

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

RAFAELA MENDONÇA DE OLIVEIRA

DIGESTIBILIDADE APARENTE NO TRATO TOTAL DOS NUTRIENTES EM
CABRAS SAANEN EM LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE AMIDO

SÃO JOÃO DEL REI/MG

JULHO DE 2025RAFAELA MENDONÇA DE OLIVEIRA

**DIGESTIBILIDADE APARENTE NO TRATO TOTAL DOS NUTRIENTES EM
CABRAS SAANEN EM LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE AMIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei - Campus Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Fernandes Leite (UFSJ/CTAN)

SÃO JOÃO DEL REI/MG

JULHO DE 2025

RAFAELA MENDONÇA DE OLIVEIRA

**DIGESTIBILIDADE APARENTE NO TRATO TOTAL DOS NUTRIENTES EM
CABRAS SAANEN EM LACTAÇÃO ALIMENTADAS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE AMIDO**

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em: 10/07/2025.

Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Rafael Fernandes Leite
Universidade Federal de São João del-Rei



Leticia Rodrigues Faria
Universidade Federal de Lavras



Pedro Henrique Cavalcante Ribeiro
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, por me sustentar nos momentos mais difíceis e renovar minha força diariamente.

À minha família, principalmente minha mãe e meu pai (Bruno), pelo amor constante, pela compreensão e por acreditarem em mim mesmo quando eu duvidava. Ao meu namorado Jean, pelo apoio incondicional, especialmente na fase final e mais turbulenta da faculdade, quando tudo parecia mais pesado, sua presença me trouxe equilíbrio e coragem. À minha amiga Alice por todo o suporte durante esse período.

Ao meu orientador, Prof. Rafael Fernandes Leite, por sua orientação firme e paciente, pelos conselhos técnicos e humanos, e por acreditar no meu potencial desde o início da graduação.

Ao Grupo de Estudos em Pequenos Ruminantes - GEPER, que foi essencial para que eu me encontrasse verdadeiramente dentro da Zootecnia, com vocês, a ciência passou a fazer ainda mais sentido.

Ao Pedro, à Letícia e à Brenda, por me apresentarem um outro lado da Zootecnia bem no início da graduação, aquele que transcende a técnica: que envolve a arte acadêmica, a sensibilidade do olhar científico e a beleza de transformar dados em conhecimento.

E, por fim, a mim mesma, por não ter desistido, por respeitar meu ritmo (as vezes), e por fazer da superação uma escolha diária.

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Caracterização do amido na nutrição de ruminantes	5
2.2 Fermentação do amido e ambiente ruminal.....	7
2.3 Consumo de matéria seca por cabras alimentadas com dieta de alto amido	10
2.4 Efeitos do amido dietético sobre a digestibilidade	11
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1 Local, Animais e Instalações.....	13
3.2 Dietas experimentais	14
3.3 Oferta da dieta e determinação do consumo	16
3.4 Coletas	16
3.5 Análise química.....	17
3.6 Análise estatística	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
5. CONCLUSÃO	22
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo e a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes em cabras leiteiras recebendo níveis crescentes de amido na dieta. O experimento foi realizado no Biotério Experimental de Caprino e Ovinocultura da Universidade Federal de São João del Rei/MG, no Campus Tancredo de Almeida Neves (CTAN), localizado na cidade de São João del Rei/MG. O sistema adotado foi quadrado latino replicado (4 quadrados) com períodos de 21 dias, utilizando 16 cabras Saanen em lactação, com peso corporal de $48,7 \pm 4,7$ kg; Escore de Condição Corporal de $2,3 \pm 0,6$; produção de leite de $1,9 \pm 0,8$ kg/dia e 116 $\pm$ 3 dias em lactação recebendo quatro dietas com: 17%, 24%, 31% e 38% de amido na matéria seca (MS). Os animais foram alimentados na forma *ad libitum* com sobras de 10% de sobras. Os dados foram analisados com o PROC MIXED do SAS. Os efeitos dos níveis de amido foram submetidos à ANOVA e teste F com $P \leq 0,05$ e utilizou-se o PROC REG para determinar a equação de regressão com efeito linear e quadrático. O consumo de matéria seca (MS), proteína (PB) e amido (AM) aumentaram linearmente, enquanto o consumo de fibra em detergente neutro (FDN) reduziu linearmente com o aumento de amido na dieta ($P < 0,05$). A digestibilidade do amido (DAM) não diferenciou entre os tratamentos, mantendo valor médio de 97,72%. A digestibilidade de proteína bruta (DPB) apresentou redução linear com o incremento do amido, de 82,50% para 76,58%. A digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) diminuiu linearmente de 56,36% a 45,62% de acordo com o maior nível de amido da dieta. O escore de condição fecal aumentou com os níveis de amido, acompanhado por maior presença de amido nas fezes. Conclui-se que o aumento do amido, aumenta o consumo de matéria seca, sem alterar a digestibilidade da matéria seca e do amido, entretanto reduz a digestibilidade da fibra em detergente neutro e da proteína bruta.

Palavras-chave: consumo; caprinos; milho reidratado; nutrição.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the intake and digestibility of dry matter and nutrients in lactating goats receiving increasing levels of starch in their diet. The experiment was conducted at the Caprine and Ovine Experimental Bioterium of the Federal University of São João del Rei/MG, at the Tancredo de Almeida Neves Campus (CTAN), located in São João del Rei/MG. A replicated Latin square design (4 squares) with 21-day periods was adopted, using 16 lactating Saanen goats, with a body weight of 48.7 ± 4.7 kg; Body Condition Score of 2.3 ± 0.6 ; milk production of 1.9 ± 0.8 kg/day and 116 ± 3 days in lactation, receiving four diets containing 17%, 24%, 31%, and 38% starch in dry matter (DM). Animals were fed ad libitum, with 10% refusals. Data were analyzed using PROC MIXED of SAS. The effects of starch levels were subjected to ANOVA and F-test with $P \leq 0.05$, and PROC REG was used to determine regression equations with linear and quadratic effects. Intake of dry matter (DM), crude protein (CP), and starch (ST) increased linearly, while neutral detergent fiber (NDF) intake decreased linearly with increasing dietary starch ($P < 0.05$). Starch digestibility (ST digestibility) did not differ among treatments, maintaining an average value of $97.7 \pm 2\%$. Crude protein digestibility (CP digestibility) decreased linearly with increasing starch, from 82.50% to 76.58%. Neutral detergent fiber digestibility (NDF digestibility) decreased linearly from 56.36% to 45.62% according to the higher starch level in the diet. Fecal score increased with starch levels, accompanied by a greater presence of starch in the feces. It is concluded that increasing starch increases dry matter intake without altering dry matter and starch digestibility, but reduces neutral detergent fiber and crude protein digestibility.

Keywords: intake; goats; rehydrated corn; nutrition.

1. INTRODUÇÃO

As exigências nutricionais de cabras em lactação são elevadas, especialmente no que tange ao suprimento energético, em virtude da elevada demanda metabólica para a produção de leite e seus constituintes, com destaque para a gordura, principal componente energético do leite caprino (BERNARD et al., 2017). Entre as estratégias nutricionais adotadas para atender a tais exigências, destaca-se o aumento de fontes de amido na dieta, visto que este carboidrato não fibroso, amplamente presente nos grãos, constitui-se como importante substrato para a síntese de propionato e, consequentemente, de glicose sanguínea, fundamental para a síntese de lactose (CASTRO et al., 2019; VICENTE et al., 2020).

Entretanto, o fornecimento elevado de amido pode promover alterações no ambiente ruminal, como a redução do pH e o aumento da produção de ácidos orgânicos, havendo uma predisposição dos animais a distúrbios digestivos e metabólicos, como a acidose ruminal subaguda, que pode gerar um maior volume de Lipossacarídeos (LPS) no rumen (LI et al., 2014). Em pequenos ruminantes, estudos como os de Toral et al. (2016) e Shen et al. (2018) demonstraram que dietas com 32 a 38% de amido proporcionaram maior produção de leite e de lactose, além de incremento na eficiência produtiva, porém associadas a desequilíbrios ruminais em comparação a dietas com teores mais baixos (23–24%). Tais desequilíbrios, e as consequentes alterações no ambiente ruminal provocadas por níveis elevados de amido, podem impactar diretamente a digestibilidade e a eficiência de aproveitamento dos demais nutrientes da dieta, como a fibra e a proteína, componentes essenciais para a sustentação da produção de leite.

A escassez de recomendações nutricionais específicas para caprinos leiteiros tem levado à utilização de parâmetros estabelecidos para bovinos como referência técnica

para formulação de dietas para essa espécie, especialmente no que se refere à proporção de amido na matéria seca, usualmente situada entre 22 e 30% em vacas leiteiras (NASEM, 2021). Tal prática, contudo, ignora importantes diferenças fisiológicas entre essas espécies, como o padrão de ingestão, o metabolismo energético e as respostas produtivas (HOFFMANN, 1989; CLARK & GARCIA, 2017). Estudos indicam, por exemplo, que dietas ricas em amido estão frequentemente associadas à depressão do teor de gordura do leite em vacas, comportamento que não se manifesta com a mesma intensidade em cabras (DEWANCKELE et al., 2020; TORAL et al., 2016).

Diante do exposto, e reconhecendo-se a importância da digestibilidade dos nutrientes como indicador da eficiência alimentar e da saúde ruminal, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito de níveis crescentes de amido na dieta sobre os parâmetros digestivos em cabras Saanen em lactação.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização do amido na nutrição de ruminantes

Durante o período de lactação, ruminantes apresentam aumento expressivo nas demandas nutricionais, especialmente no que diz respeito à energia, entidade nutricional intimamente relacionada ao desempenho produtivo (VICENTE et al., 2020). Esse aumento é atribuído às exigências fisiológicas associadas à síntese do leite e de seus componentes. De acordo com Rodrigues et al. (2006), cabras Saanen em lactação demandam de 594 a 699 Kcal por quilograma de leite produzido, variação influenciada pela ordem de lactação. Da mesma forma, Vicente et al. (2020) relataram incremento na produção leiteira em cabras submetidas a dietas com maior densidade energética.

Os carboidratos representam a principal fonte energética na dieta de ruminantes, compondo de 70 a 80% da dieta e sendo fundamentais para a síntese de proteína microbiana, produção dos componentes do leite e manutenção da saúde dos animais (NUSSIO et al., 2011). Esses compostos são fermentados no rúmen, originando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), que são responsáveis por suprir até 80% das exigências energéticas dos ruminantes (ISHLER et al., 2000).

A classificação dos carboidratos inclui os fibrosos (CF), que ocupam volume no trato gastrointestinal e exigem maior tempo de mastigação (NUSSIO et al., 2011), e os não fibrosos (CNF), caracterizados por sua rápida fermentação e alta taxa de degradação ruminal (ANTUNES et al., 2011). Os CNF incluem os açúcares, pectina e, principalmente, o amido.

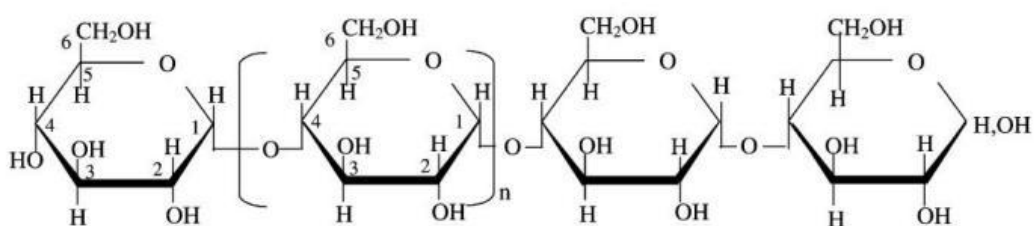
O amido é um polissacarídeo não estrutural com função de reserva energética nas plantas superiores, sendo acumulado em raízes, caules, tubérculos e grãos. Os grãos são as principais fontes de amido na alimentação de ruminantes, podendo conter até 80% de seu peso seco nesse componente (BULÉON et al., 1997). Estruturalmente, o amido é

formado por dois polímeros de glicose, amilose e amilopectina, conectados por ligações de hidrogênio que contribuem para a formação de uma estrutura compacta e cristalina dentro dos grânulos, o que restringe a sua capacidade de absorção de água quando intactos (ANTUNES et al., 2011).

A amilose apresenta estrutura linear com ligações α -(1 $\rightarrow$ 4, figura 1a), enquanto a amilopectina possui estrutura ramificada, com ligações α -(1 $\rightarrow$ 4) e pontos de ramificação α -(1 $\rightarrow$ 6, figura 1b) a cada 20 a 25 unidades de glicose (ANTUNES et al., 2011). Juntas, essas moléculas compõem entre 98 a 99% da matéria seca do amido, sendo que a proporção entre elas varia conforme a origem botânica e influencia diretamente na digestibilidade — quanto maior o teor de amilose, menor a digestibilidade. Amidos com alto teor de amilopectina (85–100%), como os de milho, sorgo, arroz e cevada, são chamados de “cerosos”, enquanto os com mais de 40% de amilose são considerados “ricos em amilose” (TESTER et al., 2004; ANTUNES et al., 2011).

Os grânulos de amido possuem regiões semicristalinas, compostas principalmente por amilopectina, e regiões amorfas, ricas em amilose (WANG et al., 1998). A parte cristalina pode representar entre 15 a 45% do grânulo, enquanto as áreas amorfas são mais acessíveis à água e enzimas, iniciando o processo de fermentação pelas enzimas amilolíticas (CHESSON; FORSBERG, 1997). A estrutura desses grânulos influencia diretamente sua hidratação e digestibilidade enzimática.

a)



b)

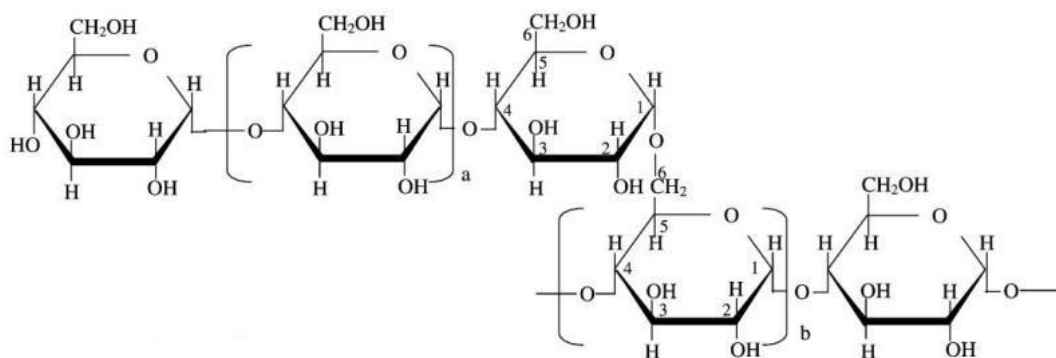


Figura 1. Estrutura da a) amilose – um α -(1 $\rightarrow$ 4) glucano; $n = 1000$. A molécula linear pode conter cadeias moderadamente longas ligadas por ligações α -(1 $\rightarrow$ 6). b) amilopectina – pontos de ramificação α -(1 $\rightarrow$ 6). As cadeias externas (a) contêm de 12 a 23 resíduos de glicose, enquanto as internas (b) contêm de 20 a 30 resíduos. Os tamanhos das cadeias a e b podem variar com a origem botânica do amido. Fonte: Tester et al. (2004), adaptado de Tester e Karkalas (2002).

A inclusão de maiores quantidades de grãos na dieta, e consequentemente de amido, é uma estratégia fundamental para atender às exigências energéticas dos ruminantes em produção. No entanto, essa prática também modifica a taxa de digestão e os produtos da fermentação ruminal, afetando diretamente o aproveitamento dos nutrientes e o desempenho animal (BITENCOURT, 2012).

2.2 Fermentação do amido e ambiente ruminal

O aumento progressivo dos níveis de amido na dieta dos ruminantes pode comprometer a eficiência produtiva devido à redução do pH ruminal, causada pelo acúmulo excessivo de ácidos fermentáveis que ultrapassam a capacidade absorviva do epitélio ruminal e o poder de equilíbrio ácido-base, o que pode levar à ocorrência de acidose ruminal subaguda (SARA) (TAO et al., 2014). Esse quadro é caracterizado pela lise de bactérias Gram-negativas e consequente liberação de lipopolissacarídeos (LPS) no rúmen, atuando como endotoxinas (HUO et al., 2013; TAO et al., 2014; SHEN et al.,

2018), além de provocar alterações nas populações microbianas ruminais (LI et al., 2014; TAO et al., 2014) e lesões no epitélio ruminal (LI et al., 2014).

O LPS possui ação pró-inflamatória e, ao ser translocado para o sistema circulatório, representa um desafio para o sistema imunológico, demandando fluxo energético para a ativação das respostas de defesa, o que reduz a energia disponível para a produção animal (PLAIZIER et al., 2012; CECILIANI et al., 2012). Ademais, o consumo excessivo de amido e a consequente produção de ácidos no rúmen podem causar outras complicações como fígado gorduroso, abscessos hepáticos e laminite, comprometendo a saúde e o desempenho dos animais.

Estudos com caprinos alimentados com dietas ricas em amido e grãos revelaram pH ruminal abaixo de 5,8 por períodos superiores a 10 horas diárias (HUO et al., 2013). Segundo Gozho et al. (2007) e Zebeli et al. (2008), pH ruminal (bovinos) inferior a 5,8 por mais de 5,4 horas ao dia constitui forte indicativo do desenvolvimento de SARA. Esses estudos também relataram aumento na produção de ácidos graxos voláteis, ácido láctico e concentração de LPS, criando um ambiente ruminal prejudicial à saúde dos ruminantes (LIU et al., 2013). Condições similares foram observadas em cabras alimentadas com dietas contendo 38% de amido (SHEN et al., 2018).

Em estudos *in vitro*, o pH ruminal baixo e a exposição a toxinas têm sido associados à fragilização da barreira epitelial ruminal, evidenciada por alterações histológicas (GAEBEL et al., 1989; PENNER et al., 2010; EMMANUEL et al., 2007). A análise por microscopia eletrônica de varredura das papilas ruminais de caprinos submetidos a dietas com alto teor de amido (58%) demonstrou danos celulares epiteliais severos e erosão das junções intercelulares, as quais são essenciais para a manutenção da permeabilidade seletiva do epitélio e prevenção da translocação de LPS e outras toxinas

para a circulação sanguínea (LIU et al., 2013; PENNER et al., 2011; PLAIZIER et al., 2012; TAO et al., 2014).

Além da redução do pH e aumento da concentração de LPS livre no rúmen, dietas com elevados níveis de amido induziram níveis detectáveis de LPS no sangue periférico, com concentrações próximas a $0,80 \pm 0,20$ EU/ml (LIU et al., 2013; SHEN et al., 2020). O fígado, órgão responsável pela depuração dessas endotoxinas via veia porta, pode ser comprometido, resultando em lesões hepáticas, disfunção metabólica e resposta inflamatória (WELLS; RUSSEL, 1996; DONG et al., 2011; SHEN et al., 2020). Essa condição prejudica o metabolismo lipídico hepático, reduz a biossíntese de fosfolipídeos e inibe o transporte de triglicerídeos para a circulação, diminuindo a oferta de precursores lipogênicos essenciais para a glândula mamária (SHEN et al., 2020).

Estudos também indicam incremento do catabolismo lipídico hepático em cabras submetidas a dietas ricas em amido degradável no rúmen, evidenciado por aumento da β -oxidação lipídica, o que reforça a importância de determinar níveis adequados de amido na alimentação de ruminantes para garantir a saúde e produtividade, especialmente em animais lactantes (SHEN et al., 2020).

Para bovinos leiteiros, recomendações sugerem níveis de amido entre 22 e 30% da matéria seca da dieta, com média de 27% (SHAVER, 2010; NASEM, 2021). Contudo, os estudos específicos para cabras ainda são inconclusivos quanto ao teor ideal de amido, levando à adoção dos parâmetros bovinos, o que pode ocasionar erros nutricionais para cabras em lactação.

2.3 Consumo de matéria seca por cabras alimentadas com dieta de alto amido

O consumo de matéria seca (CMS) é um dos principais fatores que determinam o desempenho produtivo de ruminantes, especialmente em animais em lactação, cujas exigências nutricionais são elevadas. Em cabras leiteiras, o CMS é influenciado por diversos fatores, incluindo a composição da dieta, a densidade energética, a palatabilidade dos ingredientes e o ambiente ruminal resultante da fermentação dos carboidratos (CLARK & GARCIA, 2017).

Dietas com altos teores de amido, particularmente provenientes de grãos, podem promover efeitos ambíguos sobre o consumo. Por um lado, o aumento da densidade energética tende a estimular a ingestão, uma vez que fornece energia prontamente fermentável e potencializa a produção de propionato, precursor da gliconeogênese (CASTRO et al., 2019), por outro lado pode ter um impacto negativo no ambiente ruminal.

Em cabras, o aumento moderado no teor de amido pode manter ou até elevar o CMS, desde que o equilíbrio entre fibra efetiva e carboidratos rapidamente fermentáveis seja mantido. Shen et al. (2018) observaram que cabras alimentadas com dietas contendo 24% e 38% de amido apresentaram consumos semelhantes, sugerindo uma adaptação ao substrato energético sem prejuízos significativos ao comportamento ingestivo. No entanto, a manutenção da fibra fisicamente efetiva é essencial para estimular a ruminação e evitar a redução no pH ruminal, fator que pode inibir o consumo em dietas excessivamente concentradas (MERTENS, 1997).

Toral et al. (2016) também relataram que o aumento do amido na dieta de cabras em lactação, de 23% para 32%, não comprometeu o CMS, mas promoveu maior eficiência alimentar. Isso pode estar relacionado à menor taxa de passagem associada à

digestão de amido e à maior digestibilidade de nutrientes, o que permite maior extração de energia por unidade de alimento consumido.

Ainda assim, é importante destacar que a resposta ingestiva ao amido pode variar conforme a adaptação ruminal, a composição da dieta basal e o nível produtivo do animal. Cabras de maior produção tendem a tolerar níveis mais altos de amido, desde que a dieta seja adequadamente tamponada e contenha níveis suficientes de fibra detergente neutro (FDN) com característica efetiva (DEWANCKELE et al., 2020).

2.4 Efeitos do amido dietético sobre a digestibilidade

A digestibilidade dos nutrientes é um fator determinante na eficiência de utilização dos alimentos por ruminantes, influenciando diretamente a disponibilidade de energia e nutrientes para manutenção e produção. Em cabras leiteiras, a digestão é influenciada pela composição da dieta, especialmente pelo teor de carboidratos fermentáveis, como o amido (VICENTE et al., 2020).

O amido é um carboidrato de rápida fermentação ruminal, cuja digestão ocorre majoritariamente no rúmen, mas também pode prosseguir no intestino delgado em função da atividade de amilases pancreáticas (LI et al., 2014). A inclusão de níveis crescentes de amido na dieta pode promover maior digestibilidade da matéria seca (MS) e da matéria orgânica (MO), em razão da maior disponibilidade de substratos fermentáveis e da redução na proporção de fibra em relação à dieta total (CASTRO et al., 2019).

Toral et al. (2016) observaram que o aumento do teor de amido de 23% para 32% na dieta de cabras Saanen em lactação resultou em maior digestibilidade da MS e do extrato etéreo, sem prejuízos à digestão da fibra detergente neutro (FDN). Esses resultados indicam que a substituição parcial da fibra por amido, quando bem balanceada, pode otimizar a utilização dos nutrientes sem comprometer o funcionamento ruminal.

Contudo, o excesso de amido pode alterar negativamente o ambiente ruminal, reduzindo o pH e favorecendo a morte de microrganismos celulolíticos, o que compromete a digestão da fração fibrosa (MERTENS, 1997; LI et al., 2014). Além disso, a redução do tempo de ruminação e a menor salivagem contribuem para o acúmulo de ácidos no rúmen, afetando a eficiência digestiva global (TORAL et al., 2020).

A digestibilidade da fibra, em particular, é sensível às alterações no ambiente ruminal. Em dietas com maior concentração de amido e menor efetividade da fibra, observa-se menor degradação da FDN e redução da atividade microbiana especializada, o que pode impactar negativamente a digestão e a saúde do animal (DEWANCKELE et al., 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de São João del-Rei (UFSJ), sob o protocolo nº 8474161121.

3.1 Local, Animais e Instalações

O experimento foi realizado no Biotério Experimental de Caprinos e Ovinos da Universidade Federal de São João Del Rei, localizado no Campus Tancredo de Almeida Neves (CTAN), no município de São João del-Rei, MG. O município encontra-se a 904 m de altitude e está situado nas coordenadas geográficas 21°08'11'' de latitude Sul e 40°15'43'' de longitude Oeste.

Segundo a classificação climática de Koppen (1948), o clima da região é tropical de altitude, caracterizado por estações climáticas bem definidas, verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A temperatura média anual correspondente a 19,5°C; enquanto a precipitação média anual pode chegar a 1500 mm/ano.

Foram utilizadas 16 cabras Saanen em lactação (primíparas e múltíparas), distribuídas em quatro quadrados latinos repetidos (4 x 4) com quatro animais, quatro tratamentos e quatro períodos experimentais compostos por 21 dias, sendo 14 dias para adaptação dos animais às dietas e 7 dias para a coleta de dados. Foram considerados: (1) tipo de parto; (2) número de lactações e (3) escore de condição corporal como critérios para blocagem dos animais e formação dos quadrados latinos. A produção de leite foi utilizada como covariável. Dentro de cada quadrado, os animais foram distribuídos aleatoriamente entre as dietas, para cada período de avaliação. Os tratamentos corresponderam a dietas com diferentes níveis de amido, sendo 17%, 24%, 31% e 38%.

Os animais foram alocados em baias individuais suspensas, com área equivalente a 2 m², piso ripado, cobertura e ventilação natural, sendo ainda equipadas com comedouros

e bebedouros individuais, para fornecimento da alimentação e água *ad libitum*. As cabras permaneceram confinadas durante 98 dias experimentais, sendo 14 dias iniciais destinados à adaptação dos animais às instalações e padronização experimental, e 84 dias para avaliações que foram divididos em quatro períodos de coletas.

3.2 Dietas experimentais

Foram utilizadas quatro dietas experimentais, com níveis crescentes de amido nas dietas, sendo: 17, 24, 31 e 38%. As dietas foram formuladas com diferentes relações volumoso:concentrado, para obtenção dos níveis crescentes de amido com a inclusão da silagem de grão de milho reidratado (SGMR) como principal fonte de amido (Tabela 2). Como fonte de volumoso, foi utilizado feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon*), triturado em ensiladeira agrícola. O concentrado foi fornecido sobre o feno e não foi misturado.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais com níveis crescentes de amido

Item (%)	Níveis de amido (%)			
	17%	24%	31%	38%
<i>Ingredientes</i>				
Feno de Tifton 85	61,46	51,98	42,49	33,01
Silagem de milho reidratado (SMR)	20,93	30,35	39,77	49,20
Farelo de soja	15,18	15,24	15,30	15,36
Suplemento mineral	1,55	1,55	1,55	1,55
Calcário calcítico	0,88	0,88	0,88	0,88
Volumoso: concentrado	61,5:38,5	51,9:48,0	42,5:57,5	33,0:66,0
<i>Composição química (%MS)</i>				
Matéria seca (MS)	77,48	74,90	72,48	70,22
Matéria mineral (MM)	6,80	6,40	5,99	5,59
Matéria orgânica (MO)	93,20	93,60	94,01	94,41
Proteína bruta (PB)	14,87	14,70	14,54	14,37
Amido	17,50	24,26	31,01	37,76
Fibra em detergente neutro (FDN)	45,93	40,41	34,89	29,37

A produção da SGMR foi realizada no Biotério Experimental de Caprinos e Ovinos da Universidade Federal de São João Del Rei, localizado no Campus Tancredo de Almeida Neves (CTAN). Inicialmente, o milho moído foi submetido à determinação de matéria seca (MS) para quantificação da proporção de água a ser utilizada durante processo de reidratação do milho, objetivando o alcance de 35% de umidade, ideal para o processo de ensilagem (Magalhães & Silva, 2005). Em seguida, o milho hidratado foi alocado em tambores de 240 litros, que foram vedados e tampados para impedir a entrada de oxigênio, por período mínimo de 90 dias. A mistura do milho+água e a compactação foram realizadas manualmente.

A água, destinada a reidratação do milho, foi homogeneizada com aditivo inoculante para silagem, à base de bactérias acidoláticas. A adição do produto obedeceu às recomendações do fabricante e proporção de água utilizada, objetivando fermentação mais rápida, melhorar preservação da matéria seca da silagem de milho e aumentar a estabilidade após abertura.

3.3 Oferta da dieta e determinação do consumo

O arraçoamento foi realizado diariamente por duas vezes ao dia, após a ordenha, aproximadamente às 08h00 e às 16h00. O fornecimento individual, em cada horário de alimentação foi de 50% do total a ser ofertado ao animal/dia, de forma que 50% da alimentação seja ofertada pela manhã e 50% a tarde. As sobras foram coletadas diariamente e pesadas para ajuste do ofertado no dia posterior, admitindo-se equivalente a 10% de sobras, para permitir consumo *ad libitum* pelos animais. O consumo de MS foi determinado sendo a diferença do ofertado pelas sobras com base na matéria seca dos alimentos e das sobras.

3.4 Coletas

As sobras foram coletadas diariamente durante toda a fase experimental. Os animais receberam alimentação *ad libitum*, e as sobras foram utilizadas para a determinação do consumo de MS e de nutrientes. Os alimentos fornecidos e as sobras foram amostrados diariamente e, ao final de cada período, foi feita uma amostra composta por animal e por período, que foram identificadas e armazenadas em freezer (-10°C), para posterior análises de composição química em laboratório e determinação do consumo.

Para avaliação da digestibilidade dos nutrientes, foi realizada coleta total de fezes durante o intervalo entre o 17º e 21º dia de cada período experimental, totalizando cinco dias de coleta. Durante esse período, os alimentos ofertados, as sobras e as fezes foram pesados e amostrados diariamente. Ao final do processo, foi realizada amostragem composta por animal e período, que foram identificadas e congeladas em freezer (-10°C), para posterior análises de composição química em laboratório. Para amostragem de sobras e fezes, foram considerados um total de 10% do material coletado, diariamente.

As fezes foram coletadas individualmente (por animal) por método de coleta total, com auxílio de tela sombrite acoplada na parte inferior do piso ripado de cada baia. O sombrite possibilitou a captação de fezes e o direcionamento do material fecal para recipiente de plástico.. Quanto à avaliação do escore fecal, esta foi realizada visualmente por três avaliadores treinados, de forma independente, adotando uma escala de 1 a 6 que considerou a consistência e aparência das fezes: 1 – fezes ressecadas e sem brilho; 2 – fezes normais; 3 – fezes ligeiramente amolecidas; 4 – fezes amolecidas e coladas, perdendo o formato; 5 – fezes amolecidas e sem o formato normal; e 6 – fezes diarreicas (GOMES, 2008) com o objetivo de auxiliar na interpretação dos efeitos das dietas sobre a saúde intestinal.

Ao final deste ensaio, foram obtidos os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e dos nutrientes ofertados às cabras em lactação, além da quantificação do amido presente nas fezes.

3.5 Análise química

Todas as amostras (alimentos e sobras) foram submetidos a pré-secagem em estufa com circulação forçada de ar a 55°C por 72 horas, no laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia/UFSJ. Após a pré-secagem, o material residual foi moído em moinho tipo Willey, com peneira de crivos de 1 mm para análises químicas posteriores.

Os alimentos e sobras foram analisados quanto aos teores de matéria seca (MS) por método de secagem definitiva, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB), segundo descrito por Detmann et al. (2012). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram realizadas conforme Mertens (2002), utilizando alfa-amilase estável ao calor. Nas análises de FDN foram determinados os teores de cinza (Mertens, 2002) e proteína do

resíduo (Licitra et al., 1996), de forma a possibilitar a obtenção da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp). O teor de amido foi determinado pelo método de Back Knudsen modificado (HALL, 2009). O teor de extrato etéreo foi determinado nos alimentos. Os carboidratos totais (CHOT) foram estimados pela equação proposta por Sniffen et al. (1992): $CHOT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. A proporção de carboidratos não fibrosos (CNF) foi obtida pela equação: $CNF (\%) = \%CHOT - \%FDN$, conforme proposto por Mertens (1997). Todos os termos foram expressos como g/kg de MS. A matéria orgânica residual foi determinada por: $MOR = CNF - \text{amido}$.

3.6 Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o PROC MIXED do SAS (SAS University Edition, Cary. NC). O modelo do quadrado latino considerou o efeito aleatório da cabra (1 a 16), os efeitos fixos de período (1 a 4) e o nível de amido na dieta:

$$Y_{ijkl} = \mu + Q_i + P_j + F_k + T_l + E_{ijkl}$$

Onde Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; Q_i = efeito fixo do quadrado latino ($i = 1 - 4$); P_j = efeito fixo do período ($j = 1 - 4$); F_k = efeito aleatório da unidade experimental (cabra; $k = 1 - 16$); T_l = efeito fixo do nível de amido na dieta ($l = 17; 24; 31$ ou 38) e E_{ijkl} = erro residual.

Os efeitos dos níveis de amido foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste F com $P \leq 0,05$ e, utilizou-se o PROC REG para determinar efeito linear e quadrático. Os resíduos foram plotados contra os valores previstos para verificar as suposições do modelo em relação à homocedasticidade, independência e normalidade dos erros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teor de MS das dietas reduziu de 77,48% para 70,22% quando o nível de amido aumentou de 17 para 38% (Tabela 1).

O teor de MM reduziu de 6,80% a 5,59% quando o nível de amido aumentou de 17 para 38% de amido. Isso ocorreu devido ao baixo teor de cinzas na SGMR. Consequentemente, o teor de matéria orgânica (MO) apresentou comportamento contrário e aumentou de 93,20 para 94,41% com o aumento do nível de amido da dieta. As dietas foram consideradas isoproteicas, com teor médio de 14% de PB. O amido, conforme proposto, aumentou linearmente com incremento da SGMR.

O consumo de MS aumentou linearmente ($P<0,01$) de acordo com os níveis de amido, variando de 1,58 a 2,06 kg/dia. O mesmo padrão foi observado para o consumo de MO, MM, PBe amido ($P<0,01$). Em contrapartida, o consumo de FDN reduziu linearmente com o aumento do nível de amido da dieta ($P=0,02$; Tabela 2). Esse resultado do aumento no consumo de MS observado neste estudo, corrobora com Lunesu et al. (2021), que relatam maior ingestão voluntária com dietas energeticamente densas. Apesar do aumento no CMS ser geralmente desejável em sistemas de produção, ele deve ser interpretado com cautela quando há queda na digestibilidade, especialmente de nutrientes.

A digestibilidade da matéria seca (DMS) e da matéria orgânica (DMO) não diferiu entre os diferentes níveis de amido, com valores médios de 73,4% e 75,2%, respectivamente. A digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN) reduziu linearmente com o aumento do nível de amido na dieta, indicando que dietas ricas em amido podem comprometer a digestão da fibra.

A digestibilidade da proteína bruta (DPB) reduziu linearmente com o aumento do nível de amido na dieta ($P<0,01$). Isso sugere que a fermentação rápida do amido no

rúmen pode interferir na degradação de proteínas, o que é um ponto crítico a ser considerado na formulação de dietas para cabras em lactação (Tabela 2).

Dietas com níveis elevados de amido influenciam diretamente a digestibilidade dos nutrientes, especialmente da fibra e da proteína, conforme observado neste estudo. O aumento do teor de amido na dieta reduziu significativamente a DPB e a DFDN, o que pode estar associado à modulação do ambiente ruminal em resposta ao maior fornecimento de carboidratos fermentáveis. Esse efeito é amplamente descrito na literatura e está relacionado à diminuição do pH ruminal e à redução da atividade dos microrganismos fibrolíticos (HUO et al., 2013; SHEN et al., 2018).

Apesar da redução da DFDN, a DAM manteve-se acima de 97%, mesmo nas dietas com 38% de amido na matéria seca, o que evidencia a eficiência das cabras Saanen em digerir amido, semelhante ao que foi observado por Zhang et al. (2022). Esse resultado pode ser atribuído ao processamento do milho por reidratação e ensilagem, que aumenta a disponibilidade do amido para fermentação no rúmen (CORREA et al., 2002), além da adaptação do microbioma ruminal a dietas com maior concentração energética.

Tabela 2. Consumo de nutrientes, digestibilidade, escore e amido fecal de cabras Saanen em lactação alimentadas com dietas em diferentes níveis de amido

Variáveis	Nível de amido				EPM	P-valor		
	17%	24%	31%	38%		QD¹	L²	Q³
Consumo de nutrientes (kg/d)								
CMS	1,58	1,69	1,85	2,06	0,05	0,06	<0,01	0,61
CMO	1,47	1,57	1,73	1,94	0,05	0,06	<0,01	0,60
CMM	0,11	0,11	0,11	0,12	0,01	0,06	0,33	0,71
CPB	0,25	0,27	0,28	0,31	0,01	0,07	0,01	0,58
CAM	0,32	0,47	0,64	0,81	0,03	0,13	<0,01	0,71
CFDN	0,65	0,6	0,56	0,54	0,02	0,06	0,02	0,62
Digestibilidade de nutrientes (%)								
DMS	73,04	72,86	73,49	74,16	0,90	0,30	0,58	0,78
DMO	74,63	74,74	75,41	75,97	0,81	0,30	0,49	0,87
DMM	52,22	46,24	46,86	47,86	1,50	0,17	0,27	0,24
DPB	82,50	78,59	78,68	76,58	0,80	0,14	<0,01	0,50
DAM	97,20	97,73	98,02	97,94	0,19	0,14	0,12	0,22
DFDN	56,36	48,58	47,72	45,62	1,66	0,24	<0,01	0,36
Escore de fezes								
ECFez	2,08	2,18	2,57	3,42	0,78	0,23	<0,01	0,01
AMF, %	2,08	2,05	2,63	3,25	1,39	0,55	<0,01	0,15

CMS = consumo de matéria seca, kg/d; CMO = consumo de matéria orgânica, kg/d; CMM = consumo de matéria mineral, kg/d; CPB = consumo de proteína bruta, kg/d; CAM = consumo de amido, kg/d; CFDN = consumo de fibra em detergente neutro, kg/d; DMS = Digestibilidade da matéria seca, %; DMO = Digestibilidade da matéria orgânica, %; DMM = Digestibilidade da matéria mineral, %; DPB = Digestibilidade da proteína bruta, %; DAM = Digestibilidade do amido, %; DFDN = Digestibilidade da fibra em detergente neutro, %; ECFez = Escore de condição fecal; AMF = Amido nas fezes, %.

¹Efeito para quadrado latino;

²Efeito linear para nível de amido;

³Efeito quadrático para nível de amido.

O escore das fezes (ECFez) e o percentual de amido nas fezes (AMF) aumentaram linearmente ($P<0,01$) com o incremento de amido na dieta, indicando maior excreção de amido fecal (2,08%, 2,18%, 2,63% e 3,25% de AMF para 17, 24, 31 e 38% de amido, respectivamente) e alteração na consistência das fezes, classificadas entre ‘normais’ e ‘levemente amolecidas’ com aumento de ECFez de 2,08 até 3,42 (Tabela 2).

Com o aumento no consumo de amido, observou-se também elevação na concentração de amido fecal (variou de 2,08 a 3,25%), o que pode indicar que esses níveis maiores excedeu a capacidade do trato digestivo em aproveitar o nutriente. Matthé et al. (2001) destacam que, quando a oferta de amido excede a capacidade digestiva, ocorre aumento na excreção fecal acompanhado por aumento no escore de condição fecal, sugerindo alterações na consistência das fezes. Resultados semelhantes foram descritos por LI et al. (2012) e LUAN et al. (2016), que associaram fezes mais líquidas e brilhantes a quadros de acidose ruminal subaguda (SARA), condição que pode afetar a digestibilidade de forma indireta.

Comparando com Bitencourt (2012), que avaliou vacas leiteiras consumindo milho submetidos a diferentes processamentos, a DAM obtida neste estudo foi superior, mesmo com níveis maiores de consumo de amido em relação ao peso corporal. Ainda assim, o menor teor de amido fecal nas cabras reforça sua maior eficiência digestiva em relação a outros ruminantes (HOFFMANN, 1989). Contudo, pontua-se que os efeitos relatados no presente estudo, sobretudo para dietas com níveis mais elevados de amido, ocorrem em resposta a uma condição experimental de alimentação em período fixo de apenas 21 dias. A utilização de maiores teores de amido em períodos longos é desconhecida e pode comprometer seriamente a saúde e estabilidade digestiva dos animais. Portanto, a longevidade da utilização de dietas com alto amido em cabras lactantes precisa ser avaliada criteriosamente em estudos futuros e, sobretudo, em condições práticas de campo.

5. CONCLUSÃO

O incremento nos níveis de amido em dietas de cabras em lactação, aumenta o consumo de matéria seca, sem alterar a digestibilidade da matéria seca e do amido,

indicando que os animais são capazes de manter a eficiência digestiva. Entretanto reduz a digestibilidade da fibra em detergente neutro e da proteína bruta.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERNARD, L.; TORAL, P. G.; CHILLIARD, Y. Comparison of mammary lipid metabolism in dairy cows and goats fed diets supplemented with starch, plant oil, or fish oil. *Journal of dairy science*, v.100, n.11, p. 9338-9351, 2017.

CASTRO, L. P. Desempenho de vacas leiteiras alimentadas com milho grão reidratado e ensilado diferindo no tamanho de partícula e inclusão na dieta. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2017.

CORREA, S. F.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Utilização do processamento de reidratação e ensilagem de milho na produção de cabras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1431–1439, 2002.

DEWANCKELE, L.; TORAL, P. G.; VLAEMINCK, B. et al. Invited review: Role of rumen biohydrogenation intermediates and rumen microbes in diet-induced milk fat depression: An update. *Journal of Dairy Science*, v.103, n.9, p.7655-7681, 2020.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy science*, v.96, n.1, p.533-550, 2013.

GOMES, S. P.; BORGES, A. L. C. C.; BORGES, I. et al. Efeito do tamanho de partícula do volumoso e da frequência de alimentação sobre o consumo e a digestibilidade em ovinos. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, p.137-149, 2012.

GOZHO, G. N.; MUTSVANGWA, T.; PLAIZIER, J. C. Subacute ruminal acidosis induces ruminal lipopolysaccharide endotoxin release and triggers an inflammatory response. *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 9, p. 4366-4378, 2007.

HOFFMANN RR. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system. *Oecologia*, v.78, p.443–457, 1989.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 out. 2021.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 08 out. 2021.

LI, F.; CAO, Y.; LIU, N. et al. Subacute ruminal acidosis challenge changed in situ degradability of feedstuffs in dairy goats. *Journal of dairy science*, v.97, n.8, p.5101-5109, 2014.

LUNESU, M.; MURGIA, L.; VALLET, J. L.; et al. Dietary starch concentration affects dairy sheep and goat performances differently during mid-lactation. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 99, n. 3, p. 1-12, mar. 2021.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p. 1217-1240, 2002.

NRC, 2007. National Research Council. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*, 1st ed. National Academy Press, Washington, DC.

SHEN, J. et al. Metagenomic analyses of microbial and carbohydrate-active enzymes in the rumen of dairy goats fed different rumen degradable starch. *Frontiers in Microbiology*, Lausanne, v. 11, art. 1003, 2020.

SHEN, Y. et al. Starch sources and concentration in diet of dairy goats affected ruminal pH and fermentation, and inflammatory response. *Animal Production Science*, Clayton, v. 59, n. 9, p. 1640–1647, 2018.

SHEN, Y. Z. et al. Feeding corn grain steeped in citric acid modulates rumen fermentation and inflammatory responses in dairy goats. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 101, n. 7, p. 6012–6022, 2018.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3562-3577, 1992.

TORAL, P.G.; BERNARD, L.; BELENGUER, A.; ROUEL, J.; HERVÁS, G.; CHILLIARD, Y.; FRUTOS, P.

Comparison of ruminal lipid metabolism in dairy cows and goats fed diets supplemented with starch, plant oil, or fish oil. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v. 99, p. 301–316, 2016.

ZHANG, X. J.; WANG, L. Z.; WANG, Z. S.; XUE, B.; PENG, Q. H. Effect of dietary concentrate level on digestibility of nutrients in each region of the gastrointestinal tract and rumen fermentation in goats. *Animal Bioscience*, [S.l.], v. 35, n. 9, p. 1351–1360, 2022.