/MS)	3621 ± 154,27	3295 ± 105,61	3561 ± 122,48
EMAn (kcal/kg/MS)	3618 ± 147	3512 ± 121	3282 ± 97

PB=Proteína Bruta; FB=Fibra Bruta; EE=Extrato Etéreo; CDAMS=Coefficiente de digestibilidade aparente de Matéria Seca; CDAMO=Coefficiente de digestibilidade aparente de Matéria Orgânica; CDAPB=Coefficiente de digestibilidade aparente da Proteína Bruta; ED=Energia Digestível; EMAn=Energia Metabolizável Aparente Corrigida para Nitrogênio.

O milho Nordeste apresentou valores de FB, EE e EB semelhantes aos de Rostagno (2024). Os valores de ED (3392 kcal/kg/MS) e EMAn (3282 kcal/kg/MS) foram menores que o de Rostagno (2024) ED (3538 kcal/kg/MS) e EMAn (3411 kcal/kg/MS) respectivamente.

O sorgo piauí e SC apresentou valores de ED (3697 e 3640 kcal/kg/MS, respectivamente) e EMAn (3618 e 3512 kcal/kg/MS, respectivamente), valores inferiores aos encontrados por Rostagno (2024) ED (3897 kcal/kg/MS) e EMAn (3838 kcal/kg/MS).

Vários fatores podem contribuir para o valor de ED e EMAn serem menores aos encontrados na Tabela Brasileira para Aves e Suínos (2024), um dos fatores pode estar contido no processamento dos grãos como a moagem, além das condições edafoclimáticas da região de cultivo.

Os coeficientes de digestibilidade da MS, MO e PB dos sorgos Piauí e Santa Catarina foram de 86,86%; 87,87%; 67,74%/ 83,56%; 84,84%; 71,62, respectivamente e demonstram digestibilidade da PB dentro da faixa encontrada na literatura. No sorgo, cerca de 70% de suas proteínas totais é composta por Kafirinas que podem afetar negativamente a utilização da proteína e energia por conta da hidrofobicidade (Solúvel em solução alcoólica e insolúvel em água) (LIU et al., 2013; PAN et al., 2021). Segundo Duodu et al. (2003), a baixa digestibilidade da proteína no sorgo se dá de duas formas: exógena (a interação de proteínas do sorgo com outros componentes, como as PNAs, fitatos, amido e lipídios) e endógena (alterações nas próprias proteínas do sorgo, causando a reticulação dissulfeto e hidrofobicidade da kafirina).

Os coeficientes de metabolizabilidade da energia do sorgo Piauí, sorgo SC e milho Nordeste foram de 84,34%, 83,20% e 80,18%, respectivamente. Oliveira (2018) testou duas cultivares de sorgo e o coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta encontrado foi 87,61%; 83,91% para ambas cultivares não diferindo das cultivares de milho testadas. Isso demonstra que os valores de coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta estão dentro dos parâmetros aceitáveis.

Para prever os valores EMAn de cada insumo utilizou-se um modelo linear simples onde as variáveis preditoras foram a energia digestível, os coeficientes de digestibilidade e o peso final dos animais (Tabela 9).

Tabela 9. Equações de regressão linear em função dos ingredientes testes para prever a Energia metabolizável aparente corrigida para Nitrogênio.

Paramêtros	Equações	R ²	P- value
Triticale BRS TL 51	EMn= -1025.22+52.85*CDAMS	0,97	0.0001
Trigo BRS TR 271	EMn= -1141.75+54.55*CDAMS	0,97	0.0001
Cevada BRS Quaranta	EMn= -854.88+50.63*CDAMS	0,88	0.0017
Sorgo Piauí	EMn= -1241.77+55.98*CDAMS	0,93	0.0001
Sorgo Santa Catarina	EMn= -891.43+53.29*CDAMS	0,89	0.0004
Milheto Nordeste	EMn=-1463.88+15.31*PF (78.16) *CDAMS (-32.58) *CDAPB	0,94	0.3173

EMAn=Energia Metabolizável Aparente Corrigida para Nitrogênio; CDAMS=Coefficiente de digestibilidade aparente de Matéria Seca; CDAPB=Coefficiente de digestibilidade aparente da Proteína Bruta; PF=...; R²= Coeficiente de determinação.

A partir dos dados obtidos foram estimados os seguintes modelos para predição do valor da energia metabolizável do triticale: EMAn= -1025.22276417157 + 52.848079678 *CDAMS, R²= 0,97; Trigo: EMAn= -1141.74531108336 + 54.551078797 *CDAMS, R²= 0,97; Cevada: EMAn= -854.880693544416 + 50.626452734 *CDAMS, R²= 0,88; Sorgo Piauí: EMAn= -1241.76593039203 + 55.980610841 *CDAMS, R²= 0,93; Sorgo SC: EMAn = -891.433928603397 + 53.28886011 *CDAMS, R²=0,89; Milheto: EMn = -1463.87613481093 + 15.308237385 *Pesofinal 78.157584499 *CDAMS -32.5767420434867 *CDAPB, R²= 0,94.

Usualmente têm se adotado como variáveis preditoras os parâmetros químicos e físicos dos alimentos, com o objetivo de permitir a correção desses valores de acordo com as variações da composição química das rações (OST, 2005). Contudo, Sibbald (1982) cita que muitas equações de predição não respondem de forma satisfatória diante aos dados independentes.

Dessa forma, o fato de as equações predizerem a energia metabolizável a partir das frações de proteínas, carboidratos e lipídios se considera que todos os nutrientes são igualmente digeríveis em todos os alimentos. Portanto, em animais não ruminantes é necessário associar a idade ou peso dos animais e a digestibilidade dos nutrientes, de forma a permitir equações mais acuradas (ALVARENGA, 2013).

A situação atual de produção de suínos requer a adoção de alimentos alternativos para compor as dietas, portanto se faz necessário atualizar as matrizes nutricionais dos alimentos que tem potencial para substituir o milho na nutrição de suínos. Além da importância desses parâmetros acerca da digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável.

6 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos mostram que a EMAn variou entre 3.282 e 3.728 kcal/kg para as diferentes matérias-primas avaliadas, destacando a importância de considerar a composição nutricional específica de cada insumo para uma alimentação eficiente e eficaz para suínos. As equações de predição determinadas com base nos coeficientes de digestibilidade apresentam a precisão necessária para estimar a energia metabolizável dos insumos: Triticale TL 51, Trigo BRS TR 271, Cevada BRS Quaranta, Sorgo Piauí, Sorgo Santa Catarina e Milheto Nordeste para suínos.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEOLA, O.; ORBAN, J.I. (1995). Chemical composition and nutrient digestibility of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) fed to growing pigs. *Journal of Cereal Science*, v.22, n.2, p.177-184.
- ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. (1988). *Plantas forrageiras: gramíneas e leguminosas*. São Paulo, Brasil. 152p.
- ALVARENGA, R.R.; ZANGERONIMO, M.G.; RODRIGUES, P.B.; PEREIRA, L.J.; WOLP, R.C.; ALMEIDA, E.C. Formulation of diets for poultry: The importance of prediction equations to estimate the energy values. *Archivos de Zootecnia*, v. 62, p. 1-11, 2013.
- AMMAR, K.; MERGOUM, M.; RAJARAM, S. The history and evolution of triticale. In: MERGOUN, M.; GOMEZ-MACPHERSON, H. (Org.). *Triticale Improvement and Production*. 179. Roma: FAO, 2004. p. 1-10.
- BAIER, A. C. *Uso potencial de triticale para silagem*. 1ª. ed. Passo Fundo: Ed. Embrapa -CNPT, 1997.
- BAIER, A.C. et al. (1994) *Triticale: cultivo e aproveitamento*. Passo Fundo: EMBRAPA CNPT, 72 p. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 19).
- BANDYOPADHYAY, R. et al. (2007). Relative severity of aflatoxin contamination of cereal crops in West Africa. *Food Additives and Contaminants: Part A*, v.24, n.10, p.1109-1114.
- BASTOS, A.O. et al. (2005) *Composição Química, Digestibilidade dos Nutrientes e da Energia de Diferentes Milhetos (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) em Suínos*. *Revista Brasileira Zootecnia*, v.34, n.2, p.520-528. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200020>.
- BATTERHAM ES et al. (1990). The Effect of Rate of Feeding on the Nutritional Value of Three Triticale Cultivars for Growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 317-325.
- BELTON, P. S. et al. Kafirin structure and functionality. *Journal Cereal Science*, v. 44, p. 272-286. 2006.
- BERTOL, T. M. et al. (2019). *Desafios da pesquisa brasileira sobre o valor nutricional dos cereais de inverno*. São Paulo: ABPA, p. 81-82.
- BOYLES, S.L. et al. (1990). *Feeding barley to cattle*.
- BRAMBATTI, A. *Variabilidade polínica e hibridização genômica in situ aplicada ao melhoramento de triticale*. 2010. 93 f. Dissertação (Pós graduação em Agronomia). Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo.

- BRUNKEN, A. V. (1977). A systematic study of Pennisetum Sect Pennisetum (graminea). American Journal of Botany, New York, v.64, n.2, p.161-176.
- CABRERA, M. R. et al. (1993). Sorghum genotype and particle size affect growth performance, nutrient digestibility, and stomach morphology in finishing pigs. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports, n. 10, p. 134-139.
- CARVALHO, F.; BARBIERI, R. (2008). Origem e evolução de plantas cultivadas. Embrapa, Brasília.
- DE JONG, J. A. et al. (2012). Effects of feeding varying ingredient particle sizes and diet forms for 25-to 50-lb nursery pigs on performance, caloric efficiency, and economics. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports, n. 10, p. 305-315.
- DE MORI, C. et al. (2014). Aspectos econômicos e conjunturais da cultura de triticale no mundo e no Brasil. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. 26 p. (Embrapa Trigo. Documentos online, 150). Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109972/1/2014documentos-online-150.pdf>. Acessado em 15 de agosto de 2024.
- DEVI, P. B. et al. Health benefits of finger millet (*Eleusine coracana* L.) polyphenols and dietary fiber: A review. Journal of Food Science and Technology. [S.l.: s.n.]. 2014.
- DUODU, K.G. et al. (2003). Factors affecting sorghum protein digestibility. J. Cereal Sci. 38, 117–131.
- EMBRAPA (2024) SUPERE seus recordes BRS TR271. Embrapa Trigo. <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1159319/supere-seus-recordes-brs-tr271>. Acessado em 12 de novembro de 2024.
- FIALHO, E. T. et al. Substituição do milho pelo sorgo sem tanino em rações de leitões: digestibilidade dos nutrientes e desempenho animal. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.1, n.1, p.105-111. 2002.
- GAO, Q. et al. (2023). Predicting energetic values of cereal grains and byproducts using a computer-controlled simulated digestion system for growing pigs. Animal Feed Science and Technology, 306, 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115809>.
- Gidley, M. J. et al. Sorghum grain starch digestibility: effects of particle size and enzyme treatment Poultry Research Foundation, Sydney, pp. 139-146. 2011.
- GOES, R. H. T. B. et al. (2013). Alimentos e alimentação animal. Dourados-MS: Ed. UFGD.
- GWIRTZ, J. A. et al. (2014). Wheat: more than just a plant. In: MÜHLEN-CHEMIE. Future of flour: a compendium of flour improvement.

- HABIYAREMYE, C. et al. Proso Millet (*Panicum miliaceum* L.) and Its Potential for Cultivation in the Pacific Northwest, U.S.: A Review. *Frontiers in Plant Science*. Vol. 7, art. 1961. 2017.
- HARTOG DE, L. A. et al. The effect of including various structural polyssaccharides in pig diets on ileal and faecal digestibility of amino acids and minerals and minerals. *Livestock Production Science*, Amsterdam, v.18, p.157-170, 1988.
- HAUSCHILD, L. et al. (2008). Utilização do triticale e de enzimas em dietas para suínos: digestibilidade e metabolismo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, [S.L.], v. 60, n. 2, p. 470-476. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000200029>.
- HUTJENS, M. (1996). Estratégias para los precios elevados que tiene atualmente el maíz. *Hoard's Dairyman en español*, n. 7, p. 668.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agropecuária. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/trigo/br> >. Acesso em: 16 jan. 2025.
- JAEKEL, L. Z. (2013). Influência da adição de diferentes fontes de fibras (farinha de trigo de grão inteiro e amido resistente) e de transglutaminase nas características tecnológicas, estruturais e sensoriais de massas alimentícias. 2013. 193 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- JOHNSTON, L.J. et al. Feeding by-products high in concentration of fiber to non-ruminants. In: *THIRD NATIONAL SYMPOSIUM ON ALTERNATIVE FEEDS FOR LIVESTOCK AND POULTRY HELD IN KANSAS CITY*. Proceedings... Kansas City: 2003. p. 1-26.
- KOSSOSKI, A. (1992b). Mais uma opção para a alimentação das vacas leiteiras. *Rev. Batavo*, Castro, v. 1, n. 14, p. 2-3.
- LANGER, C. N. Energia metabolizável de alimentos energéticos para suínos: predição via meta-análise, determinação e validação por simulação *bootstrap* 2013. 99 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon. 2013.
- LEE, S. A. et al. (2022). "Digestible and metabolizable energy concentrations in cereal grains and byproduct ingredients fed to growing pigs." *Animal Feed Science and Technology* 292: 115408. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115408>
- LETERME, P. et al. (1991). Nutritive value of triticale cultivars in pigs as a function of their chemical composition. *Animal Feed Science and Technology*, v.35, p. 49-53.
- LIMA, G. J. M. M. et al. (2001). Triticale na alimentação animal. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 16 p. (Embrapa Suínos e Aves. Circular técnica, 28).

- LIU, S.Y. et al. (2013). Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 181, 1–14.
- MINELLA, E. (1998). Safra brasileira de cevada: resultados finais de 1997. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, Passo Fundo. p.23-25. Passo Fundo: EMBRAPATRIGO.
- MINELLA, E. (1999). Safra brasileira de cevada - 1998. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, Passo Fundo. p.21- 23. Passo Fundo: EMBRAPA-TRIGO.
- MINELLA, E. (2003). Avaliação da safra 2002 de cevada no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA DE CEVADA, Passo Fundo. p.53-56. Passo Fundo: EMBRAPATRIGO.
- MOSSÉ, J. et al. The amino acid composition of whole sorghum grain in relation to its nitrogen content. *Cereal Chemistry, Saint Paul*, v.65, n.4, p.271-277. 1988.
- MURAKAMI, A. E. et al. Avaliação econômica e desempenho de frangos de corte alimentados com diferentes níveis de milho em substituição ao milho. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.31, p.31-37. 2009.
- NASCIMENTO JUNIOR, A. (2012). Suínos e aves bem alimentados com grãos de tritcale. *A Lavoura*, Rio de Janeiro, v. 115, n. 688, p. 23-24.
- NRC (National Research Council). (2012). *Nutrient Requirements of Swine*. National Academies Press.
- ORIOLO, David Solà. Quantitative evaluation of the palatability of feed ingredients in swine. 2008. Tese de Doutorado. Universitat Autònoma de Barcelona.
- OST, P.R.; RODRIGUES, P.B.; FIALHO, E.T.; FREITAS, R.T.F.; BERTECHINI, A.G. Valores energéticos de sojas integrais e de farelos de soja, determinados com galos adultos e por equações de predição. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 29, n. 2, p. 467-475, 2005.
- PAN, L. et al. (2021). Sorghum as a dietary substitute for corn reduces the activities of digestive enzymes and antioxidant enzymes in pigs. *Animal Feed Science and Technology*, 273, 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114831>.
- PAN, L.; AN, D. (2020). Comparative energy and nitrogen excretion from growing pigs fed on corn, sorghum and wheat-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, 264, 0377-8401. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114477>.
- PEKAS, J.C. (1968). Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. *Journal of Animal Science* 27: 1303 -1306.
- PEREIRA FILHO, I. A. P. et al. (2003). Manejo da cultura do milho. Sete Lagoas: Embrapa p. 17.

- PUPA, Júlio Maria Ribeiro; TEIXEIRA, Juliana Maria Freitas. Triptofano participando do Bem-estar animal na dieta dos suínos. *Nutritime*, v. 20, n. 01, jan./fev. 2023. ISSN 1983-9006. Disponível em: www.nutritime.com.br. Acesso em: 15 fev. 2025.
- ROSTAGNO, H.S. (2011). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa: UFV, 252p.
- ROSTAGNO, H.S. (2017). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ROSTAGNO, H.S. et al. (2024). Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. (2016). Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP.
- SANTOS, R.D. et al. Agronomic characteristics of forage sorghum cultivars for silage production in the lowe rmiddle San Francisco Valley. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v.35, n.1, p.13-19. 2013.
- SAUVANT, D. et al. (2004). Tables of composition and nutritional value of feed materials. Wageningen Academic Publishers.
- SIBBALD, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, v. 62, n. 4, p. 983-1048, 1982.
- SON, A.R. et al. (2019). Amino acid digestibility in plant protein sources fed to growing pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 32, 1745–1752. <https://doi.org/10.5713/ajas.19.0037>.
- SOUZA, M.F. et al. (2020). A influência do tamanho da partícula da ração sobre o desempenho de suínos. *Revista eletrônica Nutri-Time*, v. 17, n. 06, 1983-9006.
- STEIN, H.H. et al. (2001). Standardized ileal protein and amino acid digestibility by growing pigs and sows. *Journal of animal science* 79.8: 2113-2122.
- STEIN, H.H. et al. (2016). Nutritional value of feed ingredients of plant origin fed to pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 218, 33–69.
- THACKER, P. A.; CAMPBELL, G. L.; GROOTWASSINK, J.W. D. The effect of sodium bentonite on the performance of pigs fed barley-based diets supplemented with beta-glucanase. *Nutrition Reports International*, Los Altos, v. 40, n.3, p. 613-619, 1989.
- TORRES, K.A.A. et al. Effects of corn replacement by sorghum in broiler diets on performance and intestinal mucosa integrity. *Poultry Science.*, v.92, p.1564-1571. 2013.
- WALKER, C.E. (1987). Evaluating pearl millet for food quality. In: *INTSORMIL ANNUAL REPORT*, Lincoln: University of Nebraska, p.160-166.

YU, P. et al. (1998). Efeitos de grãos de milho moídos, flocados a vapor e laminados a vapor no desempenho de vacas lactantes. *Journal of Dairy Science*, 81 (3), 777-783. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75634-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75634-6)