

### FONTES E PROCESSAMENTO DO AMIDO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES: EFEITOS SOBRE DIGESTIBILIDADE, FERMENTAÇÃO RUMINAL E DESEMPENHO

**Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça<sup>1</sup>;**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais.

<http://lattes.cnpq.br/3084652122841929>

**Marcela Rodrigues de Oliveira<sup>2</sup>;**

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2986844726429159>

**Nathália de Lima Mendes<sup>3</sup>;**

<sup>3</sup>Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2630000990581090>

**Rodolfo Henrique Silva Pereira<sup>4</sup>;**

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8694705056685438>

**Marco Túlio Silva Siqueira<sup>5</sup>;**

<sup>5</sup>Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Jaboticabal, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/2171869569188113>

**Bianca Izabelly Pereira Gomes<sup>6</sup>;**

<sup>6</sup>Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/8954741213693952>

**Isabella Mariano Machado<sup>7</sup>.**

<sup>7</sup>Universidade de São Paulo (USP), Pirassununga, São Paulo.

<http://lattes.cnpq.br/0243984456814707>

**RESUMO:** O amido é uma importante fonte de energia na alimentação de ruminantes, e seu aproveitamento é influenciado pela fonte, pelas características dos grãos e pelo tipo de processamento utilizado. Este capítulo teve como objetivo reunir e discutir informações sobre as principais fontes de amido e os métodos de processamento dos grãos, destacando seus efeitos sobre a digestão, a fermentação ruminal e o desempenho animal. Para isso, foi realizada uma revisão de literatura, com consulta a artigos científicos disponíveis no PubMed, Portal de Periódicos CAPES e Elicit, priorizando estudos publicados nos últimos dez anos. Milho, sorgo, trigo e cevada apresentam diferenças na disponibilidade e na degradabilidade do amido, que podem ser modificadas pelo processamento. Métodos como moagem, laminação, floculação e processamento de grãos com alta umidade podem aumentar sua disponibilidade e modificar o local e a extensão da digestão. Entretanto, o aumento excessivo da fermentabilidade pode reduzir o pH ruminal e interferir na digestão da fibra. Assim, a escolha da fonte e do processamento deve considerar as características do grão e da dieta, buscando melhorar o aproveitamento energético sem comprometer o

ambiente ruminal.

**PALAVRAS-CHAVE:** Amido. Processamento de grãos. Fermentação ruminal.

## **STARCH SOURCES AND PROCESSING IN RUMINANT NUTRITION: EFFECTS ON DIGESTIBILITY, RUMINAL FERMENTATION, AND PERFORMANCE**

**ABSTRACT:** Starch is an important energy source in ruminant nutrition, and its utilization is influenced by the starch source, grain characteristics, and processing method. This chapter aimed to review and discuss the main starch sources used in ruminant diets and grain processing methods, highlighting their effects on digestion, ruminal fermentation, and animal performance. A literature review was conducted using scientific articles available in PubMed, the CAPES Journal Portal, and Elicit, prioritizing studies published within the last ten years. Corn, sorghum, wheat, and barley differ in starch availability and degradability, which can be modified by processing. Methods such as grinding, rolling, steam flaking, and high-moisture grain processing can increase starch availability and alter the site and extent of digestion. However, excessive ruminal fermentability may reduce ruminal pH and impair fiber digestion. Therefore, the choice of starch source and processing method should consider grain and dietary characteristics to improve energy utilization without compromising the ruminal environment.

**KEYWORDS:** Starch. Grain processing. Ruminal fermentation.

### **INTRODUÇÃO**

Os custos com a alimentação constituem a maior parcela de investimento nos sistemas de produção de ruminantes, o que exige a adoção contínua de estratégias nutricionais capazes de maximizar a eficiência biológica dos rebanhos. Nesse cenário, o amido desponta como um componente vital, visto que é a principal matriz energética presente nos concentrados e grãos de cereais fornecidos aos animais.

Embora o milho e o sorgo dominem a formulação das dietas, opções como trigo, cevada e aveia também agregam valor considerável ao aporte de carboidratos. Vale destacar, no entanto, que o teor bruto de amido em um alimento não garante sua pronta disponibilidade no trato gastrointestinal. Fatores intrínsecos ao grão, como a arquitetura do endosperma, a interação física entre os grânulos de amido e a matriz proteica, além da razão amilose/amilopectina determinam o quão acessível esse nutriente será à degradação. Assim, as tecnologias de processamento (físico, químico ou térmico) assumem um papel transformador na digestibilidade (Gómez et al., 2016). Estudos recentes demonstram que a utilização do amido pelos ruminantes pode variar de acordo com sua fonte e com as características físicas dos grãos, sendo o processamento um dos fatores capazes de modificar sua disponibilidade e digestibilidade (Shipandeni et al., 2023; Albornoz et al., 2024).

Grande parte do amido ingerido sofre fermentação pelos microrganismos ruminais,

culminando na síntese de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que sustentam a demanda energética do ruminante. A fração não degradada no rúmen (amido bypass) segue para o intestino delgado, onde a hidrólise enzimática disponibiliza glicose diretamente ao animal. Por conseguinte, a manipulação do local e da extensão dessa digestão, seja via escolha do cereal ou pelo método de processamento (moagem, laminação, floculação ou reidratação), é uma ferramenta poderosa para ditar a resposta metabólica e produtiva do rebanho. Dessa forma, o local e a extensão da digestão do amido estão relacionados tanto às características da fonte utilizada quanto ao processamento ao qual o alimento foi submetido (Albornoz et al. 2024).

Outro ponto importante é a forma como esses alimentos são fornecidos aos animais. Processamentos como moagem, laminação, floculação, reidratação e ensilagem dos grãos podem modificar sua estrutura física e aumentar a exposição dos grânulos de amido à ação microbiana e enzimática. A redução do tamanho das partículas, por exemplo, pode aumentar a digestibilidade ruminal e total do amido, embora seus efeitos sobre a fermentação e a digestão da fibra também devam ser considerados (Nunes et al., 2020; Shipandeni et al., 2023).

A resposta ao processamento também pode variar entre as fontes de amido. Milho e sorgo, por exemplo, apresentam diferenças na estrutura e na disponibilidade do amido, fazendo com que a intensidade do processamento influencie de maneira distinta sua utilização. Em vacas leiteiras, Shipandeni et al. (2023) observaram que a redução do tamanho das partículas aumentou a digestibilidade ruminal do amido e reduziu seu fluxo para os compartimentos posteriores, enquanto os efeitos sobre o pH e a fermentação foram diferentes entre dietas contendo milho ou sorgo.

## OBJETIVO

Este capítulo tem como objetivo reunir e discutir informações sobre as principais fontes de amido utilizadas na alimentação de ruminantes e os diferentes métodos de processamento dos grãos, destacando seus efeitos sobre a disponibilidade, a digestão e o aproveitamento do amido, bem como suas implicações na fermentação ruminal e no desempenho animal.

## METODOLOGIA

Para a construção deste arcabouço teórico, conduziu-se uma revisão crítica da literatura utilizando as plataformas PubMed, Portal de Periódicos CAPES e Elicit. O delineamento da busca distanciou-se de uma abordagem generalista, priorizando ensaios in vivo e in vitro que investigassem a relação direta entre a estrutura físico-química dos grãos (milho, sorgo, trigo e cevada) e sua degradabilidade ruminal. Foram priorizados artigos científicos publicados nos últimos dez anos, com ênfase em estudos recentes realizados com ruminantes. Trabalhos anteriores a esse período foram utilizados quando necessários para fundamentar conceitos consolidados sobre a digestão e o aproveitamento do amido.

As informações selecionadas foram organizadas de acordo com as principais fontes de amido, os métodos de processamento dos grãos e seus efeitos sobre a digestibilidade, a fermentação ruminal e o desempenho animal.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### Fontes de amido na alimentação de ruminantes

O amido é um dos principais carboidratos utilizados como fonte de energia nas dietas de ruminantes, sendo encontrado principalmente nos grãos de cereais. Entre as fontes mais utilizadas estão milho, sorgo, trigo e cevada, que apresentam diferenças quanto à concentração, estrutura e disponibilidade do amido. Essas características influenciam a velocidade de sua degradação no rúmen e, consequentemente, a quantidade de amido que alcança o intestino para digestão pós-ruminal (Moharrery et al., 2014; NASEM, 2021; Shipandeni et al., 2023). Além disso, a fonte utilizada, também promove alterações como o tipo de endosperma, proporção entre amilose e amilopectina, tamanho das partículas e método de processamento também interferem no aproveitamento desse nutriente (NASEM, 2021).

O milho é uma das principais fontes energéticas utilizadas na alimentação de ruminantes devido ao seu elevado teor de amido e à ampla disponibilidade. Entretanto, a digestibilidade desse amido pode variar de acordo com as características do grão e com a forma como ele é fornecido. A estrutura do endosperma e a associação dos grânulos de amido com a matriz proteica podem limitar o acesso dos microrganismos e das enzimas digestivas, fazendo com que o processamento exerça importante influência sobre sua degradabilidade e aproveitamento (Nunes et al., 2020; Shipandeni et al., 2023). Em estudo comparando milho e sorgo com diferentes tamanhos de partículas, Shipandeni et al. (2023) observaram maior digestibilidade ruminal e no trato total quando os grãos foram finamente moídos.

O sorgo também apresenta importância na alimentação de ruminantes e pode ser utilizado como alternativa ao milho. Apesar do elevado teor de amido, sua disponibilidade pode ser limitada pela estrutura do grão e pela interação dos grânulos de amido com proteínas do endosperma. Dessa forma, diferenças na digestibilidade entre milho e sorgo não estão relacionadas apenas às características do amido isoladamente, mas também às estruturas que dificultam seu acesso pela microbiota e pelas enzimas digestivas. Por essa razão, o processamento assume papel importante no aproveitamento do sorgo pelos ruminantes (Shipandeni et al., 2023).

O trigo e a cevada também são fontes de amido utilizadas na alimentação de ruminantes, embora sua participação nas dietas varie de acordo com a disponibilidade de cada região e o custo. O amido desses cereais apresenta, elevada degradabilidade ruminal quando comparado ao milho e ao sorgo. Uma meta-análise sobre a digestão do amido em vacas leiteiras demonstrou efeito da fonte sobre sua digestibilidade, com o trigo apresentando elevada digestão ruminal e no trato total (Moharrery et al., 2014).

Assim, embora a rápida fermentação possa favorecer a disponibilidade de energia para os microrganismos ruminais, o nível de inclusão dessas fontes deve ser considerado na formulação das dietas, principalmente pelo seu potencial de promover fermentação rápida (Moharrery et al., 2014; NASEM, 2021).

Além da fonte utilizada, o processamento e o tamanho das partículas são fatores importantes para determinar o local e a extensão da digestão do amido. A redução do tamanho das partículas aumenta a superfície disponível para ação microbiana e enzimática e pode favorecer a digestibilidade ruminal e total. Shipandeni et al. (2023), por exemplo, observaram aumento da digestibilidade ruminal do amido de 83,43 para 87,18% com a redução do tamanho das partículas, além de maior digestibilidade do amido no trato total. Entretanto, os autores também observaram redução na digestibilidade ruminal da fibra, demonstrando que o aumento da disponibilidade do amido deve ser considerado em conjunto com seus possíveis efeitos sobre a fermentação ruminal.

Dessa forma, as diferenças entre as fontes de amido devem ser consideradas na formulação das dietas, uma vez que a quantidade de amido presente no alimento não representa, isoladamente, sua disponibilidade para o animal. A interação entre fonte, características estruturais do grão e processamento determina a velocidade e o local de digestão e, conseqüentemente, pode modificar o aproveitamento dos nutrientes e a resposta dos animais (Moharrery et al., 2014; Shipandeni et al., 2023)

### **Processamento das fontes de amido**

O processamento dos grãos é utilizado na alimentação de ruminantes tem como objetivo de aumentar a disponibilidade dos nutrientes e favorecer o aproveitamento do amido. Os métodos empregados promovem alterações físicas e, em alguns casos, estruturais nos grãos, aumentando a superfície de contato e facilitando o acesso dos microrganismos ruminais e das enzimas digestivas aos grânulos de amido (Nunes et al., 2020; Shipandeni et al., 2023). A intensidade desses efeitos depende tanto do método utilizado quanto das características da fonte de amido

Entre os métodos de processamento estão aqueles realizados predominantemente por ação mecânica, como quebra, moagem e laminação a seco, e os que associam umidade ou calor, como laminação a vapor, floculação, extrusão e ensilagem de grãos com alta umidade. A moagem reduz o tamanho das partículas e aumenta a área disponível para colonização microbiana, elevando a degradação ruminal do amido. Shipandeni et al. (2023), ao avaliarem milho e sorgo com diferentes granulometrias, observaram que a redução do tamanho das partículas aumentou a digestibilidade ruminal do amido de 83,43 para 87,18%, além de aumentar sua digestibilidade no trato total.

A resposta ao processamento, entretanto, varia de acordo com o tipo de grão. Milho e sorgo apresentam características estruturais que podem limitar o acesso ao amido e, por isso, respondem à redução do tamanho das partículas ou a métodos mais intensos de processamento. No estudo de Shipandeni et al. (2023), os efeitos da granulometria

sobre o pH e a concentração de ácidos graxos voláteis foram mais pronunciados nas dietas contendo sorgo do que naquelas com milho, demonstrando que fonte de amido e processamento devem ser considerados de forma conjunta.

Nos métodos que envolvem calor e umidade, as alterações na estrutura do amido podem ser ainda mais pronunciadas. A floculação a vapor, promove gelatinização do amido e alterações na matriz proteica que envolve seus grânulos, aumentando sua disponibilidade para fermentação. Estudos comparando diferentes formas de processamento do milho demonstram que a floculação e a extrusão podem aumentar a degradabilidade do amido em relação ao grão apenas moído (Han et al., 2022). Trotta et al. (2024) demonstraram que características do processo de floculação, como a densidade dos flocos, também interferem na digestibilidade e na fermentação ruminal, indicando que não apenas o método, mas também a intensidade do processamento influencia o aproveitamento do grão.

A utilização de milho com alta umidade representa outra estratégia para aumentar a disponibilidade do amido. Nesse caso, a combinação entre umidade, armazenamento e fermentação pode promover alterações na estrutura do grão e favorecer seu aproveitamento. Em bovinos em terminação, Coulson et al. (2023) demonstraram que a forma de moagem do milho seco e do milho com alta umidade influenciou a digestão dos nutrientes e a eficiência de utilização da dieta, reforçando a importância da interação entre o método de conservação e o processamento físico do grão.

Apesar dos benefícios, o aumento da disponibilidade ruminal do amido deve ser considerado com cautela. Processamentos mais intensos podem aumentar rapidamente a fermentação do amido, alterando o pH e o perfil fermentativo do rúmen, ocasionando distúrbios gastrointestinais. Além disso, Shipandeni et al. (2023) observaram que a redução do tamanho das partículas, embora aumentem a digestibilidade ruminal do amido, reduziu a digestibilidade ruminal da fibra em detergente neutro. Assim, a escolha do processamento deve considerar não apenas a maximização da digestão do amido, mas também seus efeitos sobre a fermentação ruminal e o aproveitamento dos demais componentes da dieta.

Assim, o processamento é uma importante ferramenta para modificar a disponibilidade e o local de digestão do amido para os ruminantes. A escolha do método mais adequado deve considerar a fonte de amido, as características estruturais do grão, a intensidade do processamento e a composição da dieta, buscando aumentar o aproveitamento energético sem comprometer o equilíbrio do ambiente ruminal (Shipandeni et al., 2023; Trotta et al., 2024).

### **Digestão e aproveitamento do amido pelos ruminantes**

A digestão do amido nos ruminantes ocorre principalmente no rúmen, embora sua extensão e o local de digestão possam variar de acordo com a fonte, as características do grão, o nível de inclusão na dieta e o processamento utilizado (Shipandeni et al., 2023). No ambiente ruminal, o amido é inicialmente hidrolisado pela ação de enzimas produzidas pelos microrganismos, principalmente pelas bactérias amilolíticas. Os produtos dessa

degradação são utilizados durante a fermentação, resultando principalmente na formação de ácidos graxos de cadeia curta e no crescimento da biomassa microbiana, contribuindo para o suprimento energético e proteico do animal (Gómez et al., 2016; Nasem, 2021).

A digestão ruminal está diretamente relacionada à disponibilidade do amido para a microbiota. Grãos com maior resistência à degradação ou submetidos a processamentos menos intensos podem apresentar maior quantidade de amido escapando da fermentação ruminal, enquanto métodos que aumentam a exposição dos grânulos tendem a favorecer sua degradação no rúmen. Dessa forma, alterações no tamanho das partículas e na estrutura do grão podem modificar não apenas a digestibilidade total, mas também o local onde o amido é utilizado no trato gastrointestinal (Moharrery et al., 2014; Shipandeni et al., 2023).

A fração que escapa da fermentação ruminal segue para o intestino delgado, onde é submetida à digestão enzimática. Nesse processo, a  $\alpha$ -amilase pancreática atua inicialmente sobre o amido, formando produtos que posteriormente são hidrolisados pelas enzimas presentes na borda em escova intestinal, permitindo a formação e a absorção de glicose (Trotta et al., 2022). Entretanto, diferentemente dos animais monogástricos, os ruminantes apresentam limitações na capacidade de digestão intestinal do amido, relacionadas à atividade enzimática, ao fluxo de amido que chega ao intestino, ao tempo de exposição e à capacidade de absorção dos produtos resultantes da digestão (Trotta et al., 2022).

Essa limitação ajuda a explicar por que o aumento da quantidade de amido que escapa do rúmen não resulta necessariamente em aumento proporcional de sua digestão no intestino delgado. Trotta et al. (2022) destacam que até 40% do amido ingerido pode escapar da fermentação ruminal em dietas à base de grãos, mas a capacidade de assimilação intestinal é limitada.

O amido que não é digerido no rúmen ou no intestino delgado pode alcançar o intestino grosso, onde é utilizado pela microbiota por meio da fermentação. Embora essa fermentação também resulte na produção de ácidos graxos de cadeia curta, o aproveitamento do amido nesse compartimento apresenta diferenças em relação à fermentação ruminal e à digestão enzimática no intestino delgado. Dessa forma, o aumento excessivo do fluxo de amido para as porções posteriores do trato gastrointestinal não representa necessariamente maior eficiência de utilização desse nutriente (Moharrery et al., 2014; Trotta et al., 2022).

A literatura demonstra de forma unânime que o milho, devido à sua densidade energética, é o pilar das dietas de confinamento e alta lactação; contudo, sua matriz proteica vítrea atua como uma barreira mecânica à microbiota. Para contornar esse obstáculo ecológico no rúmen, intervenções como a redução drástica da granulometria (moagem fina) têm se mostrado eficientes em elevar a taxa de degradação ruminal. Em contrapartida, o uso do trigo e da cevada exige cautela. Esses cereais possuem uma fermentabilidade naturalmente acelerada. Se não houver um controle rigoroso na taxa de inclusão, o rápido acúmulo de AGCC pode deflagrar quadros de acidose subclínica e comprometer severamente a digestão da fibra em detergente neutro (FDN) (Trotta et al.,

2022; Shipandeni et al., 2023).

### **Efeitos sobre a fermentação ruminal e o desempenho animal**

A fonte de amido e a forma como o grão é processado podem modificar a fermentação ruminal e, conseqüentemente, as respostas produtivas dos animais. O aumento da disponibilidade do amido no rúmen favorece sua utilização pelos microrganismos e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, especialmente propionato, importante precursor para a síntese hepática de glicose.

Entretanto, quando a fermentação ocorre de forma muito rápida, pode haver redução do pH ruminal e alterações na digestão da fibra, demonstrando que maior degradabilidade do amido nem sempre resulta, isoladamente, em melhor aproveitamento da dieta (Shipandeni et al., 2023; Dai et al., 2025). Essas respostas podem variar conforme a fonte de amido e a intensidade do processamento. Shipandeni et al. (2023), ao compararem milho e sorgo com diferentes tamanhos de partículas, observaram que a moagem fina aumentou a digestibilidade ruminal do amido e reduziu seu fluxo para os compartimentos posteriores. Entretanto, a maior disponibilidade do amido foi acompanhada por redução na digestibilidade ruminal da fibra em detergente neutro. Os autores supracitados, também observaram interação entre fonte e tamanho de partícula para o pH ruminal e a concentração de ácidos graxos voláteis, mostrando que milho e sorgo respondem de maneira diferente ao processamento.

O efeito sobre o desempenho também depende dessas interações. Em um mesmo estudo, a fonte de amido não alterou a produção de leite, embora as vacas alimentadas com grãos finamente moídos tenham apresentado maior produção quando comparadas àquelas que receberam grãos mais grosseiros (Shipandeni et al., 2023). Por outro lado, o consumo de matéria seca foi maior nas dietas contendo milho em relação às dietas com sorgo, enquanto o tamanho das partículas não alterou o consumo. Esses resultados reforçam que os benefícios do processamento não devem ser avaliados apenas pela digestibilidade do amido, mas em conjunto com consumo, fermentação e resposta produtiva (Shipandeni et al., 2023).

Além do processamento físico, a proporção de amido efetivamente degradado no rúmen também influencia tais respostas. Dai et al. (2025), ao avaliarem dietas com diferentes proporções de amido degradável no rúmen em vacas leiteiras, observaram redução do pH ruminal com o aumento dessa fração. A dieta com maior proporção de amido degradável também reduziu o teor de gordura do leite, enquanto a concentração de proteína microbiana foi maior no nível intermediário Dai et al. (2025). Esses resultados mostram que maximizar a fermentabilidade ruminal do amido não significa necessariamente obter a melhor resposta animal, sendo necessário buscar equilíbrio entre disponibilidade energética e manutenção das condições adequadas do ambiente ruminal.

Assim, os efeitos das fontes e do processamento do amido devem ser avaliados considerando a dieta como um todo. A escolha do grão, a granulometria e a intensidade do processamento determinam não apenas quanto amido será digerido, mas também

onde essa digestão ocorrerá e como o ambiente ruminal responderá. Assim, estratégias de processamento devem buscar melhorar o aproveitamento energético sem promover alterações fermentativas capazes de comprometer a digestão da fibra, o consumo ou o desempenho dos animais (Shipandeni et al., 2023; Dai et al., 2025).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maximização do uso do amido na nutrição de ruminantes vai muito além da simples inclusão de grãos na dieta. Fica evidente que a interação entre a fonte botânica e o método de processamento dita o sítio de digestão e o volume de energia efetivamente absorvido. Contudo, o nutricionista deve estar atento ao tênue limite entre aumentar a disponibilidade energética e colapsar o ambiente ruminal. O sucesso produtivo, portanto, reside no ajuste fino entre a fermentabilidade do carboidrato, a efetividade da fibra e as exigências fisiológicas da categoria animal.

## REFERÊNCIAS

- ALBORNOZ, R. I.; RUSSO, V. M.; HO, C. K. M.; GIRI, K.; ALLEN, M. S.; LOCK, A. L.; WALES, W. J.; KNIGHT, M. I. Effects of concentrate feed starch source offered twice a day on feed intake and milk production of cows during the early postpartum period. **Animals**, v. 14, n. 24, 3622, 2024. DOI: 10.3390/ani14243622.
- COULSON, C. A.; BOYD, B. M.; TROYER, B. C.; MCPHILLIPS, L. J.; NORMAN, M. M.; WOITA, N. M.; WILSON, H. C.; BUTTERFIELD, K. M.; SPORE, T. J.; ERICKSON, G. E. Impact of different corn milling methods for high-moisture and dry corn on finishing cattle performance, carcass characteristics, and nutrient digestion. **Journal of Animal Science**, v. 101, skac385, 2023. DOI: 10.1093/jas/skac385.
- DAI, D.; KONG, F.; WANG, S.; LI, C.; SHEN, Y.; DONG, C.; WANG, S.; CHAI, S.; WANG, W.; LI, S. Effects of rumen-degradable starch on lactation performance, gastrointestinal fermentation, and plasma metabolomic in dairy cows. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 299, 140017, 2025. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2025.140017.
- GÓMEZ, L. M.; POSADA, S. L.; OLIVERA, M. Starch in ruminant diets: a review. **Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias**, v. 29, n. 2, p. 77-90, 2016. DOI: 10.17533/udea.rccp.v29n2a01.
- HAN, C.; GUO, Y.; CAI, X.; YANG, R. Starch properties, nutrients profiles, in vitro ruminal fermentation and molecular structure of corn processed in different ways. **Fermentation**, v. 8, n. 7, 315, 2022. DOI: 10.3390/fermentation8070315.
- MOHARRERY, A.; LARSEN, M.; WEISBJERG, M. R. Starch digestion in the rumen, small intestine, and hind gut of dairy cows: a meta-analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 192, p. 1-14, 2014. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2014.03.001.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. Nutrient requirements of dairy cattle. 8. ed. Washington, DC: **The National Academies Press**, 2021. DOI: 10.17226/25806.

NUNES, F. C.; COSTA, T. F.; GUIMARÃES, M. A. B.; TEIXEIRA, P. C.; SANTOS, L. P.; GUIMARÃES, K. C. Uso de milho processado em dietas de ruminantes: revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, e188963674, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i6.3674.

SHIPANDENI, M. N. T.; PAULA, E. M.; ESPOSITO, G.; FACIOLA, A. P.; RAFFRENATO, E. Effects of starch sources varying in particle sizes on ruminal fermentation, nutrient flow, starch digestibility, and lactation performance of dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 101, skad147, 2023. DOI: 10.1093/jas/skad147.

TROTTA, R. J.; HARMON, D. L.; MATTHEWS, J. C.; SWANSON, K. C. Nutritional and physiological constraints contributing to limitations in small intestinal starch digestion and glucose absorption in ruminants. **Ruminants**, v. 2, n. 1, p. 1-26, 2022. DOI: 10.3390/ruminants2010001.

TROTTA, R. J.; KREIKEMEIER, K. K.; HARMON, D. L. Influence of flake density and starch retrogradation on in vitro gas production kinetics, digestibility, and ruminal fermentation characteristics of steam-flaked corn. **Journal of Animal Science**, v. 102, skae308, 2024. DOI: 10.1093/jas/skae308.