

ATUALIZAÇÃO SOBRE O USO DE CEREAIS DE INVERNO E SORGO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS – VISÃO DA PESQUISA

TERESINHA M. BERTOL¹, JORGE V. LUDKE¹

¹Pesquisadores, Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, teresinha.bertol@embrapa.br

Resumo: O milho é o principal cereal utilizado na produção de monogástricos no Brasil, mas os cereais de inverno e o sorgo apresentam-se como potenciais substitutivos. Porém, seu volume de produção ainda é reduzido e limitado a algumas regiões e o aumento da produção, bem como desenvolvimento de variedades específicas para alimentação animal (caso do trigo e cevada) são essenciais para viabilizá-los como ingredientes permanentes na alimentação de suínos e aves. Em vista do conhecimento existente sobre a disponibilidade e valor nutricional desses cereais, considera-se importante: Fomentar sua produção, especialmente nas regiões deficitárias na produção de milho; atuar junto aos programas de melhoramento genético vegetais para obtenção de ganhos no valor nutricional paralelamente à melhoria das características agronômicas; avaliar o valor nutricional, o conteúdo de cafirinas e o efeito de proteases exógenas sobre a digestibilidade e o valor energético dos sorgos nacionais; ampliar o volume de dados sobre o conteúdo de polissacarídeos não amiláceos e aminoácidos digestíveis e avaliar a relação amilose/amilopectina; avaliar a eficiência dos inativadores enzimáticos de micotoxinas em cereais de inverno; desenvolver/aprimorar métodos rápidos e indicadores de predição do valor nutricional.

Palavras-chave: Cevada; Nutrição; Trigo; Triticale

UPDATE ON THE USE OF WINTER CEREALS AND SORGHUM IN PIG FEEDING – RESEARCH VIEW

Abstract: Corn is the main cereal used in the production of monogastrics in Brazil, but winter cereals and sorghum are potential substitutes. However, their production volume is still reduced and limited to some regions and the increase in production, as well as the development of specific varieties for animal feeding (wheat and barley) are essential to make them viable as permanent ingredients in pig and poultry production. In view of the existing knowledge about the availability and nutritional value of these cereals, it is considered important: Promote its production, especially in regions with a deficit in corn production; work together with plant genetic improvement programs to obtain gains in nutritional value in parallel with the improvement of agronomic characteristics; evaluate the nutritional value, kafirin content and the effect of exogenous proteases on the digestibility and energy value of brazilian sorghum; expand the volume of data on the content of non-starch polysaccharides and digestible amino acids and evaluate the amylose/amylopectin ratio; evaluate the efficiency of enzymatic inactivators of mycotoxins in winter cereals; develop/improve rapid methods and indicators for predicting nutritional value.

Keywords: Barley; Nutrition; Triticale; Wheat

Introdução

O uso de alimentos alternativos na alimentação animal é uma prática que permite reduzir custos de produção em períodos específicos, além de viabilizar o aproveitamento de ingredientes produzidos regionalmente, agregando renda também para outros segmentos da agricultura e da indústria. O milho é o principal cereal utilizado na produção de monogástricos no Brasil, no entanto, outros cereais, como os de inverno e o sorgo, embora com produção localizada em determinadas regiões, apresentam potencial para substituição de parte do milho. Mas para que isso se viabilize como opção de uso permanente é necessário que se invista em expansão da produção e na avaliação da matriz nutricional desses cereais, de forma a disponibilizar volume suficiente para uso contínuo por parte dos produtores e agroindústrias e para que seja possível utilizá-los dentro do conceito de nutrição de precisão atualmente em uso na produção de monogástricos. Neste artigo iremos abordar os principais aspectos relacionados à produção e ao valor nutricional do trigo, triticale, cevada e sorgo para alimentação de suínos.

Volume de produção

A safra brasileira de grãos em 2023/2024 está estimada em 295.448.100 toneladas e a safra de milho em 111.635.800 toneladas (CONAB). A previsão para a safra de sorgo 2023/2024 é de 4.909.300 toneladas, enquanto a safra de cereais de inverno (trigo, triticale, cevada, aveia e centeio) está estimada em 10.954.700 toneladas (CONAB). A demanda total de milho para produção de rações no Brasil é de aproximadamente 50.000.000 toneladas, sendo assim, tanto a produção de sorgo como de cereais de inverno, pelos padrões atuais poderia atender apenas uma pequena proporção dessa demanda, até porque os cereais de inverno são produzidos primariamente para alimentação humana. Portanto, o aumento do volume de produção é essencial para viabilizar esses cereais como ingredientes permanentes e não como opções ocasionais para alimentação de suínos e aves.

Todas as variedades de trigo produzidas no Brasil foram desenvolvidas visando a qualidade para panificação, assim como 100% das variedades de cevada foram melhoradas para adequação aos padrões de qualidade para maltaria. O desenvolvimento de variedades de trigo e cevada específicos para alimentação animal, a exemplo do que é praticado em países da União Européia, Ásia Setentrional, Australásia e Canadá, onde os cereais de inverno são os principais ingredientes utilizados na alimentação animal, é crucial para que se criem mercados específicos para esse fim sem competir com o uso desses grãos para alimentação humana.

Valor nutricional do trigo, triticale, cevada e sorgo

O trigo, triticale, cevada e sorgo apresentam em média 95, 95, 88 e 100% da energia líquida (EL) do milho, respectivamente. A proteína do trigo, triticale e cevada é deficiente nos aminoácidos metionina, metionina+cistina, treonina e valina em relação à proteína do milho, mas é rica em triptofano e equivalente no conteúdo de lisina. Já a

proteína do sorgo é deficiente em lisina, metionina, metionina+cistina e treonina em relação ao milho, mas é rica em triptofano e equivalente ao milho em valina.

Amostras de trigo (n=17), triticale (n=12) e cevada (n=13) avaliadas na Embrapa Suínos e Aves apresentaram importante variação na composição e no conteúdo de EM, apesar de os valores médios de energia metabolizável (EM) terem se mostrado próximos das Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2024). Amostras de sorgo avaliadas por Antunes et al. (2007) também indicaram ampla variação na composição, com variação de 86% na proteína bruta (9,85 a 18,28% da MS). Das 33 amostras avaliadas, apenas três em 33 apresentaram conteúdo de fenóis totais acima de 0,75%, consideradas de alto tanino. Segundo Menezes et al. (2021), 99% dos sorgos brasileiros são variedades de baixo tanino. Portanto, é necessário avaliar a variabilidade no valor nutricional dos materiais disponíveis pois os cereais estão constantemente em evolução genética em função do melhoramento genético vegetal. Além disso, as condições de produção, incluindo local, clima e insumos utilizados na produção, além das condições de colheita e pós-colheita são outros fatores que afetam a composição e o valor nutricional dos cereais.

No sorgo, a seleção para rendimento de grãos resulta em maturidade precoce e em redução da digestibilidade da proteína, evidenciando alta correlação positiva entre maturidade tardia e digestibilidade da proteína (Menezes et al., 2021). Outra questão importante são as cafirinas, as quais representam em média 55% das proteínas do sorgo, formam uma matriz que recobre os grânulos de amido e são resistentes à ação enzimática devido à sua natureza hidrofóbica, são ricas em cistina, podendo formar ligações dissulfeto durante o aquecimento, reduzindo a digestibilidade da proteína (Hamaker et al., 1987). Salinas et al. (2006) relataram que o conteúdo de cafirinas variou de 42% a 58% da proteína em sorgos mexicanos e demonstraram correlação negativa ($r^2 = -0,61$) com o valor de EM para aves. No mesmo estudo observa-se ainda que algumas amostras com alto conteúdo de proteína apresentavam baixa proporção de cafirinas, portanto, essa é uma perspectiva promissora do ponto de vista do melhoramento genético. Essas informações indicam a importância de nutricionistas e melhoristas vegetais trabalharem conjuntamente para desenvolver paralelamente características nutricionais e agronômicas desejáveis nos cereais.

A textura (brando, intermediário ou duro) e a proporção amilose/amilopectina do amido também podem influenciar a digestibilidade e o valor energético dos cereais. O sorgo com endosperma brando (farináceo) apresenta melhor digestibilidade para leitões na fase de creche e início da fase de crescimento, mas esta resposta é menos acentuada ou inexistente para suínos em crescimento-terminação (Cao et al., 1998; Kim et al., 2000; Antunes et al., 2008). A digestibilidade dos aminoácidos do sorgo em suínos é menor do que a dos aminoácidos do milho, e é fortemente afetada pela idade dos suínos (Chae et al., 2000; Mariscal-Landin et al., 2010). A elevada hidrofobicidade e as ligações cruzadas entre aminoácidos das cafirinas do sorgo são provavelmente as principais causas da menor digestibilidade da proteína do sorgo em comparação com a proteína do milho (Duodu et al., 2003).

Outro fator que afeta a digestibilidade e o valor energético dos cereais é o conteúdo de fibra, oligossacarídeos e carboidratos complexos. Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) causam redução da digestibilidade das matérias primas por atuarem como uma barreira nas paredes celulares (PNA insolúveis) e por causarem aumento da viscosidade da digesta (PNA solúveis) dificultando a ação das enzimas digestivas. Tomando-se o milho como referência, os cereais de inverno apresentam maior conteúdo de PNA, principalmente a cevada e a aveia com casca e maior proporção de PNA solúveis, enquanto o sorgo apresenta menor conteúdo de PNA do que o milho (menos 44%) e proporção similar de PNA solúveis (Knudsen et al., 1997; Knudsen et al., 2014).

Processamento

Em trabalho desenvolvido na Embrapa observou-se que a peletização aumentou em 4,4% e 2,2% a EM de dietas contendo 40% de trigo ou triticale, respectivamente. Além disso, a eficiência de utilização da proteína bruta foi mais elevada e o valor de EM foi 4% superior para o trigo em dietas peletizadas do que em dietas fareladas, mas a peletização não alterou significativamente o valor energético do triticale. É possível que a diferença no efeito da peletização entre trigo e triticale seja devida a diferenças na estrutura e propriedades da proteína e do amido de ambos, tais como: maior proporção de proteínas solúveis em água e menor proporção das proteínas que formam o glúten no triticale; grânulos de amido de menor diâmetro, maior grau de gelatinização e em menores temperaturas durante a peletização no trigo; elevado conteúdo de amilopectina de cadeias ramificadas curtas e menor atividade inibitória da alfa-amilase no amido do triticale, podendo apresentar atividade da alfa-amilase até 50% mais elevada do que o trigo, maior taxa de amilólise e baixa viscosidade do amido. Um possível efeito da peletização no trigo seria a inativação dos inibidores da alfa-amilase, levando ao aumento da digestibilidade e dos valores de energia.

Tem sido sugerido que os processamentos térmicos podem reduzir a digestibilidade da proteína e da energia do sorgo por induzir a formação de ligações dissulfeto (Hamaker et al., 1987), por isso, Liu et al. (2013) sugerem que para melhoria da digestibilidade dos componentes do sorgo o mais adequado é o processamento a seco, como a extrusão seca e a expansão. Segundo McNeil et al. (1975), métodos de processamento que aumentem a solubilidade da matriz proteica que recobre os grânulos de amido podem aumentar a digestibilidade dos carboidratos do sorgo. A peletização de dietas de suínos baseadas em sorgo resulta em melhoria da eficiência/conversão alimentar, podendo também aumentar o ganho de peso (Johnston et al., 1998; Al-Rabadi et al., 2017; Wang et al., 2019) e o aumento da digestibilidade da matéria seca, nitrogênio (Kim et al., 2002), amido, proteína bruta e energia (Wang et al., 2019). A peletização seguida de expansão resulta em ganhos adicionais na eficiência alimentar em relação à peletização padrão (Johnston et al., 1998). A extrusão e a floculação a vapor também podem proporcionar aumentos na digestibilidade da matéria seca e nitrogênio (Kim et al., 2002). Wang et al. (2019) demonstraram que a temperatura ideal para acondicionamento durante a peletização de dietas baseadas em sorgo é de 75 a 80 °C.

A redução do tamanho das partículas do sorgo até 300 µm melhora a eficiência alimentar e a digestibilidade dos nutrientes, no entanto, levando-se em conta outras questões como por exemplo o custo da moagem e problemas de lesões estomacais, a recomendação é para uso de 500 µm para a fase de creche e 600 µm para a fase de crescimento-terminação (Cabrera et al., 1993; Healy et al., 1994; Paulk et al., 2015).

Indicadores da qualidade e valor nutricional dos grãos

Devido à variabilidade natural na composição e valor nutricional em diferentes lotes de matérias primas, é essencial utilizar indicadores de qualidade para avaliação rápida quando de sua aquisição, bem como para determinação de seu valor nutricional em tempo real para formulação de rações. Como os métodos de avaliação *in vivo* são impraticáveis para aplicação em cada lote de matéria prima, métodos rápidos de avaliação têm sido desenvolvidos. Nesse contexto, as curvas de predição em NIR e sistemas como o EvaPig (EvaPig 2020) têm sido grandes aliados dos nutricionistas para predição dos componentes utilizados nas matrizes de formulação de rações. Por outro lado, tem sido observada forte discrepância no conteúdo de aminoácidos digestíveis (% da proteína) estimados via NIR entre amostras brasileiras de cereais de inverno avaliadas na Embrapa e os valores relatados na tabela INRAe e no sistema EvaPig. No caso do sorgo, os valores relatados nas Tabelas Brasileiras (2024) comparam-se favoravelmente aos valores obtidos na tabela INRAe.

O peso hectolitro (PH) normalmente é utilizado como indicador rápido de qualidade para aquisição de grãos, mas sua utilização para predição do conteúdo de EM do trigo e do triticale ainda é limitada, pois na avaliação de 17 amostras de trigo e 12 de triticale conduzidas na Embrapa, a correlação do PH com os valores de EM foi baixa ($r^2 = 0,35$) apesar de significativa ($P < 0,06$). O desenvolvimento de equações matemáticas para predição da EM dos cereais de inverno está em andamento em estudos realizados na Embrapa, encontrando-se em fase de aprimoramento com a avaliação de maior número de amostras. Outros métodos disponíveis para avaliação da qualidade das matérias primas incluem metodologias de digestibilidade *in vitro* como as descritas por Boisen e Fernandez (1995) e (1997) e por Chen et al. (2014) que permitem avaliar a digestibilidade da proteína, matéria seca e energia bruta em um processo em duas ou três etapas que mimetiza o trato digestivo do suíno. No entanto, a aplicação destas técnicas não tem apresentado resultados satisfatórios na predição dos valores de EM e digestibilidade da proteína bruta. A digestibilidade do amido pode ser avaliada *in vitro* com determinação do amido rapidamente digerível e amido lentamente digerível (Englyst et al., 2018). Estes dados podem ser utilizados para aperfeiçoamento de equações matemáticas ou em equações de predição por NIR para predição dos valores de EM dos cereais. No caso do sorgo, o conteúdo e tipificação das ciferinas certamente é um fator importante na predição do valor energético e digestibilidade dos aminoácidos.

DDGS de cereais de inverno e de sorgo

Usinas para produção de etanol a partir de cereais estão se instalando no estado do Rio Grande do Sul, visando produzir etanol a partir de cereais de inverno. Em função

disso, variedades de trigo e triticale para maior rendimento de etanol estão sendo desenvolvidas. Portanto, em breve estarão disponíveis DDGSs de cereais de inverno e DDGSs mistos de diferentes grãos na Região Sul. Há também interesse na produção de etanol de sorgo por parte das usinas de etanol da Região Centroeste. Embora possam ser encontradas muitas informações na literatura internacional sobre o valor nutricional do DDGS de trigo e de outros cereais, será necessário avaliar os DDGS produzidos no Brasil devido às diferenças na composição dos cereais e nos processos utilizados para sua produção.

Conclusões

Em vista do conhecimento existente sobre a disponibilidade e valor nutricional dos cereais de inverno e sorgo para alimentação de suínos, considera-se importante: Fomentar a produção desses cereais de forma a aumentar o volume disponível para alimentação animal, especialmente nas regiões deficitárias em milho; os nutricionistas das cadeias de produção animal devem atuar junto aos programas de melhoramento genético vegetais para obtenção de ganhos no valor nutricional dos grãos juntamente com a melhoria das características agronômicas; avaliar a variabilidade no valor nutricional do sorgo, o conteúdo e a tipificação das ciferinas em diferentes variedades e locais de produção e seu efeito sobre a digestibilidade e valor energético para suínos, bem como o efeito de proteases exógenas sobre a digestibilidade da proteína; ampliar o volume de dados sobre o conteúdo de PNA e aminoácidos digestíveis e sobre a relação amilose/amilopectina nas amostras nacionais de cereais de inverno e sorgo; avaliar a eficácia de inativadores enzimáticos de micotoxinas (DON) em cereais de inverno; avaliar o valor nutricional de DDGS de cereais de inverno e de sorgo com e sem a adição de enzimas exógenas; desenvolver/aprimorar métodos rápidos e indicadores de predição do valor nutricional.

Referências bibliográficas

Al-Rabadi, GJ; Hosking, BJ; Torley, PJ; Williams, BA; Bryden, WL; Nielsen, SG; Black, JL; Gidley, MJ. Regrinding large particles from milled grains improves growth performance of pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v.9, n.5, p.53-63, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.004>

Antunes, RC; Rodriguez, NM; Gonçalves, LC; Rodrigues, JAS; Borges, I; Borges, ALCC; Saliba, EOS. Composição bromatológica e parâmetros físicos de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.5, p.1351-1354, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000500042>

Antunes, RC; Rodriguez, NM; Gonçalves, LC; Rodrigues, JAS; Pereira, LGR; Fontes, DO; Borges, I; Borges, ALCC; Saliba, EOS. Valor nutritivo de grãos de sorgo com diferentes texturas do endosperma para leitões. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.60, n.3, p.713-718, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000300028>

Boisen, S; Fernández, JA. Prediction of the apparent ileal digestibility of protein and amino acids in feedstuffs and feed mixtures for pigs by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, v.51, n.1–2, p.29–43, 1995. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(94\)00686-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(94)00686-4)

Boisen, S; Fernández, JA. Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Animal Feed Science and Technology*, v.68, n.3–4, p.277–286, 1997. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0377840197000588>

Burgos-Hernández, A; Rosas-Burgos, C; Ramírez-Wong, B; Carbonell-Barrachina, AA; Cinco-Moroyoqui, FJ. Identification of α -amylase inhibitors in triticale grain. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.79, p.1671-1675, 1999. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199909\)79:12<1671:AID-JSFA418>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199909)79:12<1671:AID-JSFA418>3.0.CO;2-D)

Cabrera, MR; Bramel-Cox, PJ; Hines, RH; Hancock, JD; Behnke, KC. 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, 1993. <https://doi.org/10.4148/2378-5977.6387>

Cao, H., Hines, R. H., Park, J. S., Senne, B. W., Jiang, J. M., Froetschner, J. R., ... & Behnke, K. C. Effects of sorghum endosperm hardness and processing on growth performance and nutrient digestibility in pigs and broiler chicks. *Swine Day*, p.251-255, 1998. <http://hdl.handle.net/2097/2739>

Chen, L; Gao, LX; Huang, QH; Lu, QP; Sa, RN; Zhang, HF. Prediction of digestible energy of feed ingredients for growing pigs using a computer-controlled simulated digestion system. *Journal of Animal Science*, v.92, n.9, p.3887-3894, 2014. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7092>

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira. Grãos, Safra 2023/2024 – 8º levantamento. <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>

Duodu, KG; Taylor, JRN; Belton, PS.; Hamaker, BR. Factors affecting sorghum protein digestibility. *Journal of Cereal Science*, v.38, n.2, p.117-131, 2003. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(03\)00016-X](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00016-X)

Englyst, K; Goux, A; Meynier, A; Quigley, M; Englyst, H; Brack, O; Vinoy, S. Inter-laboratory validation of the starch digestibility method for determination of rapidly digestible and slowly digestible starch. *Food Chemistry*, v.245, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.037>

Hamaker, BR; Kirleis, AW; Butler, LG; Axtell, JD; Mertz, ET. Improving the in vitro protein digestibility of sorghum with reducing agents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v.84, n.3, p.626-628, 1987. <https://doi.org/10.1073/pnas.84.3.626>

Johnston SL; Hancock JD.; Hines RH.; Kennedy, GA; Traylor, SL; Chae, BJ; Han, IK. Effects of Expander Conditioning of Corn- and Sorghum-Based Diets on Pellet Quality and

Performance in Finishing Pigs and Lactating Sows, *Animal Bioscience*, v.2, n.4, p.565-572, 1999. <https://doi.org/10.5713/ajas.1999.565>

Kim, IH; Cao, H; Hancock, JD; Park, JS; Li, DF. Effects of processing and genetics on the nutritional value of sorghum in chicks and pigs - Review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v.13, n.9, p.1337-1344, 2000. <https://doi.org/10.5713/ajas.2000.1337>

Kim, IH; Hancock, JD; Kim, JH; Kennedy, GA; Hines, RH; Behnke, KC; Nichols, DA. Processing procedures and feeding systems for sorghum-based diets given to lactating sows. *Asian-australasian journal of animal sciences*, v.15, n.8, p.1186-1190, 2002. <https://doi.org/10.5713/ajas.2002.1186>

Knudsen, K.E.B. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Animal Feed Science Technology*, v.67, p.319-338, 1997. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(97\)00009-6](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(97)00009-6)

Knudsen, K.E.B. Fiber and nonstarch polysaccharide content and variation in common crops used in broiler diets. *Poultry Science*, v.93, p.2380–2393, 2014. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03902>

Liu, SY; Selle, PH; Cowieson, AJ. Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets. *Animal Feed Science and Technology*, v.181, n.1-4, p.1-14, 2013. <https://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2013.01.008>

McNeill, JW; Potter, GD; Riggs, JK; Rooney, LW. Chemical and physical properties of processed sorghum grain carbohydrates. *Journal of Animal Science*, v.40, n.2, p.335-341, 1975. <https://doi.org/10.2527/jas1975.402335x>

Menezes, CB. *Melhoramento Genético de Sorgo*. Editor técnico: Menezes, CB. 1st ed. Embrapa: Brasília, DF. 2021.

Paulk, CB; Hancock, JD; Fahrenholz, AC; Wilson, JM; Mckinny, LJ; Behnke, KC. Effects of sorghum particle size on milling characteristics and growth performance in finishing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v.202, p.75-80, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.01.017>

Rostagno, H; *et al.* *Tabelas brasileiras para aves e suínos, Composição de Alimentos e Requerimentos Nutricionais*. 5ª ed. Horacio Santiago Rostagno, 2024

Salinas, I; Pró, A; Salinas, Y; Sosa, E; Becerril, CM; Cuca, M; Cervantes, M; Gallegos, J. Compositional variation amongst sorghum hybrids: effect of kafirin concentration on metabolizable energy. *Journal of Cereal Science*, v.44, n.3, p.:342-346, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.08.008>

Wang, T; Huang, Y; Yao, W; He, Q; Shao, Y; Li, H; Li, Y; Huang, F. Effect of conditioning temperature on pelleting characteristics, nutrient digestibility and gut microbiota of sorghum-based diets for growing pigs. *Animal Feed Science and Technology*, v.254, p.114227, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114227>

Zihua, A; Jane, J-l. Characterization and modeling of the A- and B-granule starches of wheat, triticale, and barley. *Carbohydrate Polymers*, v.67, n.1, p.46-55, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.04.013>