

**KAUÊ DOS SANTOS MAIA**

**Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da  
agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de  
milho**

**Pirassununga  
2022**

KAUÊ DOS SANTOS MAIA

**Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira  
na dieta de grão inteiro de milho**

## **VERSÃO CORRIGIDA**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de mestre em Ciências.

**Departamento:**

Nutrição e Produção Animal

**Área de concentração:**

Nutrição e Produção Animal

**Orientador:**

Prof. Dr. **ALEXANDRE VAZ PIRES**

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

### DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 4283 FMVZ	Maia, Kauê dos Santos Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de milho / Kauê dos Santos Maia. – 2022. 106 f. : il.  Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2023.  Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal. Área de concentração: Nutrição e Produção Animal. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires.  1. Casca de soja. 2. Polpa cítrica. 3. Carozo de algodão. 4. Subprodutos. 5. Alto grão. I. Título.
-----------------	---



Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo

*Comissão de Ética no  
Uso de Animais*

São Paulo, 03 de janeiro de 2023  
CEUAx N 1417020123

Ilmo(a). Sr(a).

Responsável: Alexandre Vaz Pires

Área: Nutrição E Produção Animal

Equipe envolvida: Kaue Dos Santos Maia - (pós-graduando);

Título da proposta: "Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de milho".

**Parecer Consubstanciado da CEUA FMVZ**

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo, na reunião de 03/01/2023, **ANALISOU** e **APROVOU** a proposta acima referenciada. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento da proposta.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** à CEUA até a conclusão da proposta.

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna  
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes  
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo



Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo

*Comissão de Ética no  
Uso de Animais*

São Paulo, 3rd January 2023

**CERTIFIED**

We certify that the proposal entitled: "*Effect of the substitution of corn grain by co-products of the Brazilian agribusiness in the diet of corn grain.*", protocol number CEUx 1417020123 (ID 002417), under the responsibility Alexandre Vaz Pires, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo), and was approved in the meeting of day January 03, 2023.

Certificamos que a proposta intitulada: "*Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de milho.*", protocolado sob o CEUx nº 1417020123, sob a responsabilidade de Alexandre Vaz Pires, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo, e foi aprovado na reunião de 03 de janeiro de 2023.

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna  
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo

Profa. Dra. Camilla Mota Mendes  
Vice-Cordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia  
Universidade de São Paulo

## FOLHA DE AVALIAÇÃO

**Autor: MAIA, Kauê dos Santos**

Título: Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de milho

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_  
Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_  
Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Prof. Dr. \_\_\_\_\_  
Instituição: \_\_\_\_\_ Julgamento: \_\_\_\_\_

Por todo esforço feito, por todos os ensinamentos dados, por todas as lágrimas derramadas e principalmente por acreditarem em meu sonho e potencial, dedico a meus amados pais **Marlene e Devanir**, esse trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus por não me deixar ser tomado pelas dúvidas e incertezas que foram surgindo ao longo da jornada.

A minha **mãe** (Marlene) e ao meu **pai** (Devanir) que sempre me apoiaram, não medindo esforços para que todas as necessidades fossem atendidas, possibilitando esse momento.

A minha companheira e futura esposa Tatiane, que sempre fez questão de estar ao meu lado, me apoiando e incentivando.

Aos demais familiares e amigos, que de alguma forma fizeram parte dessa construção.

Ao Professor Alexandre Vaz Pires, por ter aceitado ser meu orientador e me abrir inúmeras portas para aprendizado e construção pessoal.

A todos os meus colegas de trabalho, principalmente do grupo LNRA: Pancada, Zé Paulo, Pinguim, Mateus e Letícia.

Ao Daniel Polizel por ter me auxiliado do início ao fim do meu curso de pós-graduação, ministrando diversas aulas e auxiliando de forma direta na construção desse trabalho.

Aos estagiários envolvidos no desenvolvimento do trabalho: Jota, Zelão, Flavinho, Bismark, Paulinho, Alan, Luana, Maria.

Aos funcionários da ESALQ/USP: Grajal, Zica, Seumaique, Joseval, Luciana, Roberto.

Ao Professor Evandro pelas valiosas dicas e ensinamentos com a ovinocultura.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Enfim, de forma geral, agradeço a todos os que passaram por minha vida, pois de certa forma, todos aqueles que conheci, me impulsionaram e fizeram parte do meu crescimento pessoal,

Muito obrigado!

“Somente obedecendo,  
somente tendo o orgulho humilde,  
mas sagrado, de obedecer,  
é que se conquista então o direito de comandar”.

**Benito Mussolini**

## RESUMO

Maia, K.D.M. **Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de milho e, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo em dietas sem volumoso** (Effect of replacing gran corn diet Replacement of whole grain corn by co-products and its effects on apparent digestibility, ruminaas) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2

Foram realizados três experimentos para avaliar os efeitos da substituição do milho grão inteiro por coprodutos em uma dieta sem volumoso. Trinta e dois novilhos Nelore castrados, canulados, foram utilizados para avaliar a digestibilidade, os parâmetros ruminais e o comportamento ingestivo durante a substituição do milho grão inteiro por coprodutos. As dietas experimentais foram projetadas para serem isoproteicas, com ajustes de proteína realizados nos núcleos proteicos peletizados. No Experimento 1, foram testadas inclusões de casca de soja nos teores de 0%, 33%, 66% e 85% em base na matéria seca da dieta, originando os tratamentos CON, CS33, CS66 e CS85. Foi observado um aumento linear na digestibilidade da fração de FDN e uma resposta quadrática para as demais variáveis de digestibilidade. Houve um aumento linear na concentração de isobutirato e valerato e na ingestão em minutos por dia e minutos por quilograma de MS em relação ao comportamento ingestivo. Foi observado um efeito quadrático para ingestão, ruminação e mastigação em minutos por quilograma de FDN, no qual o ponto máximo foi 33%. O uso de 33% de casca de soja aumentou o CMS. No Experimento 2, foram testados teores de polpa cítrica peletizada nos teores de 0%, 33%, 66% e 85% em base na MS da dieta, originando os tratamentos CON, PC33, PC66 e PC85. Foi observada uma diminuição linear para todas as variáveis de consumo. Houve um aumento linear na digestibilidade da matéria orgânica, FDN, EE, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. Em relação à fermentação, foi observado um aumento linear na concentração de butirato e amônia ruminal, além da concentração total dos ácidos graxos. Também foi observado um efeito quadrático para a concentração de proprionato, relações acetato:proprionato e acetato mais butirato:proprionato. A substituição de milho grão por polpa cítrica levou a diminuições no CMS e alterações negativas no comportamento ingestivo. No Experimento 3, foram testados porcentagens de caroço de algodão de 0%, 5%, 10% e 15% na MS, dando origem aos tratamentos CON, CA05, CA10 e CA15. Foi observado um aumento linear no

consumo de FDN e EE. Em relação aos parâmetros de fermentação, houve uma diminuição linear na concentração de valerato e um aumento linear da amônia ruminal. Em função da substituição do milho grão inteiro por caroço de algodão, foi observada uma redução linear para mastigação e ócio. O uso de caroço de algodão não alterou o CMS, levando a pequenas mudanças nos parâmetros de fermentação e comportamento ingestivo.

Palavras-chave: Casca de soja; Polpa cítrica; Caroço de algodão; Subprodutos; Alto grão

## ABSTRACT

Maia, K.D.M. **Effect of replacing grain corn by co-products from the Brazilian agroindustry in the whole grain corn diet non-forage diets.** (Efeito da substituição do milho grão por coprodutos da agroindústria brasileira na dieta de grão inteiro de milho) Substituição do milho grão por coprodutos e seus efeitos sobre a digestibilidade aparente, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo em dietas

Three experiments were conducted to evaluate the effects of replacing whole corn with byproducts in a roughage-free diet. Thirty-two castrated Nelore steers with ruminal cannulas were used to evaluate digestibility, ruminal parameters, and ingestive behavior during the replacement of whole corn with byproducts. The experimental diets were designed to be isoproteic, with protein adjustments made in the pelleted protein cores. In Experiment 1, soybean hull inclusions at levels of 0%, 33%, 66%, and 85% on a dry matter basis of the diet were tested, resulting in treatments CON, CS33, CS66, and CS85. A linear increase in the digestibility of the NDF fraction was observed, as well as a quadratic response for other digestibility variables. There was a linear increase in isobutyrate and valerate concentration, while with regard to ingestive behavior, there was a linear increase in intake in minutes per day and minutes per kilogram of DM. A quadratic effect was observed for intake, rumination, and chewing in minutes per kilogram of NDF. The use of 33% soybean hulls increased DMI. In Experiment 2, levels of pelleted citrus pulp at levels of 0%, 33%, 66%, and 85% on a DM basis of the diet were tested, resulting in treatments CON, PC33, PC66, and PC85. A linear decrease was observed for all intake variables. There was a linear increase in the digestibility of organic matter, NDF, EE, total carbohydrates, and non-fibrous carbohydrates. With regard to fermentation, a linear increase in the concentration of butyrate and ruminal ammonia was observed, as well as the total concentration of fatty acids. A quadratic effect was also observed for the concentration of propionate, the acetate:propionate and acetate plus butyrate:propionate ratios, as well as an interaction between treatment and hour for the concentrations of isobutyrate and valerate. The replacement led to decreases in DMI and changes in ingestive behavior. In Experiment 3, cottonseed levels of 0%, 5%, 10%, and 15% on a DM basis were tested, resulting in treatments CON, CA05, CA10, and CA15. A linear increase in the intake of NDF and EE was observed. With regard to fermentation parameters, there was a linear decrease in valerate concentration and a linear increase in ruminal ammonia. Due to the replacement of whole corn with cottonseed, a linear reduction was observed for chewing and idling. The use of cottonseed cake did not alter DMI, leading to slight changes in fermentation parameters and ingestive behavior.

Keywords: Soy hulls; citrus pulp; Cottonseed; By-products; high grain

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Composição básica do grão de milho.....	21
<b>Figura 2.</b> Concentração de Acetato em função da hora em relação a oferta de alimento.....	57
<b>Figura 3.</b> Concentração de Propionato em função da hora em relação a oferta de alimento.....	57
<b>Figura 4.</b> Relação acetato:propionato em função da hora em relação a oferta de alimento.....	59
<b>Figura 5.</b> Relação do acetato mais o butirato:propionato em função da hora em relação a oferta de alimento.....	59
<b>Figura 6.</b> Concentração de isovalerato em função da hora em relação a oferta de alimento.....	60
<b>Figura 7.</b> pH Ruminal em função da hora em relação a oferta de alimento.....	61

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Propriedades dos componentes do amido.....	22
<b>Tabela 2.</b> Influência do processamento dos grãos de milho na digestão do amido e da fibra nos diferentes compartimentos do trato digestivo de bovinos de corte em confinamento (% do nutriente que chega no compartimento) .....	23
<b>Tabela 3.</b> Composição do óleo do caroço de algodão integral, demonstrado em porcentagem, para os ácidos graxos C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 e C18:3.....	33
<b>Tabela 4.</b> Composição das dietas experimentais com teores de casca de soja.....	47
<b>Tabela 5.</b> Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais...	48
<b>Tabela 6.</b> Composição bromatológica das dietas experimentais com teores de casca de soja.....	48
<b>Tabela 7.</b> Consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de casca de soja em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.....	53
<b>Tabela 8.</b> Parâmetros de fermentação ruminal de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de casca de soja em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.....	62
<b>Tabela 9.</b> Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de casca de soja em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.....	62
<b>Tabela 10.</b> Composição das dietas experimentais com teores de casca de soja.....	73
<b>Tabela 11.</b> Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.	73
<b>Tabela 12.</b> Composição bromatológica das dietas experimentais com teores de polpa cítrica.....	73
<b>Tabela 13.</b> Consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.....	78
<b>Tabela 14.</b> Parâmetros de fermentação ruminal de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.....	80
<b>Tabela 15.</b> Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.....	82

<b>Tabela 16.</b> Composição das dietas de adaptação do tratamento controle.....	90
<b>Tabela 17.</b> Composição das dietas de adaptação do tratamento CA05.....	91
<b>Tabela 18.</b> Composição das dietas de adaptação do tratamento CA10.....	91
<b>Tabela 19.</b> Composição das dietas de adaptação do tratamento CA15.....	91
<b>Tabela 20.</b> Composição das dietas experimentais com teores de caroço de algodão.....	92
<b>Tabela 21.</b> Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais. .....	92
<b>Tabela 22.</b> Composição bromatológica das dietas experimentais com teores de caroço de algodão.....	92
<b>Tabela 23.</b> Consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.....	97
<b>Tabela 24.</b> Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.....	99
<b>Tabela 25.</b> Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.....	101

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta

C2 - acetato

C3 - propionato

C4 - butirato

CA – Caroço de algodão

CHO – Carboidratos

CMS – Consumo de matéria seca

CNF – Carboidratos não fibrosos

CS – Casca de soja

DAFDN – Digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro

DAMO – Digestibilidade aparente da matéria orgânica

DAMS – Digestibilidade aparente da matéria seca

DAPB – Digestibilidade aparente da proteína bruta

EE - Extrato etéreo

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

FDNfe – Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva

MG – Milho grão

MS – Matéria seca

NDT – Nutrientes digestíveis totais

NPP – Núcleo proteico peletizado

PB – Proteína bruta

PC – Polpa cítrica

PCP – Polpa cítrica peletizada

PCU - Polpa cítrica úmida

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	18
2. Revisão bibliográfica.....	19
2.1. Dieta sem forragem.....	19
2.2. Milho.....	20
2.3. Coprodutos.....	24
2.3.1. Casca de soja.....	26
2.3.2. Polpa cítrica.....	28
2.3.3. Carvão de algodão.....	32
2.4. Referências.....	37
3. Efeito da substituição do milho grão pela casca de soja peletizada sobre o metabolismo ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo em novilhos nelores alimentados com dieta sem volumoso.....	44
Resumo.....	44
Abstract.....	46
3.1. Introdução.....	46
3.2. Materiais e métodos.....	46
3.2.1. Animais e instalações experimentais.....	46
3.2.2. Delineamento, tratamentos e manejo alimentar.....	47
3.2.3. Digestibilidade dos nutrientes.....	48
3.2.4. Comportamento ingestivo.....	50
3.2.5. Colheita e análise do fluido ruminal.....	50
3.2.6. Caracterização dos tamanhos de partículas das ofertas e sobras.....	51
3.2.7. Análise estatística.....	51
3.3. Resultados e discussão.....	51
3.4. Conclusão.....	64
3.5. Referências.....	65
4. Efeito da substituição do milho grão pela polpa cítrica peletizada sobre o metabolismo ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo em novilhos nelores alimentados com dieta sem volumoso.....	69
Resumo.....	69
Abstract.....	70

4.1. Introdução.....	71
4.2. Materiais e métodos.....	72
4.2.1. Animais e instalações experimentais.....	72
4.2.2. Delineamento, tratamentos e manejo alimentar.....	72.
4.2.3. Digestibilidade dos nutrientes.....	74
4.2.4. Comportamento ingestivo.....	75
4.2.5. Colheita e análise do fluido ruminal.....	75
4.2.6. Caracterização dos tamanhos de partículas das ofertas e sobras.....	76
4.2.7. Análise estatística.....	76
4.3. Resultados e discussão.....	77
4.4. Conclusão.....	83
4.5. Referências.....	84
5. Efeito da substituição do milho grão pelo caroço de algodão sobre o metabolismo ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo em novilhos nelores alimentados com dieta sem volumoso.....	87
Resumo.....	87
Abstract.....	88
5.1. Introdução.....	89
5.2. Materiais e métodos.....	90
5.2.1. Animais e instalações experimentais.....	90
5.2.2. Delineamento, tratamentos e manejo alimentar.....	90
5.2.3. Digestibilidade dos nutrientes.....	93
5.2.4. Comportamento ingestivo.....	94
5.2.5. Colheita e análise do fluido ruminal.....	94
5.2.6. Caracterização dos tamanhos de partículas das ofertas e sobras.....	95
5.2.7. Análise estatística.....	95
5.3. Resultados e discussão.....	96
5.4. Conclusão.....	102
5.5. Referências.....	103

## 1. INTRODUÇÃO

Os ruminantes, ao decorrer da evolução, desenvolveram características anatômicas, fisiológicas e nutricionais que os tornaram herbívoros eficazes no aproveitamento de forragens. O volumoso na dieta dos ruminantes exerce papel extremamente importante nas funções fisiológicas dos animais. Características químicas, densidade e tamanho médio das partículas estão diretamente associadas a essas funções e influenciam o desempenho animal. A questão é que a produção, manejo e/ou compra de volumoso muitas vezes acaba sendo um dos grandes gargalos para os confinamentos comerciais, visto que a disponibilidade de algumas fontes tradicionalmente utilizadas, como o bagaço de cana, está cada vez mais escassa, e a produção de volumoso próprio acaba sendo um grande desafio para os produtores. Nesse cenário, a utilização de dietas sem a inclusão de volumoso acaba sendo uma alternativa visando a otimização do operacional dessas propriedades.

Uma das dietas mais clássicas utilizadas sem a inclusão de volumoso seria a composta por grão de milho inteiro adicionada de um núcleo proteico peletizado (NPP), o qual também possui minerais e aditivos. O grão de milho inteiro, além de garantir grande fornecimento energético por conta da presença elevada de amido, tem como função o estímulo à ruminação, mesmo que basal, garantindo assim as atividades fisiológicas mínimas necessárias do trato gastrintestinal (ROONEY E PFLUGFELDER, 1986). Já o NPP seria um complemento à composição do milho, fornecendo níveis adequados de proteínas, minerais e aditivos, os quais são de grande importância para assegurar um processo de fermentação controlado, minimizando riscos de distúrbios nutricionais. Dois pontos que podem levantar questionamentos em relação ao uso desse tipo de dieta seriam a saúde ruminal de animais alimentados com até 85% de milho grão inteiro na dieta, ainda mais sem a presença de volumoso, bem como os custos atuais dessa dieta por conta dos elevados preços dos cereais. Nesse sentido, a inclusão de coprodutos poderia contornar esses pontos.

De maneira geral os coprodutos são ingredientes com elevados teores de fibra em sua composição, também apresentam menores taxas de fermentação do que quando comparado ao milho.

Muitos estudos foram conduzidos com o objetivo de avaliar a inclusão de coprodutos em dietas de bovinos confinados. Entretanto, essas avaliações se

concentraram principalmente em dietas contendo a inclusão de algum tipo de volumoso, o que altera o perfil da dieta e, consecutivamente as respostas pelos animais. Os estudos realizados tiveram como objetivo avaliar a inclusão de teores crescentes de casca de soja (CS; Exp. 1), polpa cítrica peletizada (PCP; Exp. 2) e caroço de algodão (CA; Exp. 3) em dietas sem forragem a base de milho grão inteiro e NPP.

## **2. Revisão bibliográfica**

### **2.1. Dieta sem forragem**

Dietas isentas de forragem e com milho sem processamento apresentam grande viabilidade operacional. Dietas específicas de milho grão inteiro desprezam o trabalho de produção, processamento, compra, transporte e armazenamento de volumoso, eliminando também, a necessidade do processamento dos grãos (SILVA, 2009; LASMAR et al., 2011).

Dietas isentas de volumoso, ou mesmo com baixa inclusão de fibra advinda de forragem, geralmente resultam em menor consumo de matéria seca (CMS) pelos animais por aumentar de forma significativa a energia da dieta, fazendo com que os animais necessitem ingerir quantidades menores de alimento para ganhar um determinado peso (BULLE et al., 2002; UENO, 2012). Além disso, mesmo que a dieta apresente elevada quantidade de energia, ela se mantém viável fisiologicamente pelo fato de que o alimento energético da dieta garante uma liberação lenta e gradativa dos nutrientes, fato que já não ocorre em dietas com grãos processados, sendo que dessa forma há uma grande chance de queda de pH no ambiente ruminal (KOZLOSKI, 2011).

A liberação lenta dos nutrientes presentes nos grãos inteiros ocorre pelo fato de que os microrganismos, em geral, necessitam adentrar o interior dos grãos, o que é dificultado pelas barreiras protetoras (pericarpo) e matriz proteica. Além da menor superfície de contato, vale ressaltar que o milho utilizado no Brasil é do tipo Flint, o que torna essa fermentação mais lenta (KOTARSKI et al., 1992). A otimização da exposição dos nutrientes ocorre à medida que o animal executa os processos de mastigação e ruminação, dessa forma a proteção do grão é rompida, aumentando-se a superfície de contato, o que facilita o processo de adesão e colonização das bactérias, estimulando com essa atividade o tamponamento do ambiente ruminal

pela produção de saliva, a qual é fomentada com a atividade bucal (KOZLOSKI, 2011). Animais jovens apresentam maior aproveitamento dos nutrientes encapsulados nos grãos, uma vez que por possuírem o orifício retículo-omasal menor, estes animais necessitam ruminar com uma maior frequência a fim de proporcionar o trânsito da ingesta para a fase posterior do trato digestório (PORDOMINGO et al., 2002; DEPETRIS et al, 2003).

Segundo dados obtidos por Marques (2011), dietas de grão inteiro de milho são interessantes para uso, não apenas pela praticidade operacional, mas também, pelo potencial de desempenho animal. Outros autores também relatam que o desempenho dos animais alimentados com dietas de grãos não processados se equipara aos de dietas com grãos processados (GOROCICA-BUENFIL, 2005; OLIVEIRA, 2013).

Em experimento com inclusão de 5, 15, 25 e 35% de cana-de-açúcar em dieta de grão inteiro de milho, Alhadas et al. (2021) observaram resposta quadrática em relação a digestibilidade ruminal e a digestibilidade total, sendo o ponto máximo no tratamento com 5% de volumoso. Segundo os autores, a síntese de proteína microbiana apresentou tendência de efeito quadrático, sendo o valor máximo para o tratamento com a primeira inclusão de volumoso. Observaram também que todas as dietas experimentais apresentaram maior síntese em comparação a dieta controle. Nessa situação, os pesquisadores relataram também que o pH se associou de forma linear crescente com os níveis de fibra em detergente neutro fisicamente efetivo (FDNfe) proveniente de volumoso, sendo que apenas as dietas controle, D5 e D15 permaneceram alguns momentos abaixo de 5,5.

## **2.2. Milho**

A principal fonte de energia em dietas de confinamento advém da inclusão de grãos de cereais, portanto, rações com teores mais elevados de cereais proporcionam maiores ganhos, aumento na eficiência alimentar, além de benefícios nos parâmetros de carcaças (CARARETO, 2011). A maior fração dos grãos de cereais é composta por amido, explicando os benefícios de uso. A digestibilidade do milho é influenciada por diversos fatores, como a vitreosidade, proporções de amilopectina e amilose, processamentos dos grãos e armazenamento (HUNTINGTON, 2006). Marques (2011), através de análises químicas, obteve as seguintes características do milho tipo Flint: 85,04% de matéria seca (MS), 8,68% de

proteína bruta (PB), 5,95% de extrato etéreo (EE), 18,22% de fibra em detergente neutro (FDN), 4,16% de fibra em detergente ácido (FDA), a presença de lignina foi de 0,81% na MS, a vitreosidade de 69,50% e os nutrientes digestíveis totais (NDT) de 85,3%.

Os grãos de milho são formados por três principais partes, sendo elas o pericarpo, endosperma e gérmen (Figura 1).

**Figura 1** – Composição básica do grão de milho.

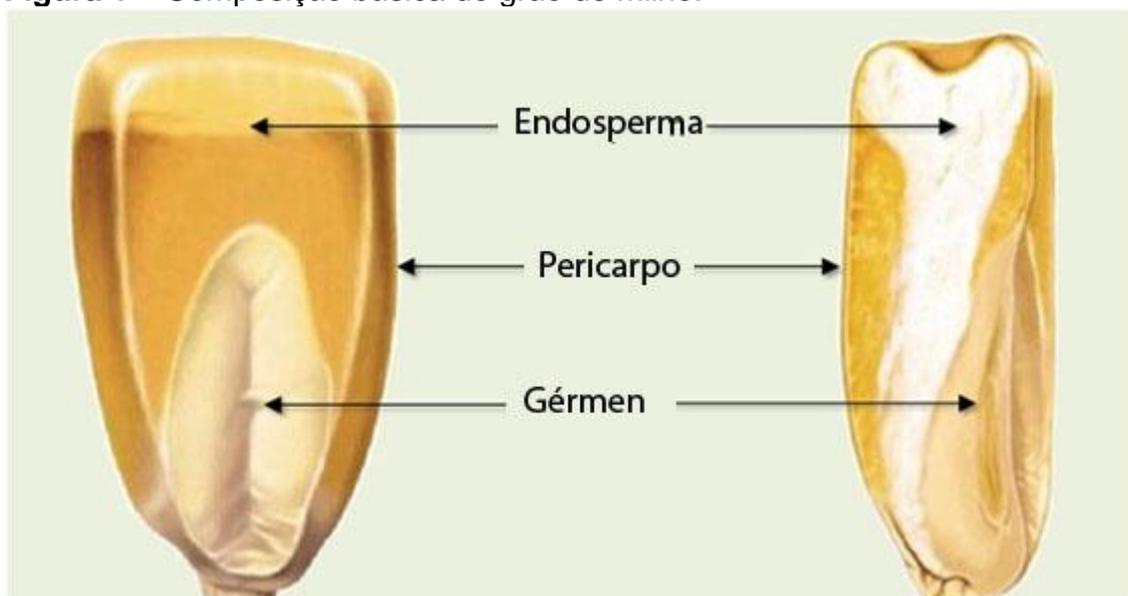


Imagem: Adaptado de milkpoint.com.br

O amido é composto por dois tipos principais de moléculas, sendo elas a amilopectina e a amilose. A amilose é um polímero linear com ligações alfa 1,4 entre suas unidades de glicose, já a amilopectina é um polímero de maior tamanho e ramificado, possuindo cadeias lineares de G-glicose (alfa 1,4) com algumas ramificações (alfa 1,6) a cada 20 a 25 moléculas de glicose. As amiloses e amilopectinas são acondicionadas por pontes de hidrogênio, o que gera grânulos de amido com estruturas altamente organizadas (NOCEK & TAMIMGA, 1991).

Os grânulos de amido são originados pela deposição de anéis de crescimento, os quais consistem em camadas alternadas de regiões amorfas e cristalinas. As regiões cristalinas, também chamadas de micelares, são compostas principalmente por amilopectina, enquanto que as regiões amorfas são predominantemente formadas por amilose. Também há a presença de pectina e açúcares nos grãos de milho e, mesmo que em quantidades singelas, essas frações,

em conjunto com o amido, compõem a fração dos carboidratos não fibrosos (CNF) (ROONEY & PFLUGFELDE, 1986; NOCEK & TAMMINGA, 1991).

**Tabela 1.** Propriedades dos componentes do amido.

Propriedade	Componentes	
	Amilose	amilopectina
Estrutura da cadeia	Linear	Ramificada
Pontos de ramificação	Nenhum*	1 a cada 20 – 25 unidades de glicose

Adaptado de Rooney e Pflugfelder (1986).

\*As cadeias ramificadas de amilose podem apresentar 1 ou 2 ramificações por molécula.

A digestibilidade do amido, referente ao milho dentado, pode variar em até 15% comparando o milho grão inteiro com o milho floculado ou ensilado úmido, sendo a digestibilidade do milho grão inteiro, em torno de 87,08%, 91,03% para o milho laminado a seco e acima de 99% para milho floculado ou ensilado úmido. Além das diferenças com os tipos de processamento (Tabela 2), há também diferentes respostas levadas pelo tipo de milho utilizado. O milho dentado representa um cultivar de alta digestibilidade, sendo extensamente utilizado na cultura estrangeira, principalmente nos Estados Unidos (OWENS & SODERLUND, 2006).

O cultivar “Flint” ou “duro” (*Zea mays L.*), majoritariamente utilizado no Brasil, apresenta elevada proporção de endosperma vítreo, o qual possui matriz proteica de forma contínua e abundante, com os corpos proteicos maiores e mais numerosos, os quais envolvem os grânulos de amido, que por sua vez são poligonais e compactos. Já no endosperma farináceo, que é de textura macia, os corpos proteicos são menos abundantes e os grânulos de amido são esféricos, maiores, menos agregados e possuem um espaço aerado que os circunda (ROBUTTI et al., 1974). O endosperma farináceo possui elevada proporção de amilopectina, que possui maior degradação em relação ao amilose (predominante no endosperma vítreo) (VAN SOEST, 1994).

Segundo estudo realizado por Pereira et al. (2004), o milho Flint (*Zea mays L.*) apresentou 67% de endosperma vítreo, enquanto que o milho dentado 44,3%. Os autores ainda relataram que as diferenças entre eles podem ser ainda maiores de acordo com o estágio do grão no momento da colheita, à medida que quanto mais velho o grão fica, mais expressiva se torna essa diferença.

**Tabela 2.** Influência do processamento dos grãos de milho tipo dentado na digestão do amido e da fibra nos diferentes compartimentos do trato digestivo de bovinos de corte em confinamento (% do nutriente que chega no compartimento).

	<b>Milho inteiro</b>	<b>Milho laminado seco</b>	<b>Silagem de milho úmido</b>	<b>Milho floculado</b>
<b>Digest. amido rúmen, %</b>	68,34 <sup>b</sup>	63,80 <sup>b</sup>	86,55 <sup>a</sup>	84,05 <sup>a</sup>
<b>Digest. amido int. delgado</b>	64,64 <sup>b</sup>	58,8 <sup>b</sup>	94,86 <sup>a</sup>	92,48 <sup>a</sup>
<b>Digest. Amido int. grosso, %</b>	32,09 <sup>ab</sup>	56,32 <sup>a</sup>	24,80 <sup>b</sup>	20,47 <sup>b</sup>
<b>Digest. Amido rúmen + ID, %</b>	86,60 <sup>ab</sup>	83,67 <sup>b</sup>	99,07 <sup>a</sup>	98,48 <sup>a</sup>
<b>Digest. Amido ID + IG, %</b>	52,99 <sup>c</sup>	72,16 <sup>b</sup>	93,10 <sup>a</sup>	94,33 <sup>a</sup>
<b>Digest. Amido trato dig. Total, %</b>	87,08 <sup>c</sup>	91,03 <sup>b</sup>	99,25 <sup>a</sup>	99,09 <sup>a</sup>
<b>Digest. FDN rúmen, %</b>	33,43 <sup>bc</sup>	48,07 <sup>a</sup>	18,48 <sup>d</sup>	27,71 <sup>c</sup>
<b>Digest. FDN ID + IG, %</b>	2,43	9,95	15,50	19,89
<b>Digest. FDN trato dig. Total, %</b>	38,10 <sup>cd</sup>	50,83 <sup>a</sup>	34,27 <sup>d</sup>	44,39 <sup>bc</sup>

Fonte: Adaptado de **Owens e Soderland (2006)**.

O sítio de digestão do amido pode variar de acordo com o processamento utilizado, sendo que, processamentos mais avançados aumentam a digestão total do amido no trato gastrointestinal. Processamentos mais eficientes, como floculação e ensilagem com alta umidade, rompem a matriz proteica e expõem o amido de modo mais eficiente, dessa forma, os processos fermentativos nos pré-estômagos ocorrem mais intensamente, fazendo com que o conteúdo ao final do trato digestivo seja de menor qualidade bromatológica. Ao não realizar processamento do grão de milho, o amido permanece protegido, dificultando o acesso dos microrganismos ao conteúdo interno do grão, assim, em decorrência da degradação ruminal menos eficiente, o material excretado pelos animais apresenta elevado valor calórico, sendo mais passível de reações químicas e/ou fermentescíveis quando comparado com o conteúdo oriundo de grãos processados, o que representa um desperdício calórico, característica intrínseca ao não processamento dos grãos (OWENS & SODERLUND, 2006).

### 2.3. Coprodutos

Coproducto é um termo originado para conceituar determinados produtos que surgem durante as etapas do beneficiamento industrial de um produto principal, o qual é o grande foco de uma indústria. O uso desse termo, muitas das vezes, pode trazer um sentido negativo a essa classificação de alimento, porém, na maioria dos casos, ao ser considerado suas características físico-químicas, apresentam grande viabilidade para a nutrição animal, principalmente para ruminantes, como farelo de soja, caroço de algodão, polpa cítrica, dentre outros (MENEGETTI et al., 2008).

A utilização e, conseqüentemente, a substituição de um produto de maior valor agregado por um coproduto justifica-se pela disponibilização desses produtos para a alimentação humana, também pela capacidade dos ruminantes em transformar esses coprodutos, que em alguns casos podem ser até poluidores, em produto de elevado valor agregado como carne e leite (HENRIQUE et al., 2003).

Segundo levantamento realizador por Pinto e Millen (2016), cerca de 70,6% dos confinamentos utilizam algum tipo de coproduto na dieta dos animais. De acordo com Silvestre e Millen (2021) os mais utilizados, em ordem de grandeza são, caroço de algodão (52,8%), polpa cítrica peletizada (30,6%), DDG (Dry distillers grain; 8,3%), casca de soja (2,8%) e alguns outros ingredientes de menor expressão.

A inclusão de coprodutos nas dietas de ruminantes parte de alguns pontos, como o conhecimento das peculiaridades físico-químicas do ingrediente em questão, desempenho animal, custo por tonelada de matéria seca, disponibilidade durante o ano, variação bromatológica dos lotes, viabilidade econômica de seu uso e a segurança alimentar e ambiental (MENEGETTI et al., 2008).

Em virtude da intensificação dos sistemas de produção, elevar o consumo de energia pelos animais se tornou um ponto alvo e uma tendência nas formulações de rações. Não menos importante ao maior consumo de energia, vem a necessidade de atender as exigências mínimas de fibra na dieta, evitando as desordens metabólicas desses animais alimentados com elevadas proporções de concentrado (GENTIL et al., 2011).

A substituição de um ingrediente nobre por um coproduto pode trazer vantagens e desvantagens com sua inclusão, sendo pontos benéficos o menor custo por kg de MS e a questão de que a maioria dos coprodutos dispensam processamentos, uma vez que são comercializados muitas vezes moídos ou

peletizados. Associado as possíveis vantagens há algumas desvantagens com o uso desses ingredientes, como por exemplo a decisão de qual coproduto adquirir, compromisso com contratos, variação bromatológica, teor de MS, sanidade desses ingredientes e presença de micotoxinas (MENEGETTI et al., 2008).

A casca de soja (CS) é obtida durante o processamento industrial do grão de soja e, a cada tonelada de soja processada, cerca de 20 kg (2%) do coproduto é gerado. A porcentagem de coproduto originado, durante o beneficiamento do grão, pode variar de 0 a 3% de acordo com o valor de proteína encontrado no grão, sendo que, quando o teor de proteína é elevado, não é necessário retirar o envoltório do grão de soja, resultando em pouco coproduto (ZAMBOM et al., 2001). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área destinada ao plantio de soja cresceu 4,3% em relação à safra anterior, chegando a 38,5 milhões de hectares plantados, o que levou a uma produção 4,4% maior em relação à atividade passada, apontando para uma produção recorde de 136 milhões de toneladas do grão (CONAB, 2021).

O mercado mundial de citricultura é dominado pelo Brasil, em alguns momentos chegando a ocupar 85% da participação no mercado global (Neves et al., 2010). Um subproduto da citricultura é a polpa cítrica (PC), que é composta pela casca, semente e bagaço, sendo obtida após processamento por prensa para extração do suco. Aproximadamente 100 kg de laranja geram 3,4 kg de polpa cítrica seca e peletizada (PCP). São Paulo e regiões de Minas Gerais (Sudoeste e Triângulo) são as principais áreas produtoras no país, e são denominadas cinturão cítrico brasileiro, sendo o estado de São Paulo responsável por aproximadamente 80% da produção nacional (NEVES et al., 2010).

De acordo com o levantamento feito por Silvestre e Millen (2021), o caroço de algodão (CA) é o principal coproduto utilizado nas dietas de bovinos confinados no Brasil. Seu uso pode ser justificado pela qualidade proteica, fibrosa e lipídica, além do potencial de redução nos custos de produção (CRANSTON et al., 2006), visto que o último fator é o mais impactante em qualquer atividade. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), a produção de CA no Brasil foi de aproximadamente 4,371 milhões de toneladas na safra 2019/2020, com maior contribuição dos estados do Mato Grosso, Bahia e Minas Gerais. Porém, como sabemos, além da utilização na nutrição animal, o mesmo também é utilizado para a extração de óleos, o que torna o comércio competitivo e com valores variáveis.

### 3.3.1. Casca de soja

De acordo com o National Research Council – NRC (2007), a CS apresenta em base na MS, 13% de PB, 2,6% de EE, 62% de FDN, 46% de FDA, 77% de NDT e, de acordo com Mulligan et al. (1999), possui cerca de 43% de celulose e 18% de hemicelulose, além de baixo teor de lignina (2,5%), segundo National Research Council – NRC (2001).

A CS apresenta valores irrelevantes de amido em sua composição, aproximadamente 2,9% segundo Ipharrangue e Clark (2003). Contudo, por apresentar um FDN de excelente digestibilidade, é capaz de cooperar de forma significativa com a energia digestível da dieta, sendo apenas 0,5 Mcal/kg menos energética que o milho (3,9 Mcal/kg) e 0,2 Mcal/kg inferior ao sorgo (3,6 Mcal/kg) (NRC, 2007).

A qualidade da fração de FDN presente na CS faz com que, junto com os processos fermentativos do ambiente ruminal, seja produzido grande quantidade de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) dessa porção fibrosa. Esse fato viabiliza a substituição de um produto rico em amido por um coproduto abundante em fibra sem penalizar de forma significativa a energia digestível da dieta, podendo, em alguns casos, ajudar no controle do pH ruminal e, possivelmente, na degradação da fibra (HOOVER, 1986; HSU et al., 1987). Segundo Ferreira et al. (2011) a CS aumenta a digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro e o pH ruminal, além de levar a menores variações no pH ruminal em dieta com baixa inclusão de volumoso.

O fato é que em pH inferior a 6,2 as bactérias fibrolíticas necessitam gastar mais energia para controlar o pH interno a fim de se manterem vivas, fazendo com que elas diminuam sua atividade dentro do ambiente ruminal, culminando em menor consumo de matéria seca pelos animais (KOZLOSKI, 2011).

Conforme Hsu et al. (1987), as características físico-químicas da CS fazem com que sua fermentação no ambiente ruminal seja elevada. Em dieta com 80% de CS, os autores notaram pH de 5,4, concentração total dos AGCC, ácido acético (C2), ácido propiônico (C3) e ácido butírico (C4) de 134,8; 59,6; 23,8 e 11,2 mM, respectivamente. Grisby et al. (1993), trabalhando com dietas de aproximadamente 57% de volumoso, não notaram diferenças com a substituição do milho pela CS sobre o pH ruminal, concentração total de AGCC e produção de C3, porém obtiveram maiores concentrações de C2 para rações com maiores proporções do

coproduto. Tonificando essas informações, Zervas et al. (1993), utilizando dieta com 40% de feno de azevem picado (*Lolium perene*), não observaram efeito da substituição do milho pela CS sobre o pH ruminal e a produção dos AGCC.

A produção de AGCC com a inclusão de CS em dietas de ruminantes está associado, muitas das vezes, com a proporção de volumoso na dieta, sendo que, no trabalho realizado por Gentil et al. (2011), no qual realizaram a substituição de feno de *coastcross* por CS em dietas com 50% de concentrado, não observaram efeito da substituição nas concentrações de acetato, propionato e butirato, não sendo notado também, diferença na relação acetato:propionato.

Já no trabalho realizado por Ferreira et al. (2011) com dieta de 90% de concentrado e 10% volumoso, no qual foi feita a substituição de até 45% do milho por casca de soja, notou-se que a substituição de milho por CS levou a um aumento na produção de acetato, que passou de 26mM para 41,9mM, quando comparado dietas com 0 e 45% de substituição. Além do aumento de acetato, há também uma diminuição na produção de propionato, acarretando em diferenças na relação acetato:propionato, que passou de 2,2:1 para 7,6:1 nos mesmos níveis de substituições citados anteriormente.

Em pesquisa realizada por Ludden et al. (1995), os autores relataram que em condições de dietas com altas proporções de concentrado, baixas substituições de milho por CS não comprometem o desempenho dos animais, uma vez que os benefícios no metabolismo animal garantem uma melhor eficiência na obtenção de energia de outros nutrientes da dieta. Porém, substituições acima de 20% em dietas de alto concentrado podem comprometer o desempenho animal. Nesse contexto os autores concluíram que, quando utilizada em dietas de elevada inclusão de concentrado, a CS possui valor alimentar estimado de 70 a 80% do milho.

De acordo com alguns pesquisadores, quando em situação de pastejo com forragens de baixa a média qualidade, a CS pode substituir o milho ou o sorgo sem que haja prejuízos no desempenho animal (ANDERSON et al., 1988; SANTOS et al., 2005). Isso ocorre pois, mesmo que a CS disponibilize menos energia do que o milho ou sorgo (NRC, 2001), a irrelevante fração de amido presente em sua composição faz com que os efeitos negativos relacionados a degradação da fração fibrosa e do CMS sejam menores (ANDERSON et al., 1988).

A CS, pela sua composição bromatológica, também pode ser utilizada como substituta às fontes de forragens das dietas, auxiliando na disponibilidade de energia

no rúmen. De acordo com o NRC (2001), a CS apresenta um NDT de 67,34%, sendo 12% maior que o do feno de Tifton-85 (55,34%) (*Cynodon spp*), sendo assim, mais energética que o volumoso em questão. Araujo (2006) verificou aumento no CMS e na produção de leite de ovelhas ao substituir 67% de feno de *coastcross* por CS (54% de CS na MS da dieta). Contudo, ao realizar a substituição total do feno pela CS houve redução no CMS e na produção de leite, evidenciando que, apesar das características individuais desse coproduto, é necessária uma fonte de fibra de forragem que contribua com os valores mínimos de FDN de forragem, conforme recomenda o NRC (2001).

A utilização de CS em dietas com elevada porcentagem de volumoso aumenta a digestibilidade aparente da matéria seca e da matéria orgânica, reflexo do aumento da digestibilidade da fração de FDN, uma vez que a porção fibrosa que compõe a CS é de melhor qualidade quando comparado com a de um alimento volumoso (GENTIL et al., 2011).

Ferreira et al. (2011) não observaram variação nas digestibilidade da MS e PB ao incluir até 31% de CS em dietas com elevada proporção de concentrado (10% volumoso e 90% concentrado), sendo o volumoso o feno de *coastcross*. Mendes et al. (2010) realizou a substituição de 100% do bagaço de cana *in natura* por CS (12% na MS) e notaram que a substituição levou a um aumento na digestibilidade da MS e MO à medida que o bagaço foi substituído por CS.

De acordo com Armentano e Pereira (1997) a inclusão de coprodutos com características fibrosas auxilia no atendimento de FDN da dieta total, porém contribuem de forma menos significativa com o FDN fisicamente efetivo, consecutivamente estimulam em menor proporção a ruminação, diminuindo o volume de saliva produzida. Nesse cenário pode haver redução do pH ruminal, menor relação acetato:propionato, digestibilidade da matéria orgânica e diminuição do tempo de retenção da dieta (SILVA e NEUMANN, 2012).

#### **4.3.2. Polpa cítrica**

A PC pode ser encontrado com grande disponibilidade em certas regiões do país, como no estado de São Paulo e regiões de Minas Gerais. Este ingrediente pode ser utilizado em inúmeras estratégias nutricionais de ruminantes, como na substituição parcial ou total do milho (HENRIQUE et al., 1998; RODRIGUES et al.,

2008; TIGRE, 2016). De acordo levantamento realizado por Silvestre e Millen (2021), 30,8% dos consultores utilizam a PCP como coproduto primário da dieta.

Segundo informações encontradas na literatura o NDT da PC giram em torno de 79%, 21% de FDN, 7% de PB, 2,2% de EE e 7% de MM. A concentração de pectina é elevada, por volta de 22,3%, apresentando também, níveis elevados de cálcio (1,81%) (ORSKOV, 1987).

A PC é composta principalmente de pectina, a qual é classificada como carboidrato não fibroso, ela é um polissacarídeo que está presente na lamela média da parede celular vegetal. Esse CNF é comparado com o “cimento” de uma construção, funcionando como componente que auxilia na adesão entre as células, colaborando com a rigidez dos tecidos vegetais (VAN SOEST, 1994).

A pectina é formada principalmente por ácido galacturônico, sua união da origem a homopolímeros unidos por ligações  $\alpha$ 1-4, chamados de D-ácidos galacturônico, e também a heteropolímeros denominados ácidos poligalacturônicos, os quais são formados por L-ramnose (ligações  $\alpha$ 1-2) e D-ácido galacturônico (ligações  $\alpha$ 1-4). Além do ácido galacturônico e ramnose, as moléculas de pectina podem apresentar, galactose, xilose, glicose e arabinose em sua composição (LEWIS, 1993).

As moléculas de pectina apresentam-se ligadas covalentemente com a celulose e com a hemicelulose, e são ligadas entre si por meio de interações não covalentes com íons de cálcio. De acordo com Hall (1994) não há ligação covalente entre lignina e pectina, mesmo que a planta apresente uma maturidade fisiológica avançada.

A carência de ligações entre a pectina e a lignina pode ser sustentada pela rápida e fácil solubilização em água ou em detergente neutro, sendo um carboidrato complexo de alta degradação ruminal, chegando a apresentar quase degradação completa em um período de doze horas (98% em 12 horas) (NOCEK e TAMMINGA 1991; STERN e ZIEMER 1993; VAN SOEST, 1994).

As variações das taxas de degradação ruminal da pectina flutuam de 30 a 50%/hora, enquanto que a do amido, sem processamento, é de 10 a 20%/hora (SNIFFEN, 1998). Dados esses muito próximos dos obtidos por Chesson e Monron (1982), que observaram taxa de degradação ruminal de 30 a 45% por hora, com degradação quase que completa entre 12 e 18 horas.

A fermentação da pectina, segundo alguns trabalhos, favorece a produção de acetato e não lactato e propionato como na fermentação amilolítica (VAN SOEST, 1991; VAN SOEST, 1994). O que corrobora com Hatfield e Weimer (1995), os quais mostraram que, embora a extensão e a taxa de degradação da pectina sejam similares aos CNE, a fermentação desse componente aumenta a produção de acetato e, geralmente, não eleva a produção de ácido láctico ruminal. Porém, segundo Júnior et al. (2008), a polpa cítrica, quando oferecida em elevadas quantidades a animais sem uma adequada adaptação, pode levar a acidose ruminal subclínica.

O'mara et al. (1999) analisaram a digestibilidade de alguns ingredientes (cevada, polpa cítrica, polpa de beterraba, farinha de glúten de milho e farelo de soja com feno) quando ofertados para ovinos e bovinos em dieta de 80% concentrado e 20% volumoso, e não observaram diferenças estatísticas entre as espécies, encontrando valores para degradabilidade ruminal da dieta com PCP de 82,6% para a MS, 42,2% para PB e 69% para FDN nos bovinos e 84,4%, 50,5% e 71% para os ovinos respectivamente.

De acordo com Duskova e Marounek (2001) os CF e CNF da PCP apresentam diferenças no potencial de crescimento microbiano quando comparado com o milho e, apesar do crescimento microbiano à base de pectina e sacarose ser consideravelmente rápido, o potencial de síntese microbiana derivada desse composto é inferior ao amido.

Apesar de o milho e a PC possuírem valores semelhantes de carboidratos totais (aproximadamente 80%), a composição dessa fração é diferente entre os ingredientes. O milho possui quase que toda sua fração de carboidrato ocupada pelo amido (70% da MS), enquanto que a PCP apresenta grande parte ocupada pelo FDN (25% da MS) e pelos carboidratos solúveis (30% na MS), implicando em diferenças na fermentação ruminal e, consecutivamente, no crescimento microbiano e aproveitamento de energia (CARVALHO, 1998).

Os CNF, em geral, são destinados aos animais no intuito de aumentar o fornecimento de energia para os microrganismos, os quais, através dos processos fermentativos geram AGCC (CAÑIZARES et al, 2009). Pereira et al. (2007) relata que a substituição do milho por subprodutos fibrosos leva a mudanças nos valores de FDN e CNF da dieta, exemplo muito clássico em algumas regiões é a substituição do milho por PCP, nesse cenário o câmbio entre os ingredientes

aumenta a proporção de FDN de elevada digestibilidade e altera o perfil de CNF da dieta (CARVALHO, 1998; OLIVEIRA e MILLEN, 2014).

Segundo o NRC (1996) o valor de nutrientes digestíveis totais da PC é de aproximadamente 80%, ficando abaixo do NDT do milho encontrado por Marques (2011). No entanto, por mais que ambos sejam concentrados de caráter energético, os ingredientes apresentam padrões de fermentação distintos devido as proporções de amido e pectina (VAN SOEST, 1982). Pizon e wing (2011) avaliaram as respostas quando realizado a substituição do milho moído por PCP, sendo que a participação do coproduto nos tratamentos foi de 0, 19, 38 e 55% na dieta total, a qual era composta por 33,33% de bagaço de cana. Os autores relataram que a inclusão de PC, mesmo que no primeiro nível de substituição, levou a um aumento na relação C2:C3, os tratamentos com PC também apresentaram maior concentração molar total do que o tratamento controle, além de menor pH ruminal para os tratamentos com PC (6,84; 6,64; 6,62 e 6,61).

No estudo de Carvalho (1998), no qual avaliou-se os efeitos do amido sobre a digestibilidade em dietas com 40 e 60% de volumoso (bagaço de cana), o autor buscou substituir 48% do milho da dieta por polpa cítrica. Os dados do trabalho mostram que o tratamento com PCP apresentou incremento na digestibilidade da dieta, mesmo levando a uma queda no pH ruminal mais rápida após a alimentação.

De acordo com Velloso et al. (1974) é possível substituir uma fração de 30% do milho por PC mantendo os GMD acima de 1kg/animal/dia. Por outro lado, como mostrado por Sampaio et al. (1984), a substituição do milho pela PC pode levar a uma menor conversão alimentar.

Segundo Henrique et al. (1997), em dietas em que o concentrado é responsável por 80% na matéria seca, a substituição do milho pela polpa cítrica reduziu o CMS e como consequência o GMD. Porém, de acordo com Tigre (2016), a PC pode aumentar o CMS, por ser uma porção fibrosa de alta digestibilidade, mas de menor potencial energético em relação ao milho.

Em estudo com ovinos da raça Santa Inês, Gilaverte et al. (2011), analisando o desempenho dos animais, constatou que a substituição do milho pela PC peletizada não afetou a digestibilidade aparente dos nutrientes nem o desempenho animal. Contudo, em outro estudo, no qual foi efetuada a substituição de 0, 30 e 60% por PC na alimentação de cordeiros, os autores notaram que o GMD e a

conversão alimentar diminuíram com a substituição (MARTINEZ E FERNÁNDEZ, 1980).

Segundo Pereira (2007), para bovinos que estão em processo de terminação em dieta com 30% de volumoso (silagem de cana) e 70% de concentrado, a polpa cítrica tem valor energético superior ao milho em situação de 50% de substituição do milho pela PCP e valor energético similar quando substitui 75 ou 100% do milho. O autor também conclui que a polpa cítrica, acima de 50%, leva a uma menor CMS e GMD, mas não altera a eficiência alimentar.

### **5.3.3. Caroço de algodão**

Segundo a CONAB (2021), a área destinada ao plantio de algodão no Brasil foi de 1370,9 mil hectares, com uma produtividade de 1720 kg/hectare, o que gerou 2357,9 milhões de toneladas de algodão em pluma. Conforme a companhia, o uso interno do produto fica em 715 mil toneladas, o que possibilita uma exportação de grande parte da produção.

O algodão que chega na indústria apresenta uma composição média de 36% de pluma, 58% de caroço e 6% de quebra. Na indústria têxtil a pluma, ou sua grande maioria, é retirada através dos processos industriais, o que leva a mudanças nas frações ocupadas por cada parte no produto. Após a extração da pluma, o CA pode ser dividido em três principais partes: fibra, casca e amêndoa. A fibra é composta pelo línter, o qual é majoritariamente preenchido por celulose, o que faz com que essa fração seja extremamente degradável no ambiente ruminal. A casca é o envoltório que protege a amêndoa, local no qual está depositado o óleo. Uma tonelada de caroço de algodão tem o potencial de gerar 200 kg de óleo e 500 kg de torta de algodão, além de outros resíduos de menor importância comercial (SILVA, 1995).

Segundo a Associação Baiana dos Produtores de Algodão (ABAPA, 2018) o algodão possui apresentações comerciais diferentes, podendo conter mais ou menos línter em sua composição ao se comparar essas variedades: Algodão pima, acala, anual ou upland. Além disso, tais variedades de algodão podem apresentar o línter mais ou menos aderido à semente. De acordo Coppock et al. (1985b), os quais trabalharam com vacas leiteiras, os diferentes tipos de caroço aderem de forma distintas às paredes ruminais, e são capazes de estimular de formas distintas o comportamento ingestivo desses animais.

O CA pode ser considerado um ingrediente proteico, sua composição bromatológica apresenta valores de NDT, PB, FDN e EE próximos a 81,92%, 22,62%, 46,04% e 18,9%, respectivamente (VALADARES FILHO et al., 2006). Além disso, a fração calórica proporcionada pelos lipídeos do CA confere alta densidade energética em substituição aos CHO de rápida fermentação, favorecendo o ambiente ruminal e, conseqüentemente, a digestibilidade da fração fibrosa (TEIXEIRA e BORGES, 2005). Outro ponto positivo proporcionado pelo CA ocorre pela sua funcionalidade em estimular a ruminação decorrente da sua capacidade de “flutuar” no conteúdo ruminal (PIRES et al., 1997).

De acordo com os dados disponibilizados pelo NASEM (2016), mesmo que sua fração fibrosa seja de elevada digestibilidade, o CA apresenta 100% de seu FDN fisicamente efetivo, podendo assim, mudar o perfil de comportamento ingestivo quando incluído em dietas de ruminantes. Segundo trabalho conduzido por Lima et al. (2011), as dietas com CA apresentaram redução no tempo gasto com ruminação e mastigação em minutos por dia quando comparadas as dietas com alta proporção de fibra (21% de FDNfe).

Conforme Pesce (2008), a fração lipídica do CA é composta em grande parte por ácidos graxos insaturados, sendo que, o ácido graxo linoleico (C18:2) pode representar até 59% da fração lipídica do coproduto.

**Tabela 3** – Composição do óleo do caroço de algodão integral, demonstrado em porcentagem, para os ácidos graxos C16:0, C18:0, C18:1, C18:2 e C18:3.

Fonte	C16:0 (%)	C18:0 (%)	C18:1 (%)	C18:2 (%)	C18:3 (%)
Brasil (1999)	17 – 31	1 – 4	13 – 44	33 – 59	0,1 – 2,1
Coppock e Wilks (1991)	22,7	2,3	17	51,5	0,2
McKevith (2005)	22,4	2,5	17,4	50,1	0,1
Palmquist (1996)	25,3	2,8	17,1	53,2	0,1
Staples e Tatcher (2003)	22,7	2,3	17	51,5	0,2
Sullivan et al (1993)	24,5	2,6	22	50,2	*
Van Soest (1994)	25,3	2,8	17,1	53,2	*

Adaptado de Pesce (2008).

Segundo Gouvêa et al. (2020) a inclusão de CA pode afetar o CMS dos animais, provavelmente, devido ao aumento do teor de EE da dieta e sua respectiva predominância de ácidos graxos, além da modificação nos teores de FDN da dieta.

Porém, com níveis de inclusão de aproximadamente 14% de CA na dieta, o autor relata que os animais apresentaram maior GMD e, conseqüentemente, maior EA em relação ao grupo controle.

Como representado na tabela 3, o ácido linoleico (C18:2) ocupa a maior porção dos ácidos graxos no CA. Os ácidos graxos que apresentam ligações na cadeia carbônica são conhecidos como saturados, sendo os insaturados aqueles que possuem duplas ligações (STAPLES e THATCHER, 2003). O EE oriundo dos vegetais é mais inibitório que a gordura de origem animal, conhecida como sebo, uma vez que apresentam maior predominância de ácidos graxos insaturados (JENKINS, 1993; VAN SOEST, 1994). Por esse motivo, se a concentração dos ácidos graxos livres for excessiva, a digestibilidade da fração fibrosa pode ser comprometida (SULLIVAN et al., 2004). De acordo com Coppock e Wilks (1991) as sementes das oleaginosas possuem menos efeitos colaterais em relação a digestibilidade da fibra quando comparado com gorduras ou óleos livres. A liberação lenta da fração lipídica através do envoltório (casca), associado ao processamento mecânico por meio da ruminação, permite que a liberação seja controlada e possibilite que os microrganismos ruminais realizem o processo de biohidrogenação, reduzindo os efeitos deletérios dos lipídeos sobre a digestibilidade da fibra.

Trabalhando com inclusões de diferentes fontes energéticas na dieta de bovinos confinados, compostas por 81% de concentrado e 19% de cana-de-açúcar, segundo Aferri (2003) não houve diferença no desempenho dos animais quando comparada à dieta com inclusão de 21% de CA em relação ao tratamento contendo 5% de gordura protegida e o grupo controle. Com isso, o autor concluiu que a utilização do CA é viável para a terminação de bovinos, trazendo benefícios econômicos para a atividade.

De acordo com Valinote et al. (2006) a degradabilidade da fração fibrosa no ambiente ruminal aumentou com inclusão de CA em dietas de elevado teor de concentrados, sem modificações no pH ruminal, concentração de N-NH<sub>3</sub> e AGCC. Diferente dos dados observados por Zinn & Plascencia (1993), os quais notaram que a inclusão de 20% de CA em dietas de elevado teor de concentrados diminuiu a degradabilidade ruminal da matéria orgânica, mesmo deixando os valores médios de pH mais elevados e com uma maior síntese microbiana em comparação a dieta controle.

Em estudo realizado por Cranston et al. (2006), foram utilizados 91 novilhos mestiços alimentados com dietas contendo milho floculado. Os autores observaram maior CMS para os animais alimentados com CA (10 e 15% de inclusão na MS). De acordo com os mesmos, a dieta contendo o coproduto apresentou esse resultado devido ao FDN da dieta ser 12% superior à dieta controle, dessa forma, os animais compensariam o consumo de energia fornecida pelo milho floculado, com maior CMS da dieta contendo CA.

Semelhante ao relatado anteriormente, Marques (2011) observou aumento no CMS ao incluir níveis de bagaço de cana, como fonte de fibra, em dietas de grão de milho inteiro para bovinos de corte. Porém, o autor mencionou que o CMS não foi influenciado pela possível diminuição da energia dietética com a inclusão de bagaço de cana, mas sim por um aumento na digestibilidade do amido. Essa resposta pode variar de acordo com a categoria animal e a dieta utilizada. Sousa et al. (2009) relataram que a inclusão de CA na dieta de vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar e concentrado (40:60) apresentou efeito quadrático no CMS, em que o nível de 7% de inclusão do coproduto aumentou o CMS em relação à dieta com cana-de-açúcar sem CA, e também em comparação a dieta com 14% do coproduto na MS. Os autores também relataram maior índice de seleção da dieta com 14% de CA na MS, o que pode ter comprometido o CMS dos animais designados ao tratamento.

Ainda que os microrganismos ruminais, consigam realizar a biohidrogenação (como forma de preservação do processo fermentativo), inserindo hidrogênios nas cadeias dos ácidos graxos insaturados e tornando-os saturados, há uma limitação nesse processo, ou seja, quanto maior for a carga de lipídios na dieta, maior será a chance da biohidrogenação não se realizar ou ocorrer de forma incompleta (ARRIGONI et al., 2016). A inclusão de níveis elevados de CA na dieta, poderia então, prejudicar o consumo e degradação dos nutrientes advindos de dietas com maiores níveis de forragem, visto que a carga de ácidos graxos insaturados presentes no CA (PESCE, 2008), pode ser prejudicial aos microrganismos, principalmente às bactérias celulolíticas (JENKINS, 1993).

Em estudo realizado por Marques (2011), o autor relatou que a inclusão de níveis baixos de fontes de fibra foi eficaz em melhorar o aproveitamento energético da dieta composta por grão inteiro de milho. Além de incrementar o CMS, a inclusão de 3% de bagaço de cana foi o suficiente para melhorar, GMD, peso vivo final e

peso de carcaça quente. O autor atribuiu esses resultados à uma possível benefício no aproveitamento do amido na dieta, melhoria no processo fermentativo e maior ruminação pelos animais.

Dessa forma, o CA se torna uma alternativa viável para inclusão em dietas de terminação. Uma lacuna a ser preenchida é a inclusão desse alimento em dietas de grão de milho inteiro, visto que, dietas sem presença de forragem tem como característica o menor CMS (MARQUES, 2011). O CA, por sua vez, pode conferir uma melhora significativa no ambiente ruminal, favorecendo atividade fermentativa (PIRES et al., 1997), provavelmente, devido ao aumento no tempo de ruminação observado quando há inclusão do coproduto nas dietas (SOUSA et al., 2009; NOGUEIRA et al., 2019) e, por consequência, ocasionando melhorias no CMS, que está altamente correlacionado com o desempenho animal (SCHWARTZKOPF-GENSWEIN et al., 2003).

## 2.4. Referências

ABAPA. Associação Baiana dos Produtores de Algodão. Conheça os principais tipos de algodão no mundo. Publicação on-line. 25 junho 2018. Disponível em: <https://abapa.com.br/mais-noticias/conheca-os-principais-tipos-de-algodao-do-mundo/> > Acesso em 15 agosto 2022.

AFERRI, G. Desempenho e características da carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de gordura. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo – Pirassununga. 2003.

ALHADAS, H. M., VALADARES FILHO, S. C., SILVA, F. F., SILVA, F. A. S., PUCETTI, P., PACHECO, M. V. C., TEDESCHI, L. O. Effects of including physically effective fiber from sugarcane in whole corn grain diets on the ingestive, digestive, and ruminal parameters of growing beef bulls. **Livestock Science**, v. 248, p. 104508, 2021.

ANDERSON, S. J.; MERRILL, J. K.; KLOPFENSTEIN, T. J. Soybean hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. *Journal of Animal Science*, n.66, v.11, p. 2959-2964, 1988.

ARAUJO, R. C. D. Produção de leite e atividade ovariana pós-parto de ovelhas Santa Inês alimentadas com casca de soja em substituição ao feno de 'coastcross': (*Cynodon sp.*). 2006. 137p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARMENTANO, L; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1416-1425, 1997.

ARRIGONI, M. de B.; MARTINS, C. L.; FACTORI, And M. A. Lipid Metabolism in the Rumen. In: MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. De B.; PACHECO, R. D. Lauritano. *Rumenology*. Switzerland: Springer, 2016. p. 103-126.

BOLZAN, I. T.; SANCHEZ, L. M. B.; CARVALHO, P. A.; VELHO, J. P.; LIMA, L. D. D.; MORAIS, J.; CADORIN Jr, R. L. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou tratado com uréia, com três níveis de concentrado. *Ciência Rural*, n. 37, p. 229-234, 2007.

BORGES, C. A. A.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E. S.; ZARPELON, T. G.; CONSTANTINO, C.; FAVERO, R. Substituição de milho grão inteiro por aveia preta grão no desempenho de cordeiros confinados recebendo dietas com alto grão. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 2011-2020, 2011.

BULLE, MARIA LUISA DE MEDEIROS. Exigências líquidas de energia e proteína de tourinhos de dois grupos genéticos alimentados com dietas de alto teor de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 436-443, 2002.

CAÑIZARES, G.I.L.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M.C. Metabolismo de carboidratos não estruturais em ruminantes. *Archives of Veterinary Science*, v.14, n.1, p.63-73, 2009.

CARARETO, R. Fontes de nitrogênio, níveis de forragens e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça nelore terminados em confinamento. 2011. 106p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CARVALHO, M. P. Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1998.

CHESSON, A.; MONRO, J. A. Legume pectic substances and their degradation in the ovine rumen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 33, n. 9, p. 852-859, 1982.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília. v. 8, n. 12, safra 2020/2021 – Brasília: Conab, 2021. 98p.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Levantamento de safras. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso: 15 de outubro de 2021>.

COPPOCK, C. E., MOYA, J. R., WEST, J. W., NAVE, D. H., LABORE, J. M., GATES, C. E. Effect of lint on whole cottonseed passage and digestibility and diet choice on intake of whole cottonseed by Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 5, p. 1198-1206, 1985.

COPPOCK, C. E., WEST, J. W., MOYA, J. R., NAVE, D. H., LABORE, J. M., THOMPSON, K. G., GATES, C. E. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physiological responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 9, p. 2248-2258, 1985b.

COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.

CRANSTON, J. J., RIVERA, J. D., GALYEAN, M. L., BRASHEARS, M. M., BROOKS, J. C., MARKHAM, C. E. & KREHBIEL, C. R. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *Journal of animal science*, v. 84, n. 8, p. 2186-2199, 2006.

DEPETRIS, G. J., SANTINI, F. J., PAVÁN, E., VILLARREAL, E. L., REARTE, D. H., PENSEL, N. A. Efecto del grano de maíz alto en aceite en el sistema de engorde a corral. 3. Perfil de ácidos grasos de la carne. In: **Congreso Argentino de Producción Animal. 26. 2003 10 22-24, 22-24 de octubre de 2003. Mendoza. AR. 2003.**

FERREIRA, E. M. et al. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 12, p. 4127-4133, 2011

GENTIL, R. S., SUSIN, I., PIRES, A. V., FERREIRA, E. M., MENDES, C. Q., ALMEIDA, O. C. D., QUEIROZ, M. A. Á. Metabolismo de nutrientes em ovinos alimentados com casca de soja em substituição ao feno de coastcross. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 2835-2843, 2011.

GILAVERTE, S.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 3, p. 639-647, 2011.

GOROCICA-BUENFIL, M. A.; LOERCH, S. C. Effect of cattle age, forage level, and corn processing on diet digestibility and feedlot performance. **Journal of animal science**, v. 83, n. 3, p. 705-714, 2005.

GOUVÊA, V. N., BIEHL, M. V., ANDRADE, T. S., JUNIOR, M. V. D. C. F., FERREIRA, E. M., POLIZEL, D. M. PIRES, A. V. Effects of soybean oil or various levels of whole cottonseed on growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing bulls. *Livestock Science*, v. 232, p. 103934, 2020.

HALL, M. B. Pectin: the structural non-structural carbohydrate. In: **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers (USA)**. 1994.

HATFIELD, R. D.; WEIMER, P. J. Degradation characteristics of isolated and in situ cell wall lucerne pectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 69, n. 2, p. 185-196, 1995.

HENRIQUE, W., SAMPAIO, A. A. M., LEME, P. R., ALLEONI, G. F., LANNA, D. P. D., MALHEIROS, E. B. Digestibilidade e balanço de nitrogênio em ovinos alimentados à base de dietas com elevado teor de concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 2007-2015, 2003.

HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; PERES, R.M.; JUSTO, C.L.; ALLEONI, G.F. Substituição de amido por pectina em dietas com diferentes níveis de concentrado. 1. Desempenho animal e características da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27(6), 1206-1211, 1998.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.

HSU, J. T.; FAULKNER, D. B.; GARLEB, K. A.; BARCLAY, R. A.; FAHEY Jr, G. C.; BERGER, L. L. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. *Journal of Animal Science*, v.65, n.1, p.244-255, 1987.

HUNTINGTON, G.G.; HARMON, D.L.; RICHARDS, C.J. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*, v. 84, p. E14-E24, 2006.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of dairy science**, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.

KOTARSKI, SUSAN F.; WANISKA, RALPH D.; THURN, KERRY K. Starch hydrolysis by the ruminal microflora. **The Journal of nutrition**, v. 122, n. 1, p. 178-190, 1992.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. Ed. Santa Maria: Ed. Da UFMS, 2011. 212p.

LASMAR, P.Z.; MELO, R.C.M.; BITENCOURT, L.L.; JÚNIOR, S.S.; SILVA, J.R.M.; PEREIRA, M.N. Desempenho de bezerros pós-desmama em dieta de grão de milho inteiro. **PUBVET**, v.5, n.23, p.1143, 2011.

LEWIS, M. J. Propriedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado. Acribia. **Zaragoza**, p. 101-133, 1993.

LIMA, D. D. A. Fontes de fibra sobre a digestibilidade e comportamento ingestivo em bovinos da raça nelore confinados, 2011.

LUDDEN, P. A.; CECAVA, M. J.; HENDRIX, K. S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. **Journal of Animal Science**, v.73, n. 9, p.2706-2711, 1995.

MARQUES, R.S. Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore. 2011. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARTINEZ, P.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Citrus pulp in diets for fattening lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 11-22, 1980.

MENEGHETTI, C. D. C., Domingues, J. L. Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 5, n. 2, p. 512-536, 2008.

MERTENS, DR. Regulation of forage intake. **Forage quality, evaluation, and utilization**, p. 450-493, 1994.

MILLEN, D. D., PACHECO, R. D. L., ARRIGONI, M. D. B., GALYEAN, M. L., VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of animal science**, v. 87, n. 10, p. 3427-3439, 2009.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 8ed. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, DC, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7. ed. Washington: 1996. 242p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 381 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of small ruminants. Washington, DC: National Academic Press, 2007. 292 p.

NEVES, M.F.; TROMBIN, V.G.; MILAN, P.; LOPES, F.F.; CRESSONI, F. KALAKI, R. O retrato da citricultura brasileira. Ribeirão Preto: CitrusBR, 2010, p. 137.

NOCEK, JAMES E.; TAMMINGA, Seerp. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

NOGUEIRA, R. G. S., PERNA, F., PEREIRA, A. S. C., RODRIGUES, P. H. M. Nutrient digestibility and changes in feeding behavior of cattle fed cottonseed and vitamin E. *Scientia Agricola*, v. 76, p. 112-122, 2019.

O'MARA, F. P., COYLE, J. E., DRENNAN, M. J., YOUNG, P., CAFFREY, P. J. A comparison of digestibility of some concentrate feed ingredients in cattle and sheep. **Animal feed science and technology**, v. 81, n. 1-2, p. 167-174, 1999.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64-75, 2014.

OLIVEIRA, LETÍCIA SILVA. **Efeito do processamento do milho grão na eficiência de utilização de dietas com elevada proporção de concentrado por cordeiros cruzados Dorper x Santa Inês**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013

ORSKOV, E.R. **The feeding of ruminants – principles and practice**. Aberdeen: Rowett Research Institute, Chalcombe Publications, 1987.

OWENS, F.; SODERLUND, S. Ruminal and postruminal starch digestion by cattle. Proc. of Cattle Grain Processing Synposium, Stillwater, OK. Oklahoma State University, Stillwater, p. 116-128, 2006.

PEREIRA, E.M.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.M.; COSTA, D.F.A.; IMAIZUMI, H.; BITTAR, C.M.M. Estimativa de energia metabolizável de rações com polpa cítrica em substituição ao milho para tourinhos em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 216-224, 2007.

PEREIRA, M. N., VON PINHO, R. G., BRUNO, R. G. D. S., CALESTINE, G. A. Ruminal degradability of hard or soft texture corn grain at three maturity stages. **Scientia agricola**, v. 61, p. 358-363, 2004.

PESCE, D. M. C. Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados. 2008. 138 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

PINTO, ANA CJ; MILLEN, DANILO D. Recomendações nutricionais e práticas de manejo adotadas por nutricionistas de bovinos em confinamento: a pesquisa brasileira de 2016.

PIRES, A. V., EASTRIDGE, M. L., FIRKINS, J. L., LIN, Y. C. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and

production performance by lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, n. 8, p. 1685-1694, 1997.

PORDOMINGO, A. J., JONAS, O., ADRA, M., JUAN, N. A., AZCÁRATE, M. P. Evaluación de dietas basadas en grano entero, sin fibra larga, para engorde de bovinos a corral. **RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias**, v. 31, n. 1, p. 1-23, 2002.

ROBUTTI, J. L.; HOSENEY, R. C.; WASSOM, C. E. Modified opaque-2 corn endosperms. II. Structure viewed with a scanning electron microscope. **Cereal Chem**, v. 51, n. 2, p. 173-180, 1974.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Polpa cítrica em rações para cordeiros em confinamento: características da carcaça e qualidade da carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 10, p. 1869-1875, 2008.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of animal science**, v. 63, n. 5, p. 1607-1623, 1986.

SANTOS, D. T. D.; ROCHA, M. G. D.; QUADROS, F. L. F. D.; GENRO, T. C. M.; MONTAGNER, D. B.; GONÇALVES, E. N.; ROMAN, J. Suplementos energéticos para recria de novilhas de corte em pastagens anuais: Desempenho animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.209-219, 2005.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. J.; CREWS, D. H.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M. & MCALLISTER, T. A. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, p. 149-158. 2003.

SILVA, HÉLIO LOURÊDO. Dietas de alta proporção de concentrado para bovinos de corte confinados. 2009.

SILVA, M. R. H da; NEUMANN, M. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista**, v. 9, n. 1, p. 69-84, 2012.

SILVESTRE, Antonio Marcos; MILLEN, Danilo Domingues. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, 2021.

SOUSA, D. D. P., CAMPOS, J. M. D. S., VALADARES FILHO, S. D. C., LANA, R. D. P., SEDIYAMA, C. A. Z., MENDES NETO, J. Comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade de nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com caroço de algodão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 2053-2062, 2009.

STERN, M. D.; ZIEMER, C. J. Consider value, cost when selecting nonforage fiber. **Feedstuffs (USA)**, 1993.

SULLIVAN, H. M., BERNARD, J. K., AMOS, H. E., JENKINS, T. C. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 3, p. 665-671, 2004.

TEIXEIRA, D. A. B.; BORGES, I. Efeito do nível de caroço integral de algodão sobre o consumo e digestibilidade aparente da fração fibrosa do feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, p. 229-233, 2005.

TIGRE, J. S. Uso de polpa cítrica peletizada na alimentação de ruminantes– Revisão. *PUBVET*, 6, Art-1405. 2016.

UENO, ROBSON KYOSHI. Avaliação bioeconômica da cultura do milho (*Zea mays* L.) utilizada sob diferentes formas na alimentação de novilhos em confinamento. 2012.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R., CHIZZOTTI, M.L., MACHADO, P.A.S. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006, 329p.

VALINOTE, A. C., NOGUEIRA FILHO, J. C. M., LEME, P. R., SILVA, S. D. L., CUNHA, J. VALINOTE, AMAURY CAMILO ET AL. Fontes de lipídio e monensina sódica na fermentação, cinética e degradabilidade ruminal de bovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 117-124, 2006.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, T.J. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. OB Books Inc., Corvallis, Oregon, 1982. 374p.

VELLOSO, L.; MASOTTI, N.; BECKER, M. Polpa cítrica peletizada para bovinos em confinamento. *R. Fac. Med. Vet. Zootec. Univ. S. Paulo*, v. 11, p. 21-5, 1974

ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C.; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 23, p. 937-943, 2001.

ZERVAS, G.; FEGEROS, K.; KOYTSOTOLIS, K.; GOULAS, C.; MANTZIOS, A. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. *Animal Feed Science and Technology*, v.76, n.2, p.65-75, 1998.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 1, p. 11-17, 1993.

### **3. Efeito da substituição do milho grão pela casca de soja peletizada sobre o metabolismo ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo em novilhos nelores alimentados com dieta sem volumoso**

#### **Resumo**

Trinta e dois novilhos nelores castrados, com peso médio de  $420 \pm 35$ kg, foram canulados no saco dorsal do rúmen e distribuídos em blocos completos casualizados (quatro tratamentos e oito repetições) definidos pelo peso inicial. O objetivo do experimento foi avaliar o efeito da substituição do milho grão inteiro pela casca de soja peletizada em dieta sem forragem na digestibilidade aparente, parâmetros ruminais e comportamento ingestivo dos animais. As dietas, isoproteicas, foram compostas por 15% de núcleo proteico peletizado, e os teores de inclusão de casca de soja variaram em base na matéria seca em 0, 33, 66 e 85%, resultando nos tratamentos CON, CS33, CS66 e CS85. Após 20 dias de adaptação, as dietas foram ofertadas uma vez ao dia, ad libitum. A mensuração e amostragem para determinação da digestibilidade dos nutrientes foram realizadas após cinco dias, enquanto o comportamento ingestivo foi avaliado no 27º dia experimental. As colheitas de líquido ruminal foram realizadas nos dias 28º e 29º, nas horas 0, 6, 12, 18 e 3, 9, 15 e 21. A inclusão de casca de soja apresentou efeito quadrático para todas as variáveis relacionadas ao consumo, exceto a digestibilidade da fibra em detergente neutro e o extrato etéreo. Quanto às variáveis de parâmetros ruminais, observou-se interação entre tratamento e hora para a concentração de acetato, propionato, relações entre os ácidos graxos de cadeia curta e pH ruminal, além de uma diminuição linear na concentração de isobutirato e valerato. A concentração total dos ácidos graxos de cadeia curta e amônia ruminal apresentaram efeito quadrático. No comportamento ingestivo dos animais, houve aumento linear na ingestão em minutos por dia e minutos por quilograma de matéria seca, enquanto a ingestão, ruminação e mastigação total apresentaram efeito quadrático em minutos por quilograma de fibra em detergente neutro e fibra fisicamente efetiva. Nota-se que a inclusão de 33% de casca de soja aumentou o consumo de matéria seca em % do peso corporal, apesar das quedas mais acentuadas no pH ruminal.

#### **3.1. Introdução**

Segundo levantamento realizado pela CONAB (2021) a área destinada ao plantio de soja aumentou em 4,3% em relação à safra anterior, o que representa 38.532,1 mil hectares e, mesmo com os problemas climáticos enfrentados, a produção não foi afetada, sendo 4,4% maior que a anterior, chegando a uma produção de 3.527 kg/há, o que representa 135.912,3 mil toneladas do grão (8,9% a mais que a safra anterior). Levando em consideração o rendimento médio de 2%

como citado por Zambom et al. (2001), a quantidade originada pela indústria fica em torno de 2.718,2 mil toneladas do coproduto, mostrando assim, ser um coproduto de elevada disponibilidade para estratégias nutricionais em relação a sua disponibilidade.

Pelo fato de o grão de milho ser um ingrediente altamente energético, o mesmo pode trazer resultados positivos ao desempenho animal. Sua composição química é grande parte ocupada pelos CNF, principalmente amido, o que pode, dependendo do teor de inclusão, trazer respostas negativas ao pH ruminal (FERREIRA et al 2011, CANNAS et al., 2013). Dessa forma, a utilização de CS eleva a quantidade de carboidratos fibrosos de excelente qualidade, o que pode favorecer o ambiente ruminal, otimizando o crescimento microbiano e otimizando o aproveitamento dos nutrientes (AMORIM et al., 2008).

As hipóteses do experimento seria que a substituição do milho grão inteiro pela casca de soja proporcionasse aumento de consumo de matéria seca pelos animais, uma vez que a substituição levaria a uma troca de um ingrediente fonte de amido por uma fonte de fibra, diminuindo assim a energia da dieta, além de aumento no pH ruminal pela maior proporção de carboidratos fibrosos e alteração nas concentrações dos principais ácidos graxos de cadeia curta (ALLEN et al, 2009).

O objetivo do estudo foi verificar e sanar as dúvidas referentes ao consumo de matéria seca, digestibilidade aparente no trato total e os parâmetros ruminais quando feito a substituição do milho grão inteiro por casca de soja em dieta sem volumoso.

## **3.2. Materiais e métodos**

### **3.2.1. Animais e instalações experimentais**

O estudo foi conduzido nas instalações do Laboratório de Reprodução e Nutrição Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP), localizada em Piracicaba – SP (22° 2' 2" S e 47° 3' 53" O).

Foram utilizados 32 bovinos da raça Nelore, castrados, canulados no saco dorsal do rúmen, com peso médio de 420 ± 35 kg. Os animais foram alojados em baias individuais de 2 x 2, cobertas, com piso de concreto (cama de bagaço de cana), bebedouros automáticos e cocho para alimentação.

### 3.2.2. Delineamento, tratamentos e manejo alimentar

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro tratamentos (Tabela 4) e oito repetições (n = 32). Antes do início do experimento os animais foram pesados em jejum de sólidos por 14 hora para definição dos blocos.

**Tabela 4. Composição das dietas experimentais com teores de casca de soja.**

	Controle	CS 33	CS 66	CS 85
Pellet, %	15,00	15,00	15,00	15,00
Milho, %	85,00	52,00	19,00	0,00
Casca de soja, %	0,00	33,00	66,00	85,00
Total, %	100,00	100,00	100,00	100,00

**Tratamentos:** CS 33 - Inclusão de 33% de casca de soja na matéria seca da dieta total; CS 66 - Inclusão de 66% de casca de soja na matéria seca da dieta total; CS 85 - Inclusão de 85% de casca de soja na matéria seca da dieta total.

Todas as dietas avaliadas foram formuladas para serem isoproteicas, sendo os ajustes necessários realizados na composição do núcleo proteico peletizado, como mostrado na Tabela 5, a fim de equiparar os valores nutricionais, como demonstrado na Tabela 6.

O estudo teve a duração de 29 dias, sendo os primeiros 20 dias destinados a adaptação dos animais as dietas experimentais. O milho foi ofertado em sua forma grão, ou seja, sem nenhum tipo de processamento, assim como a casca de soja, que foi ofertada na forma peletizada, garantindo maior similaridade entre os ingredientes da dieta.

**Tabela 5. Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.**

	Milho	CS	Pellet Controle	Pellet CS33	Pellet CS66	Pellet CS85
MS, % MS	84,33	85,89	89,43	89,06	89,66	89,33
PB, % MS	10,87	11,87	42,30	40,07	38,03	36,03
EE, % MS	4,00	1,23	6,07	6,61	6,58	4,53
FDN, % MS	10,01	71,77	9,61	10,48	12,62	14,58
FDA, % MS	2,64	49,53	5,06	5,54	6,98	7,95
MM, % MS	1,24	4,39	31,14	23,01	25,55	25,44
CHO totais, % MS	83,89	82,51	20,49	30,31	29,84	34
CNF, % MS	73,88	10,74	10,88	19,83	17,22	19,42

**Tabela 6.** Composição bromatológica das dietas experimentais com teores de casca de soja.

	Controle	CS 33	CS 66	CS 85
MS, % MS	85,1	85,56	86,16	86,41
PB, % MS	15,58	15,58	15,60	15,49
EE, % MS	4,3	3,48	2,56	1,73
FDN, % MS	9,95	30,46	51,16	63,19
FDA, % MS	3,00	18,55	34,24	43,29
MM, % MS	5,73	5,55	6,96	7,55
CHO totais, % MS	74,38	75,40	74,87	75,23
CNF, % MS	64,43	44,94	23,71	12,04

**Tratamentos:** CS 33 - Inclusão de 33% de casca de soja na matéria seca da dieta total; CS 66 - Inclusão de 66% de casca de soja na matéria seca da dieta total; CS 85 - Inclusão de 85% de casca de soja na matéria seca da dieta total.

As ofertas foram realizadas diariamente pela manhã (8:00 horas), e as sobras foram diariamente recolhidas, pesadas e amostradas para que fosse feito a mensuração de matéria seca, futuras análises e ajuste da oferta, a qual era realizada a fim de garantir 5% de sobra até o momento do trato seguinte, fazendo com que os animais tivessem acesso *ad libitum* a suas respectivas dietas.

### 3.2.3. Digestibilidade dos nutrientes

Após o período de adaptação (20 dias) às dietas experimentais, foram realizadas colheitas totais de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes. Do D21 ao D26 do experimento a produção total de fezes de cada animal foi quantificada e amostrada separadamente, de forma a garantir 10% do volume total excretado pelo animal, amostras essas que foram armazenadas em câmara fria a -18°C.

Amostras dos ingredientes, oferta e sobra desse período também foram diariamente amostrados e posteriormente analisados no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

As amostras das fezes, ingredientes, ofertas e sobras foram descongeladas e inseridas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 96 horas (MS I). Todas as respectivas amostras foram processadas em moinho do tipo wiley com peneiras de crivos de 1mm. Foi realizada a determinação da MS II por meio da secagem das amostras em estufa de 105°C por 24 horas e matéria mineral (MM) através do

processo de incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990). Para a determinação do nitrogênio total foi utilizado o aparelho LECO FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI), de acordo com a AOAC (1997), e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) conforme Van Soest et al. (1991) com a utilização de  $\alpha$ -amilase e sulfito de sódio em aparelho ANKOM 200 (Ankom Tech. Corp., Fairport, NY). O teor de extrato etéreo (EE) foi analisado segundo a metodologia proposta pela AOAC (1990).

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{DATT}(\%) = \frac{(\text{MSC} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF}) \times 100}{(\text{MSC} \times \text{NMS})}$$

DATT = digestibilidade aparente no trato total;

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

O cálculo dos carboidratos totais foi realizado através da equação:

$$\text{CHO totais} = 100 - (\% \text{ PB} - \% \text{ MM} - \% \text{ EE})$$

A mensuração dos carboidratos não fibrosos seguiu da seguinte forma:

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{ FDN} - \% \text{ PB} - \% \text{ MM} - \% \text{ EE}).$$

O NDT observado foi calculado através da fórmula:

$$\text{NDT} = (\text{FDN} * \% \text{Dig FDN}) + (\text{PB} * \% \text{Dig PB}) + (\text{CNF} * \% \text{Dig CNF}) + ((\text{EE} * \% \text{Dig EE}) * 2,25)$$

### 3.2.4. Comportamento ingestivo

O período de observação foi de 24 horas, tendo início as 8 horas da manhã logo após o trato dos animais. Das 8 horas da manhã do D26 até as 8 da manhã do D27 as avaliações de comportamento foram feitas a cada 10 minutos, anotando se o animal estava em momento de alimentação, ruminação ou em ócio, além de estarem em pé ou deitado. A equipe avaliadora era composta por 8 pessoas, as quais

passaram por um treinamento para padronização na interpretação do comportamento animal. As observações noturnas foram realizadas com auxílio de luz incandescente artificial. Os resultados obtidos foram analisados e avaliados com base na metodologia descrita por Carvalho (2002).

### **3.2.5. Colheita e análise do fluido ruminal**

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no 28° (hora 0, 6, 12 e 18) e 29° (hora 3, 9, 15 e 21) dia experimental, com intervalos de 6 horas em cada colheita, de modo que os horários se intercalassem ao longo dos dois dias e, de modo que ao sobrepor os intervalos de colheita, a janelas entre uma amostragem e outra fosse de 3 horas.

Uma amostra representativa do conteúdo ruminal foi colhida de cada animal em cada um dos horários propostos através da cânula, que em seguida foi filtrado em tecido de algodão. A fração sólida retida no tecido foi devolvida ao animal através da cânula. A parte líquida do fluido filtrado foi encaminhada imediatamente ao laboratório para determinação de pH em potenciômetro digital (Digimed® DM20). A partir dessa amostra, retirou-se 3 alíquotas de 20 mL que foram armazenadas em frascos acrílicos e congelados a -20° C para posteriores análises de AGCC e N-NH<sub>3</sub>.

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL do fluido ruminal adicionado de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados a 15.000 g, durante 15 minutos e a 4°C. Posteriormente, 1,2 mL de cada amostra foram transferidas para vials cromatográficos. Desse extrato injetou-se 1µL no cromatógrafo gasoso (CG HP 7890<sup>a</sup>; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25m; 0,32mm; 0,5 µm; JeW Agilent Technologies). A injeção foi realizada de modo automático. Foi utilizado H<sub>2</sub> para o processo de arraste, com fluxo de 31,35mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260°C. O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento: 80°C, 120°C e 205°C. A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de N-NH<sub>3</sub> foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO-RAD, Hercules, CA), utilizando filtro para absorvância de 550nm.

### 3.2.6. Caracterização dos tamanhos de partículas das ofertas e sobras

A caracterização física das partículas dos ingredientes, ofertas e sobras foram realizadas a partir do método de separação com conjunto de peneiras Penn State, as quais possuem um total de 4 compartimentos com crivos distintos (19mm, 8 mm, 4mm e fundo). Após a estratificação seguinte aos 40 movimentos realizados em cada amostra analisada (5 vezes em cada lateral do quadrado, girando duas vezes), cada estratificação foi pesada para posterior cálculo de porcentagem retida em relação ao total da amostra.

As amostras das ofertas e sobras nos momentos de digestibilidade e comportamento ingestivo foram amostradas e analisadas separadamente, a fim de representar as possíveis mudanças no comportamento animal em cada momento.

### 3.2.7. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Procedimento MIXED do SAS (2002). Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado como efeito significativo quando  $P \leq 0,05$ . Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do r de student. O conjunto de dados que não respeitou algumas das premissas estatísticas foi submetido às transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Para as variáveis de fermentação ruminal foi utilizado o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ijk} = \mu + D_i + B_j + E_{ij} + P_k + (BP)_{jk} + (DP)_{ik} + E_{ijk}$ , onde  $\mu$  = média geral;  $D_i$  = efeito fixo da dieta;  $b_j$  = efeito aleatório de bloco;  $e_{ij}$  = erro residual A;  $P_k$  = efeito fixo de hora de coleta;  $(bP)_{jk}$  = efeito aleatório da interação bloco x dia;  $(DP)_{ik}$  = efeito fixo da interação dieta x dia, e  $e_{ijk}$  = erro residual B. As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance components, toeplitz e heterogeneous toeplitz” foram testadas e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion” (AIC).

O consumo, digestibilidade dos nutrientes e comportamento foram analisadas com o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + D_i + b_j + E_{ij}$ , em que  $\mu$  =

média geral;  $D_i$  = efeito fixo da dieta;  $b_j$  = efeito aleatório de bloco e  $e_{ij}$  = erro residual. O bloco foi incluído como efeito aleatório.

Para todas as variáveis respostas as médias foram obtidas através do comando LSMEANS. Foi utilizado os polinômios linear e quadrático para avaliação dos efeitos de tratamento.

### 3.3. Resultados e discussão

A inclusão de CS em dietas a base de MG inteiro e NPP resultou em efeito quadrático para o CMS ( $P = 0,01$ ), sendo o maior consumo observado para o tratamento CS33 (Tabela 7). Também foi observado efeito quadrático para o consumo de todos os nutrientes avaliados ( $P < 0,05$ ) no consumo de MS em % do PC ( $P = 0,01$ ) e g/kg peso corporal metabólico.

Segundo dados obtidos por Ferreira (2011), o qual trabalhou com ovinos de corte em dieta com elevada proporção de concentrado (90% na MS), a substituição parcial de milho por CS (31,4% da MS da dieta total) levou a uma resposta linear positiva no CMS, consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) e consumo de proteína bruta (CPB) em kg/dia, bem como o CMS em g/kg de peso corporal metabólico, o que difere das respostas obtidas no presente estudo, o qual verificou efeito quadrático sobre o CMS e DATT. As divergências notadas ao comparar os estudos, provavelmente, se dão pelas diferentes inclusões de CS, uma vez que, a maior substituição feita por Ferreira (2011) assemelha-se com o primeiro nível de substituição do presente trabalho, bem como o uso de uma fonte de volumoso e a ausência da mesma nessa situação, além de trabalhar com espécies diferentes.

Possivelmente, o maior consumo observado pelo CS33 pode ser atribuído a menor densidade energética da CS quando comparada com o milho (NRC, 2007), levando a um maior CMS no intuito de compensar o déficit energético, bem como a maior taxa de passagem das dietas com CS em resposta de seu tamanho de partícula e gravidade específica (WEIDNER & GRANT, 1994). Ferreira (2011) notou incrementos nas variáveis de consumo ao realizar substituições de até 31,4% de milho moído por CS, valor este próximo ao ponto de inflexão da curva do efeito quadrático observado nesse estudo, legitimando as respostas encontradas.

As quedas nas variáveis de consumo (MS, kg; MS, %PC; MS, g/kg PC<sub>0,75</sub>; MO, kg; PB, kg; EE, kg; CHO totais, kg e CNF, kg) a partir do tratamento CS33 podem ser relacionadas a limitação física, a qual é proporcionada em situações de elevados teores de FDN na dieta (MERTENS, 1994). Outro ponto de relevância seria a substituição de um ingrediente em sua forma íntegra (milho grão inteiro) por outro ingrediente processado, com maior superfície de contato, favorecendo assim a adesão bacteriana e respectivas respostas fermentativas, além da liberação lenta dos nutrientes. Araujo (2006) realizou a substituição total do feno por casca de soja e observou queda de consumo pelos animais, mostrando que mesmo mantendo os níveis de FDN total da dieta há a necessidade de uma fonte de FDN fisicamente efetivo, que seria mais íntegro e eficiente em estimular a ruminação pelos animais.

Em relação a digestibilidade aparente dos nutrientes, a inclusão de CS resultou em efeito quadrático para a digestibilidade da MS ( $P = 0,02$ ), MO ( $P = 0,01$ ), PB ( $P = 0,03$ ), CHO totais ( $P = 0,02$ ) e CNF ( $P < 0,01$ ), sendo a maior digestibilidades observada no tratamento CON e a menor digestibilidade para o tratamento CS66. Em contrapartida, a inclusão de CS aumentou linearmente a digestibilidade da FDN ( $P = 0,05$ ).

Segundo Anderson et al. (1988), a taxa de degradação média da CS é de 6,6%/h. Já Hsu et al. (1987), trabalhando com vacas holandesas canuladas, através do método *in situ*, notaram taxa de desaparecimento da MS da CS de 64,4; 90,6 e 100% nas primeiras 12, 27 e 36h, respectivamente, chegando a uma taxa de desaparecimento média de 7,7%/h. Em estudo *in vivo*, Hsu et al. (1987), utilizando ovinos canulados em dieta contendo 80% de CS, mensuraram uma DATT de 74,2% para a MS, 61% para a PB e 71,6% para a fração de FDN. Já Tambara et al. (1995) notaram 69,3% para a digestibilidade *in vitro* da MS, sendo que a DATT da MS foi de 65,4%.

Segundo alguns autores a digestibilidade *in vivo* da CS é menor do que a fermentação *in vitro* e *in situ* (HSU et al., 1987; ANDERSON et al., 1988; TAMBARA et al., 1995). De acordo com Ipharraguerre & Clark (2003), as diferenças podem ser ainda maiores quando se compara a digestibilidade *in vivo* com as técnicas *in situ* e *in vitro*, principalmente em situações de dietas exclusivas de CS ou mesmo quando o coproduto ocupa maior parte da ração. Uma das explicações atribuídas a este fato é de que a CS aumenta a taxa de passagem ruminal, visto que sua densidade específica é muito baixa ( $170 \text{ kg/m}^3$ ), fazendo com que a ingesta passe de forma

mais rápida para o trato posterior e, dessa forma, tenha menos chances de sofrer ação dos microrganismos ruminais (ANDERSON et al., 1988; NAKAMURA & OWEN, 1989; MULLIGAN et al., 1999).

**Tabela 7.** Consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de casca de soja em dietas a base de milho grão inteiro e núcleo peletizado proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P		
	CON	CS33	CS66	CS85		L	Q	C
<b>Consumo</b>								
MS, kg	7,14	8,99	7,60	7,09	0,57	0,61	0,01	0,21
MS, %PC	1,59	2,04	1,74	1,63	0,11	0,84	<0,01	0,19
MS, g/kg PC <sup>0,75</sup>	73,3	93,4	79,6	74,4	5,30	0,77	<0,01	0,19
MO, kg	6,71	8,49	7,08	6,56	0,54	0,49	<0,01	0,19
FDN, kg	0,73	2,91	3,94	4,58	0,28	<0,01	0,04	0,38
PB, kg	0,99	1,24	1,05	0,91	0,08	0,25	<0,01	0,35
EE, kg	0,28	0,29	0,19	0,12	0,01	<0,01	<0,01	0,22
CHO totais, kg	5,41	6,95	5,84	5,53	0,45	0,79	0,01	0,16
CNF, kg	4,68	4,04	1,90	0,97	0,26	<0,01	0,04	0,16
<b>Digestibilidade, %</b>								
MS	78,82	66,26	59,88	64,89	2,89	0,04	0,02	0,46
MO	80,18	67,26	61,95	67,31	2,92	<0,01	0,01	0,54
FDN	54,16	63,62	62,30	66,30	3,92	0,05	0,51	0,39
PB	76,78	63,36	55,37	58,83	2,90	<0,01	0,03	0,48
EE	74,16	63,21	65,19	66,79	3,71	0,18	0,10	0,59
CHO totais	81,17	68,15	62,97	68,69	3,13	<0,01	0,02	0,55
CNF	86,34	71,20	64,76	79,74	3,95	0,07	<0,01	0,19
NDT*	80,15	66,19	59,61	63,20				

Tratamentos: CON – controle (sem presença de CS); CS 33 - Inclusão de 33% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total; CS 66 - Inclusão de 66% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total; CS 85 - Inclusão de 85% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total.

\*NDT = Nutrientes digestíveis totais observado.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

Segundo Grigsby et al. (1992), os quais trabalharam a substituição de feno por CS em até 60% da MS, a substituição do volumoso pela CS levou a um aumento linear na digestibilidade da fração fibrosa da dieta, mesmo com o aumento da fração de FDN pelo acréscimo do coproduto, efeitos também observados por Pantoja et al. (1994) e Weidner & Grant (1994). Em relação a utilização de CS em substituição ao milho, as pesquisas demonstram, de forma consistente, que a introdução desse coproduto aumenta a digestibilidade da FDN (SARWAR et al., 1992; GRIGSBY et al., 1993; ZERVAS et al., 1998), o que corrobora com o resultado encontrado nesse trabalho, no qual observou-se um aumento linear ( $P = 0,05$ ) sobre a digestibilidade aparente da FDN ao longo que foram feitas as substituições do MG por CS. O

aumento na digestibilidade da fração de FDN pode estar associado a composição química da fibra presente na CS (HOOVER, 1986; NAKAMURA & OWEN, 1989; SARWAR et al., 1992; WEIDNER & GRANT, 1994; FIRKINS, 1997).

Os efeitos sobre a DATT das variáveis de MS, MO, PB, carboidratos totais (CHO) e carboidratos não fibrosos (CNF) ( $P < 0,05$ ) foram relacionadas com o CMS e composição das dietas experimentais, uma vez que os teores de FDN (9,72 Vs 64,8%), amido (72 Vs 1,1%) e lignina (1,18 Vs 2,4%) são distintos quando se compara milho com CS, respectivamente (NASEM, 2016). Dessa forma, as substituições de milho pelo coproduto em questão levaram a maiores proporções de FDN nas dietas experimentais. O efeito para a PB está, possivelmente, relacionado com o CMS e os tipos de nutrientes ingeridos, bem como a taxa de passagem devido as gravidades específicas de cada ingrediente, o que diminuiria o tempo de permanência ruminal e as chances de fermentação bacteriana, influenciando assim, a síntese microbiana (ANDERSON et al., 1988, CORREA et al., 2002).

Segundo Ipharraguerre e Clark (2003), de modo geral, a substituição de milho por CS em ração de animais ruminantes não afeta a concentração ruminal total dos AGCC. Resposta não observada nesse estudo (Tabela 8), no qual foi encontrado efeito quadrático ( $P < 0,01$ ) para essa variável. O maior consumo de matéria seca alinhado a maior produção de acetato nos tratamentos C33 e C66 ( $P < 0,01$ ) fizeram com que a concentração ruminal total dos AGCC fossem maiores nesses dois tratamentos em relação ao controle, e em relação ao tratamento CS85. A menor produção do tratamento CS85 provavelmente se dá pelo menor CMS e a menor produção de propionato, o que fez com que o tratamento C85 fosse incapaz de manter a mesma concentração dos tratamentos anteriores.

Houve interação entre tratamento e hora na concentração de acetato, o tratamento CON diferenciou do CS33 nas coletas H6, H12 e H16, já os demais tratamentos foram diferentes do controle em todas as coletas (Figura 2). O tratamento CS85 foi o que apresentou maiores concentrações de acetato, diferenciando do CS66 nas horas 3, 15 e 18. Os tratamentos CS33 e CS66 apresentaram valores intermediários de concentração de acetato, se diferenciando apenas nas coletas das horas 0, 15 e 21. O aumento na proporção de acetato ao decorrer da substituição do MG pela CS é explicado pelo maior teor de FDN da dieta com as inclusões de CS, uma vez que o acetato é o principal AGCC originado com a fermentação da fração fibrosa. Respostas essas que estão de acordo com as

observadas na literatura em situações de substituições de milho por CS (GRIGSBY et al., 1992; CUNNINGHAM et al., 1993; IPHARRAGUERRE & CLARK., 2003).

Em relação a concentração de propionato, também foi observado efeito de interação entre tratamento e hora, como mostrado na figura 3. O tratamento CON apresentou diferentes concentrações de propionato em relação aos tratamentos CS66 e CS85 durante todas as coletas, enquanto que o CS33 apresentou diferença apenas em 5 dos 8 horários de coleta (0, 3, 6, 12 e 18). O tratamento CS85 foi o que apresentou menores concentrações de propionato e apesar de não ter apresentado diferença em nenhum dos horários em relação ao CS66, em todas as coletas o tratamento de maior inclusão de CS (CS85) apresentou menores concentrações de propionato que em comparação ao CS33. Os tratamentos CS33 e CS66 apenas apresentaram diferenças na concentração no primeiro e último horário de coleta (0 e 21).

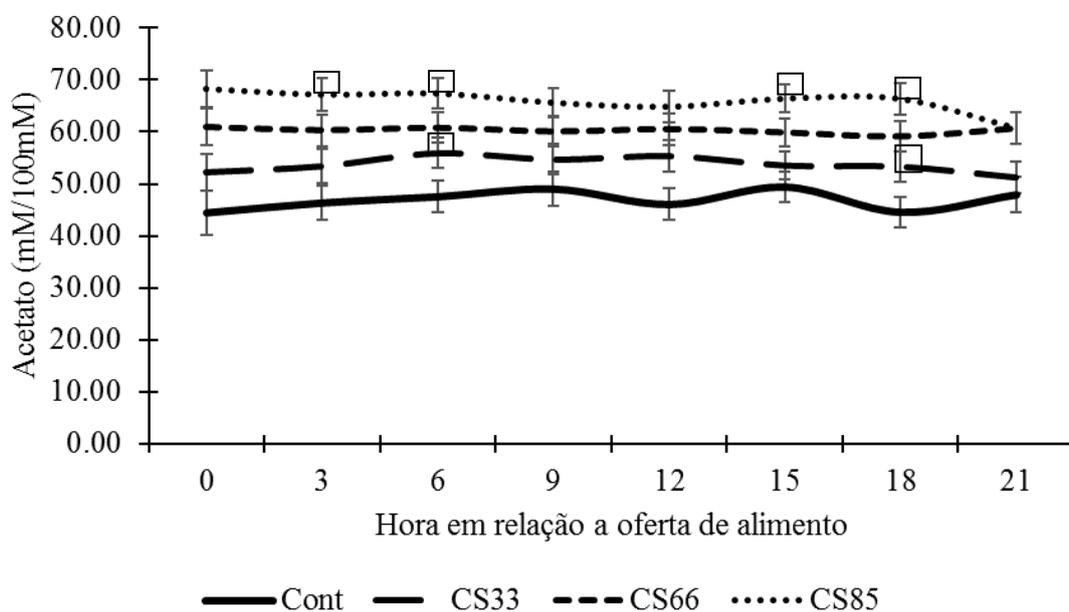
**Tabela 8.** Parâmetros de fermentação ruminal de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de casca de soja em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P				
	Cont	CS33	CS66	CS85		L	Q	C	H	T×H
Proporção Molar, mM/100mM										
Acetato	44,93	53,75	60,27	66,68	3,10	<0,01	0,93	0,64	0,10	<0,01
Propionato	39,29	31,82	26,57	22,43	2,65	<0,01	0,85	0,75	<0,01	<0,01
Isobutirato	0,54	0,34	0,31	0,31	0,05	<0,01	0,07	0,70	<0,01	0,56
Butirato	9,56	10,71	9,49	7,83	1,48	0,37	0,27	0,97	<0,01	0,23
Isovalerato	1,94	1,26	1,54	1,49	0,33	0,38	0,23	0,40	<0,01	<0,01
Valerato	2,49	1,73	1,77	1,17	0,47	0,037	0,88	0,36	<0,01	0,80
Total, mM	65,07	84,93	84,45	71,58	5,55	0,20	<0,01	0,78	<0,01	0,15
C2:C3	1,33	1,77	2,39	2,97	0,24	<0,01	0,39	0,83	0,02	<0,01
C2C4:C3	1,61	2,09	2,75	3,30	0,26	<0,01	0,48	0,90	<0,01	<0,01
pH ruminal	5,74	5,54	5,51	5,63	0,08	0,15	0,02	0,70	<0,01	<0,01
Amônia, mg/dL	12,65	13,28	10,64	6,93	0,95	0,01	0,01	0,79	0,01	0,07

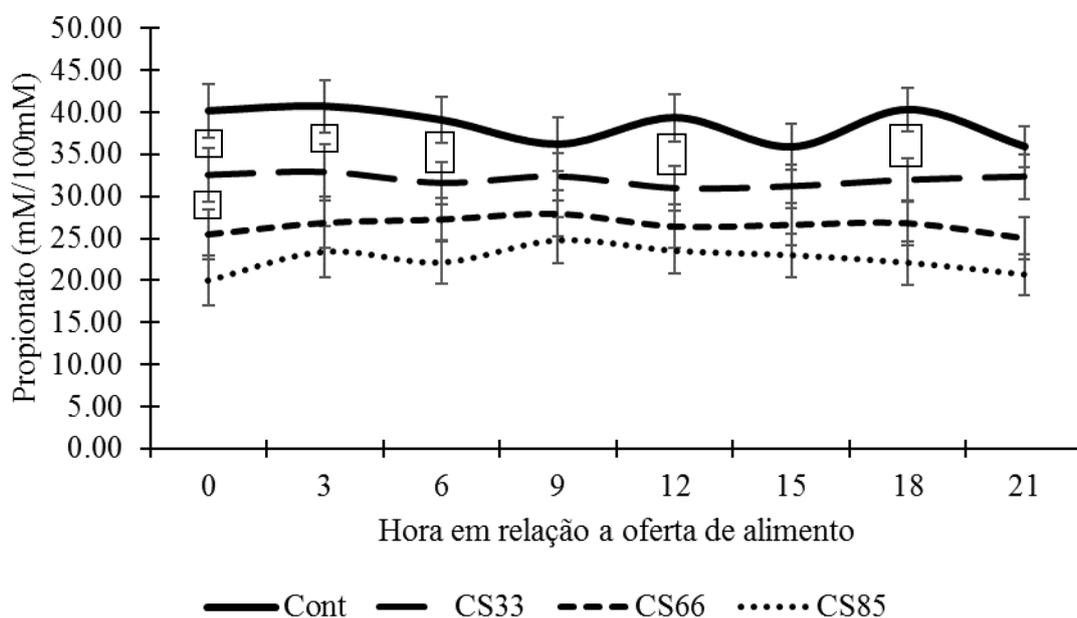
Tratamentos: CON – controle (sem presença de CS); CS 33 - Inclusão de 33% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total; CS 66 - Inclusão de 66% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total; CS 85 - Inclusão de 85% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

**Figura 2** – Concentração de Acetato em função da hora em relação a oferta de alimento.



**Figura 3** - Concentração de Propionato em função da hora em relação a oferta de alimento.



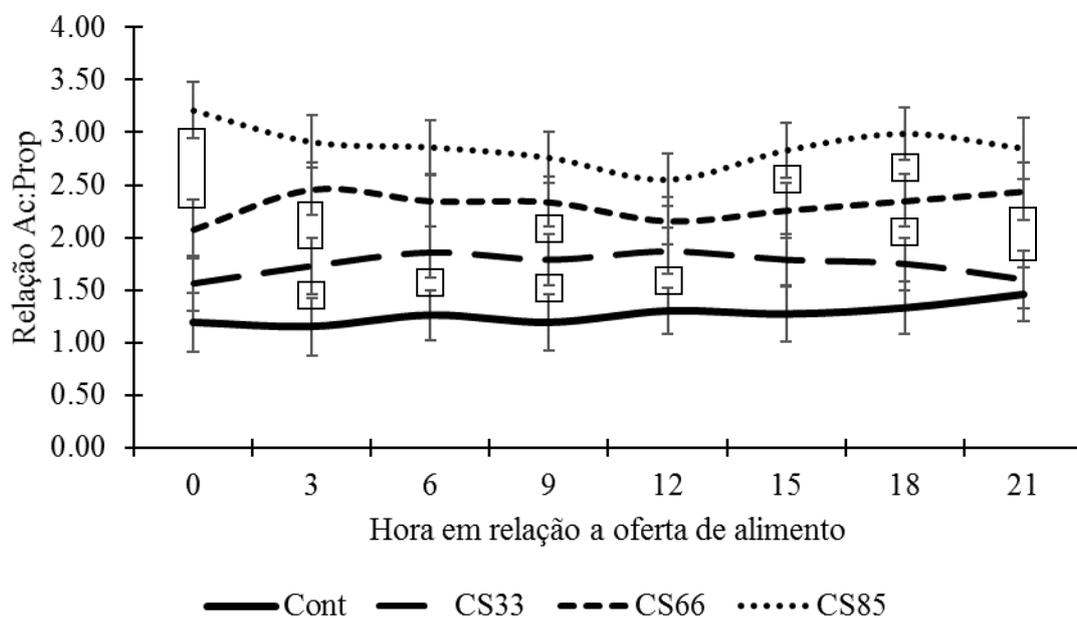
A concentração de isobutirato diminuiu linearmente ( $P < 0,01$ ), não foi observado efeito de interação entre tratamento e hora ( $P > 0,05$ ), porém foi observado efeito para hora ( $P < 0,01$ ) em relação a concentração molar de isobutirato.

A relação acetato propionato apresentou interação entre tratamento e hora. O tratamento CON foi o que apresentou a relação mais próxima a um, diferenciando-se

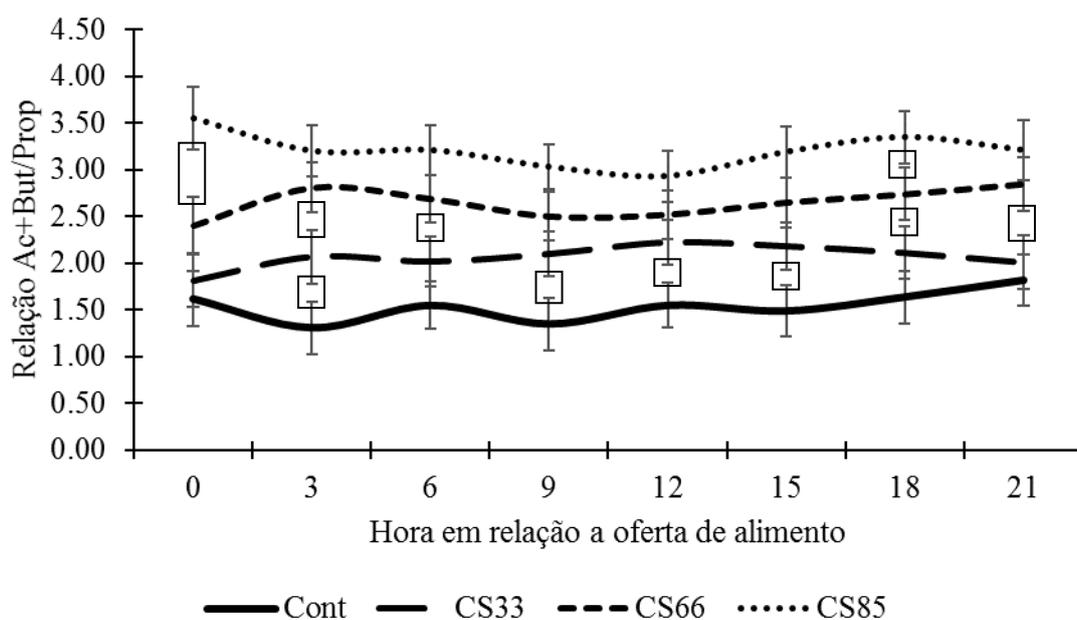
dos tratamentos CS66 e CS85 em todos os horários de coleta, e nas horas 3, 6, 9 e 12 do tratamento CS33. O CS85 ficou com a relação mais elevada, diferenciando do CS66 em apenas 3 horários (0, 15 e 18) e sendo diferente do tratamento CS33 em todos os horários de coleta, mantendo sempre uma relação mais aberta de C2:C3 ao longo do dia. Os tratamentos CS33 e CS66 apresentaram relações intermediárias ao longo das oito coletas, diferenciando os valores nas horas 3, 9, 18 e 21. A substituição do MG por CS levou a um aumento na concentração de C2 e também a um decréscimo na concentração de C3, automaticamente levando a uma relação mais aberta à medida que foram realizadas as substituições. A interação entre tratamento e hora, provavelmente, aconteceu pelos diferentes padrões de fermentação dos nutrientes presentes em cada uma das dietas experimentais, além das mudanças nos teores dos nutrientes em cada dieta, principalmente CNF e CF, a fermentação do amido nessa situação, por estar protegido pelo pericarpo, teve sua fermentação mais lenta em relação à CS, o que leva a picos de fermentação dos nutrientes em faixas de horários distintos, modificando os AGCC produzidos, responsáveis pela relação entre C2 e C3 (Figura 4).

A relação C2C4:C3 também apresentou interação entre tratamento e hora, sendo o tratamento CON o que apresentou os menores valores ao longo do dia. Em comparação as dietas CS85 e CS66 o tratamento CON foi diferente em todos os horários de coletas, porém em relação ao CS33 houve diferença em apenas 4 dos 8 horários, sendo eles as horas 3, 9, 12 e 15. O CS85 foi o que apresentou as maiores relações, diferenciando do CS66 nas horas 0 e 18, sendo diferente nos 8 horários dos tratamentos CS33 e CON. Os tratamentos de inclusões intermediárias apresentaram as relações também em valores intermediários, diferente entre si nas horas 3, 6, 18 e 21. Como o C4 não apresentou diferença nas concentrações entre os tratamentos, sua influência em tal relação é praticamente nula, resultando em uma resposta muito próxima ao observado na relação C2:C3. A Figura 5 mostra o perfil da relação entre os AGCC, mostrando diferente perfil de fermentação e produtos gerados em decorrência das diferentes inclusões de ingredientes e, consecutivamente, de nutrientes na dieta dos animais, modificando os produtos da fermentação e as respostas ao longo do dia.

**Figura 4** – Relação acetato:propionato em função da hora em relação a oferta de alimento.



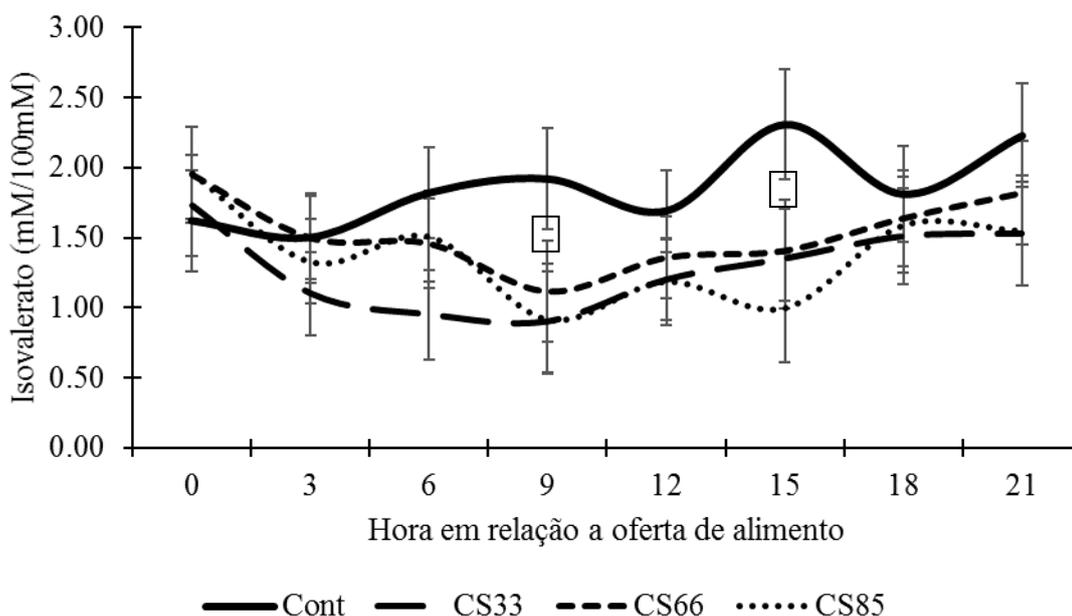
**Figura 5** – Relação do acetato mais o butirato:propionato em função da hora em relação a oferta de alimento.



De acordo com a Figura 6, a inclusão de CS levou a um decréscimo na concentração de isovalerato nos momentos seguintes a primeira alimentação. Os

tratamentos com CS apresentaram os níveis mais baixos de isovalerato em 6 dos 8 horários avaliados, os tratamentos CS33, CS66 e CS85 não apresentaram diferenças em entre si em nenhum dos horários observados. O tratamento CON apresentou concentração de isovalerato superior a todos os demais tratamentos nas horas 9 e 15, e foi superior ao CS33 6 horas após a primeira hora de coleta.

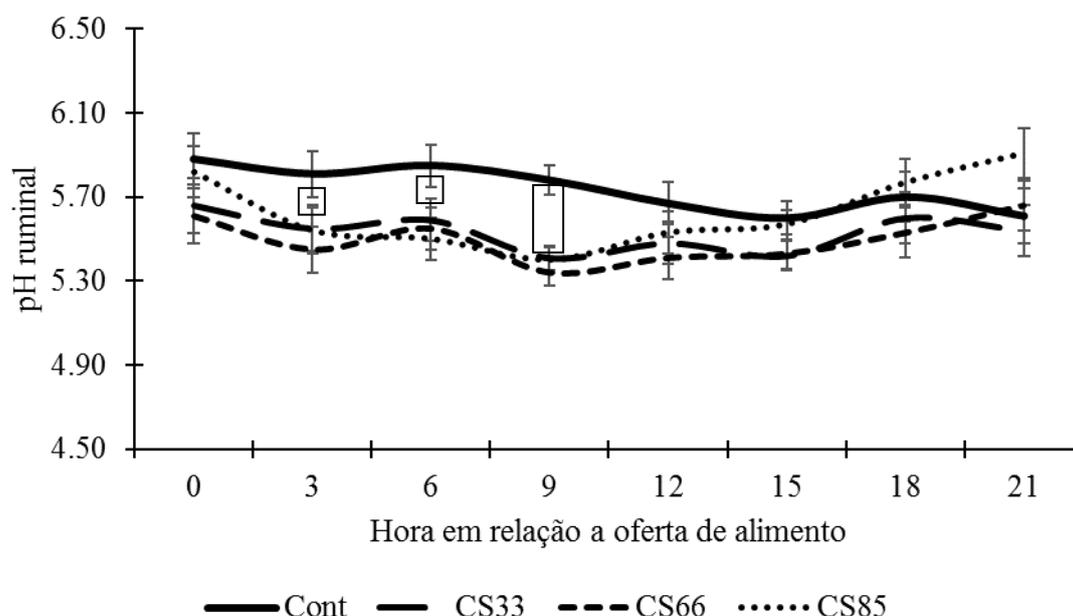
**Figura 6** - Concentração de isovalerato em função da hora em relação a oferta de alimento.



Também foi observado efeito de interação entre tratamento e hora ( $P < 0,01$ ) para pH ruminal. A Figura 7 mostra as diferentes respostas sobre o pH ao longo do dia com as diferentes dietas ofertadas aos animais, nota-se que o tratamento CON apresenta uma queda de pH mais tardia do que quando comparado com os tratamentos com CS, os quais apresentam queda abrupta de pH logo nos primeiros momentos. O CON apresentou pH mais elevado em relação ao CS66 logo na primeira coleta, efeito também observado nas horas 12 e 15. Em relação ao tratamento de menor substituição, o CON foi maior nas horas 6 e 15. O tratamento CS85 apresentou valores de pH superiores ao CS66, muito provavelmente a diferença nos valores pode ser explicada pelas diferenças no CMS. Logo as diferenças observadas estão, provavelmente, relacionadas com as características de integridade física dos ingredientes, uma vez que o MG, por possuir grande parte de sua barreira de proteção intacta, faz com que os nutrientes sejam liberados de forma gradativa no ambiente ruminal, situação que não é proporcionada pela CS (Kozloski,

2011). O tratamento CS85 a partir da hora 12 apresentou uma resposta diferente dos demais tratamentos com CS, o que pode ser justificado com o menor CMS, o que leva menor ingestão de material sujeito a fermentação e, consecutivamente, menor produção de ácidos responsáveis por diminuir os parâmetros de pH ruminal. Em estudo com dieta sem forragem e 83,40% de CS (na MS), Weise (2016) obteve resultados semelhantes ao do presente estudo, reforçando que esse croproduto, sem uma fonte volumoso, é ineficiente em segurar o pH ruminal, uma vez que o autor notou variação de pH de 5,7 a 5,3 ao longo de 24 horas para o tratamento sem volumoso, valores esses, próximos aos dos tratamentos com CS no presente estudo.

**Figura 7** – pH Ruminal em função da hora em relação a oferta de alimento.



Weise (2016), ao avaliar novilhos alimentados com dietas a base de CS com e sem volumoso mostrou que, apesar das dietas possuírem valores próximos de FDN, as diferenças nas características físicas influenciam de modo significativo nas respostas geradas no animal. O autor relata que a CS e a aveia grão foram iguais em estimular a ruminação quando associadas ao volumoso, porém, com a retirada do volumoso, a CS mostrou ser menos eficiente que a aveia grão e até mesmo a mistura de aveia grão com CS (1,21; 5,73 e 3,66 horas por dia respectivamente).

A substituição do MG pela CS levou a mudanças no comportamento ingestivo pelos animais, como mostrado na tabela 9.

**Tabela 9.** Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de casca de soja em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P		
	Cont	CS33	CS66	CS85		L	Q	C
Min/d								
Ingestão	131,3	148,8	171,3	185,0	12,62	0,0029	0,8294	0,9664
Ruminação	113,0	111,7	73,0	89,8	18,84	0,1556	0,9030	0,2584
Mastigação	244,3	260,5	244,3	274,5	22,04	0,4436	0,8037	0,3081
Ócio	1205,7	1189,5	1205,7	1175,5	22,04	0,4436	0,8037	0,3081
Min/kg de MS								
Ingestão	14,67	15,92	19,65	23,67	1,95	0,0009	0,2358	0,8734
Ruminação	12,87	11,57	8,27	12,08	2,49	0,5174	0,4417	0,3416
Mastigação	27,62	27,57	28,00	35,52	3,53	0,1563	0,2518	0,4438
Min/kg de FDN								
Ingestão	141,8	45,97	37,87	36,12	7,71	<0,0001	<0,0001	0,0921
Ruminação	99,35	33,70	15,88	18,88	11,27	<0,0001	0,0170	0,7874
Mastigação	232,3	79,67	53,76	55,00	10,84	<0,0001	<0,0001	0,1769
Min/kg de FDNfe								
Ingestão	142,9	47,59	38,98	38,15	7,27	<0,0001	<0,0001	0,0893
Ruminação	101,2	34,81	16,28	19,90	11,45	<0,0001	0,0168	0,8154
Mastigação	236,6	82,40	55,26	58,05	10,76	<0,0001	<0,0001	0,1956

Tratamentos: CON – controle (sem presença de CS); CS 33 - Inclusão de 33% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total; CS 66 - Inclusão de 66% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total; CS 85 - Inclusão de 85% de casca de soja peletizada na matéria seca da dieta total.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

Foi observado efeito linear positivo ( $P < 0,01$ ) em relação ao tempo por dia (min/dia) destinado a ingestão de alimento bem como efeito linear ( $P < 0,01$ ) para min/kg de MS, o que pode ser explicado pela menor densidade da CS, dessa forma, mesmo que o CMS dos animais tenha reduzido a partir da segunda substituição, a menor densidade da CS fez com que o volume fosse maior, necessitando com que fosse despendido maior tempo para a ingestão, além de maior tempo destinado a

seleção de alimentos com maior poder em estimular o tamponamento ruminal (MULLIGAN et al., 1999).

Foi observado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) para ingestão, ruminação e mastigação em min/kg de FDN, bem como para min/kg de FDNfe. A substituição de MG por CS fez com que os valores de FDN subissem à medida que o coproduto fosse utilizado nas dietas experimentais, dessa forma, o tempo necessário para ingerir uma mesma quantidade de FDN diminuiu a medida que a inclusão do coproduto avançou, já para ruminação e mastigação o ponto de menor tempo necessário foi no tratamento CS66. Os efeitos quadráticos podem ser explicados pela relação direta com o CMS, a qual, pela resposta quadrática, faz com que o consumo tenha uma queda a partir de determinado ponto de utilização, sendo que o maior nível de substituição no estudo não foi capaz de a inflexão desse ponto, uma vez que no tratamento CS85 o tempo em minutos por quilograma de MS foi 37,87, e no tratamento CS66 foi 36,12.

Também foi observado efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para ingestão de MS em minutos por dia, bem como para minutos por quilograma de matéria seca ingerida. Pela menor densidade da CS em relação ao MG, o volume de dieta necessário para ingerir um mesmo peso aumenta, dessa forma, o tempo despendido para ingestão aumentou, mesmo que a resposta em relação a consumo de matéria seca tenha apresentado efeito quadrático. Outro ponto que se relaciona com a resposta citada é o tempo destinado a seleção de ingredientes específicos da dieta, com isso, o tempo de permanência na atividade de alimentação apresentou acréscimo à medida que o MG foi substituído das dietas experimentais.

Em estudo com cordeiros em terminação, Carvalho et al. (2014) realizou substituições de volumoso (silagem de sorgo) por CS até a substituição total nas dietas, e observou que houve efeito linear positivo em relação ao consumo de matéria seca pelos animais, evidenciando também aumento linear no consumo de FDN/dia. Foi observado também efeito linear negativo em relação a ruminação em minutos por dia. As diferenças nas respostas podem estar associadas, desde ao perfil de dieta, na qual em um estudo a substituição foi de um volume por um concentrado de caráter fibroso, enquanto que no estudo em questão a substituição foi em relação a um concentrado energético com predominância de amido por um concentrado fibroso, bem como nos animais trabalhados, uma vez que os pequenos

ruminantes apresentam um volume maior de mastigação por kg de MS do que em relação aos bovinos, de acordo com Borges et al. (2011).

### **3.4. Conclusão**

A inclusão de 33% de casca de soja na matéria seca da dieta total foi eficaz em aumentar o consumo de matéria seca em % peso corporal em 28,3% em relação ao tratamento controle, mesmo levando a quedas mais abruptas no pH ruminal. A substituição total do milho grão pela casca de soja levou a alterações significativas nos parâmetros ruminais, alterando também, o comportamento ingestivo dos animais, dessa forma não é viável a substituição total do milho pela casca de soja.

### 3.5. Referências

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of animal science*, v. 87, n. 10, p.3317-3334, 2009.

AMORIM, G. L., BATISTA, Â. M. V., DE CARVALHO, F. F. R., GUIM, A., CABRAL, A. M. D., DE MORAES, A. C. A. Substituição do milho por casca de soja: consumo, rendimento e características de carcaça e rendimento da buchada de caprinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 30, n. 1, p. 41-49, 2008.

ANDERSON, S. J.; MERRILL, J. K.; KLOPFENSTEIN, T. J. Soybean hulls as an energy supplement for the grazing ruminant. *Journal of Animal Science*, n.66, v.11, p. 2959-2964, 1988.

ARAUJO, R. C. D. Produção de leite e atividade ovariana pós-parto de ovelhas Santa Inês alimentadas com casca de soja em substituição ao feno de 'coastcross': (*Cynodon* sp.). 2006. 137p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

ARMENTANO, L; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of dairy science**, v. 80, n. 7, p. 1416-1425, 1997.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington, 1992. V. 1.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed. Gaithersburg, 1997.1141p.

BOLZAN, I. T.; SANCHEZ, L. M. B.; CARVALHO, P. A.; VELHO, J. P.; LIMA, L. D. D.; MORAIS, J.; CADORIN Jr, R. L. Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com dietas contendo grão de milho moído, inteiro ou tratado com uréia, com três níveis de concentrado. *Ciência Rural*, n. 37, p. 229-234, 2007.

BORGES, C. A. A.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI, I. Y.; SILVA, L. D. F.; PEREIRA, E. S.; ZARPELON, T. G.; CONSTANTINO, C.; FAVERO, R. Substituição de milho grão inteiro por aveia preta grão no desempenho de cordeiros confinados recebendo dietas com alto grão. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 1, p. 2011-2020, 2011.

CAÑIZARES, G.I.L.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M.C. Metabolismo de carboidratos não estruturais em ruminantes. *Archives of Veterinary Science*, v.14, n.1, p.63-73, 2009.

CANNAS, Antonello et al. Decreasing dietary NFC concentration during mid-lactation of dairy ewes: Does it result in higher milk production. **Small Ruminant Research**, v. 111, n. 1-3, p. 41-49, 2013.

CARVALHO, S. Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Viçosa, Minas Gerais. 118 p. 2002.

CARVALHO, S., DIAS, F. D., PIRES, C. C., BRUTTI, D. D., LOPES, J. F., SANTOS, D., GRIEBLER, L. Comportamento ingestivo de cordeiros Texel e Ideal alimentados com casca de soja. **Archivos de zootecnia**, v. 63, n. 241, p. 55-64, 2014.

CHANEY, Albert L.; MARBACH, Edward P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical chemistry**, v. 8, n. 2, p. 130-132, 1962.

CHESSON, A.; MONRO, J. A. Legume pectic substances and their degradation in the ovine rumen. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 33, n. 9, p. 852-859, 1982.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, Brasília. v. 8, n. 12, safra 2020/2021 – Brasília: Conab, 2021. 98p.

CORREA, C. E. S.; SHAVER, R. D.; PEREIRA, M. N.; LAUER, J. G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of dairy science*, v.85, n.11, p.3008-3012, 2002.

CUNNINGHAM, K. D.; CECAVA, M. J.; JOHNSON, T. R. Nutrient digestion, nitrogen, and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **Journal of Dairy Science**, v. 76, n. 11, p. 3523-3535, 1993.

FERREIRA, E. M. et al. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 12, p. 4127-4133, 2011.

FERREIRA, E. M. Substituição parcial do milho pela casca de soja na alimentação de cordeiros da raça Santa Inês em confinamento. 2008. 81p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

FIRKINS, Jeffrey L. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 7, p. 1426-1437, 1997.

GENTIL, R. S., SUSIN, I., PIRES, A. V., FERREIRA, E. M., MENDES, C. Q., ALMEIDA, O. C. D., QUEIROZ, M. A. Á. Metabolismo de nutrientes em ovinos alimentados com casca de soja em substituição ao feno de coastcross. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 2835-2843, 2011.

GRIGSBY, K. N.; KERLEY, M. S.; PATERSON, J. A.; WEIGEL, J. C. Combinations of starch and digestible fiber in supplements for steers consuming a low-quality bromegrass hay diet. *Journal of Animal Science*, v.71, n.4, p.1057-1064, 1993.

GRIGSBY, K. N.; KERLEY, M. S.; PATERSON, J. A.; WEIGEL, J. C. Site and extent of nutrient digestion by steers fed a low-quality bromegrass hay diet with incremental

levels of soybean hull substitution. *Journal of Animal Science*, v.70, n. 6, p.1941-1949, 1992.

HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.

HSU, J. T.; FAULKNER, D. B.; GARLEB, K. A.; BARCLAY, R. A.; FAHEY Jr, G. C.; BERGER, L. L. Evaluation of corn fiber, cottonseed hulls, oat hulls and soybean hulls as roughage sources for ruminants. *Journal of Animal Science*, v.65, n.1, p.244-255, 1987.

IPHARRAGUERRE, I. R.; CLARK, J. H. Soyhulls as an alternative feed for lactating dairy cows: a review. *Journal of Dairy Science*, v.86, n.4, p.1052-1073, 2003.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. Ed. Santa Maria: Ed. Da UFMS, 2011. 212p.

LUDDEN, P. A.; CECAVA, M. J.; HENDRIX, K. S. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. *Journal of Animal Science*, v.73, n. 9, p.2706-2711, 1995.

MENDES, C. Q., TURINO, V. D. F., SUSIN, I., PIRES, A. V., MORAIS, J. B. D., GENTIL, R. S. Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 594-600, 2010.

MULLIGAN, F. P.; O'MARA, F. P.; CAFFREY, P. J.; RATH, M.; CALLAN, J.; FLYNN, B. The effect of feeding level on the retention time and degradability of soya hulls. In *Proceedings agricultural research forum*. Dublin: Faculty of Agriculture, p.135-136), 1999.

NAKAMURA, T.; OWEN, F. G. High amounts of soyhulls for pelleted concentrate diets. *Journal of Dairy Science*, v.72, n.4, p.988-994, 1989.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. 8ed. Nutrient requirements of beef cattle. Washington, DC, 2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washington, DC: National Academic Press, 2001. 381 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of small ruminants. Washington, DC: National Academic Press, 2007. 292 p.

PANTOJA, J.; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L.; HULL, B. L. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.77, n.8, p.2341-2356, 1994.

RUSSELL, James B.; WILSON, David B. Why are ruminal cellulolytic bacteria unable to digest cellulose at low pH. **Journal of dairy science**, v. 79, n. 8, p. 1503-1509, 1996.

SANTOS, D. T. D.; ROCHA, M. G. D.; QUADROS, F. L. F. D.; GENRO, T. C. M.; MONTAGNER, D. B.; GONÇALVES, E. N.; ROMAN, J. Suplementos energéticos para recria de novilhas de corte em pastagens anuais: Desempenho animal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.209-219, 2005.

SARWAR, M.; FIRKINS, J. L.; EASTRIDGE, M. L. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.6, p.1533-1542, 1992.

SILVA, M. R. H da; NEUMANN, M. Fibra efetiva e fibra fisicamente efetiva: conceitos e importância na nutrição de ruminantes. **FAZU em Revista**, v. 9, n. 1, p. 69-84, 2012.

VAN SOEST, P.J. van; ROBERTSON, JAMES B.; LEWIS, BETTY A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

WEIDNER, S. J.; GRANT, R. J. Altered ruminal mat consistency by high percentages of soybean hulls fed to lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v. 77, n.2, p.522-532, 1994.

WEISE, M. S. **Aveia branca e/ou casca de soja na dieta de bovinos alimentados com ou sem volumoso**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria. 2016.

ZAMBOM, M. A.; SANTOS, G. T.; MODESTO, E. C.; ALCALDE, C. R.; GONÇALVES, G. D.; SILVA, D. C.; FAUSTINO, J. O. Valor nutricional da casca do grão de soja, farelo de soja, milho moído e farelo de trigo para bovinos. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 23, p. 937-943, 2001.

ZERVAS, G.; FEGEROS, K.; KOYTSOTOLIS, K.; GOULAS, C.; MANTZIOS, A. Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. *Animal Feed Science and Technology*, v.76, n.2, p.65-75, 1998.

4. Efeito da substituição do milho grão pela polpa cítrica peletizada sobre o metabolismo ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo em novilhos nelores alimentados com dieta sem volumoso.

## Resumo

Trinta e dois novilhos Nelores castrados com peso médio de  $397 \pm 26$ kg foram utilizados para avaliar o efeito da substituição do milho grão inteiro pela polpa cítrica peletizada em dieta sem forragem. Os animais foram distribuídos em blocos completos casualizados, definidos pelo peso inicial, em quatro tratamentos com oito repetições cada. Os tratamentos incluíram a substituição de milho grão inteiro pela polpa cítrica peletizada em concentrações de 0, 33, 66 e 85 na MS, resultando nos tratamentos CON, PC33, PC66 e PC85, respectivamente. As dietas foram compostas por 15% de núcleo proteico peletizado e foram ajustadas para manter as dietas isoproteicas. As dietas foram oferecidas uma vez ao dia, ad libitum, e após 20 dias de adaptação, foram destinados 5 dias para mensuração e amostragem das fezes, ofertas e sobras para determinação da digestibilidade dos nutrientes. No 27º dia experimental, foi realizado um estudo do comportamento ingestivo por um período de 24 horas, com avaliação a cada 10 minutos. No 28º e 29º dia, foram realizadas as colheitas de líquido ruminal nas horas 0, 6, 12, 18 e 3, 9, 15 e 21, respectivamente. A substituição de milho grão inteiro por polpa cítrica peletizada resultou em diminuição linear em todas as variáveis de consumo. No entanto, houve aumento linear na digestibilidade da matéria orgânica, fibra em detergente neutro, extrato etéreo, carboidratos totais e carboidratos não fibrosos. Foi observado efeito linear para butirato, ácidos graxos totais e amônia ruminal. Também foi notado um aumento quadrático para a concentração de propionato, relação C2:C3 e C2C4:C3, bem como interação entre tratamento e hora para isobutirato e valerato. No comportamento ingestivo, foi observado um aumento linear no tempo de ingestão e uma diminuição do tempo de ruminação e mastigação. Conclui-se que a substituição de milho grão inteiro por polpa cítrica peletizada não foi eficiente em aumentar ou manter o consumo de matéria seca pelos animais, o que levou a mudanças pontuais nos parâmetros ruminais e comportamento ingestivo.

### 4.1. Introdução

A polpa cítrica (PC) é um coproduto obtido da produção do suco de laranja, sendo composta de casca, sementes e bagaço das frutas. Ao sair da fábrica, a PC apresenta elevada humidade, sendo conhecida como polpa cítrica úmida (PCU), bagaço de laranja ou polpa cítrica *in natura*, esse ingrediente possui cerca de 80% de umidade. Esse coproduto é almejado por diversos nutricionistas e produtores não apenas por suas características físico-químicas, mas também por proporcionar características interessantes na dieta como homogeneidade de mistura pela elevada proporção de água em sua composição, desprezando o operacional de adicionar

água ao vagão misturador, dependendo do nível de inclusão e MS alvo da dieta final. Porém, a elevada umidade em sua composição pode levar à alguns entraves em relação à estocagem desse coproduto. A alta proporção de água, temperatura e presença de carboidratos solúveis proporciona um ambiente de grande viabilidade para a proliferação de fungos, diminuindo seu tempo médio de armazenagem. Outro ponto de relevância são as perdas através da lixiviação dos nutrientes, muitas das vezes, em decorrência da elevada presença de água há a formação de um fluxo de água de dentro do monte de PCU, e parte desses nutrientes é perdida com o escoamento da água (FEGEROS et al., 1995; MACEDO et al., 2007; AGUIAR et al., 2016).

A PC também pode ser encontrada em sua forma seca, que seria a polpa cítrica peletizada (PCP). Para aumentar a viabilidade de armazenagem, melhorar a logística de transporte e operacional, a indústria realiza o processo de secagem da PCU, levando a teores em torno de 90% de MS. Outro ponto interessante em relação ao uso da PCP é que por apresentar elevado teor de MS, a necessidade de avaliação de MS desse coproduto é menor do que quando comparada com a PCU. A secagem da PC pode ser feita de duas maneiras, sendo elas de forma natural ou mecânica. A forma natural consiste em triturar o material e espalha-lo em uma camada fina para que a luz solar realize a desidratação, já a forma mecânica consiste em prensar e secar o material a uma temperatura entre 100 a 116°C (FEGEROS et al., 1995; AGUIAR et al., 2016).

Antes do processo de prensagem dos resíduos das frutas, óxido de cálcio é adicionado a fim de reduzir a característica hidrofílica da pectina, possibilitando assim que haja um maior desprendimento de água do material, fazendo com que o processo de secagem do coproduto fique mais eficiente (FEGEROS et al., 1995; MACEDO et al., 2007).

A hipótese do experimento foi baseada na ideia de que a substituição do milho grão inteiro pela polpa cítrica peletizada proporcionasse aumento de consumo de matéria seca pelos animais, pelo menos até o primeiro teor de substituição, com possíveis quedas no consumo de matéria seca no último teor de substituição, quando comparado com o CON e o PC33, uma vez que a substituição levaria a uma troca de um ingrediente fonte de amido por outro de maior proporção de pectina e FDN, diminuindo assim a proporção de amido da dieta, consecutivamente a energia da dieta. Com tais modificações na composição das dietas, esperava-se que a PCP

tivesse o potencial de auxiliar na manutenção de níveis mais elevados ao longo do dia no pH ruminal (ALLEN et al, 2009).

O objetivo do estudo foi verificar e sanar as dúvidas referentes ao consumo de matéria seca, digestibilidade aparente no trato total e os parâmetros ruminais quando feito a substituição do milho grão inteiro por polpa cítrica peletizada em dieta sem volumoso.

## 4.2. Materiais e métodos

### 4.2.1. Animais e instalações experimentais

O estudo foi conduzido nas instalações do Laboratório de Reprodução e Nutrição Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP), localizada em Piracicaba – SP (22° 2' 2" S e 47° 3' 53" O).

Foram utilizados 32 bovinos da raça Nelore, castrados, canulados no saco dorsal do rúmen, com peso médio de  $397 \pm 26$  kg. Os animais foram alojados em baias individuais de 2 x 2, cobertas, com piso de concreto (cama de bagaço de cana), bebedouros automáticos e cocho para alimentação.

### 4.2.2. Delineamento, tratamentos e manejo alimentar

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro tratamentos (Tabela 10) e oito repetições (n = 32). Antes do início do experimento os animais foram pesados em jejum de sólidos por 14 hora para definição dos blocos.

**Tabela 10. Composição das dietas experimentais com teores de casca de soja.**

	Controle	PC33	PC66	PC85
Pellet, %	15,00	15,00	15,00	15,00
Milho, %	85,00	52,00	19,00	0,00
Polpa cítrica, %	0,00	33,00	66,00	85,00
Total, %	100,00	100,00	100,00	100,00

**Tratamentos:** PC33 - Inclusão de 33% de polpa cítrica na matéria seca da dieta total; PC66 - Inclusão de 66% de polpa cítrica na matéria seca da dieta total; PC85 - Inclusão de 85% de polpa cítrica na matéria seca da dieta total.

Todas as dietas avaliadas foram formuladas para serem isoproteicas, sendo os ajustes necessários realizados na composição do núcleo proteico peletizado de

cada tratamento, como mostrado na Tabela 11, equiparando os valores nutricionais, como demonstrado na Tabela 12.

O estudo teve a duração de 29 dias, sendo os primeiros 20 dias destinados a adaptação dos animais as dietas experimentais. O milho foi ofertado em sua forma grão, sendo desprezado qualquer tipo de processamento no produto, da mesma forma a casca de soja foi ofertada de forma peletizada a fim de garantir maior similaridade entre os ingredientes da dieta.

**Tabela 11.** Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.

	Milho	PC	Pellet Controle	Pellet PC33	Pellet PC66	Pellet PC85
MS, % MS	86,12	87,85	90,59	90,89	90,88	90,67
PB, % MS	10,76	8,70	42,31	44,85	47,34	51,07
EE, % MS	4,20	1,86	6,66	7,09	5,74	6,86
FDN, % MS	9,89	19,97	10,67	10,44	20,52	12,76
FDA, % MS	2,85	14,53	6,28	5,79	9,90	7,67
MM, % MS	1,24	9,42	25,05	24,31	22,55	25,05
CHO totais, % MS	83,80	80,02	25,98	23,75	24,37	17,02
CNF, % MS	73,91	60,05	15,31	13,31	3,85	4,26

**Tabela 12.** Composição bromatológica das dietas experimentais com teores de polpa cítrica.

	Controle	PC33	PC66	PC85
MS, % MS	86,79	87,4	87,97	88,27
PB, % MS	15,49	15,19	14,89	15,06
EE, % MS	4,57	3,86	2,86	2,61
FDN, % MS	10,00	13,30	18,14	18,89
FDA, % MS	3,36	7,14	11,61	13,50
MM, % MS	4,81	7,40	9,83	11,76
CHO totais, % MS	75,13	73,55	72,39	70,57
CNF, % MS	65,12	60,25	54,25	51,68

**Tratamentos:** PC33 - Inclusão de 33% de polpa cítrica na matéria seca da dieta total; PC66 - Inclusão de 66% de polpa cítrica na matéria seca da dieta total; PC85 - Inclusão de 85% de polpa cítrica na matéria seca da dieta total.

As sobras das ofertas foram diariamente recolhidas, pesadas e amostradas para que fosse feito a mensuração de matéria seca, futuras análises e ajuste da oferta, a qual era realizada a fim de garantir 5% de sobra até o momento do trato seguinte, fazendo com que os animais tivessem acesso *ad libitum* a sua respectiva dieta.

### 4.2.3. Digestibilidade dos nutrientes

Após o período de adaptação (20 dias) às dietas experimentais foram realizadas colheitas totais de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes. Do D21 ao D26 do experimento a produção total de fezes de cada animal foi quantificada e amostrada separadamente, de forma a garantir 10% do volume total excretado pelo animal, amostras essas que foram armazenadas em câmara fria a -18°C.

Amostras dos ingredientes, oferta e sobra desse período também foram diariamente amostrados e posteriormente analisados no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

As amostras das fezes, ingredientes, ofertas e sobras foram descongeladas e inseridas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 96 horas (MS I). Todas as respectivas amostras foram processadas em moinho do tipo wiley com peneiras de crivos de 1mm. Foi realizada a determinação da MS II por meio da secagem das amostras em estufa de 105°C por 24 horas e matéria mineral (MM) através do processo de incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990). Para a determinação do nitrogênio total foi utilizado o aparelho LECO FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI), de acordo com a AOAC (1997), e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) conforme Van Soest et al. (1991) com o emprego de  $\alpha$ -amilase em aparelho ANKOM 200 (Ankom Tech. Corp., Fairport, NY). O teor de extrato etéreo (EE) foi analisado segundo a metodologia proposta pela AOAC (1990).

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{DATT}(\%) = \frac{(\text{MSC} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF})}{(\text{MSC} \times \text{NMS})} \times 100$$

DATT = digestibilidade aparente no trato total;

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

O cálculo dos carboidratos totais foi feito através da equação:

$$\text{CHO totais} = 100 - (\% \text{ PB} - \% \text{ MM} - \% \text{ EE})$$

A mensuração dos carboidratos não fibrosos foi feita da seguinte forma:

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{ FDN} - \% \text{ PB} - \% \text{ MM} - \% \text{ EE}).$$

O NDT observado foi calculado através da fórmula:

$$\text{NDT} = (\text{FDN} * \% \text{Dig FDN}) + (\text{PB} * \% \text{Dig PB}) + (\text{CNF} * \% \text{Dig CNF}) + ((\text{EE} * \% \text{Dig EE}) * 2,25).$$

#### **4.2.4. Comportamento ingestivo**

O período de observação foi de 24 horas, tendo início as 8 horas da manhã logo após o trato dos animais. Das 8 horas da manhã do D26 até as 8 da manhã do D27 as avaliações de comportamento foram feitas a cada 10 minutos, anotando se o animal estava em momento de alimentação, ruminação ou em ócio, além de estarem em pé ou deitado. As observações noturnas foram realizadas com auxílio de luz incandescente artificial.

Os resultados obtidos foram analisados e avaliados com base na metodologia descrita por Carvalho (2002).

#### **4.2.5. Colheita e análise do fluido ruminal**

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no 28º (hora 0, 6, 12 e 18) e 29º (hora 3, 9, 15 e 21) dia experimental, com intervalos de 6 horas em cada colheita, de modo que os horários se intercalassem ao longo dos dois dias e, ao se sobrepor os intervalos de colheita, a janelas entre uma amostragem e outra fosse de 3 horas.

Uma amostra representativa do conteúdo ruminal foi recolhida de cada animal em cada um dos momentos através da cânula, que em seguida foi filtrado em tecido de algodão. A fração sólida retida no tecido foi devolvida ao animal através da cânula. A parte líquida do fluido filtrado foi encaminhada ao imediatamente ao laboratório para determinação de pH em potenciômetro digital (Digimed® DM20). A partir dessa amostra, retirou-se 3 alíquotas de 20 mL que foram armazenadas em frascos acrílicos e congelados a -20º C para posteriores análises de AGCC e N-NH<sub>3</sub>.

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL do fluido ruminal adicionado de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados a 15.000 g, durante 15 minutos e a 4°C. Posteriormente, 1,2 mL de cada amostra foram transferidos para vials cromatográficos. Desse extrato injetou-se 1µL no cromatógrafo gasoso (CG HP 7890<sup>a</sup>; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25m; 0,32mm; 0,5 µm; JeW Agilent Technologies). A injeção foi realizada de modo automático. Foi utilizado H2 para o processo de arraste, com fluxo de 31,35mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260°C. O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento: 80°C, 120°C e 205°C. A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de N-NH<sub>3</sub> foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO-RAD, Hercules, CA), utilizando filtro para absorvância de 550nm.

#### **4.2.6. Caracterização dos tamanhos de partículas das ofertas e sobras**

A caracterização física das partículas dos ingredientes, ofertas e sobras foram realizadas a partir do método de separação com conjunto de peneiras Penn State, as quais possuem um total de 4 compartimentos com crivos distintos (19mm, 8 mm, 4mm e fundo). Após a estratificação seguinte aos 40 movimentos realizados em cada amostra analisada (5 vezes em cada lateral do quadrado, girando duas vezes), cada estratificação foi pesada para posterior cálculo de porcentagem retida em relação ao total da amostra.

As amostras das ofertas e sobras nos momentos de digestibilidade e comportamento ingestivo foram amostradas e analisadas separadamente, a fim de representar as possíveis mudanças no comportamento animal em cada momento.

#### **4.2.7. Análise estatística**

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Procedimento MIXED do SAS (2002). Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado como efeito significativo quando  $P \leq 0,05$ . Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk,

homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do r de student. O conjunto de dados que não respeitou algumas das premissas estatísticas foi submetido às transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Para as variáveis de fermentação ruminal foi utilizado o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ijk} = \mu + D_i + B_j + E_{ij} + P_k + (BP)_{jk} + (DP)_{ik} + E_{ijk}$ , onde  $\mu$  = média geral;  $D_i$  = efeito fixo da dieta;  $b_j$  = efeito aleatório de bloco;  $e_{ij}$  = erro residual A;  $P_k$  = efeito fixo de hora de coleta;  $(bP)_{jk}$  = efeito aleatório da interação bloco x dia;  $(DP)_{ik}$  = efeito fixo da interação dieta x dia, e  $e_{ijk}$  = erro residual B. As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance components, toeplitz e heterogeneous toeplitz” foram testadas e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion” (AIC).

O consumo, digestibilidade dos nutrientes e comportamento foram analisadas com o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + D_i + b_j + E_{ij}$ , em que  $\mu$  = média geral;  $D_i$  = efeito fixo da dieta;  $b_j$  = efeito aleatório de bloco e  $e_{ij}$  = erro residual. O bloco foi incluído como efeito aleatório.

Para todas as variáveis respostas as médias foram obtidas através do comando LSMEANS. Foi utilizado os polinômios linear e quadrático para avaliação dos efeitos de tratamento.

### 4.3. Resultados e discussão

A inclusão de PCP reduziu linearmente o CMS quando avaliado em kg/d ( $P < 0,01$ ), % do peso corporal ( $P < 0,01$ ), e g/kg de peso metabólico ( $P < 0,01$ ; Tabela 13). Além disso, a inclusão de PCP reduziu linearmente o consumo de todos os nutrientes avaliados ( $P < 0,01$ ), com exceção do FDN, o qual apresentou aumento linear com as substituições do MG pela PCP. O aumento no consumo de FDN é explicado pelo aumento na proporção dos carboidratos fibrosos nas dietas experimentais com o uso do coproduto cítrico, que passou de 10 para 18,89% ao se comparar a dieta controle com o último estágio de substituição (PC85).

Dietas com elevado teor de CNF atuam de forma diferente na regulação do CMS em relação às dietas com altas inclusões de CF, o que estimula a maior

produção de AGCC devido à maior atividade dos microrganismos ruminais (VAN SOEST, 1994; SANTOS, 2003). Neste caso, em que há elevada inclusão de CNF, a regulação do CMS está relacionada principalmente aos mecanismos de regulação química (ALLEN et al., 2009), bem como as respostas desencadeadas no ambiente ruminal pelas dietas consumidas, como pôr exemplo o pH ruminal (JÚNIOR et al., 2008).

A inclusão de PCP reduziu o CMS de forma linear, corroborando com o trabalho de Pereira et al. (2007) que utilizaram elevados teores de PCP em dietas com inclusão de volumoso. A substituição de milho por PCP em 75 e 100% reduziu o consumo dos animais alimentados com dietas contendo 30% de volumoso. Henrique et al. (2004), entretanto, não observaram redução do CMS em substituições parciais do milho em dietas com 20% de volumoso. A redução de CMS também não foi observada por Pereira et al. (2007) quando a substituição de milho por PCP foi até 50%.

Segundo os dados obtidos por Gouvêa (2012), a substituição do milho floculado por PCP aumentou a ingestão de MS a medida que o coproduto ocupava maior espaço dentro da dieta, porém, quando a PCP substituiu o milho moído o coproduto foi eficiente em aumentar o consumo de matéria seca até o momento de 50% de substituição, sendo a substituição seguinte (75% de substituição) prejudicial para o CMS em relação ao nível anterior.

Para os parâmetros de digestibilidade avaliados, houve efeito linear crescente para as variáveis de digestibilidade da MO ( $P = 0,03$ ), FDN ( $P < 0,01$ ), EE ( $P = 0,02$ ), CHO totais ( $P = 0,02$ ) e CNF ( $P = 0,01$ ), respostas essas que se assemelham as obtidas por Carvalho (1998), o qual também observou incremento nas variáveis de digestibilidade. Os valores obtidos para digestibilidade da MS e do FDN estão próximos aos obtidos por O'mara et al. (1999), os quais notaram valores de 82,6% para digestibilidade da MS e 69% para FDN. No presente estudo não houve efeito das dietas experimentais para a digestibilidade da MS e PB.

A substituição de milho por PCP reduz o amido dietético e conseqüentemente eleva os teores de pectina, o que pode mudar os padrões de fermentação e, em alguns casos, deixar o ambiente ruminal mais seguro (SANTOS et al., 2001). Segundo Van Soest (1994), a pectina é rapidamente degradada no rúmen e sua fermentação proporciona maior produção de acetato, padrão que se assemelha à fermentação de fibra. Além disso, essa fermentação tende a não produzir

quantidades expressivas de lactato, com menor queda de pH e, assim, favorecendo a atividade microbiana (VAN SOEST, 1994). Fato esse não observado no presente estudo, no qual foi notado efeito quadrático ( $P < 0,05$ ) em relação a proporção molar de propionato, sendo o tratamento com 33% de PCP o de maior concentração de C3, mesmo com menor participação de amido na dieta e menor consumo de matéria seca em relação ao tratamento controle, mostrando que a PCP, em determinadas situações, pode proporcionar acréscimo de C3 na proporção molar dos AGCC, como mostra a tabela 14.

**Tabela 13.** Consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em dietas a base de milho grão inteiro e pellet proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P		
	CON	PCP33	PCP66	PCP85		L	Q	C
<b>Consumo</b>								
MS, kg	7,21	6,65	5,45	5,02	0,54	<0,01	0,72	0,68
MS, %PC	1,74	1,60	1,33	1,23	0,11	<0,01	0,76	0,70
MS, g/kg PC <sup>0,75</sup>	78,53	72,21	59,91	55,19	4,95	<0,01	0,73	0,70
MO, kg	6,87	6,15	4,91	4,42	0,50	<0,01	0,76	0,71
FDN, kg	0,72	0,87	0,99	0,94	0,07	<0,01	0,23	0,51
PB, kg	1,13	0,98	0,63	0,76	0,08	<0,01	0,32	0,04
EE, kg	0,32	0,25	0,15	0,13	0,02	<0,01	0,84	0,45
CHO totais, kg	5,42	4,92	4,13	3,53	0,40	<0,01	0,55	0,10
CNF, kg	4,70	4,05	3,13	2,59	0,33	<0,01	0,65	0,89
<b>Digestibilidade, %</b>								
MS	77,20	77,79	79,45	82,25	2,18	0,08	0,48	0,80
MO	79,01	80,18	82,28	85,10	2,09	0,03	0,52	0,82
FDN	49,68	52,75	65,47	66,24	6,48	<0,01	0,79	0,39
PB	73,52	68,79	66,10	73,89	3,16	0,72	0,08	0,33
EE	69,26	80,52	79,42	79,75	3,01	0,02	0,08	0,41
CHO totais	80,72	82,87	84,83	87,70	2,07	0,02	0,69	0,74
CNF	85,49	89,32	90,98	95,49	2,61	0,01	0,75	0,51
NDT*	80,55	78,27	76,18	77,67				

Tratamentos: CON – controle (sem presença de PCP); PCP 33 - Inclusão de 33% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total; PCP 66 - Inclusão de 66% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total; PCP 85 - Inclusão de 85% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total.

NDT\* = nutrientes digestíveis totais observado.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

Em relação a concentração molar de acetato, não foi observado diferença ( $P > 0,05$ ) com a substituição do MG pela PCP, o que contraria as afirmações de Van Soest (1994). Logo, em virtude dos reflexos na proporção molar de propionato e na ausência de respostas na proporção de acetato, a relação C2:C3 também

apresentou efeito quadrático ( $P < 0,05$ ), da mesma forma a variável C2C4:C3, uma vez que o aumento na concentração molar de C4 ( $P < 0,01$ ) não foi suficiente para modificar a relação entre a soma dos dois ácidos graxos (C2 + C4) pelo propionato (C3).

As proporções molares de isovalerato apresentaram respostas lineares negativas ( $P < 0,01$ ) à medida que houve o avanço na substituição do MG pela PCP. A proporção molar de butirato também apresentou mudanças ( $P < 0,01$ ) à medida que a inclusão do coproduto foi feita nas dietas experimentais, porém a resposta observada foi inversa as variáveis anteriores, aumentando a proporção molar à medida que o coproduto era utilizado mais expressivamente.

Houve efeito de interação entre tratamento e hora para a concentração molar de valerato ( $P < 0,01$ ) e isobutirato ( $P < 0,05$ ). As concentrações de isobutirato do grupo controle foram as maiores em todos os horários de coletas. O tratamento PC85 apresentou valores mais elevados de isobutirato, em relação ao PC66, em dois dos horários de coleta (hora 9 e 12). Em relação ao valerato, os tratamentos de maiores substituições PC66 e PC85 foram os que apresentaram as maiores concentrações, respectivamente, ao longo dos 8 horários de coletas. As interações observadas demonstram que os ingredientes possuem respostas fermentescíveis distintas no ambiente ruminal, modificando as concentrações dos ácidos graxos, bem como os horários de maior predominância de cada AGCC no ambiente ruminal.

Segundo Carvalho (1998), a substituição de 48% do milho por PCP, em dieta com elevado teor de concentrado, fornecida a novilhos Nelore, proporcionou benefício no ambiente ruminal e, conseqüentemente, proporcionou maior digestibilidade da dieta, apesar de queda mais acentuada no pH logo após a oferta.

No presente estudo a inclusão de PCP não afetou o pH ruminal, muito provavelmente pelo fato de o coproduto ter desencadeado uma resposta linear negativa no consumo de matéria seca, uma provável resposta à uma acidose subclínica, já observada por Júnior et al. (2008). O ponto a ser destacado é que, apesar de a substituição do MG pela PCP ter o conceito da permutação do amido pela pectina, que teoricamente tornaria a fermentação mais segura (VAN SOEST, 1994; SANTOS et al., 2001) há um fator de extrema importância a ser destacado, que seria a substituição de um ingrediente íntegro (MG) por outro ingrediente de rápida degradação e solubilização (PCP). De acordo com alguns autores (BOLZAN et al., 2007; KOZLOSKI, 2011) o milho grão, em sua forma íntegra, possui uma

liberação lenta de energia no ambiente ruminal (10 a 20%/hr) (SNIFFEN, 1998), fato esse já não esperado com o uso da PCP, que apesar de ser fornecida em forma de pelete, ao entrar em contato com a água ou detergente neutro, rapidamente é solubilizada, aumentando-se a superfície de contato, culminando em uma rápida taxa de degradação (30 a 50%/hr) (CHESSON e MONRON, 1982; NOCEK e TAMMINGA, 1991; STERN e ZIEMER, 1993; VAN SOEST, 1994; SNNIFEN, 1998). Esse ponto implica em rápidas quedas de pH após a alimentação (Carvalho 1998), principalmente em dietas isentas de volumoso, como na situação do presente estudo. Também não foi observado efeito para a concentração de amônia ruminal ( $P > 0,05$ ) em virtude das substituições dos ingredientes nas dietas testadas.

**Tabela 14.** Parâmetros de fermentação ruminal de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P				
	Cont	PC33	PC66	PC85		L	Q	C	H	TxH
Proporção molar, mM/100mM										
Acetato	47,38	46,99	46,71	51,82	1,76	0,10	0,08	0,21	<0,01	0,12
Propionato	28,71	30,79	28,20	23,40	1,42	<0,01	<0,01	0,71	0,22	0,49
Isobutirato	0,69	0,41	0,26	0,25	0,06	<0,01	0,11	0,89	<0,01	0,02
Butirato	13,98	15,86	18,18	18,90	1,08	<0,01	0,92	0,78	<0,01	0,06
Isovalerato	3,42	2,07	1,30	0,94	0,38	<0,01	0,43	0,87	<0,01	0,07
Valerato	3,53	3,06	5,18	4,63	0,61	0,04	0,58	0,07	<0,01	<0,01
Total	34,41	39,09	43,73	47,70	3,16	<0,01	0,84	0,88	<0,01	0,99
C2:C3	1,72	1,56	1,74	2,27	0,14	<0,01	<0,01	0,43	0,16	0,61
C2C4:C3	2,24	2,10	2,43	3,12	0,18	<0,01	<0,01	0,53	0,01	0,76
pH ruminal	5,70	5,60	5,47	5,62	0,13	0,38	0,38	0,46	<0,01	0,99
Amônia, mg/dL	10,19	10,62	10,81	12,31	0,53	0,01	0,25	0,27	<0,01	0,12

Tratamentos: CON – controle (sem presença de PCP); PCP 33 - Inclusão de 33% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total; PCP 66 - Inclusão de 66% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total; PCP 85 - Inclusão de 85% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática; H = Efeito de hora; TxH = Interação entre tratamento e hora.

Em relação ao comportamento ingestivo dos animais em resposta as dietas experimentais, foi observado efeito linear negativo em relação ao tempo destinado a ruminação ( $P < 0,05$ ) e efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ) para o tempo designado a ingestão em minutos por dia, como demonstrado na tabela 15.

**Tabela 15.** Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de polpa cítrica em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P		
	Cont	PC33	PC66	PC85		L	Q	C
Min/d								
Ingestão	126,3	171,3	170,0	185,0	15,82	0,01	0,35	0,36
Ruminação	123,8	82,50	66,3	52,5	19,03	0,01	0,53	0,70
Mastigação	250	253,8	236,3	237,5	23,41	0,60	0,86	0,74
Ócio	1190,0	1186,3	1203,8	1202,5	23,41	0,60	0,86	0,74
Min/kg de MS								
Ingestão	20,36	26,33	32,10	43,20	4,22	0,01	0,34	0,47
Ruminação	28,00	12,95	12,04	12,50	5,34	0,03	0,17	0,69
Mastigação	40,71	39,28	44,14	55,69	5,75	0,08	0,20	0,70
Min/kg de FDN								
Ingestão	201,6	202,7	174,9	231,9	28,79	0,72	0,39	0,25
Ruminação	199,7	98,26	65,69	66,55	26,10	<0,01	0,04	0,83
Mastigação	403,2	300,9	240,5	298,5	39,27	0,03	0,09	0,48
Min/kg de FDNfe								
Ingestão	200,9	211,7	191,2	260,4	30,91	0,32	0,38	0,24
Ruminação	199,9	101,7	71,49	73,57	27,39	0,01	0,06	0,86
Mastigação	403,1	314,4	262,7	334	41,61	0,12	0,11	0,45

Tratamentos: CON – controle (sem presença de PCP); PCP 33 - Inclusão de 33% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total; PCP 66 - Inclusão de 66% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total; PCP 85 - Inclusão de 85% de polpa cítrica peletizada na matéria seca da dieta total.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

O resultado pode ser explicado pelo fato da substituição de um ingrediente com elevada integridade física (MG), por outro de baixa integridade e rápida solubilização (PCP) ter diminuído os estímulos a ruminação a medida que a troca foi realizada, sendo a explicação para o maior tempo empregado na ingestão atribuída ao processo de seleção realizada pelos animais, os quais, provavelmente, buscavam as partículas com maior capacidade de estimular a ruminação e, conseqüentemente tamponar o ambiente rumina.

Também foi observado efeito linear para ingestão ( $P < 0,01$ ) e ruminação ( $P < 0,05$ ) em min/kg de MS, assim como ruminação ( $P < 0,01$ ) em min/kg de FDNfe. Também foi notado efeito quadrático para ruminação ( $P < 0,05$ ) em min/kg de FDN. Os efeitos observados nas variáveis de ruminação demonstram que a polpa cítrica, quando comparado com o milho grão inteiro, diminui de forma significativa o potencial de estimular a ruminação dos animais, sendo que a inclusão de um terço na matéria seca da dieta, diminuiu em mais da 33% os períodos destinados a ruminação. O tratamento PC85 foi 2,3 vezes menos eficiente em estimular a ruminação, quando mensurado em minutos por dia. A diferença entre o CON e o PC33 passa para mais de 50%, quando comparados em min por quilograma de MS, pois, mesmo que a PCP fique retida nas peneiras de 4 e 8mm, ao entrarem em contato com a água, rapidamente são solubilizadas e perdem o potencial de estímulo a ruminação, tornando essa diferença mais expressiva.

#### **4.4. Conclusão**

A substituição de milho grão inteiro por polpa cítrica peletizada, a partir de 33% na matéria seca, em dieta sem volumoso, não é viável em bovinos de corte, uma vez que os animais entram em estado de acidose subclínica, levando a quedas acentuadas no consumo de matéria seca. A troca de ingrediente também leva a mudanças pontuais nas concentrações dos ácidos graxos e diminui os períodos de ruminação ao longo do dia.

#### 4.5. Referências

AGUIAR, C. W. D. S., PEREIRA, E. V., SILVA, A. K. O., AZEVEDO, D. M. D., BARBOSA, J. D. S. R., PEREIRA, E. S. Processo de desidratação da polpa cítrica utilizada na alimentação de ruminantes como fonte de carboidratos. 2016.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of animal science*, v. 87, n. 10, p.3317-3334, 2009.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington, 1992. V. 1.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed. Gaithersburg, 1997.1141p.

CAÑIZARES, G.I.L.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, M.C. Metabolismo de carboidratos não estruturais em ruminantes. **Archives of Veterinary Science**, v.14, n.1, p.63-73, 2009.

CARVALHO, M. P. **Substituição do milho por subprodutos energéticos em dietas de bovinos à base de bagaço de cana tratado à pressão e vapor: digestibilidade e parâmetros ruminais**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 1998.

CARVALHO, S. Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Viçosa, Minas Gerais. 118 p. 2002.

DUŠKOVÁ, D.; MAROUNEK, M. Fermentation of pectin and glucose, and activity of pectin-degrading enzymes in the rumen bacterium *Lachnospira multiparus*. **Letters in Applied Microbiology**, v. 33, n. 2, p. 159-163, 2001.

FEGEROS, K., ZERVAS, G., STAMOULI, S., APOSTOLAKI, E. Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 5, p. 1116-1121, 1995.

GILAVERTE, S.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Digestibilidade da dieta, parâmetros ruminais e desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com polpa cítrica peletizada e resíduo úmido de cervejaria. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n. 3, p. 639-647, 2011.

GOUVÊA, V. N. **Processamento de grãos de milho flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinhos Nelore terminados em confinamento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2012.

HALL, M. B. Pectin: the structural non-structural carbohydrate. In: **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers (USA)**. 1994.

HATFIELD, R. D.; WEIMER, P. J. Degradation characteristics of isolated and in situ cell wall lucerne pectic polysaccharides by mixed ruminal microbes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 69, n. 2, p. 185-196, 1995.

HENRIQUE, W.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D.; COUTINHO FILHO, J.L.V.; PERES, R.M.; JUSTO, C.L.; ALLEONI, G.F. Substituição de amido por pectina em dietas com diferentes níveis de concentrado. 1. Desempenho animal e características da carcaça. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27(6), 1206-1211, 1998.

HENRIQUE, W.; SAMPAIO, A. A. M.; LEME, P.B. Desempenho e características da carcaça de tourinhos Santa Gertrudes confinados, recebendo dietas com alto concentrado e níveis crescentes de polpa cítrica peletizada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n.2, p.463-470, 2004.

JÚNIOR, R. A. B., MINERVINO, A. H. H., RODRIGUES, F. A. M. L., ANTONELLI, A. C., SUCUPIRA, M. C. A., MMORI, C. S., ORTOLANI, E. L. Avaliação do potencial da polpa cítrica em provocar acidose láctica ruminal aguda em bovinos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 6, p. 421-428, 2008.

KOZLOSKI, G.V. **Bioquímica dos ruminantes**. 3. Ed. Santa Maria: Ed. Da UFMS, 2011. 212p.

LEWIS, M. J. Propriedades Físicas de los Alimentos y de los Sistemas de Procesado. *Acribia*. **Zaragoza**, p. 101-133, 1993.

MACEDO, C. A. B. D., MIZUBUTI, I. Y., MOREIRA, F. B., PEREIRA, E. S., RIBEIRO, E. L. D. A., ROCHA, M. A. D., CASIMIRO, T. R. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de laranja em substituição à silagem de sorgo na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1910-1916, 2007.

MARQUES, R.S. **Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINEZ, P.J.; FERNÁNDEZ, C.J. Citrus pulp in diets for fattening lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 5, n. 1, p. 11-22, 1980.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7. ed. Washington: 1996. 242p.

NOCEK, J. E.; TAMMINGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3598-3629, 1991.

O'MARA, F. P., COYLE, J. E., DRENNAN, M. J., YOUNG, P., CAFFREY, P. J. A comparison of digestibility of some concentrate feed ingredients in cattle and sheep. **Animal feed science and technology**, v. 81, n. 1-2, p. 167-174, 1999.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 64-75, 2014.

ORSKOV, E.R. **The feeding of ruminants – principles and practice**. Aberdeen: Rowett Research Institute, Chalcombe Publications, 1987.

PEREIRA, E.M.; SANTOS, F.A.P.; NUSSIO, L.G.; PEDROSO, A.M.; COSTA, D.F.A.; IMAIZUMI, H.; BITTAR, C.M.M. Estimativa de energia metabolizável de rações com polpa cítrica em substituição ao milho para tourinhos em terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 216-224, 2007.

PINZON, F. J.; WING, J. M. Effects of citrus pulp in high urea rations for steers. *Journal of Dairy Science*, v. 59, n. 6, p. 1100-1103, 1976.

RODRIGUES, G.H.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Polpa cítrica em rações para cordeiros em confinamento: características da carcaça e qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 37, n. 10, p. 1869-1875, 2008.

SAMPAIO, A.A.M., ANDRADE, P., OLIVEIRA, M.D.S. Uso de rações com diferentes níveis de proteína e fontes de energia na alimentação de bovinos confinados. Fase III. *R. Soc. Bras. Zootec.*, n. 13, v. 4, p. 528-33, 1984

SANTOS, F. A. P.; MENEZES, M.P.; SIMAS, J. M. C. Processamento do grão de milho e sua substituição parcial por polpa cítrica peletizada sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e parâmetros sanguíneos em vacas leiteiras. p.925-931, 2001.

SANTOS, R. A. D.; TEIXEIRA, J. C.; PÉREZ, J. R. O.; PAIVA, P. C. D. A.; MUNIZ, J. A.; ARCURI, P. B. Estimativa da degradabilidade ruminal de alimentos utilizando a técnica de produção de gás em bovinos, ovinos e caprinos. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, p.689-695, 2003.

STERN, M. D.; ZIEMER, C. J. Consider value, cost when selecting nonforage fiber. **Feedstuffs (USA)**, 1993.

TIGRE, J. S. Uso de polpa cítrica peletizada na alimentação de ruminantes– Revisão. *PUBVET*, 6, Art-1405. 2016.

VAN SOEST, P.J. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.

VAN SOEST, T.J. *Nutritional Ecology of the Ruminants*. OB Books Inc., Corvallis, Oregon, 1982. 374p.

VELLOSO, L.; MASOTTI, N.; BECKER, M. Polpa cítrica peletizada para bovinos em confinamento. *R. Fac. Med. Vet. Zootec. Univ. S. Paulo*, v. 11, p. 21-5, 1974.

## **5. Efeito da substituição do milho grão pelo caroço de algodão sobre o metabolismo ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e comportamento ingestivo em novilhos nelores alimentados com dieta sem volumoso.**

### **Resumo**

Trinta e dois novilhos Nelore castrados, com peso médio de  $358 \pm 26$  kg e canulados no saco dorsal do rúmen, foram utilizados em um estudo para avaliar o efeito da substituição do milho grão inteiro pelo caroço de algodão em uma dieta sem forragem. Os animais foram distribuídos em blocos completos casualizados, com quatro tratamentos e oito repetições, definidos pelo peso inicial. As dietas foram compostas por 15% de núcleo proteico peletizado, com ajustes para manter as dietas isoproteicas, e incluíram 0%, 5%, 10% ou 15% de caroço de algodão na matéria seca, designadas como CON, CA05, CA10 e CA15, respectivamente. As dietas foram oferecidas ad libitum uma vez ao dia, após um período de adaptação de 15 dias, seguido por 20 dias em suas respectivas dietas experimentais, com uma fase final de 5 dias para mensuração e amostragem das fezes, ofertas e sobras para determinação da digestibilidade dos nutrientes. O comportamento ingestivo foi avaliado por um período de 24 horas no 42º dia experimental, com avaliações a cada 10 minutos, enquanto as colheitas de líquido ruminal foram realizadas no 43º e 44º dia, com amostragens nas horas 0, 6, 12, 18 e 3, 9, 15 e 21, respectivamente. Os resultados mostraram um aumento linear no consumo de fibra em detergente neutro e extrato etéreo, mas nenhum efeito sobre as variáveis relacionadas à digestibilidade no trato total. Foi observada uma diminuição linear na concentração de valerato e um aumento linear na concentração de amônia ruminal. Quanto ao comportamento ingestivo, houve uma redução linear no tempo destinado à mastigação e ócio. Conclui-se que a substituição do milho grão inteiro pelo caroço de algodão não afetou o consumo de matéria seca, mas levou a algumas alterações nos parâmetros fermentescíveis e no comportamento ingestivo.

## 5.1. Introdução

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2021), a produção de CA no Brasil foi de aproximadamente 4,371 milhões de toneladas na safra 2019/2020, com maior contribuição dos estados do Mato Grosso, Bahia e Minas Gerais. Seu uso pode ser justificado pela qualidade proteica, fibrosa e lipídica, além do potencial de redução nos custos de produção (CRANSTON et al., 2006), visto que o último fator é o mais impactante em qualquer atividade. Porém, como sabemos, além da utilização na nutrição animal, o mesmo também é utilizado para a extração de óleos, o que torna o comércio competitivo e com valores variáveis.

De acordo com os levantamentos feitos por Oliveira & Millen (2014) e Silvestre & Millen (2021), o caroço de algodão vem se mantendo como o principal coproduto a ser utilizado nos confinamentos pelos nutricionistas brasileiros. Segundo o último levantamento, 52,8% dos participantes apontam esse ingrediente como principal coproduto a ser utilizado nas dietas de terminação, sendo a média de inclusão 14,6% em base na MS da dieta.

Dietas com elevados teores de milho fornecem grandes quantidades de amido, o que pode garantir elevado ganho de peso, porém, em determinadas situações pode acarretar em respostas negativas no pH ruminal (FERREIRA et al 2011, CANNAS et al., 2013). Com isso, o uso de CA muda o perfil dos carboidratos da dieta, já que a predominância de carboidratos não fibrosos é praticamente irrelevante.

A hipótese do experimento seria que a inserção do coproduto alteraria o perfil da fermentação ruminal, puxando para maiores proporções de acetato, além de mudar o comportamento ingestivo, acreditando que o consumo de caroço de algodão elevaria os períodos de ruminação e mastigação total, além de possíveis aumentos no consumo de MS pela menor limitação química, desencadeada principalmente, pela produção de propionato (ALLEN et al, 2009).

O objetivo do estudo foi avaliar as respostas desencadeadas pelos determinados tratamentos e relacionar com hipóteses do estudo sobre o consumo de matéria seca, digestibilidade aparente no trato total e os parâmetros ruminiais quando feito a substituição do milho grão inteiro por caroço de algodão em dieta sem volumoso.

## 5.2. Materiais e métodos

### 5.2.1. Animais e instalações experimentais

O estudo foi conduzido nas instalações do Laboratório de Reprodução e Nutrição Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (USP), localizada em Piracicaba – SP (22° 2’ 2” S e 47° 3’ 53” O).

Foram utilizados 32 bovinos da raça Nelore, castrados, canulados no saco dorsal do rúmen, com peso médio de  $358 \pm 26$  kg. Os animais foram alojados em baias individuais de 2 x 2, cobertas, com piso de concreto (cama de bagaço de cana), bebedouros automáticos e cocho para alimentação.

### 5.2.2. Adaptação a dieta sem volumoso

Os Animais foram adaptados seguindo os princípios de step up (escada) por um período de 15 dias, nesse período os animais receberam três dietas de adaptação. A adaptação iniciou com 30% de volumoso (feno de *coast cross*), sendo o segundo step com 20% e o último com 10%, como descrito nas tabelas 16, 17, 18 e 19.

**Tabela16.** Composição das dietas de adaptação do tratamento controle.

	Step 1 (% MS)	Step 2	Step 3
Feno de <i>coast cross</i> , %	30	20	10
Pellet, %	15	15	15
Milho, %	55	65	75
Caroço de algodão, %	0	0	0
Total, %	100	100	100

**Step1** - Primeira dieta, período de 5 dias. **Step2** – Segunda dieta, período de 5 dias. **Step3** – Terceira dieta, período de 5 dias.

**Tabela 17.** Composição das dietas de adaptação do tratamento CA05.

	Step 1 (% MS)	Step 2	Step 3
Feno de <i>coast cross</i> , %	30	20	10
Pellet, %	15	15	15
Milho, %	50	60	70
Caroço de algodão, %	5	5	5
Total, %	100	100	100

**Step1** - Primeira dieta, período de 5 dias. **Step2** – Segunda dieta, período de 5 dias. **Step3** – Terceira dieta, período de 5 dias.

**Tabela 18.** Composição das dietas de adaptação do tratamento CA10.

	Step 1 (% MS)	Step 2	Step 3
Feno de <i>coast cross</i> , %	30	20	10
Pellet, %	15	15	15
Milho, %	45	55	65
Caroço de algodão, %	10	10	10
Total, %	100	100	100

**Step1** - Primeira dieta, período de 5 dias. **Step2** – Segunda dieta, período de 5 dias. **Step3** – Terceira dieta, período de 5 dias.

**Tabela 19.** Composição das dietas de adaptação do tratamento CA15.

	Step 1 (% MS)	Step 2	Step 3
Feno de <i>coast cross</i> , %	30	20	10
Pellet, %	15	15	15
Milho, %	40	50	60
Caroço de algodão, %	15	15	15
Total, %	100	100	100

**Step1** - Primeira dieta, período de 5 dias. **Step2** – Segunda dieta, período de 5 dias. **Step3** – Terceira dieta, período de 5 dias.

### 5.2.2. Delineamento, tratamentos e manejo alimentar

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com quatro tratamentos (TABELA 20) e oito repetições (n = 32). Antes do início do experimento os animais foram pesados em jejum de sólidos por 14 hora para definição dos blocos.

**Tabela 20.** Composição das dietas experimentais com teores de caroço de algodão.

	Controle	CA05	CA10	CA15
Pellet, %	15,00	15,00	15,00	15,00
Milho, %	85,00	80,00	75,00	70,00
Caroço de algodão, %	0,00	05,00	10,00	15,00
Total, %	100,00	100,00	100,00	100,00

**Tratamentos:** CA05 - Inclusão de 5% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA10 - Inclusão de 10% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA15 - Inclusão de 15% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total.

Todas as dietas avaliadas foram formuladas para serem isoproteicas, sendo os ajustes necessários realizados na composição do núcleo proteico peletizado, como mostrado na Tabela 21, a fim de equiparar os valores nutricionais, como demonstrado na Tabela 22.

**Tabela 21.** Composição bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais.

	Milho	CA	Pellet Controle	Pellet CA05	Pellet CA10	Pellet CA15
MS, % MS	83,17	90,53	87,46	87,52	88,70	87,26
PB, % MS	10,88	27,85	42,43	35,44	30,23	26,46
EE, % MS	4,40	20,28	6,53	5,98	5,78	5,49
FDN, % MS	9,59	47,13	12,87	17,82	15,26	17,00
FDA, % MS	2,72	33,18	7,14	9,09	7,82	8,91
MM, % MS	1,05	3,62	26,22	25,01	27,78	27,72
CHO totais, % MS	83,67	48,25	24,82	33,04	32,24	34,87
CNF, % MS	74,08	1,12	11,95	15,22	16,98	17,87

**Tabela 22.** Composição bromatológica das dietas experimentais com teores de caroço de algodão.

	Controle	CA05	CA10	CA15
MS, % MS	83,81	84,19	84,73	84,88
PB, % MS	15,61	15,49	16,08	16,58
EE, % MS	4,72	5,43	6,20	6,95
FDN, % MS	10,08	12,70	14,19	16,33
FDA, % MS	3,39	19,30	35,34	43,16
MM, % MS	4,69	5,71	6,73	7,31
CHO totais, % MS	74,84	74,30	72,41	71,04
CNF, % MS	64,76	61,60	58,22	54,70

**Tratamentos:** CA05 - Inclusão de 05% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA10 - Inclusão de 10% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA15 - Inclusão de 15% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total.

O estudo teve a duração de 43 dias, sendo os primeiros 15 dias destinados a adaptação dos animais as dietas sem volume, mais 20 dias para suas respectivas dietas experimentais e 8 dias para as coletas. O milho foi ofertado em sua forma

grão, sendo desprezado qualquer tipo de processamento no produto, da mesma forma o caroço de algodão.

As sobras das ofertas foram diariamente recolhidas, pesadas e amostradas para que fosse feito a mensuração de matéria seca, futuras análises e ajuste da oferta, a qual era realizada a fim de garantir 5% de sobra até o momento do trato seguinte, fazendo com que os animais tivessem acesso *ad libitum* a sua respectiva dieta.

### 5.2.3. Digestibilidade dos nutrientes

Após o período de transição para dieta sem volumoso (15 dias), houve um período de adaptação de mais 20 dias às dietas experimentais. As colheitas totais de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes foram realizadas do D36 ao D41 do experimento a produção total de fezes de cada animal foi quantificada e amostrada separadamente, de forma a garantir 10% do volume total excretado pelo animal, amostras essas que foram armazenadas em câmara fria a -18°C.

Amostras dos ingredientes, oferta e sobra desse período também foram diariamente amostrados e posteriormente analisados no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do departamento de Zootecnia da ESALQ/USP.

As amostras das fezes, ingredientes, ofertas e sobras foram descongeladas e inseridas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 96 horas (MS I). Todas as respectivas amostras foram processadas em moinho do tipo wiley com peneiras de crivos de 1mm. Foi realizada a determinação da MS II por meio da secagem das amostras em estufe de 105°C por 24 horas e matéria mineral (MM) através do processo de incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1990). Para a determinação do nitrogênio total foi utilizado o aparelho LECO FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI), de acordo com a AOAC (1997), e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) conforme Van Soest et al. (1991) com o emprego de  $\alpha$ -amilase em aparelho ANKOM 200 (Ankom Tech. Corp., Fairport, NY).

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{DATT(\%)} = \frac{(\text{MSC} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF})}{(\text{MSC} \times \text{NMS})} \times 100$$

DATT = digestibilidade aparente no trato total;

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

O cálculo dos carboidratos totais foi feito através da equação:

$$\text{CHO totais} = 100 - (\% \text{ PB} - \% \text{ MM} - \% \text{ EE})$$

A mensuração dos carboidratos não fibrosos foi feita da seguinte forma:

$$\text{CNF} = 100 - (\% \text{ FDN} - \% \text{ PB} - \% \text{ MM} - \% \text{ EE}).$$

O NDT observado foi calculado através da fórmula:

$$\text{NDT} = (\text{FDN} * \% \text{Dig FDN}) + (\text{PB} * \% \text{Dig PB}) + (\text{CNF} * \% \text{Dig CNF}) + ((\text{EE} * \% \text{Dig EE}) * 2,25).$$

#### **5.2.4. Comportamento ingestivo**

O período de observação foi de 24 horas, tendo início as 8 horas da manhã logo após o trato dos animais. Das 8 horas da manhã do D42 até as 8 da manhã do D27 as avaliações de comportamento foram feitas a cada 10 minutos, anotando se o animal estava em momento de alimentação, ruminação ou em ócio, além de estarem em pé ou deitado. As observações noturnas foram realizadas com auxílio de luz incandescente artificial.

Os resultados obtidos foram analisados e avaliados com base na metodologia descrita por Carvalho (2002).

#### **5.2.5. Colheita e análise do fluido ruminal**

As amostras de conteúdo ruminal foram obtidas no 43° (hora 0, 6, 12 e 18) e 44° (hora 3, 9, 15 e 21) dia experimental, com intervalos de 6 horas em cada colheita, de modo que os horários se intercalassem ao longo dos dois dias e, ao se sobrepor os intervalos de colheita, a janelas entre uma amostragem e outra fosse de 3 horas.

Uma amostra representativa do conteúdo ruminal foi recolhida de cada animal em cada um dos momentos através da cânula, que em seguida foi filtrado em tecido de algodão. A fração sólida retida no tecido foi devolvida ao animal através da cânula. A parte líquida do fluido filtrado foi encaminhada ao imediatamente ao laboratório para determinação de pH em potenciômetro digital (Digimed® DM20). A partir dessa amostra, retirou-se 3 alíquotas de 20 mL que foram armazenadas em frascos acrílicos e congelados a  $-20^{\circ}\text{C}$  para posteriores análises de AGCC e  $\text{N-NH}_3$ .

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL do fluido ruminal adicionado de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados a 15.000 g, durante 15 minutos e a  $4^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, 1,2 mL de cada amostra foram transferidos para vials cromatográficos. Desse extrato injetou-se  $1\mu\text{L}$  no cromatógrafo gasoso (CG HP 7890<sup>a</sup>; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25m; 0,32mm; 0,5  $\mu\text{m}$ ; JeW Agilent Technologies). A injeção foi realizada de modo automático. Foi utilizado  $\text{H}_2$  para o processo de arraste, com fluxo de 31,35mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de  $260^{\circ}\text{C}$ . O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento:  $80^{\circ}\text{C}$ ,  $120^{\circ}\text{C}$  e  $205^{\circ}\text{C}$ . A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa.

A concentração de  $\text{N-NH}_3$  foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO-RAD, Hercules, CA), utilizando filtro para absorvância de 550nm.

#### **5.2.6. Caracterização dos tamanhos de partículas das ofertas e sobras**

A caracterização física das partículas dos ingredientes, ofertas e sobras foram realizadas a partir do método de separação com conjunto de peneiras Penn State, as quais possuem um total de 4 compartimentos com crivos distintos (19mm, 8 mm, 4mm e fundo). Após a estratificação seguinte aos 40 movimentos realizados em cada amostra analisada (5 vezes em cada lateral do quadrado, girando duas vezes), cada estratificação foi pesada para posterior cálculo de porcentagem retida em relação ao total da amostra.

As amostras das ofertas e sobras nos momentos de digestibilidade e comportamento ingestivo foram amostradas e analisadas separadamente, a fim de representar as possíveis mudanças no comportamento animal em cada momento.

### 5.2.7. Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o Procedimento MIXED do SAS (2002). Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado como efeito significativo quando  $P \leq 0,05$ . Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do  $r$  de student. O conjunto de dados que não respeitou algumas das premissas estatísticas foi submetido às transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Para as variáveis de fermentação ruminal foi utilizado o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ijk} = \mu + D_i + B_j + E_{ij} + P_k + (BP)_{jk} + (DP)_{ik} + E_{ijk}$ , onde  $\mu$  = média geral;  $D_i$  = efeito fixo da dieta;  $b_j$  = efeito aleatório de bloco;  $e_{ij}$  = erro residual A;  $P_k$  = efeito fixo de hora de coleta;  $(bP)_{jk}$  = efeito aleatório da interação bloco x dia;  $(DP)_{ik}$  = efeito fixo da interação dieta x dia, e  $e_{ijk}$  = erro residual B. As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance components, toeplitz e heterogeneous toeplitz” foram testadas e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion” (AIC).

O consumo, digestibilidade dos nutrientes e comportamento foram analisadas com o seguinte modelo estatístico:  $Y_{ij} = \mu + D_i + b_j + E_{ij}$ , em que  $\mu$  = média geral;  $D_i$  = efeito fixo da dieta;  $b_j$  = efeito aleatório de bloco e  $e_{ij}$  = erro residual. O bloco foi incluído como efeito aleatório.

Para todas as variáveis respostas as médias foram obtidas através do comando LSMEANS. Foi utilizado os polinômios linear e quadrático para avaliação dos efeitos de tratamento.

### 5.3. Resultados e discussão

A substituição do MG pelo CA levou a diferenças ( $P < 0,05$ ) em relação ao consumo de FDN pelos animais de cada tratamento, mesmo com a ausência de efeito no CMS ( $P > 0,05$ ), como demonstrado na Tabela 23. A diferença no consumo de FDN, mesmo com a ausência de efeito no CMS, pode ser explicada pelas mudanças nas concentrações de FDN das dietas experimentais à medida que o

coproduto foi inserido, situação já esperada pelas diferenças na composição dos ingredientes, consecutivamente nas dietas experimentais (Tabela 21 e 22). De acordo com COPPOCK et al. (1985), HORNER et al. (1986) e DALE (1984) a utilização de até 20% de CA na MS da dieta não afetou o consumo de MS, porém Coppock et al. (1985) ressaltou que quando a inclusão ultrapassou 30% na MS houve queda linear de CMS. Já os dados apresentados por Gouvêa (2015), que trabalhou com dietas com 20% de volumoso (10% de silagem de milho e 10% de bagaço de cana de açúcar *in natura*) e substituição do milho moído por CA, um perfil diferente de resposta em relação ao CMS foi observado, sendo que o primeiro ponto de substituição (8% de CA na MS) já foi suficiente em levar a uma resposta negativa no consumo pelos animais.

As diferenças em relação ao CMS obtida por Gouvêa (2015) em comparação ao presente estudo, provavelmente estão associadas ao conjunto de características físico-químicas das dietas, como a presença de volumoso, que tem como intuito fornecer FDNfe e FDN de forragem, que segundo Gentil et al. (2011) são fundamentais para otimizar o consumo pelos animais. A dieta controle do referenciado partiu de 26% (CA0) para 40,3% de FDN (CA32), sendo que a do presente trabalho saiu de 10,08% na dieta controle para 16,33% no último nível de substituição (CA15). Segundo Mertens (1994), a concentração de FDN é relacionada diretamente com o consumo de matéria seca pelos animais.

O consumo de EE apresentou efeito linear positivo ( $P < 0,05$ ), resposta já esperada, desde que não observado mudanças exacerbadas negativas no padrão de CMS, uma vez que o caroço de algodão possui teores mais elevados de EE em relação ao milho (20,28% vs 4,40% respectivamente; Tabela 21). Corroborando com as respostas obtidas por Anderson et al. (1980) e Villela et al. (1996), na qual a inserção de até 30% de CA na fração concentrada da dieta aumentou o consumo de EE. Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) para as variáveis de CMO, PB, CHO totais e CNF.

**Tabela 23.** Consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.

Item	Dietas	EPM	Valor de P
------	--------	-----	------------

	Cont	CA5	CA10	CA15		L	Q	C
<b>Consumo</b>								
MS, kg	6,88	7,30	7,73	7,32	0,59	0,46	0,44	0,72
MS, %PC	1,88	1,95	2,05	1,98	0,17	0,55	0,63	0,77
MS,g/kg PC <sup>0,75</sup>	82,08	85,74	90,18	86,79	7,13	0,51	0,58	0,76
MO, kg	6,56	6,95	7,33	6,93	0,56	0,51	0,44	0,74
FDN, kg	0,69	0,95	1,11	1,15	0,08	0,02	0,16	0,89
PB, kg	1,09	1,12	1,18	1,12	0,09	0,67	0,61	0,65
EE, kg	0,33	0,40	0,49	0,49	0,04	0,01	0,27	0,55
CHO totais, kg	5,40	5,58	5,83	5,36	0,45	0,94	0,44	0,66
CNF, kg	4,71	4,63	4,71	4,21	0,37	0,34	0,54	0,62
<b>Digestibilidade, %</b>								
MS	76,52	75,34	71,62	75,78	2,63	0,44	0,13	0,20
MO	77,49	77,11	72,31	76,85	2,58	0,37	0,16	0,09
FDN	55,11	56,59	54,41	61,54	6,72	0,49	0,63	0,62
PB	75,95	73,71	71,92	76,15	2,71	0,90	0,13	0,56
EE	70,33	73,54	60,21	67,31	4,31	0,12	0,56	0,02
CHO totais	79,34	79,37	74,35	78,07	2,59	0,27	0,31	0,10
CNF	82,75	85,69	78,87	82,57	2,75	0,47	0,87	0,06
NDT*	78,46	80,38	73,60	77,27				

Tratamentos: CON – controle (sem presença de CA); CA5 - Inclusão de 5% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA10 - Inclusão de 10% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA15 - Inclusão de caroço de algodão na matéria seca da dieta total.

NDT\* = Nutrientes digestíveis totais observado.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

Trabalhando com dietas sem volumoso para cordeiros confinados, Júnior et al. (2015) realizaram a substituição de 0, 10, 20, 30 e 40% de CS por CA na MS, e observaram para todas as variáveis relacionadas a consumo um efeito quadrático, sendo que o ponto de inflexão da curva, para a maioria das variáveis, foi a partir de 20% de substituição. As diferenças nas respostas estão, muito provavelmente, ligadas pelos tipos de ingredientes inseridos nas dietas dos dois trabalhos, uma vez que há uma grande diferença físico-química ao se comparar milho grão, o qual é fonte de amido em sua forma íntegra, com a casca de soja, fonte de fibra com singela fração de amido. A partir desse fato, no trabalho realizado por Júnior et al. (2015), a inserção de CA na dieta reduziu a proporção de FDN total da dieta, situação oposta ao trabalho em questão. Outro ponto seria os avanços nas substituições de um produto pelo outro, sendo que o último grau de substituição do presente estudo (CA15) fica entre o intervalo da primeira e a segunda substituição do trabalho citado.

Em relação aos parâmetros de digestibilidade não foram observados efeitos ( $P > 0,05$ ) para nenhuma das variáveis analisadas, o que se assemelha aos

resultados obtidos por Júnior et al. (2015), que observaram apenas efeito quadrático para a digestibilidade do extrato etéreo. A utilização do CA e os efeitos sobre os parâmetros de digestibilidade são distintos, Rogério et al. (2004) partiram de zero até 45% de inclusão em dietas para ovinos e notaram efeito negativo para a digestibilidade da fração de FDN. Segundo Palmquist (1995) os parâmetros de digestibilidade da fibra podem ser afetados pela relação negativa com os lipídeos, uma vez que os ácidos graxos podem exercer efeito inibitório sobre os microrganismos, ou mesmo formar uma camada ao redor da partícula, dificultando ou até impedindo, que os microrganismos realizem a adesão ao substrato.

Em relação aos parâmetros de fermentação ruminal, foi observado efeito linear ( $P < 0,05$ ) em relação a proporção molar de valerato, como demonstrado na Tabela 24. Também foi observado efeito linear ( $P < 0,01$ ) em relação a concentração de amônia ruminal. Não foram observadas diferenças em relação a proporção molar de Acetato, propionato, isobutirato, butirato e isovalerato ao se comparar as respostas desencadeadas pelas dietas experimentais.

De acordo com os dados apresentados por Souza (2013), o qual realizou a suplementação de cordeiros com caroço de algodão (0, 7, 14, 21 e 28% na MS) em dieta com 10% (MS) de feno *coast cross*, a inclusão de CA nas dietas experimentais levou a uma resposta linear negativa na concentração de acetato, a um efeito linear positivo na concentração de isovalerato e a um efeito quadrático na concentração de propionato, sendo o tratamento com 14% de CA na MS o que apresentou a maior concentração desse AGCC. As diferentes respostas observadas, muito provavelmente, estão associadas aos diferentes perfis de dietas do presente estudo, uma vez que pela ausência de volumoso, as diferenças físico-químicas, provavelmente, levam a diferentes respostas nos parâmetros de fermentação com o uso do coproduto, bem como a interação entre o conjunto de ingredientes das dietas.

**Tabela 24.** Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P				
	Cont	CA5	CA10	CA15		L	Q	C	H	T×H
Proporção molar, mM/100mM										

Acetato	40,28	40,72	42,10	42,57	1,57	0,23	0,99	0,78	<0,01	0,90
Propionato	40,38	40,79	37,71	40,32	1,91	0,60	0,44	0,15	0,01	0,46
Isobutirato	0,66	0,72	0,83	0,77	0,08	0,22	0,48	0,51	0,01	0,63
Butirato	14,64	11,42	13,32	12,44	1,69	0,45	0,40	0,21	0,01	0,99
Isovalerato	2,72	3,09	3,23	2,77	0,41	0,86	0,30	0,83	<0,01	0,66
Valerato	2,16	2,11	1,92	1,61	0,20	0,03	0,45	0,96	0,01	0,78
Total, mM	42,78	40,00	43,78	42,95	2,98	0,71	0,70	0,34	<0,01	0,86
C2:C3	1,03	1,03	1,18	1,09	0,09	0,30	0,48	0,25	0,01	0,97
C2C4:C3	1,40	1,35	1,64	1,41	0,13	0,52	0,39	0,07	0,01	0,78
pH	5,64	5,68	5,75	5,69	0,06	0,30	0,28	0,43	<0,01	0,11
Amônia, mg/dL	8,07	10,31	12,70	12,34	0,90	0,01	0,14	0,46	<0,01	0,10

Tratamentos: CON – controle (sem presença de CA); CA5 - Inclusão de 5% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA10 - Inclusão de 10% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA15 - Inclusão de caroço de algodão na matéria seca da dieta total.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática; H = Efeito de hora; TxH = Interação entre tratamento e hora.

De acordo com os dados apresentados por Souza (2013) a inclusão de CA não alterou a relação entre acetato e propionato, o que se assemelha a resposta obtida no presente estudo, porém, em relação ao pH ruminal, o autor relata efeito linear ( $P = 0,05$ ), fato esse não observado neste trabalho ( $P > 0,05$ ). Outro ponto de discordância entre as variáveis analisadas é em relação a concentração de amônia ruminal, que no trabalho anteriormente citado não apresentou variação estatística, contrariando a resposta linear ( $P < 0,05$ ) observada. O resultado obtido pode ser atribuído a diferenças na sincronização de liberação e utilização de energia e proteína nas dietas experimentais, sendo que a substituição de MG por CA levou a uma substituição de CHO de maior potencial fermentescível (amido) por FDN e EE, que pode ter como resposta a menor síntese microbiana e, conseqüentemente, menor consumo de amônia ruminal pelos microrganismos (HRISTOV et al., 2005).

Houve efeito de hora para todos os parâmetros de fermentação ruminal ( $P < 0,01$ ), mostrando que a substituição do MG pelo CA traz mudanças em relação aos picos de fermentação ao longo do dia. Os principais nutrientes de cada ingrediente apresentam taxas de degradação distintas quando comparados, fazendo com que a substituição de um produto pelo outro altere a proporção dos nutrientes da dieta total, consecutivamente, os tratamentos apresentaram respostas distintas quando comparados em um determinado momento após a alimentação.

Os dados disponíveis na literatura não são totalmente conclusivos em relação aos efeitos sobre o comportamento ingestivo com o uso de CA em dietas de ruminantes, principalmente em dietas sem a presença de volumoso. Costa (2009) avaliou o comportamento ingestivo de ovinos ao realizar a substituição de feno (17,88% na MS) por CS (20,86% na MS) e CA (27,29% na MS), e chegou à conclusão que o feno foi o mais eficiente em desprender minutos por dia em ruminação e mastigação total, seguido pelo CA, o qual também apresentou diferença estatística em relação a CS, sendo classificada como o ingrediente com menor capacidade de estimular a ruminação e mastigação total dos três avaliados.

Em estudo de comportamento ingestivo com ovinos, Figueiredo et al. (2013) em uma das dietas experimentais realizou a substituição de uma fração do milho moído e do farelo de amendoim por CA em 15% na MS e não observou alterações no tempo despendido com alimentação, ruminação, ócio e mastigação total. Diferindo das respostas encontradas ao substituir o milho grão por caroço de algodão no presente estudo, no qual foi observado efeito linear ( $P < 0,05$ ) para mastigação em minutos por dia, como apresentado na tabela 25, mostrando que o CA possui, de certa forma, um potencial de modificar o comportamento ingestivo dos animais. Como não foi observado efeito para ingestão e ruminação, logo, o maior tempo destinado a mastigação, levou a um efeito linear negativo ( $P < 0,05$ ) para o tempo destinado ao ócio em minutos por dia.

Em estudo com vaca de leite, Harvatine et al. (2002), verificaram a efetividade da fibra do caroço de algodão em substituição a silagem de alfafa nos níveis de 0, 5, 10 e 15% na MS, concluindo que o FDN do caroço de algodão representa aproximadamente 84% da efetividade da FDN da silagem da gramínea.

**Tabela 25.** Comportamento ingestivo de bovinos alimentados com níveis crescentes de inclusão de caroço de algodão em dietas a base de milho grão inteiro e pelete proteico.

Item	Dietas				EPM	Valor de P		
	Cont	CA5	CA10	CA15		L	Q	C
Min/d								
Ingestão	129,1	117,7	145,0	148,8	19,94	0,3057	0,6832	0,4563

Ruminação	88,5	77,5	86,0	120,2	17,80	0,1349	0,1364	0,9246
Mastigação	217,6	196,7	223,75	290,0	25,17	0,0418	0,0983	0,9394
Ócio	1222,4	1243,3	1216,3	1150,0	25,17	0,0418	0,0983	0,9394
Min/kg de MS								
Ingestão	18,98	15,92	18,49	19,20	2,38	0,7572	0,4212	0,4735
Ruminação	12,72	12,69	11,75	14,91	2,85	0,5777	0,4715	0,6131
Mastigação	31,63	28,68	29,43	38,17	4,06	0,2538	0,1478	0,8070
Min/kg de FDN								
Ingestão	150,0	114,6	157,5	156,3	16,10	0,3850	0,2831	0,0904
Ruminação	103,5	93,71	100,5	121,7	23,59	0,4686	0,4026	0,9777
Mastigação	252,3	208,9	250,9	317,2	35,01	0,1188	0,1070	0,6780
Min/kg de FDNfe								
Ingestão	150,9	116,9	160,7	155,0	16,96	0,4528	0,3975	0,0952
Ruminação	102,2	95,88	102,2	116,2	23,50	0,5576	0,5687	0,9506
Mastigação	252,7	213,3	255,7	312,7	36,42	0,1607	0,1738	0,6634

Tratamentos: CON – controle (sem presença de CA); CA5 - Inclusão de 5% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA10 - Inclusão de 10% de caroço de algodão na matéria seca da dieta total; CA15 - Inclusão de caroço de algodão na matéria seca da dieta total.

EPM = Erro padrão da média; L = Efeito linear; Q = Efeito quadrático; C = Efeito desvio da quadrática.

Lima (2011) avaliou fontes de fibra sobre o comportamento ingestivo em bovinos nelore, e realizou a inclusão como fonte de FDN das dietas experimentais o CA, CS, resíduo de milho e o bagaço de cana *in natura*. Segundo os dados apresentados pelo autor, o tratamento CA (11,76% de CA na MS) não apresentou diferença estatística quando comparado com o tratamento MI (85% MG e 15% NPP), sendo semelhante também aos tratamentos CS (5,9% de CS na MS), RM (5,15% de resíduo de milho na MS), diferenciando-se apenas do tratamento com bagaço de cana *in natura*, o qual foi o mais eficiente em estimular a ruminação. Segundo o autor as respostas estão relacionadas ao tamanho físico dos ingredientes e as respectivas proporções de FDN de cada item, bem como o consumo de FDA pelos animais.

## **5.6. Conclusão**

A substituição do milho grão inteiro por caroço de algodão não influenciou o consumo de matéria seca e a digestibilidade dos nutrientes. Levou a alterações pontuais e singelas no metabolismo ruminal, bem como no comportamento ingestivo. Dessa forma a substituição de milho por caroço de algodão, em até 15% na MS, é viável do ponto de vista metabólico animal.

## 5.7. Referências

ABAPA. Associação Baiana dos Produtores de Algodão. Conheça os principais tipos de algodão no mundo. Publicação on-line. 25 junho 2018. Disponível em: <https://abapa.com.br/mais-noticias/conheca-os-principais-tipos-de-algodao-do-mundo/> > Acesso em 15 agosto 2022.

AFERRI, G. Desempenho e características da carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de gordura. 2003. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo – Pirassununga. 2003.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *Journal of animal science*, v. 87, n. 10, p.3317-3334, 2009.

ANDERSON, M. J., LAMB, R. C., WALTERS, J. L. Comparison of four levels of whole cottonseed for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 63, n. Suppl. 1, 1980.

ARRIGONI, M. de B.; MARTINS, C. L.; FACTORI, And M. A. Lipid Metabolism in the Rumen. In: MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. De B.; PACHECO, R. D. Lauritano. *Rumenology*. Switzerland: Springer, 2016. p. 103-126.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15 ed. Arlington, 1992. V. 1.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16 ed. Gaithersburg, 1997.1141p.

CARVALHO, S. Desempenho e comportamento ingestivo de cabras em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Viçosa, Minas Gerais. 118 p. 2002.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Levantamento de safras. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>>. Acesso: 15 de outubro de 2021>.

COPPOCK, C. E., MOYA, J. R., WEST, J. W., NAVE, D. H., LABORE, J. M., GATES, C. E. Effect of lint on whole cottonseed passage and digestibility and diet choice on intake of whole cottonseed by Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 5, p. 1198-1206, 1985.

COPPOCK, C. E., WEST, J. W., MOYA, J. R., NAVE, D. H., LABORE, J. M., THOMPSON, K. G., GATES, C. E. Effects of amount of whole cottonseed on intake, digestibility, and physiological responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 68, n. 9, p. 2248-2258, 1985b.

COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion, milk yield, and composition. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 9, p. 3826-3837, 1991.

COSTA, S. B. M. Feno de capim tifton, casca de soja e caroço de algodão como fonte de fibra em dietas à base de palma forrageira para ovinos. 2009.

CRANSTON, J. J., RIVERA, J. D., GALYEAN, M. L., BRASHEARS, M. M., BROOKS, J. C., MARKHAM, C. E. KREHBIEL, C. R. Effects of feeding whole cottonseed and cottonseed products on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle. *Journal of animal science*, v. 84, n. 8, p. 2186-2199, 2006.

DALE, R. L. **Dairy cattle fed rations containing 0, 10 or 20% whole cottonseed**. 1984. Tese de Doutorado. University of Idaho.

FAO. Food Agriculture Organization United Nations. *Tropical feeds*. 3,0, Oxford: Oxford Computer Journals, 1992. Disponível em <http://www.fao.org/WAICENTER/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/TFEED8/index.htm> > Acesso em 15 agosto 2022.

FIGUEIREDO, M. R. P., SALIBA, E. O. S., BORGES, I., REBOUÇAS, G. M. N., AGUIAR E SILVA, F., SÁ, H. C. M. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com diferentes fontes de fibra. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 65, p. 485-489, 2013.

GENTIL, R. S., SUSIN, I., PIRES, A. V., FERREIRA, E. M., MENDES, C. Q., ALMEIDA, O. C. D., QUEIROZ, M. A. Á. Metabolismo de nutrientes em ovinos alimentados com casca de soja em substituição ao feno de coastcross. **Revista brasileira de zootecnia**, v. 40, p. 2835-2843, 2011.

GOUVÊA, V. N. **Caroço de algodão em dietas contendo alto teor de concentrado para bovinos Nelore terminados em confinamento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2015.

GOUVÊA, V. N., BIEHL, M. V., ANDRADE, T. S., JUNIOR, M. V. D. C. F., FERREIRA, E. M., POLIZEL, D. M. PIRES, A. V. Effects of soybean oil or various levels of whole cottonseed on growth performance, carcass traits, and meat quality of finishing bulls. *Livestock Science*, v. 232, p. 103934, 2020.

HARVATINE, D. I., FIRKINS, J. L., EASTRIDGE, M. L. Whole linted cottonseed as a forage substitute fed with ground or steam-flaked corn: digestibility and performance. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 8, p. 1976-1987, 2002.

HORNER, J. L., COPPOCK, C. E., SCHELLING, G. T., LABORE, J. M., NAVE, D. H. Influence of niacin and whole cottonseed on intake, milk yield and composition, and systemic responses of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 12, p. 3087-3093, 1986.

HRISTOV, A. N., ROPP, J. K., GRANDEEN, K. L., ABEDI, S., ETTER, R. P., MELGAR, A., FOLEY, A. E. Effect of carbohydrate source on ammonia utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 408-421, 2005.

JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of dairy science**, v. 76, n. 12, p. 3851-3863, 1993.

LIMA, D. D. A. Fontes de fibra sobre a digestibilidade e comportamento ingestivo em bovinos da raça nelore confinados, 2011.

MARQUES, R.S. Efeitos da variação dos níveis de forragem em dietas contendo grãos de milho inteiro e os benefícios da floculação na terminação de tourinhos Nelore. 2011. 73p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MATTOS, R., GUZELOGLU, A., BADINGA, L., STAPLES, C. R., THATCHER, W. W. Polyunsaturated fatty acids and bovine interferon- $\tau$  modify phorbol ester-induced secretion of prostaglandin F $_{2\alpha}$  and expression of prostaglandin endoperoxide synthase-2 and phospholipase-A2 in bovine endometrial cells. **Biology of Reproduction**, v. 69, n. 3, p. 780-787, 2003.

MERTENS, DR. Regulation of forage intake. **Forage quality, evaluation, and utilization**, p. 450-493, 1994.

MILLEN, D. D., ARRIGONI, M. D. B., PACHECO, R. D. L. **Rumenology**. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 2016.

NOGUEIRA, R. G. S., PERNA, F., PEREIRA, A. S. C., RODRIGUES, P. H. M. Nutrient digestibility and changes in feeding behavior of cattle fed cottonseed and vitamin E. *Scientia Agricola*, v. 76, p. 112-122, 2019.

PALMQUIST, D. L. Digestibility of cotton lint fiber and whole oilseeds by ruminal microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**, v. 56, n. 3-4, p. 231-242, 1995.

PESCE, D. M. C. Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas da carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados. 2008. 138 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2008.

PIRES, A. V., EASTRIDGE, M. L., FIRKINS, J. L., LIN, Y. C. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. *Journal of Dairy Science*, v. 80, n. 8, p. 1685-1694, 1997.

ROGÉRIO, M. C. P., BORGES, I., TEIXEIRA, D. A. B., RODRIGUEZ, N. M., GONÇALVES, L. C. Efeito do nível de caroço de algodão sobre a digestibilidade da fibra dietética do feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 56, p. 665-670, 2004.

RUFINO JUNIOR, J., CARVALHO, D. M. G. D., SOUZA, J. G. D., CABRAL, L. D. S., SILVA, J. J. D., RIBEIRO, M. D., SOARES, J. Q. Caroço de algodão em dietas sem volumoso para cordeiros confinados. 2015.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. J.; CREWS, D. H.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M. & MCALLISTER, T. A. Effect of bunk

management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 81, p. 149-158. 2003.

SILVA, F.F. O caroço de algodão na alimentação de vacas de leite. Belo Horizonte. 1995. Seminário de Zootecnia, Mestrado em Zootecnia, Nutrição Animal. Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, 6p.

SILVESTRE, Antonio Marcos; MILLEN, Danilo Domingues. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 50, 2021.

SOUSA, D. D. P., CAMPOS, J. M. D. S., VALADARES FILHO, S. D. C., LANA, R. D. P., SEDIYAMA, C. A. Z., MENDES NETO, J. Comportamento ingestivo, consumo e digestibilidade de nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com silagem de milho ou cana-de-açúcar com caroço de algodão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, p. 2053-2062, 2009.

SOUZA, RODRIGO ARAUJO de. **Caroço de algodão moído na alimentação de cordeiros (as) em confinamento**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2013

SULLIVAN, H. M., BERNARD, J. K., AMOS, H. E., JENKINS, T. C. Performance of lactating dairy cows fed whole cottonseed with elevated concentrations of free fatty acids in the oil. *Journal of Dairy Science*, v. 87, n. 3, p. 665-671, 2004.

TEIXEIRA, D. A. B.; BORGES, I. Efeito do nível de caroço integral de algodão sobre o consumo e digestibilidade aparente da fração fibrosa do feno de braquiária (*Brachiaria decumbens*) em ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v. 57, p. 229-233, 2005.

VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R., CHIZZOTTI, M.L., MACHADO, P.A.S. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006, 329p.

VALINOTE, A. C., NOGUEIRA FILHO, J. C. M., LEME, P. R., SILVA, S. D. L., CUNHA, J. VALINOTE, AMAURY CAMILO ET AL. Fontes de lipídio e monensina sódica na fermentação, cinética e degradabilidade ruminal de bovinos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, p. 117-124, 2006.

VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell university press, 1994.

VILLELA, S. D. J., VALADARES FILHO, S. D. C., SILVA, J. D., LEO, M. I., CECON, P. R., PEREIRA, J. C. Caroço de algodão para vacas leiteiras. I. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, v. 25, n. 2, p. 298-308, 1996.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Interaction of whole cottonseed and supplemental fat on digestive function in cattle. *Journal of Animal Science*, v. 71, n. 1, p. 11-17, 1993.