

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Silagem de grãos de milho para bovinos de corte: Estudo de aditivo
nutricional da ensilagem sobre desempenho animal e análise de dados de
híbridos americanos *vs* brasileiros

Autor: Fernando Alberto Jacovaci
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

MARINGÁ
Estado do Paraná
Outubro – 2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Silagem de grãos de milho para bovinos de corte: Estudo de aditivo
nutricional da ensilagem sobre desempenho animal e análise de dados de
híbridos americanos *vs* brasileiros

Autor: Fernando Alberto Jacovaci
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

Tese apresentada como parte das exigências
para obtenção do título de DOUTOR EM
ZOOTECNIA, no Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia da Universidade
Estadual de Maringá - Área de Concentração
Pastagens e Forragicultura

MARINGÁ
Estado do Paraná
Outubro – 2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

J18s	<p>Jacovaci, Fernando Alberto</p> <p>Silagem de grãos de milho para bovinos de corte : estudo de aditivo nutricional da ensilagem sobre desempenho animal e análise de dados de híbridos americanos vs brasileiros / Fernando Alberto Jacovaci. -- Maringá, PR, 2020. 59 f. figs., tabs.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, 2020.</p> <p>1. Silagem de milho - Estabilidade aeróbia. 2. Estocagem de grãos. 3. Silagem de milho - Bovino de corte. I. Jobim, Clóves Cabreira, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Agrárias. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.</p> <p>CDD 23.ed. 636.208562</p>
------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

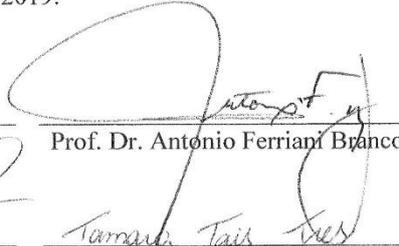
SILAGEM DE GRÃOS DE MILHO PARA BOVINOS
DE CORTE: ANÁLISE DE DADOS DE HÍBRIDOS
AMERICANOS E BRASILEIROS, E ADIÇÃO DE GRÃOS
DE SOJA NA ENSILAGEM

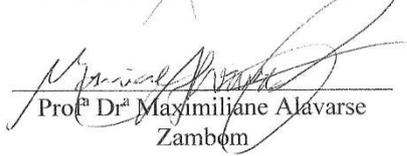
Autor: Fernando Alberto Jacovaci
Orientador: Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim

TITULAÇÃO: Doutor em Zootecnia - Área de Concentração Produção
Animal

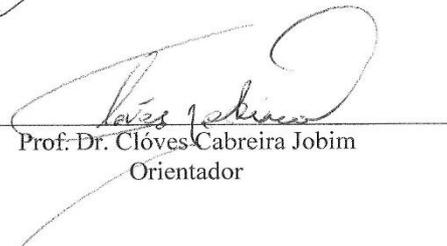
APROVADO em 04 de outubro de 2019.


Prof. Dr. João Luiz Pratti Daniel


Prof. Dr. Antonio Ferriani Branco


Prof.ª Dr.ª Maximiliane Alavarse
Zambom


Prof.ª Dr.ª Tamara Tais Tres


Prof. Dr. Clóves Cabreira Jobim
Orientador

“Mil cairão ao teu lado, e dez mil à tua direita, mas tu não serás atingido...

Nenhum mal te sucederá, nem praga alguma chegará à tua tenda”

Salmo 91 (90)

O livro dos Salmos

À

Deus, por jamais desistir de mim. Por todos os momentos que ele pegou em minha mão e me levantou após uma queda.

À

Minha mãe, Maria, por todas as orações e incentivos.

À

Meu pai, Silvio, por todos os ensinamentos.

À

Todos os meus familiares.

Aos

Amigos.

De coração,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e principalmente pela família que me colocou, com certeza essa é a maior graça que Ele me concedeu.

A meus pais e familiares, pois sem eles eu provavelmente não teria chegado até aqui.

Ao professor Clóves, pela orientação, ensinamentos e oportunidade de poder realizar esse sonho, serei sempre muito grato.

A todos os meus professores, desde minha graduação na UNESP até ao fim deste ciclo na UEM, em especial o professor João Daniel, pela amizade, paciência e muitos ensinamentos valiosos.

À Universidade Estadual de Maringá, principalmente ao Departamento de Zootecnia e todos os funcionários que fizeram parte deste sonho. Também a todos os funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, que dão suporte em nossos experimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por fomentar o projeto desenvolvido durante meu doutorado.

À todas as pessoas que fizeram e fazem parte do Grupo de Estudo em Silagens e Feno (GESF), que colaboraram imensamente em todas as atividades executadas, que me proporcionou conhecer pessoas de diferentes países e culturas.

A todos os meus amigos (seria muito injusto esquecer de alguém, portanto não mencionarei nomes), desde o tempo de UNESP, Piracicaba e de UEM, que foram por muitas vezes minha família e também em especial à Maria Alice. Eu sou muito privilegiado, pois em todos os lugares que passei, fiz bons amigos. Ainda mais por poder incluir aqui, não somente companheiros de moradia e/ou de “churrasco”, mas também professores e funcionários. Portanto, eu sou muito grato a todos, pois jamais esse sonho teria sido realizado sem a ajuda de vocês.

É com grande satisfação, do fundo do coração, que eu agradeço a todos vocês!
MUITO OBRIGADO!

BIOGRAFIA

Fernando Alberto Jacovaci, filho de Silvio Fernando Jacovaci e Maria Aparecida Ramalho, nascido em Buritama, estado de São Paulo no dia 06 de junho de 1990.

Em março de 2009 ingressou na Universidade Estadual Paulista (UNESP) e, em Junho de 2013, obteve o título de bacharel em Zootecnia.

Em março de 2014, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá (UEM), em nível de Mestrado, área de concentração Forragicultura e Pastagens.

Em março de 2016, defendeu sua Dissertação, obtendo o título de Mestre em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

Em março de 2016, iniciou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual de Maringá (UEM), em nível de Doutorado, área de concentração Pastagens e Forragicultura, realizando estudos também na área de Conservação de Forragens e Nutrição Animal.

Em dezembro de 2018, submeteu-se ao exame geral de qualificação.

Em outubro de 2019, defendeu sua Tese, obtendo o título de Doutor em Zootecnia, pela Universidade Estadual de Maringá (UEM).

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS	2
LISTA DE FIGURAS	3
RESUMO	4
ABSTRACT	7
I. INTRODUÇÃO GERAL	1
Revisão bibliográfica	2
Referências bibliográficas.....	8
II. OBJETIVOS GERAIS	12
III. Respostas de desempenho de bovinos de corte alimentados com grãos de milho seco ou ensilado e tamanho da diferença entre respostas de híbridos brasileiros e americanos: Metanálise.....	13
Resumo	13
Abstract.....	14
Introdução	14
Material e Métodos	16
Resultados	18
Discussão	20
Conclusões	23
Referências Bibliográficas	24
IV. Effect of ensiling reconstituted corn grains with whole soybeans on the performance of finishing beef cattle	31
Abstract -.....	31
Introduction.....	31
Materials and methods	32
Results.....	35
Discussion.....	36
Conclusions.....	38
Acknowledgements.....	38
References.....	39
V. Estabilidade aeróbia e composição química de silagens de grão de milho reidratados com adição de níveis de óleo de soja (refinado).....	47
Resumo	47
Abstract.....	47
Introdução	48
Material e Métodos	49

Resultados	51
Discussão	52
Conclusões	54
Agradecimentos	55
Referências Bibliográficas	lv

LISTA DE TABELAS

Respostas de desempenho de bovinos de corte alimentados com grãos de milho seco ou ensilado e tamanho da diferença entre respostas de híbridos brasileiros e americanos: Metanálise

Tabela 1 - Dados descritivos do banco de dados utilizados na metanálise	28
Tabela 2 - Desempenho de animais alimentados com grãos de milho ensilados ou secos oriundos de trabalhos conduzidos com híbridos brasileiros	29
Tabela 3 - Tamanho de respostas para híbridos brasileiros e americanos no desempenho animal e na digestibilidade de nutrientes entre grãos secos em relação a grãos ensilados úmidos	30

Effect of ensiling reconstituted corn grains with whole soybeans on the performance of finishing beef cattle

Table1 - Nutrient composition, fermentative profile and aerobic stability of experimental concentrates	42
Table 2 - Ingredients and nutrients composition of experimental diets	43
Table 3 - Animal performance of finishing feedlot cattle fed diets based on dry or ensiled concentrates	44
Table 4 - Ingestive behavior of finishing feedlot cattle fed diets based on dry or ensiled concentrates	45

Estabilidade aeróbia e composição química de silagens de grão de milho reidratados com adição de níveis de óleo de soja (refinado)

Tabela 1 - Matéria seca, pH e microbiologia de milho reidratado com inclusão de diferentes níveis de óleo de soja prévio a ensilagem.....	v
Tabela 2 - Matéria seca, composição química, perdas de matéria seca, pH, microbiologia e estabilidade aeróbia de silagens de milho reidratadas com inclusão de diferentes níveis de óleo de soja.....	v

LISTA DE FIGURAS

Effect of ensiling reconstituted corn grains with whole soybeans on the performance of finishing beef cattle

Figure 1 - Aerobic stability of reconstituted corn silage and reconstituted corn plus whole soybeans silage. 45

Figure 2 - Values of pH for reconstituted corn silage and reconstituted corn plus whole soybeans silage. 46

0. Estabilidade aeróbia e composição química de silagens de grão de milho reidratados com adição de níveis de óleo de soja (refinado)

Figura 1 - Valores de pH para silagens de grão de milho reconstituído com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja durante a exposição aeróbia. vi

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho responder algumas questões de grande importância no sistema de terminação de bovinos de corte confinados. Inicialmente foi realizada uma metanálise com artigos (brasileiros e americanos) que estudaram a terminação de bovinos de corte confinados, consumindo milho seco ou ensilado com alta umidade ($\geq 27,0\%$) em um mesmo estudo. Em princípio, para este estudo, o objetivo foi a comparação entre grão seco (GS) e grão ensilado (GE) usados nos confinamentos no Brasil e nos EUA. Após isso, foi feito um cálculo para que a resposta relativa entre o GS e GE ($\{[GE-GS]/GS\} \times 100$) pudesse ser comparado entre os países. Portanto, para essa análise, o objetivo foi de saber se o tamanho da resposta entre GS e GE para híbridos brasileiros eram diferentes que para os híbridos americanos. Para as comparações dentro de cada país, as respostas seguiram os mesmos caminhos. O GE reduziu o consumo de matéria seca (CMS) para BR e USA (9,14 e 2,91%, respectivamente) sem afetar o ganho de peso vivo (GPV), 1,61 vs 1,58 para GS e GE, respectivamente para brasileiro e 1,65 vs 1,66 para GS e GE respectivamente nos híbridos americanos. Isso resultou em maior eficiência alimentar (EA) do GE em comparação ao GS [brasileiros (0,164 vs 0,194 para GS e GE, respectivamente) e americanos (0,164 vs 0,170 para GS e GE, respectivamente)]. A resposta relativa para os estudos brasileiros foi maior que os americanos, quando observado diferença estatística ($P < 0,05$). Não foi observado resposta relativa para GPV, entretanto, a inibição de CMS foi maior para os BR em relação aos USA (-11,86 vs -3,31%). Também, a resposta relativa para EA foi superior para os híbridos BR, sendo que a ensilagem do grão para esse país proporcionou aumento de 14,1% em EA, enquanto que os híbridos USA aumentou em apenas 5,03%. Em um segundo passo, objetivou-se avaliar o desempenho animal de bovinos de corte em terminação, alimentados com grão de milho ensilado com ou sem aditivo nutricional. Foram avaliados dois fatores para esse experimento, sendo estocagem de grão (seco ou ensilado) e fonte de nitrogênio da ração (ureia ou grão de soja crua). Portanto os tratamentos foram definidos como: milho seco

laminado e ureia; milho seco e grão de soja cru laminados; milho laminado e reidratado e ureia (misturados na hora do trato); milho laminado e reidratado e grão de soja cru (ensilados juntos na proporção 72:28; milho:soja, respectivamente). As dietas foram formuladas para serem iso-nitrogenada (13% PB) e possuírem as mesmas inclusões de fibra em detergente neutro de forragem (25% de inclusão de silagem de planta de milho). As silagens de grãos foram reidratadas (35% umidade), processadas (fisicamente) e armazenadas durante 90 d. Após a abertura dos silos, a silagem foi submetida a avaliações de perfil fermentativo, teste de estabilidade aeróbia e degradabilidade ruminal. Após 21 d de experimento, o comportamento ingestivo (ingestão, consumo de água, ruminação e ócio) dos animais foi avaliado. O delineamento adotado para as avaliações de desempenho animal e comportamento ingestivo foi o de blocos casualizados, onde os animais foram alocados (com base no peso vivo) e distribuídos nos tratamentos. Para a estabilidade aeróbia das silagens o delineamento adotado foi o inteiramente casualizado em arranjo de medida repetida no tempo. A adição de grão de soja na ensilagem aumentou a estabilidade aeróbia tanto para as aferições de temperatura quanto para as mensurações de pH. Não foi observado interação entre os fatores para nenhuma das variáveis analisadas. Nenhum dos fatores afetaram o CMS enquanto que a ensilagem aumentou o GPV, resultando em maior EA. A ensilagem dos grãos, tanto para o milho, como para o milho+soja, reduziu o tamanho de refeição (min e kg/ refeição), entretanto, o maior número de refeições e maior tempo gasto para alimentação (d) compensou o menor tamanho de refeição. Os tempos de ruminação e mastigação não foram afetados pelos tratamentos. A ensilagem de grão de milho, com ou sem o grão de soja, proporcionou maior eficiência alimentar e, a inclusão do grão de soja aumentou a estabilidade aeróbia das silagens. Na sequência dos estudos objetivou-se responder a hipótese de que o óleo do grão de soja proporciona maior estabilidade aeróbia para as silagens de milho+soja. O experimento foi composto por um tratamento controle e 5 níveis de inclusão de óleo de soja refinado (0,7, 1,4, 2,1, 2,8, 3,5%). O milho foi moído, reidratado (35% umidade) e divididos em 6 parcelas. Posteriormente, foram ensilados à vácuo em mini silos tipo bag de polietileno e armazenados por 90 d. Foram avaliadas, perdas de matéria seca (MS), contagem de fungos filamentosos e leveduras e estabilidade aeróbia das silagens (temperatura e pH). O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado analisados em regressão, linear e quadrática. A inclusão do óleo até o nível de 2,8%, reduziu a perda de matéria seca, entretanto, no maior nível (3,5%) as perdas foram semelhantes ao tratamento controle. A adição do óleo reduziu a concentração de proteína bruta e

aumentou a de extrato etéreo. A adição do óleo não reduziu a contagem de fungos e leveduras nem proporcionou maior estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia, grãos, estocagem, proteína, processamento de milho

ABSTRACT

Abstract: This work aimed to answer some questions of great importance in the finishing system of feedlot beef cattle. Initially, it was performed a meta-analysis with articles (Brazilian and American) that studied finishing beef cattle in feedlot, feeding with dry or ensiled corn with high moisture ($\geq 27.0\%$) in the same study. Initially, for this study, the objective was to compare dry grain (DG) and ensiled grain (EG) used in feedlots in Brazil and the USA. After this, a calculation was made so that the relative response between DG and EG ($\{[EG-DG] / DG\} \times 100$) could be compared between the countries. Therefore, for this analysis, the objective was to know if the size of the response between DG and EG for Brazilian hybrids were different than for American hybrids. For comparisons within each country, the responses followed the same pathways. The EG reduced dry matter intake (DMI) for BR and USA (9.14 and 2.91%, respectively) without affecting additional body gain (ADG), 1.61 vs 1.58 for DG and EG, respectively for Brazilian and 1.65 vs 1.66 for DG and EG respectively in the American hybrids. This resulted in higher feed efficiency (FE) of EG compared to DG [Brazilians (0.164 vs 0.194 for DG and EG, respectively) and Americans (0.164 vs 0.160 for DG and EG, respectively)]. The relative response for the Brazilian studies was higher than the American ones, when statistical difference was observed ($P < 0.05$). No relative response was observed for ADG, however, DMI inhibition was higher for BR compared to the USA (-11.86 vs -3.31%). Also, the relative response for FE was higher for BR hybrids, and grain silage for this country provided a 14.1% increase in FE, while USA hybrids increased only 5.03%. In a second step, the objective was to evaluate the animal performance of finishing beef cattle feeding with ensiled corn grain with or without nutritional additive. Two factors were evaluated for this experiment: grain storage (dry or ensiled) and feed nitrogen source (urea or rolled whole soybean). Therefore, the treatments were defined as: dry rolled corn and urea; dry rolled corn and rolled whole soybean; rolled and rehydrated corn and urea (mixed at the time of feeding); rolled and rehydrated corn and rolled whole soybean (ensiled together

at a ratio of 72:28; corn:soybean, respectively). The diets were formulated to be iso-nitrogenous (13% PC) and have the same inclusions of the neutral detergent fiber of forage (25% inclusion of corn plant silage). The silages were rehydrated (35% moisture), processed (physically) and stored for 90d. After opening the silos, the silage was submitted to fermentative profile evaluations, aerobic stability and ruminal degradability. After 21d of experiment, the animals ingestive behavior (ingestion, water consumption, rumination and idleness) was evaluated. The design adopted for the evaluations of animal performance and ingestive behavior was the of randomized blocks, where the animals were allocated (based on live weight) and distributed among the treatments. For the aerobic stability of silages, the design adopted was completely randomized in a repeated measurement arrangement at the time. The addition of soybean in the silage increased aerobic stability for both temperature and pH measurements. It was not observed interaction between the factors for none of the analyzed variables. None of the factors affected DMI while silage increased ADG, resulting in higher FE. The grain ensiling, for both corn and corn + soybean, reduced meal size (min and kg / meal), however, the higher number of meals and longer time spent feeding (d) compensated the meal size. Rumination and chewing time were not affected by none of the treatment. The ensilage of corn grain, with or without soybean, provided higher feed efficiency and the inclusion of soybean increased the aerobic stability of silages. In the sequence of the studies, it was aimed to answer the hypothesis that soybean oil provides greater aerobic stability for corn + soybean silages. The experiment consisted of a treatment control and 5 levels of inclusion of refined soybean oil (0.7; 1.4; 2.1; 2.8; 3.5%). The corn was ground, rehydrated (35% moisture) and divided into 6 parcels. Subsequently, they were vacuum ensiled in mini silos of polyethylene bag type and stored for 90 days. Dry matter losses (DM), fungal and yeast count and aerobic stability of silages (temperature and pH) were evaluated. The design adopted was the completely randomized, analyzed in regression, linear and quadratic. The inclusion of oil until the 2.8% level, reduced dry matter loss, however, at the highest level (3.5%) the losses were similar to the control treatment. The addition of oil reduced crude protein concentration and increased ether extract. The addition of the oil did not reduce the fungal and yeast count nor provided greater aerobic stability.

Keywords: aerobic stability, grain, storage, protein, processing corn

Introdução geral

De acordo com levantamento de dados feito em confinamentos e em indicações de nutricionistas brasileiros, o milho é o principal alimento energético de dietas de bovinos de corte em terminação (Millen et al., 2009). Isso é uma realidade no Brasil devido ao fato do milho ser muito cultivado (cerca de 91 milhões de toneladas, CONAB, 2019), principalmente nas regiões dos grandes confinamentos, sendo assim, tem alta disponibilidade. Além disso, o milho é um cereal rico em energia (~ 70,0 % amido; Rooney e Pflugfelder, 1986) e com alto valor nutricional.

Mesmo com as facilidades acima citadas, o uso do milho em confinamentos ainda possui alguns impasses em relação ao máximo aproveitamento de sua unidade energética, que é o amido. Isso ocorre principalmente nos híbridos cultivados no Brasil, que são popularmente conhecidos como milho duro ou milho tipo flint. O que caracteriza esses híbridos é a alta vitreosidade do endosperma, sendo esta, uma consequência da presença de algumas proteínas nessa parte do grão. O acúmulo dessas proteínas (prolaminas) é um mecanismo de defesa da semente que dificulta o acesso ao endosperma por fatores externos à semente.

Desse modo, o processamento do milho é importante, pois cria possibilidades de acesso ao endosperma pelos microrganismos ruminais, por exemplo. Por meio do processamento dos grãos de milho, aumenta-se a superfície de contato do endosperma com o ambiente externo, facilitando o acesso a ele. Entretanto, apenas a redução do tamanho de partícula do grão do milho não apresenta resultados tão expressivos de desempenho animal quanto a outros processamentos como a ensilagem do grão e a floculação (Zinn et al., 2011).

Isso ocorre porque na ensilagem do grão do milho, além do processamento físico (redução do tamanho de partícula), existe o benefício principal da hidrólise enzimática e também da hidrólise ácida da matriz proteica que envolve o amido durante o período de estocagem dessa silagem (Kung Jr. et al., 2014). Durante o período de estocagem de silagens de milho (grão e planta inteira), os microrganismos produzem proteases que degradam a matriz proteica do grão do milho tornando o amido mais disponível (Junges et al., 2014). Esse processo facilita o acesso ao amido pelos microrganismos do rúmen, por consequência, há redução da concentração de amido nas fezes e aumento da eficiência alimentar (EA) (Caetano et al., 2015).

O aumento da EA nem sempre é resultado de maior desempenho animal e sim do menor consumo de matéria seca (CMS) acompanhado do mesmo valor de ganho de peso

vivo (GPV). Essa redução do CMS é característica de dietas com inclusão de grãos de milho ensilado, que leva a maior formação de propionato no rúmen e como consequência disso, há redução no CMS (Albornoz et al., 2018; Gualdrón-Duarte e Allen, 2018).

Em contrapartida, em situações que a redução do CMS não é tão expressiva, frequentemente é observado aumento no desempenho animal (Benton et al., 2005; Corrigan et al., 2009). Isso corrobora com as equações de exigências nutricionais do NRC (1996), no qual o nutriente mais limitante é a energia da dieta. Nesse sentido, estratégias que aumentem a densidade energética na dieta de bovinos de corte em terminação devem ser consideradas. Portanto, o processamento do milho é uma excelente opção para aumentar o desempenho animal e/ou a eficiência alimentar de animais dessa categoria. Entretanto, não apenas o processamento do milho pode ser considerado, mas também alimentos que auxiliam na estratégia de aumentar a densidade energética da dieta como o uso de óleos e gordura.

Há mais de uma década o grupo de pesquisa em silagem e feno (GESF) do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá tem pesquisado sobre estratégias de armazenamento de grãos, como a ensilagem do grão do milho com outros alimentos ricos em proteína e óleo. E nesse sentido, o cenário de melhor processamento do grão do milho conciliado a alimentos que adensem a energia da dieta, a estratégia de ensilagem do grão do milho com grão de soja parece ser uma ótima opção, já que o grão de soja é rico em óleo e em proteína. Resultados interessantes de conservação de alimento e desempenho animal foram observados com essa estratégia (Jobim et al., 2008; Jobim et al., 2010). Também, para agropecuaristas que produzem soja, seria uma ótima opção de armazenamento de grãos, principalmente em safras que por condições climáticas a colheita da soja seja prejudicada.

Portanto, com este trabalho os objetivos foram de: 1. Mensurar o tamanho da diferença de resposta de desempenho animal entre o grão de milho seco e ensilado para híbridos brasileiros e americanos por meio de metanálise; 2. Avaliar o desempenho animal de bovinos em terminação consumindo dietas com 2 fontes de nitrogênio (ureia e grão de soja crua) e dois métodos de estocagem de grãos (seco e ensilado) e 3. Estudar o efeito do óleo de soja refinado sobre a estabilidade aeróbia de silagens de grão.

Revisão bibliográfica

As dietas de animais confinados normalmente são constituídas com grandes densidades energéticas, e essa característica é devido a altos níveis de inclusão de grãos

de cereais nas rações. Os cereais são alimentos ricos em energia, e isso é em função dos componentes químicos dos grãos de cereais, que por sua vez possuem grandes quantidades de amido. Segundo Rooney e Pflugfelder (1986), os cereais em média possuem 60 – 70 % de amido. Deste modo, o melhor aproveitamento do amido é fator relevante, visando melhor desempenho animal e intensificação do sistema de produção.

O amido é um polissacarídeo, carboidrato não estrutural, sendo o carboidrato de reserva de maior importância para algumas espécies de plantas (Rokke e Hatfield, 2003; Lehninger, 2002; Kozloski, 2011).

O grânulo de amido é formado por dois polímeros de glicose, amilose e amilopectina. A amilopectina é um polímero de cadeia ramificada, com ligações de D-glicose (α 1,4) na parte linear e com pontuais ramificação, formada por ligações α 1,6. A amilose é uma cadeia linear formada apenas por ligações α 1,4. A amilose e a amilopectina são unidas por meio de pontes de hidrogênio e, são embebidas por uma matriz proteica, a qual possui função estrutural. Esses componentes possibilitam uma conformação extremamente organizada do amido, com partes diferenciadas, mais porosa e extremamente rígida e compacta (ligação entre amilose e matriz proteica).

Um fator de grande importância dentro deste contexto, é o tipo de endosperma do grão do milho, os quais são classificados em Flint (duro), semi-Flint (semi-duro) e Dent (mole). Essa classificação é em relação a vitreosidade do grão, que é expressa em porcentagem de endosperma vítreo que constitui o amido. As principais porções dentro deste contexto são, porcentagem de endosperma farináceo (floury) e porcentagem de endosperma vítreo (flint).

A vitreosidade dos grãos é fator antagônico a digestibilidade, ou seja, quanto maior for a proporção de endosperma vítreo, menor será a digestibilidade (Philippeau e Michalet-Doreau, 1997). Desta forma, híbridos com menor proporção de endosperma vítreo têm o acesso dos microrganismos facilitado (Zinn et al., 2011). E a principal causa da vitreosidade é em função da matriz proteica que envolve o amido. A matriz proteica é um constituinte não amido, mas que estão ligados ao amido dentro do grão (Owens et al., 1986). É composta por nitrogênio solúvel, gluteínas, (α,β,δ)-zeínas e γ -zeínas. Proteínas prolaminas formam a matriz proteica que se unem aos grânulos de amido, formando uma estrutura hidrofóbica que limita o acesso de microrganismos do rúmen ao amido (Owens et al., 1986; McAllister et al., 1990).

Proteínas zeínas são classificadas como prolaminas, e são divididas em quatro subclasse (α , β , δ e γ), e são sintetizadas no retículo endoplasmático do amiloplasto (Buchman et al., 2000) citado por (Hoffman et al., 2011).

De acordo com Dombrink-Kurtzman e Bietz (1993) e Philippeau et al., (2000) há alta correlação entre vetreosidade do grão e (α,β,δ)-zeínas. Philippeau et al., (2000) ainda completam que as gluteínas são negativamente correlacionadas com a vitreosidade ($P < 0,01$). Dombrink-Kurtzman e Bietz, (1993), observaram maior quantidade de α -zeína no endosperma vítreo em comparação ao endosperma farináceo.

Entretanto, de acordo com Kung Jr. et al., (2014) a γ prolamina-zeína é a principal causa da ligação (hidrofóbicas) entre matriz proteica e amido, isso porque, 60% de γ prolamina-zeína foram degradadas com a ensilagem de grão úmido, e isso tornou o amido mais digestível.

Benton et al., (2005), chamam a atenção para melhorias em silagens de grão úmido com maior umidade, 30% em relação a 24% para grãos úmido e 35% em relação a 28% para grãos reconstituídos, esses resultados corroboram com a indicação de Jobim et al., (2003) e Gobetti et al., (2013). Isso ocorre, pois, a baixa umidade prejudica a ação dos microrganismos durante o processo fermentativo. Sendo assim, materiais ensilados com baixa umidade poderão não ter boa conservação. Além disso, a digestibilidade do amido pode ser reduzida, pois são os microrganismos que produzem a maior parte dos componentes proteolíticos durante o processo fermentativo (Junges et al., 2014). Ademais, após atingir sua maturidade, o grão do milho irá apenas perder água e acumular prolaminas, resultando em grãos com maiores vitreosidade (Philippeau e Michalet-Doreau, 1997).

Esse fato ocorre em função de que com o avanço da maturidade da cultura (milho e sorgo, por exemplo, são os mais evidentes), as zeínas se desenvolvem e distendem-se, e, β e δ -zeínas e γ e α -zeínas se interligam, penetrando em seu meio, envolvendo o amido e criando uma estrutura hidrofóbica que é a matriz proteica (Buchman et al., 2000) citado por (Hoffman et al., 2011).

Outro ponto importante é que na colheita do milho, o material com a umidade muito alta dificulta a debulha, aumentando as perdas de grãos nessa fase.

A hidrólise ácida e enzimática durante a ensilagem rompem as pontes de hidrogênio e degradam a matriz proteica que envolve o amido. A proteólise em silagens sempre foi sinônimo de fermentação indesejável (Jobim e Gonçalves, 2003; Rooke e Hatfield, 2003; Phalow et al., 2003), entretanto quando a proteólise é realizada por

enzimas que degradam a matriz proteica e liberam $N-NH_3$, é sinónimo de maior disponibilidade de nutrientes. Porém, os processos de ensilagem precisam ser muito bem feitos para que isso ocorra e, que a ensilagem tenha um bom processo fermentativo. Todavia, para que esses resultados não sejam interpretados de forma equivocada, deve ter-se o cuidado ao analisar essas respostas, principalmente em relação a presença de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), que normalmente é usado como indicativo de silagem de baixa qualidade.

Como descrito, a matriz proteica dos grãos de milho é insolúvel em água e também no fluido ruminal, porém são solúveis em ácido acético e ácido láctico, isso de acordo com revisão feita por Lawton, (2002), onde são abordados alguns solventes para as zeínas. Nessa linha de raciocínio, Hoffman et al., (2011), utilizaram aditivo microbiano com o objetivo de observar o comportamento da degradação da matriz proteica em diferentes tempos de armazenagem, e para isso utilizaram *Lactobacillus buchneri*, um microrganismo classificado como heterolático, que produz tanto ácido láctico como ácido acético. Entretanto os autores concluíram que a maior produção de ácidos não é responsável pela degradação da matriz proteica e sim a ação de enzimas proteolíticas.

Com adição de protease exógena e em diferentes tempos de abertura, Kung Jr. et al., (2014), observaram degradação da matriz proteica semelhantes para os tratamentos (com ou sem protease exógena) até os 70 dias de estocagem, entretanto após esse período, o tratamento com protease exógena apresentou maior degradação, apresentando maior presença de $N-NH_3$.

A degradação da matriz proteica realmente parece ser em função da ação enzimática, entretanto o tempo de armazenagem é determinante. Kung Jr., (2013) relata importantes mudanças na composição da silagem com maiores tempos de estocagem, especialmente na fração nitrogenada, e estabilidade aeróbica, e concluiu que há benefícios com maiores tempos de estocagem.

Com maior tempo de estocagem dos grãos ensilados, maior ação enzimática o material irá sofrer e assim maior quantidade de nutrientes estará disponível (Benton et al., 2005; Hoffman et al., (2011); Kung Jr. et al., 2014). Isso também vale para silagens de planta inteira, onde melhorias têm sido observadas com maiores tempos de estocagem (YOUNG et al., 2012; Kleinschmit e Kung Jr., 2006; Der Bedrosian et al., 2012).

Apesar das melhorias em relação ao valor nutricional e na estabilidade aeróbia da silagem serem linear com o aumento do período de estocagem, parece haver um período

ideal para abertura do silo, que seria por volta de 30 dias para silagem de planta inteira (Daniel e Junges, 2014) e de 60 dias para grão de milho ensilado (Fernandes, 2014).

Com relação ao desempenho animal de bovinos de corte confinados, a ensilagem do grão do milho proporciona maior eficiência alimentar (Harrelson et al., 2009; Caetano et al., 2015). Isso ocorre devido à maior digestibilidade do amido no rúmen de animais consumindo rações com inclusão de grão ensilado em relação ao grão seco. A maior digestibilidade ruminal do milho leva a maiores concentrações de propionato no rúmen, o que reduz o consumo de matéria seca, pois o propionato é um importante redutor de consumo de matéria seca (Gualdrón-Duarte e Allen, 2018). Entretanto, embora exista essa redução de consumo de matéria seca, o ganho de peso é mantido, resultando em maior eficiência alimentar.

Ao propor a substituição da silagem de grão úmido de milho pela silagem de grão úmido de sorgo, na alimentação de bovinos, Igarasi et al., (2008), não observaram diferenças em ganho de peso e para características de carcaça, mostrando que o sorgo pode ser uma estratégia a ser usada quando o milho apresentar maior custo. Com a mesma proposta, porém em estudo metabólico, Passini et al., (2003), não observam diferenças em dietas para bovinos com silagem de grão úmido de milho em relação a silagem de grão úmido de sorgo, e também com a associação dos dois 50% de inclusão de cada.

Embora os resultados tenham sido bons com o uso de silagem de grão úmido, esta prática ainda é pouco utilizada no Brasil. De acordo com Millen et al., (2009), em pesquisa realizada com nutricionistas brasileiros, onde compilou indicações utilizadas pelos mesmos, caracterizou a silagem de grão úmido como uma opção secundária. O termo primário e secundário é em função de: primário seria substancialmente utilizada e secundária seria utilizada às vezes. E mesmo classificada como opção secundária, é indicada em apenas 12% dos casos.

Visto que a ensilagem do grão do milho é muito vantajosa em termos de desempenho animal, e ainda mais como uma fonte eficiente de estocagem de alimento, o Grupo de Estudos em Silagem e Feno-GESF do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá iniciou pesquisas que pudessem tornar essa prática mais comum para os produtores. Além disso, as pesquisas evoluíram para armazenagem não apenas do grão do milho, mas também com inclusão de outros alimentos que pudessem aumentar a proteína bruta do material (grão de soja e grão de girassol). Esse processo se baseia em ensilar o grão triturado úmido ou reconstituído, com cerca de 35% de umidade em média e, juntamente adicionar um aditivo nutricional como fonte proteica.

Isso é uma vantagem ainda maior para pecuaristas que produzem em sua propriedade esses grãos citados, pois seria uma excelente estratégia de armazenagem de alimento.

Jobim et al., (2008) e Jobim et al., (2010), utilizaram grão úmido ensilado com diferentes fontes proteicas (soja crua, girassol e ureia). Nos dois estudos as respostas foram positivas, sendo observado bons indicativos de conservação do alimento, aumento na estabilidade aeróbica, e também aumento da proteína solúvel (14% inclusão de soja crua). Trêz et al., (2014), observaram resultado semelhante em relação a proteína solúvel, também maior produção de leite (3,2%) para animais que receberam silagem de grão de milho+grão de soja.

Russell et al., (1988), adicionaram ureia a silagem de grão de sorgo reconstituído, sendo que o sorgo não foi triturado. Os autores observaram bom controle de fungos e ruptura dos grãos de sorgo para os tratamentos com inclusão de ureia, e segurem que por conta da ruptura do grão, os grânulos de amido foram menos cristalinos.

Nesse sentido, a ensilagem dessa mistura (milho+alimento rico em proteína) parece ser uma boa forma de armazenar alimentos, aumentar as frações solúveis e otimizar ganhos. Entretanto, por ser relativamente nova, essa prática implica em carência de dados, principalmente no tocante as quantificações de perdas e influência de diferentes tempos de armazenagem. Apesar de apresentar bons resultados em análises de estudos metabólicos, trabalhos com desempenho animal são poucos, e para animais de corte confinados ainda não se tem um banco de dados para respostas animais, que facilitem as tomadas de decisão.

Referências bibliográficas

Albornoz, R. I., Allen, M. S., 2018. Highly fermentable starch at different diet starch concentrations decreased feed intake and milk yield of cows in the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101, 8902-8915.

Conab, 2019. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Companhia Nacional de Abastecimento, 6, (safra 2018/19).

Benton, J. R., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., 2005. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. *Nebr. Beef Cattle Report.* 31-33.

Caetano, M., Gourelart, R. S., Silva, S. L., Drouillard, J. S., Leme, P. R., Lanna, D. P. D., 2015. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nelore-based cattle. *J. Anim. Sci.* 93, 4023-4033.

Corrigan, M. E., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Luebke, M. K., Vander Pol, K. J., Meyer, N. F., Buckner, C. D., Vanness, S. J., Hanford, K. J., 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 87, 3351-3362.

Fernandes, J., 2014. Influência de genótipo, maturidade e tempo de armazenamento na qualidade de silagens de grãos de milho com alta umidade (Dissertação de Mestrado). Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brazil. (Eng. Abstr.).

Gualdron-duarte, L. B., Allen, M. S. 2018. Fuels derived from starch digestion have different effects on energy intake and metabolic responses of cows in the postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101, 5082-5091.

Junges, D., Morais, G., Spoto, M. H. F., Santos, P. S., Adesogan, A. T., Nussio, L. G., Daniel, J. L. P. 2017. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *J. Dairy Sci.* 100, 1-4.

Daniel, J. L. P., Junges, D., Nussio, L. G., 2014. Alterações na qualidade da silagem de milho durante o armazenamento. In: *Proceedings of V Simpósio Produção e Utilização de Forragens Conservadas*, Maringá, Paraná, p. 23-26.

Der Bedrosian, M. C., Nestor, K. E., Kung, Jr. L., 2012. The effects of hybrid, maturity, and length of storage on the composition and nutritive value of corn silage. *J. Dairy Sci.* 95, 5115–5126

Gobetti, S. T. C., Neumann, M., Oliboni, R. Oliveira, M. R., 2013. Utilização de silagem de grão úmido na dieta de animais ruminantes. *Ambiência.* 9, 225 – 239.

Harrelson, F. W., Luebke, M. K., Meyer, N. F., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Jackson, D. S., Fithian, W. A., 2009. Influence of corn hybrid and processing method on nutrient digestibility, finishing performance, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 87, 2323-2332.

Henrique, W., Beltrame Filho, J. A., Leme, P. R., Lanna, D. P. D., Alleoni, G. F., Coutinho Filho, J. L. V., Sampaio, A. A. M., 2007. Avaliação da silagem de grão de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. *R. Bras. Zootec.* 36, 183-190.

Hoffman, P. C., Esser, N. M., Shaver, R. D., Coblenz, W. H., Scott, M. P., Bodnar, A. L., Schmidt, R. J., Charley, R.C.; 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch protein matrix in high-moisture corn. *J. Dairy Sci.* 94, 2465–2474.

Huntington, G. B. Starch utilization by ruminants: from basics to the bunk. *J. Anim. Sci.* 75, 852-867.

Igarasi, M. S., Arrigoni, M. B., Hadlich, J. C., Silveira, A. C., Martins, C. L., Oliveira, H. N., 2008. Características de carcaça e parâmetros de qualidade de carne de bovinos jovens alimentados com grãos úmidos de milho ou sorgo. *R. Bras. Zootec.* 37, 550-528.

Jobim, C.C., Branco, A.B., Santos, G.T., 2003. Silagem de grãos úmidos na Alimentação de bovinos leiteiros. In: *Proceedings of V Simpósio Goiano Sobre Manejo e Nutrição de Bovinos de Corte e Leite*, Goiânia, Brasil, p. 357-376.

Jobim, C.C., Lombardi, L., Macedo, F.A.F., Branco, A.F., 2008. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol ou uréia. *P. Agropec. Bras.* 43, 649-656.

Jobim, C. C., Branco, A. F., Gai, V. F., Calixto, Jr. M., Santos, G. T., 2010. Qualidade da silagem de grãos de milho com adição de soja crua e parâmetros de digestibilidade parcial e total em bovinos. *Arqu. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62, 107-115.

Kleinschmit, D. H., Kung, Jr. L., 2006. The effects of *Lactobacillus buchneri* 40788 and *Pediococcus pentosaceus* R1094 on the fermentation quality of maize silage. *J. Dairy Sci.* 89, 3999-4004.

Kozloski, G. V., 2011. *Bioquímica dos Ruminantes*. 3th ed, Editora UFSM, Santa Maria, Brasil.

Kung, Jr. L., 2013. The effects of length of storage on the nutritive value and aerobic stability of silages. In: *Proceedings of III International Symposium on Forage Quality and Conservation*, Campinas, Brasil, p. 7-20.

Kung Jr., L.; Windle, M. C.; Walker, N., 2014. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture. *J. Dairy Sci.* 97, 1-6.

Lawton, J. W., 2002. Zein: A history of processing and use. *Cereal Chem.* 79, 1-18.

McAllister T. A.; Cheng, K. J.; Rode, L. M.; Forsberg, C. W., 1990. Digestion of barley, maize, and wheat by selected species of ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microb.* 56, 3146-3153.

McDonald, L. C.; McFeeters, R.F.; Daeschel, M.A.; Fleming, H. P., 1987. A differential medium for the enumeration of homofermentative lactic acid bacteria. *Appl. Environ. Microb.* 53, 1382-1384.

Millen, D. D., Pacheco, R.D.L., Arrigoni, M. D. B., Galyean, M. L., Vasconcelos, J. T., 2009. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *J. Anim. Sci.* 87, 3427-3439.

Nelson, D. L., Cox, M. M., 2002. *Lehninger: Princípios de Bioquímica*. 3º Ed, Server, São Paulo, Brasil.

NRC., 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. (2000 update). Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Owens, F.N., Zinn, R.A., Kim, Y.K., 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim.* 63, 1634-1648.

Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude-Elferink, S.J.W.H., Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 31–93.

Passini, R., Rodrigues, P. H. M., Castro, A. L., Silveira, A. C., 2003. Parâmetros de fermentação ruminal em bovinos alimentados com grãos de milho ou sorgo de alta umidade ensilados. *R. Bras. Zootec.* 32, 1266-1274.

Philippeau, C., Michalet-Doreau B., 1997. Influence of genotype and stage of maturity on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68, 25-35.

Philippeau, C., Landry, J., Michalet-Doreau, B., 2000. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. *J. Sci. Food. Agr.* 80, 404-408.

Rooke, J.A., Hatfield, R.D., 2003. Biochemistry of ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 95–140.

Rooney, L. W., Pflugfelder, R. L., 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* 63, 1607-1623.

Tosi, H., Schocken-Iturrino, R.P., Ravazi, J.P., 1982. Presença de clostrídeos em silagem de milho colhido em diferentes estádios de desenvolvimento. *Pesq. Agropec. Bras.* 17, 1133-1136.

Três, T. T., JOBIM, C. C., ROSSI, R. M., SILVA, M. S., POPPI, E. C., 2014. Silagem de grãos de milho, com adição de soja: estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 15, 248-260.

Young, K. M., Lim, J. M., Der Bedrosian, M. C., Kung, Jr. L., 2012. Effect of exogenous protease enzymes on the fermentation and nutritive value of corn silage. *J. Dairy Sci.* 95, 6687–6694.

Ziin, R. A., Barreras, A., Corona, F., Owens, F. N. Plascencia, A., 2011. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. *Nutr. Res. Rev.* 24, 183–190.

OBJETIVOS GERAIS

O estudo teve como objetivo principal medir o tamanho da diferença entre grão ensilado e seco no desempenho animal de bovinos de corte confinados no Brasil e nos Estados Unidos da América, bem como avaliar o desempenho animal de bovinos de corte confinados consumindo alimentos com grãos ensilados ou não. Além disso, como a ensilagem de grãos (milho + grão de soja) têm resultado em silagens com maior estabilidade aeróbia em comparação com a silagem do grão do milho (apenas milho), foi conduzido experimento com objetivo de confirmar a hipótese de que o óleo da soja seria o responsável por tal fenômeno.

**Desempenho de bovinos de corte alimentados com grãos de milho seco
ou ensilado e tamanho da diferença entre respostas de híbridos
brasileiros e americanos: Metanálise**

(Normas: Animal Feed Science and Technology)

Resumo – O objetivo geral para este artigo, foi de comparar o desempenho bovinos de corte em terminação consumindo ração com milho seco ou ensilado. As regras para que um artigo entrasse no banco de dados foram: as dietas foram ofertadas como ração total, processamento físico do milho semelhante entre os grãos (seco e ensilado) e mínimo de 270 g/kg umidade para os grãos ensilados. A diferença em desempenho animal foi comparada dentro de estudos brasileiros (grão seco [GS] *versus* grão ensilado [GE]) e dentro de estudos americanos. Após isso, foi feito um cálculo para que a resposta relativa entre o GS e GE ($\{[GE-GS]/GS\} \times 100$) pudesse ser comparado entre os países. Após a construção do banco de dados 46 experimentos extraídos de 15 publicações foram analisados no SAS software através do Proc Mixed. Para as comparações dentro de cada país, as respostas seguiram os mesmos caminhos. O GE reduziu o consumo de matéria seca (CMS) para BR e USA (9,14 e 2,91%, respectivamente) sem afetar o ganho de peso vivo (GPV), 1,61 vs 1,58 para GS e GE, respectivamente para brasileiro e 1,65 vs 1,66 para GS e GE respectivamente nos híbridos americanos. Isso resultou em maior eficiência alimentar (EA) do GE em comparação ao GS [brasileiros (0,164 vs 0,194 para GS e GE, respectivamente) e americanos (0,164 vs 0,170 para GS e GE, respectivamente)]. As respostas relativas para os estudos brasileiros foram maiores que as americanas, quando observado diferença estatística ($P < 0,05$). Não foi observado resposta relativa para GPV, entretanto, a inibição de CMS foi maior para os BR em relação aos USA (-11,86 vs -3,31%). Também, a resposta relativa para EA foi superior para os híbridos BR, sendo que a ensilagem do grão para esse país proporcionou aumento de 14,1% em EA, enquanto que os híbridos USA aumentou em apenas 5,03%

Termos para indexação: Ensilagem, silagem de grão, grão úmido.

Animal outcomes of finishing beef cattle feeding rehydrated corn silage or dry corn and size of the answers about animal performance between Brazilians and Americans' hybrids: Data-analysis.

Abstract - The objective of this article was to compare the performance of finishing beef cattle consuming dry or silage corn feed. The rules for an article to enter in the database were: the diets were offered as total ration, similar physical processing of corn between grains (dry {DG} and ensiled {EG}) and minimum 270 g / kg moisture for the ensiled grains. The difference in animal performance was compared within Brazilian studies (DG versus EG) and within American studies. After this, it was made a calculation so that the size of the response between DG and EG ($\{[EG-DG] / DG\} \times 100$) could be compared between the countries. After the database construction 46 experiments extracted from 15 publications were analyzed in SAS software through Proc Mixed. For comparisons within each country, the answers followed the same paths. EG reduced dry matter intake (DMI) for BR and USA (9.14 and 2.91%, respectively) without affecting live weight gain (LWG), 1.61 vs 1.58 for DG and EG, respectively for Brazilian and 1.65 vs 1.66 for DG and EG respectively in the American hybrids. This resulted in higher feed efficiency (FE) of EG compared to DG [Brazilians (0.164 vs 0.194 for DG and EG, respectively) and Americans (0.164 vs 0.160 for DG and EG, respectively)]. The relative responses for the Brazilian studies were higher than the American ones, when is observed a statistical difference ($P < 0.05$). No relative response was observed for LWG, however, DMI inhibition was higher for BR compared to the USA (-11.86 vs -3.31%). Also, the relative response for FE was higher for BR hybrids, being that grain silage for this country provided a 14.1% increase in FE, while USA hybrids increased by only 5.03%.

Index terms: Ensiling, corn grain silage, high moisture corn

Introdução

A vitreosidade do endosperma do milho é característica antagônica à digestibilidade do amido (Correa et al., 2002), e é formada principalmente pela matriz proteica (prolaminas) e sua união com a amilose. Essa união é formada por meio de pontes de hidrogênio, o que faz esse material insolúvel em água e dificulta a ação de microrganismos ruminais e suas enzimas ao amido (McAllister et al., 1990).

No Brasil, predomina-se híbridos de milho do tipo duro (flint – *Zea mays ssp*), os quais são caracterizados por possuírem alta vitreosidade em comparação aos híbridos

dentados (predominante no Estados Unidos e Europa). De acordo com Correa et al., (2002), a vitreosidade média de híbridos brasileiro a maturidade foi de 73,1% e de 48,2% para híbridos americanos, enquanto que para híbridos europeus a vitreosidade média foi de 48,1% (Philippeau e Michalet- Doreau, 1997). Nesse sentido, o aproveitamento de híbridos brasileiros é inferior aos de híbridos de endosperma farináceo (dentados).

O processamento dado ao grão do milho pode torná-lo mais digestível, porém nem todos processamentos são adequados para maximizar o uso do amido (Zinn et al, 2011). Um processamento bastante eficiente é a ensilagem do grão úmido, ou do grão reidratado. Durante o período de estocagem da silagem, ocorre a hidrólise enzimática da matriz proteica do grão (kung Jr. et al., 2014; Junges et al, 2016), aumentando a disponibilidade do amido (Rooney e Pflugfelder, 1986).

Embora a ensilagem do grão de milho aumente a disponibilidade do amido, principalmente na degradabilidade ruminal, normalmente há redução considerável no consumo de matéria seca (CMS) dos animais (Zinn e Owens, 2008). Isso ocorre em função do maior fluxo de propionato do rúmen para o fígado, que estimula a oxidação hepática e geração de ATP, reduzindo o CMS (Albornoz e Allen, 2018). Porém, frequentemente não é observado redução de desempenho animal, o que torna a ensilagem do grão de milho uma estratégia muito interessante.

Nesse sentido, muito têm-se discutido, pois aparentemente, os estudos realizados no Brasil têm gerado maior inibição de CMS (grão seco vs grão ensilado) do que estudos realizados nos Estados Unidos da América. Em razão disso, a eficiência alimentar de bovinos alimentados com híbridos cultivados no Brasil tem-se mostrado maior. Isso porque os híbridos americanos são mais “farináceos” (mais digestível) que os híbridos brasileiros, portanto o tamanho da resposta para o brasileiro seria maior. Após a ensilagem, ambos híbridos possuem valores nutricionais muito semelhantes. Porém, as respostas de desempenho animal são muito parecidas e com resultados sólidos, onde o uso do grão ensilado reduz o CMS, mantém o ganho de peso vivo e, em consequência disso, a eficiência alimentar é maior (Zinn et al., 2011; Caetano et al., 2015).

Em ampla revisão de literatura, Zinn et al., (2011) confirmaram essas respostas de desempenho animal (bovinos de corte) para grão de milho americano ensilado, entretanto, para grão de milho brasileiro ensilado existe essa lacuna. Por consequência disso, questões têm sido levantadas, como: Qual o tamanho da resposta de desempenho animal para bovinos de corte consumindo grão de milho ensilado em comparação com o grão seco no Brasil? Qual o tamanho da diferença do desempenho animal entre híbridos

brasileiro (flint) e americanos (dentado) para bovinos de corte em terminação consumindo grão de milho seco em relação ao ensilado?

Com o objetivo de responder essas questões, um banco de dados foi criado com respostas de desempenho animal para bovinos consumindo grão de milho seco versus grão ensilado com estudos brasileiros e americanos.

Material e Métodos

Banco de dados

O banco de dados foi criado com trabalhos publicados com comparações entre grão de milho ensilado (úmido e reidratado; GE) e grãos seco de milho (GS) em respostas de desempenho animal e digestibilidade de nutrientes (matéria seca e amido). Para a construção inicial do banco de dados, foram encontrados 21 artigos publicados (5 artigos brasileiros e 16 artigos americanos) e 6 teses desenvolvidas no Brasil, publicados entre os anos de 1974 e 2019. A revisão na literatura foi conduzida com as seguintes palavras chaves: high moisture corn; ensiled corn; rehydrated corn, silagem de grão de milho úmido e silagem de grão de milho reidratado. A pesquisa foi realizada no Journal of Animal Science, Animal feed Science and technology, Revista Brasileira de Zootecnia, Google escolar, Portal Periódicos Capes e basePubMed.

Após a construção do banco de dados inicial algumas regras foram aplicadas para que os trabalhos permanecessem no banco de dados e fossem comparados. As seguintes regras foram aplicadas, as dietas foram ofertadas como ração total, processamento físico do milho semelhante entre os grãos (seco e ensilado) e mínimo de 270 g/kg umidade para os grãos ensilados. Apenas um trabalho foi removido em função do nível de forragem na dieta, pois consideramos que o nível de FDN de forragem da dieta era extremamente baixo (2,1% de FDN de forragem via 5% de inclusão de feno de alfafa). Ao final da seleção dos trabalhos, considerando a regras à cima citadas, 5 artigos brasileiros (Costa et al., 2002; Silva et al., 2007; Henrique et al., 2007; Caetano et al., 2015; Caetano et al., 2019), 7 americanos (Stock et al., 1991; Ladely et al., 1995; Huck et al., 1998; Scott et al., 2003; Benton et al., 2005; Harrelson et al., 2009; Corrigan et al., 2009;) e 3 teses brasileiras (Silva, 2015; Silva, 2016; Jacovaci, 2019) permaneceram no banco de dados, totalizando 16 publicações com 46 comparações entre GS e GE. Quando os artigos não apresentavam dados de eficiência alimentar, essa variável foi calculada com base nos dados de ganho de peso vivo (GPV) e consumo de matéria seca (CMS).

Os valores calculados, aqui chamados de tamanho de resposta relativa, foram obtidos dentro de cada estudo através da seguinte equação (Van Gastelen et al., 2019);

$$\gamma = \left(\frac{GE - GS}{GS} \right) \times 100$$

Portanto, os valores (%) que serão apresentados, tratam-se do tamanho da diferença da resposta do GE em relação ao GS.

Estatística

Após o banco de dados ser montado, os dados para as análises foram avaliados com o uso do software estatístico SAS através do Proc Means e Proc Mixed (Littell et al., 1996). O Proc Means foi utilizado para gerar os dados descritivos (média, mínimo, máximo e desvio padrão) enquanto que o Proc Mixed foi utilizado para as demais análises estatísticas.

Para a avaliação da diferença entre GU e GS para um mesmo país (Brasil ou Estados Unidos da América), o modelo foi formado com o efeito aleatório entre experimentos e com efeito fixo de processamento de grãos (GE e GS) (St-Pierre, 2001). A estrutura de matriz de covariância utilizada foi a não estruturada “Unstructured” (covariance structure:UN). Em função de diferentes desenhos experimentais e acurácia dos experimentos utilizados, os dados extraídos dos experimentos foram balanceados (utilizando a inversa do Erro Padrão da Média) através do “Weight Statement” (Suavant et al., 2008). Para esse último critério imposto sobre o modelo, foi testado os valores de N (número de unidades experimentais), erro padrão da média e inversa do erro padrão da média, sendo que o Teste de AKAIKE, o erro padrão da média (das estimativas) foram utilizados como critério de seleção do modelo.

Na análise que foi utilizada para a avaliação do tamanho de resposta, o processamento foi utilizado como efeito fixo (GS e GU) enquanto que o “Weight Statement” foi utilizado para balancear os dados através do erro padrão da média, pois foi o melhor ajuste de modelo apresentado. A escolha do modelo seguiu os critérios da análise anterior.

Para ambas análises, os valores de P utilizados foram os obtidos da análise de variância (ANOVA) e as médias foram estimadas através do LSMEANS Statment na sintaxe do ProcMixed.

Resultados

Considerações sobre o banco de dados

Os dados descritivos da metanálise estão apresentados na Tabela 1. O banco de dados foi formado por uma faixa de umidade relativamente ampla para os grãos ensilados (GE), tanto para híbridos brasileiros (BR) quanto para híbridos americanos (USA), indicando que o banco de dados abrangeu uma ampla faixa de condições de ensilagens, que é de grande importância para tomadas de decisões, principalmente em situações de campo. No geral, os híbridos BR foram ensilados com maiores teores de umidade (média de 362 g/ kg de milho) em comparação com os USA (média de 297 g/ kg de milho), o que refletiu em maiores valores de digestibilidade média do amido (Damido; 937 vs 936, respectivamente). Vale ressaltar que nos dados de digestibilidade de nutrientes, o processamento físico para os BR seco todos foram moídos enquanto que os USA foram laminados e entre os grãos ensilados houveram processamento tanto moído quanto ensilado.

Os níveis de forragens e, conseqüentemente, a concentração de fibra em detergente neutro de forragem (FDNf) foram maiores para os estudos brasileiros, assim como a variação da concentração de forragens nas dietas (de 5,0 – 50% vs 5,0 – 12%, respectivamente). Essa ampla variação nos níveis de forragens nos estudos brasileiros refletiu em grande variação na eficiência alimentar (EA) destes estudos, que mostraram ampla variação de 0,122 até 0,223. Já para os estudos americanos essa diferença foi menor, com valores entre 0,136 e 0,208.

Ademais, nos estudos americanos, em média, os animais são confinados mais leves (339 kg vs 357 kg) e são abatidos mais pesados (576 vs 497), em relação aos confinamentos brasileiros (Tabela 1). Essa característica de rebanho associado a característica das dietas impactou diretamente nos valores de desempenho animal, onde os animais de estudos americanos apresentaram valores maiores tanto de ganho de peso vivo (GPV) quanto consumo em matéria seca (CMS). O maior peso de abate dos animais americanos nas condições experimentais, proporcionaram valores bastante expressivos para rendimento de carcaça (RendCarc; 62,5% para os americanos vs 56,0% para os brasileiros). Além disso, nos estudos americanos, há uma predominância de raças e cruzamentos de raças com origem Britânica, enquanto que nos estudos brasileiros a predominância foi de animais Nelore (dados não apresentados).

Comparação de desempenho animal e digestibilidade de nutrientes para animais alimentados com grãos de milho seco ou ensilado em experimentos conduzidos no Brasil e nos Estados Unidos da América

Os dados de comparação entre GE e GS para os diferentes híbridos estão apresentados na Tabela 2. Para ambos os cenários, as respostas de desempenho animal e digestibilidade de nutrientes foram muito semelhantes. Não foram observadas diferenças estatísticas para peso vivo inicial (PV_{inicial}) nem para peso vivo final (PV_{final}).

Como esperado, houve redução de CMS para os animais alimentados com GE, porém sem mudanças no GPV e, por consequência, maior eficiência alimentar para animais alimentados com grãos ensilados. A ensilagem do grão proporcionou maior digestibilidade do amido, resultando em maior DMS.

Como característico desse processamento, o aumento da digestibilidade do amido dos grãos ensilados, também proporcionou maiores valores de energia líquida tanto para manutenção quanto para ganho nos experimentos conduzidos no Brasil. Infelizmente os trabalhos americanos não apresentaram esses dados, portanto, não foi possível a comparação.

A ensilagem do grão de milho não proporcionou aumento no rendimento de carcaça nas condições brasileiras (média de 58,9%) e americanas (62,7%).

Tamanho de respostas para híbridos brasileiros e americanos no desempenho animal e na digestibilidade de nutrientes entre grãos secos em relação a grãos ensilados úmidos

O tamanho de resposta (Dif) para o CMS foi maior nos estudos no Brasil (BR), em relação ao observado para o USA. Em média os estudos no BR registraram redução no CMS em cerca de 11,9%, nos USA foi de apenas 3,31%. Não foi observado diferença estatística para GPV entre as Dif comparadas. A ensilagem de grãos de milhos no BR proporcionou maiores valores de Dif para EA acompanhado de maior digestibilidade de nutrientes.

Discussão

Embora os estudos avaliados nesta metanálise são restritos a terminação de bovinos de corte, existem algumas importantes vertentes que diferenciam os sistemas de produção dos dois países (Brasil e Estados Unidos da América) entre si. Diferenças em tipo de híbrido e características da dieta e dos animais confinados são as principais vertentes, as quais foram mostradas pela análise do banco de dados.

A matriz proteica que envolve os grânulos de amido é formada por prolaminas (zeínas), gluteínas e nitrogênio solúvel (Owens et al., 1986). Esses componentes estão presentes no endosperma dos grãos e se ligam a amilose formando uma estrutura rígida que dificulta a degradação do amido no rúmen (McAllister et al., 1990).

Naturalmente, o grão ensilado (GE) tem maior digestibilidade ruminal do amido em comparação a outros processamentos do milho como o grão seco (GS) laminado e grão floculado (91,0 vs 60,6 e 84,2%, respectivamente; Zinn e Owens, 2008). Isso ocorre em função do rompimento da matriz proteica do grão durante a ensilagem e também por ser um alimento com maior teor de umidade (hidratado) em relação aos demais, o que facilita o acesso dos microrganismos ruminais para esse alimento. Em consequência, há maiores concentrações de propionato no rúmen de animais consumindo GE em comparação com outros processamentos, já que o propionato é um produto produzido em maiores quantidades por bactérias amilolíticas (Valadares Filho e Pina, 2011). Embora o propionato seja um ácido graxo que é formado com menores perdas energéticas no rúmen (em comparação com o acetato, por exemplo) ele é capaz de inibir o consumo de matéria seca (CMS; Oba e Allen, 2003). O propionato é absorvido no rúmen e levado ao fígado onde estimula a oxidação hepática. Isso ocorre pois o propionato estimula a oxidação do Acetil-COA no ciclo de Krebs, resultando em geração de ATP, o que causa a saciedade. Isso é refletido em refeições de menores tamanho (Allen, 2014). Se esse fato não for compensado por maior número de refeição, haverá redução no CMS. Portanto, é natural que dietas formuladas que contenham GE, o CMS seja menor do que dietas formuladas com GS.

Entretanto, do ponto de vista econômico isso é uma vantagem, já que o GE proporciona ganho de peso vivo (GPV) similar ao GS, porém resultando em maior eficiência alimentar (EA). Em extensa revisão de literatura Owens et al., (1997), relataram que em estudos americanos em que o GE reduziu o CMS não alterou o GPV, o que resultou em maior EA.

Os híbridos do USA são de menor vitreosidade que os híbridos utilizados no Brasil, por conta da característica dos endospermas destes. Portanto, os valores de digestibilidade (referente ao GS) e de ELM e ELg para os híbridos BR são menores que os americanos, 2,41 vs 2,23 e 1,39 vs 1,55 Mcal/kg, respectivamente [dados americanos são de acordo com (Zinn e Owens, 2011)]. Entretanto, com a ensilagem dos grãos, os híbridos brasileiros elevaram os valores de ELM e ELg próximos aos observados para o grão americano floculado, sendo 2,42 e 1,71 Mcal/kg para os híbridos BR ensilados e 2,40 e 1,69 Mcal/kg para floculados americanos, respectivamente. Assim, embora os híbridos BR tenham menor disponibilidade, com a ensilagem do mesmo, os valores de energia foram superiores ao GS e muito próximo do milho floculado (Zinn e Owens, 2011).

Durante o processo fermentativo, ocorre a hidrólise da matriz proteica do grão do milho, tornando-o mais digestível (Tabela 2). De acordo com Junges et al., (2016), 60% da hidrólise é catalisada por proteases produzidas por microrganismos durante o período de estocagem da silagem. O maior teor de umidade aumenta a extensão do processo fermentativo por facilitar o estabelecimento e o desenvolvimento dos microrganismos no material ensilado (Pahlow et al., 2003), resultando em maiores quantidades de proteases que degradam a matriz proteica do amido (Kung Jr. et al., 2014). Sendo assim, para as silagens brasileiras, a digestibilidade do amido pode ter sido maior por terem sido ensiladas com maiores teores de umidade que as americanas.

Ademais, no banco de dados, para os estudos USA 100% do processamento adotado foi o laminado (independente da estratégia de estocagem, seco ou ensilado; dados de processamento físico não foram apresentados). Em contrapartida, nos estudos BR, 100% do grão seco foram moídos, enquanto que para os GE o processamento físico foi de 9,5% quebrados, 9,5% laminados e 81% moídos. O aproveitamento do amido no trato digestivo total é em torno de 6,7% maior para grãos moídos em comparação com o grão laminado (Corona et al., 2005). Para esse banco de dados, a Damido foi de aproximadamente de 2% entre grãos secos BR (moídos) e grãos secos USA (laminados), sendo a menor diferença provavelmente causada pela maior vitreosidade dos grãos BR.

Nesse sentido, os tamanhos de respostas relativa para os híbridos BR foram superiores aos USA, pois, o ganho em disponibilidade do amido para os híbridos BR foi maior, pois partiram de uma Damido semelhante ao USA chegando a valores superiores.

Inicialmente, nos hipotetizamos que para os grãos secos os híbridos BR seriam menos digestíveis que os USA e que com a ensilagem a Damido fosse semelhante entre os países. Isso porque híbridos BR são mais vítreos (Correa et al., 2002) e a ensilagem

reduz esse efeito da vitreosidade sobre a Damido. Entretanto, em função da diferença de processamento físico para os híbridos secos, laminados para USA e moídos para BR, os valores da Damido foram semelhantes, o que reduziu o efeito da maior vitreosidade dos híbridos BR, pois foi mais processado que os USA. Para os grãos ensilados dois fatores podem estar atuando para que a Damido dos híbridos BR fosse maior, o processamento físico mais intenso e maior teor de umidade das silagens.

Nesse sentido, o tamanho de resposta para híbridos BR foi maior que os híbridos USA para CMS. Sendo essa resposta um reflexo do maior tamanho de resposta relativa para a Damido a qual foi cerca de 4,0 vezes maior para o híbrido BR. Esse fenômeno resultou em redução no CMS para híbridos BR igual a 3,5 vezes menor em comparação com os valores de híbridos USA.

Como o CMS é uma resposta multifatorial, e outros fatores além do processamento do grão podem influenciar nesta variável, outros pontos devem ser considerados para melhor entendimento dessa diferença no tamanho das respostas entre os híbridos avaliados. As dietas em confinamentos, nos USA, possuem valores de inclusão de fibra muito baixos, cerca de 4,0% de FDN de forragem. Em contrapartida, a inclusão de volumosos na dieta são maiores para os confinamentos brasileiros (13,5% FDN de forragem) do que nos confinamentos americanos. Entretanto, esse cenário tem passado por mudanças na última década. De acordo com levantamento feito por nutricionistas brasileiros a inclusão de volumoso na dieta (% MS) reduziu de 28,8 para 21,0% (Millen et al., 2009; Oliveira et al., 2014). De acordo com Santos et al., (2013), o máximo de CMS foi obtido em dietas com inclusão de 13% de FDN de forragem (bagaço de cana de açúcar), o que está muito acima dos 4,0% dos confinamentos nos USA e próximo dos 13,5% do encontrado para os experimentos brasileiros neste banco de dados. Sendo assim, os animais nestes experimentos (referentes aos USA), no tratamento controle (grão seco), já estão com CMS reduzido ou não apresentaram todo o potencial de CMS.

Ainda que a redução no CMS tenha sido expressiva, principalmente para os híbridos no BR, não foi suficiente para reduzir o GPV em nenhuma das análises (dentro de cada país e na análise de tamanho de resposta relativa), o que resultou em tamanho de resposta relativa maior de EA para BR em comparação com os grãos USA.

Nas condições do BR, a maior EA pode ser suportada não apenas pela maior DMS e Damido, mas também pelos valores de energia líquida do grão (energia líquida de manutenção, E_{Lm} e energia líquida de ganho, E_{Lg}). Esses valores são calculados baseados no desempenho observado dos animais, portanto são sólidos e contribuem para

confirmação dos dados obtidos (Zinn et al., 2011). A maior disponibilidade de energia ocorreu pelo maior aproveitamento do amido para os GE em comparação com o GS, pois com o maior aproveitamento para esse processamento resulta adensamento de energia do alimento. Em média a ensilagem do grão proporcionou aumento de 18 e 23% (Dados não apresentados) de ELM e ELg, respectivamente para os estudos BR (dados não reportados por estudos USA).

Ademais, como os animais nos confinamentos americanos foram abatidos com PV superior aos BR, a tendência é que a EA seja menor para os experimentos USA, pois quanto maior o PV do animal, menor a proporção e a deposição de gordura e, portanto, menor razão GPV:CMS (Lofgreen e Garret, 1968).

Conclusões

A ensilagem do grão de milho é uma estratégia eficiente para aumentar o digestibilidade do amido, resultando em respostas de desempenho animal muito superior ao grão seco.

O diferença relativa para desempenho animal entre grão seco e ensilado para o milho brasileiro, é maior do que para milho americano, resultando em maiores benefícios para os confinamentos no Brasil, embora os benefícios para os americanos foram muito expressivos.

Referências Bibliográficas

Santos, F. A. P., De Souza, J., Batisel, F., Costa, D. F. A., 2013. Modalidades de confinamento sem o uso de volumosos: realidade e limitações. In: 8º Encontro de confinamentos: gestão técnica e econômica. Jaboticabal, São Paulo, Brasil, p. 261-291.

Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J.J., St-Pierre, N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal* 2, 1203–1214. St-Pierre, N.R., 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84, 741–755.

Albornoz, R. I., Allen, M. S., 2018. Highly fermentable starch at different diet starch concentrations decreased feed intake and milk yield of cows in the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101, 8902-8915.

Allen, M. S., 2014. Drives and limits to feed intake in ruminants. *Anim. Prod. Sci.* 54, 1513–1524.

Benton, J. R., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., 2005. Effects of corn moisture and length of ensiling on dry matter digestibility and rumen degradable protein. *Nebr. Beef C. Reports. Paper 151.* <http://digitalcommons.unl.edu/animalscibcr/151>

Caetano, M., Goullart, R. S., Silva, S. L., Drouillard, J. S., Leme, P. R., Lanna, D. P. D., 2015. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nelore-based cattle. *J. Anim. Sci.* 93, 4023-4033.

Caetano, M., Goullart, R. S., Rizzo, P. M., Silva, S. L., Drouillard, J. S., Leme, P. R., e Lanna, D. P. D., (2019). Impact of flint corn processing method and dietary starch concentration on finishing performance of Nelore bulls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 251, 166-175.

Corona, L., Rodriguez, S., Ware, R. A., Zinn, R. A., 2005. Comparative Effects of Whole, Ground, Dry-Rolled, and Steam-Flaked Corn on Digestion and Growth Performance in Feedlot Cattle. *PAS.* 21, 200-2006.

Correa, C. E. S., Shaver, R. D., Pererira, M. N., Lauer, J. G., Kohn, K., 2002. Relationship Between Corn Vitreousness and Ruminant In Situ Starch Degradability. *J. Dairy Sci.* 85, 3008–3012.

Corrigan, M. E., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Luebke, M. K., Vander Pol, K. J., Meyer, N. F., Buckner, C. D., Vanness, S. J., Hanford, K. J., 2009. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 87, 3351-3362.

Costa, C., Arrigoni, M. B., Silveira, A. C., Oliveira, H. N., 2002. Desempenho de bovinos superprecoce alimentados com silagem de milho ou feno de aveia e grãos de milho ensilados ou secos. *Acta Sci.* 24, 1175-1183.

Gorocica-Buenfil, M. A., Fluharty, F. L., Bohn, T., Schwartz, S. J., Loerch, S. C., 2007. Effect of low vitamin A diets with high-moisture or dry corn on marbling and adipose tissue fatty acid composition of beef steers. *J. Anim. Sci.* 85, 3355-3366.

Gualdron-duarte, L. B., Allen, M. S. 2018. Fuels derived from starch digestion have different effects on energy intake and metabolic responses of cows in the postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101, 5082-5091.

Harrelson, F. W., Luebke, M. K., Meyer, N. F., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Jackson, D. S., Fithian, W. A., 2009. Influence of corn hybrid and processing method on nutrient digestibility, finishing performance, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 87, 2323-2332.

Henrique, W., Beltrame Filho, J. A., Leme, P. R., Lanna, D. P. D., Alleoni, G. F., Coutinho Filho, J. L. V., Sampaio, A. A. M., 2007. Avaliação da silagem de grão de milho úmido com diferentes volumosos para tourinhos em terminação. Desempenho e características de carcaça. *R. Bras. Zootec.* 36, 183-190.

Huck, G. L., Kreikemeier, K. K., Kuhl, G. L., Eck, T. P., Bolsen, K. K., 1998. Effects of feeding combinations of steam-flaked grain sorghum and steam-flaked, high-moisture, or dry-rolled corn on growth performance and carcass characteristics in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 76, 2984-2990.

Junges, D., Morais, G., Spoto, M. H. F., Santos, P. S., Adesogan, A. T., Nussio, L. G., Daniel, J. L. P. 2017. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *J. Dairy Sci.* 100, 1-4.

Kung Jr., L.; Windle, M. C.; Walker, N., 2014. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture. *J. Dairy Sci.* 97, 1-6.

Ladely, S. R., Stock, R. A., Goedeken, F. K., Huffman, R. P., 1995. Effect of corn hybrid and grain processing method on rate of starch disappearance and performance of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 73, 360-364.

Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R.D., 1996. SAS System for Mixed Models. SAS Inst. Inc., Cary, NC.

Lofgreen, G. P., Garrett, W. N., 1968. A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *J. Anim. Sci.* 27, 793-806.

McAllister T. A., Cheng, K. J., Rode, L. M., Forsberg, C. W., 1990. Digestion of barley, maize, and wheat by selected species of ruminal bacteria. *Appl. Environ. Microb.* 56, 3146-3153.

NRC., 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th ed. (2000 update). Natl. Acad. Press, Washington, DC.

Oba, M., Allen, M. S., 2003. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.* 86, 174-183.

Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R., 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75, 868-879.

Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude-Elferink, S.J.W.H., Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 31–93.

Philippeau, C., e B. Michalet-Doreau., 1997. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68, 25–35.

Rooney, L. W., Pflugfelder, R. L., 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *J. Anim. Sci.* 63, 1607-1623.

Santos, F. A. P., De Souza, J., Batisel, F., Costa, D. F. A., 2013. Modalidades de confinamento sem o uso de volumosos: realidade e limitações. In: 8º Encontro de confinamentos: gestão técnica e econômica. Jaboticabal, São Paulo, Brasil, p. 261-291.

Sauvant, D., Schmidely, P., Daudin, J.J., St-Pierre, N.R., 2008. Meta-analyses of experimental data in animal nutrition. *Animal* 2, 1203–1214.

Scott, T. L., Milton, C. T., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Stock, R. A., 2003. Corn processing method in finishing diets containing wet corn gluten feed. *J. Anim. Sci.*, 81, 3182-3190.

Silva, M. R H., 2015. *Processamento e ensilagem no valor nutritivo de grãos de milho para novilhos em confinamento*. (Tese de Doutorado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil.

Silva, N. C., 2016. *Características das silagens de grãos de milho influenciadas pela reidratação e pela inoculação com *L. buchneri* sobre o desempenho de bovinos de corte confinados* (Tese de Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.

Silva, S. D. L., Leme, P. R., Putrino, S. M., Valinote, A. C., Nogueira Filho, J. C. M., Lanna, D. P. D., 2007. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. *R. Bras. Zootec.* 36, 1426-1434.

Stock, R. A., Sindt, M. H., Cleale, R. M., Britton, R. A., 1991. High-moisture corn utilization in finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 69, 1645-1656.

St-Pierre, N.R., 2001. Integrating quantitative findings from multiple studies using mixed model methodology. *J. Dairy Sci.* 84, 741–755.

Valadares Filho, S. C., Pina, D. S., 2001. Fermentação ruminal. In: Berchielli, T. T., Vaz Pires, A., Oliveira, S. G., (2ª ed.), *Nutrição de Ruminantes*, FUNEP. Jaboticabal, São Paulo, Brasil, pp. 161-192.

Van Gastelen, S., Dijkstra, J., Bannink, A., 2019. Are dietary strategies to mitigate enteric methane emission equally effective across dairy cattle, beef cattle, and sheep?. *J. Dairy Sci.* 102, 1-22.

Ziin, R. A., Barreras, A., Corona, F., Owens, F. N. Plascencia, A., 2011. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. *Nutr. Res. Rev.* 24, 183–190.

Zinn, R. A., Owens, F. N., 2008. Comparative effects of processing methods on the feeding value of corn. In: *Proceedings of 23th Southwest Nutrition and Management*, Arizona, USA, p. 144-156.

Tabela 1

Dados descritivos do banco de dados utilizados na metanálise

Item	Média	DesvPad ^a	Mínimo	Máximo
Híbridos brasileiros				
Umidade grãos ensilados (g/kg matéria natural)	362	43,5	300	399
Nível de forragem (%)	22,6	12,7	5,00	50,0
FDN ^b de forragem (%)	13,5	5,84	3,20	26,0
Peso vivo inicial (kg)	357	39,4	282	438
Peso vivo final (kg)	497	26,1	423	536
Consumo de matéria seca (kg MS ^c /d)	9,11	1,24	7,24	11,8
Ganho de peso vivo (kg/d)	1,54	0,223	1,00	1,97
Eficiência alimentar	0,170	0,0241	0,122	0,223
Digestibilidade da MS (g/kg MS)	782	23,2	753	812
Digestibilidade amido (g/kg MS)	976	18,9	941	998
Rendimento Carcaça (%)	56,0	1,77	51,2	60,5
Híbridos americanos				
Umidade grãos ensilados (g/kg matéria natural)	297	28,7	272	363
Nível de forragem (%)	8,98	2,30	5	12
FDN ^b de forragem (%)	4,08	1,02	2,70	5,16
Peso vivo inicial (kg)	339	29,9	300	385
Peso vivo final (kg)	576	39,1	515	626
Consumo de matéria seca (kg MS/d)	9,95	0,960	8,13	11,8
Ganho de peso vivo (kg/d)	1,65	0,137	1,39	1,91
Eficiência alimentar	0,166	0,0156	0,136	0,208
Digestibilidade da MS (g/kg MS)	802	55,6	708	887
Digestibilidade amido (g/kg MS)	936	55,9	739	987
Rendimento Carcaça (%)	62,5	0,718	61,7	63,3

^a Desvio padrão,^b Fibra em detergente neutro,^c Matéria seca,

Tabela 2

Desempenho de animais alimentados com grãos de milho ensilados ou secos oriundos de trabalhos conduzidos com híbridos brasileiros

Item	Grão seco	Grão ensilado	EPM ^a	Valor de P
Híbridos brasileiros				
Peso vivo inicial (kg)	363	362	8,99	0,437
Peso vivo final (kg)	510	506	2,97	0,121
Consumo de matéria seca (kg MS/d)	10,3	8,85	0,295	<0,01
Ganho de peso vivo (kg/d)	1,61	1,58	0,044	0,206
Eficiência alimentar	0,164	0,194	0,0045	<0,01
Digestibilidade MS ^b (g/kg MS)	763	798	6,3	<0,01
Digestibilidade amido ^c (g/kg MS)	959	991	4,0	<0,01
Rendimento Carcaça (%)	55,8	55,9	0,43	0,608
Híbridos americanos				
Peso vivo inicial (kg)	345	346	11,1	0,048
Peso vivo final (kg)	616	612	2,61	0,305
Consumo de matéria seca (kg MS/d)	9,97	9,68	0,202	0,039
Ganho de peso vivo (kg/d)	1,65	1,66	0,0315	0,433
Eficiência alimentar	0,164	0,170	0,00251	<0,01
Digestibilidade MS ^b (g/kg MS)	783	824	18,6	0,05
Digestibilidade amido ^c (g/kg MS)	940	963	8,1	0,05
Rendimento Carcaça (%)	62,7	62,7	0,479	0,46

^a Erro padrão da média;^b Digestibilidade da matéria seca da dieta;^c Digestibilidade do amido no trato digestivo total.

Tabela 3

Tamanho de respostas para híbridos brasileiros e americanos no desempenho animal e na digestibilidade de nutrientes entre grãos secos em relação a grãos ensilados úmidos

Item	BR	USA	EPM ^a	P-value
	Dif (GE/GS)			
CMS ^b	-11,86	-3,31	1,43	<0,01
GPV ^c	0,09	1,44	1,495	0,622
EA ^d	14,13	5,03	1,86	<0,01
Digestibilidade MS dieta	5,72	1,42	0,548	<0,01
Digestibilidade amido	3,62	0,894	0,457	<0,01

^aErro padrão da média;

^bConsumo de matéria seca;

^cGanho de peso vivo;

^dEficiência alimentar.

Effect of ensiling reconstituted corn grains with whole soybeans on the performance of finishing beef cattle

(Normas: Animal Feed Science and Technology)

Abstract - The objective of this study was to evaluate the animal performance of finishing beef cattle. For this experiment, it was evaluated two factors, rain storage (dry or ensiled) and nitrogen source (urea or WS). Therefore, treatments were defined as: dry rolled corn and urea; dry rolled corn and WS; rolled and rehydrated corn and urea (mixed at the feeding time); rolled and rehydrated corn and WS (ensiled together at a ratio of 72:28; corn: WS, respectively). The diets were formulated to be iso-nitrogenous (13% Crude Protein) and have the same inclusions in neutral detergent Fiber of forage (25% inclusion of corn plant silage). Grain silages were rehydrated (35% humidity), processed (physically) and stored for 90d. After the opening, the treatments were applied and the silage was submitted to fermentative profile evaluations, aerobic stability and ruminal degradability. After 21d of experiment, the animals ingestive behavior (ingestion, water consumption, rumination and idleness) was evaluated. The design adopted for the evaluations of animal performance and ingestive behavior was the of randomized blocks, where the animals were blocked (based on live weight) and distributed among the treatments. For the aerobic stability of silages, the design adopted was completely randomized in a repeated measurement arrangement at the time. The addition of WS to the silage increased the aerobic stability for both temperature and pH measurements. It was not observed interaction between the factors for none of the analyzed variables. None of the factors affected DMI while silage increased ADG, resulting in higher FE. In addition, ensiled grain for both corn and corn + WS reduced meal size (min and kg / meal), however, the higher number of meals and longer time spent feeding (d) compensated the meal size. Rumination and chewing time were not affected by none treatment. The ensilage of corn grain, with or without soybean grain, provided greater feed efficiency.

Index terms: Animal outcomes, corn grains silage, nutritional additives

Introduction

The corn and soybean is the most important culture in the world. Besides that, those feed are the most important feed in animal nutrition. In consequence of this, the use of the corn and soybean are expensive when this feed have low availability. Also, mainly at Brazil, we have a important problem with feed storage in many parts of the country.

Ensiling corn grain (high moisture or rehydrated) is a practice that allows good feed preservation. Furthermore, ensiling corn grain is a farm-storage method which improves starch digestibility, due to the proteolysis of the protein matrix surrounding the starch granules during fermentation (Kung Jr. et al., 2014). As a result of this, less starch is lost during the ruminal fermentation, as consequence of this fact, the animal efficiency is

improved with this feed. Hence, fermented corn grains typically have higher energy and lower true protein content than dry corn.

Therefore, in our lab we have studied some nutritional additives that allows improves the protein content without damage the fermentative profile. We have had some interesting result with differents protein source like whole soybean (WS), sunflower seeds, urea and soybean meal (Jobim et al., 2008; Jobim et al., 2010; Três et al., 2014). These feeds were tested in different animal categories like dairy cows, finishing lambs and experiment conducted with animal metabolism. However none experiment was conducted out with finishing beef cattle. Moreover, an importante side effect was detected in a previous experiment (Bueno, 2018). This Author ensiled the rehydrated corn with WS and check out that the added whole soybean in this silage improved the aerobic stability.

Following this interesting result, we hypothesized that, besides the WS improves the aerobic stability, it can improve animal performance, because the is rich in oil. In consequence it can turn up the diet more energetic. Also, we would like to test if the true protein in the WS associated with more energy of the diet (from oil and ensiled corn) could improves the animal performance. Therefore, the objective of this experiment is test a traditional feedlot diet (dry concentrates feeds and ureia as nitrogen source) against a diet with grains ensiled (corn+WS).

Materials and methods

Animal walfere

The experiment was carried out according to the Ethical and animal welfare (CEUA N° 6372301115)

Experimental design and ensiling process

Based on nutritional requirements from National Research Council (NRC, 1996), four isonitrogenous and isoNDF forage diets were formulated for finishing beef cattle. Diets formulation and nutrients composition are shown in table 2. The diets were distinguished from nitrogen source (urea or rolled soybeans) and storage methods (dry or ensiled) of concentrates. Basicaly, the concentrates were composed for two feedstuffs for all diets and the treatments were definied as; dry rolled corn plus urea (DRC-U); dry rolled corn plus rolled soybeans (DRC-RS); reconstituted corn silage plus urea (RCS-U); reconstituted corn and rolled soybeans silage (RCS-RS).

The corn (unknown hybrid) and rolled soybeans (unknown variety) were obtained from a regional cooperative. The corn kernel was characterized by physical analyses; weight of 100 kernel weights = 31.7 ± 0.194 g. Corn kernels and a mixture of corn kernels (72%) and whole soybeans (28% as fed) were dry rolled and stored both as dry concentrates or reconstituted to reach 650g DM/kg and ensiled in Ag-bags for 90 d (ensiled concentrates). During the packaging process, the density (± 600 kg/m³) was defined based on orientation of bag producer. The treatments whose nitrogen source were urea, it was mixed in the mineral mixture at feeding time. It was made because in a previous assay in mini silos with reconstituted corn plus urea (25 g/kg as feed basis) the silage had characteristics of poor fermentation (*i.e.* pH > 6.0) (data not published).

Sampling collection and analysis

Before ensiling, the water activity (A_w) and pH were measured. After opening the silos bags, a frontal layer (~ 0.2 m) of the silos was removed and discarded. Two samples (500 g) for each concentrate and whole corn silage were dried in forced-air oven at 55°C for 72 h to determine DM content. Also, weekly, the DM concentrates (dry or ensiled) and whole-plant corn silages were determined to correct the DM of the diets.

For determination of the final products of silages fermentation, 25 g of the silages were diluted in 225g of water. After pH measurement, these extracts were frozen (-20°) until further analysis. The thawed extracts were analyzed for ammonia-N (Chaney and Marback, 1962), lactic acid (Pryce, 1969) and ethanol and volatile fatty acids (VFA) were measured by GC-MS (GCMS QP 2010 plus, Shimadzu, Kyoto, Japan) using a capillary column (Stabilwax, Restek, Bellefonte, PA; 60 m, 0.25mm \varnothing , 0.25 μ m crossbond carbowax polyethylene glycol).

Dried samples were ground 1-mm screen in a Wiley mill. After, sub-samples were analyzed for ash and crude protein (CP) by (AOAC, 1980), neutral detergent fiber (NDF) (with thermostable amylase and inclusive residual ash) (Mertens, 2002).

Aerobic stability

Aerobic stability assay was started at the twentieth day of experiment. Four samples per treatment of approximately 3 kg of each silages were placed in a plastic bucket in order to measure the temperature during the air exposure. Also, two plastic buckets with approximately 3 kg of silages were used to collect samples for daily pH measure. All these buckets were allocated in a room with constant temperature ($20 \pm 1.5^\circ$ C). The

environmental and silages temperature was recorded every 30 min through of data logger apparatus during 7 d. The aerobic stability was defined as the time elapsed before silage and the ambient temperature differed by more than 2°C. The temperature accumulation in 5 and 7 d and maximum temperature were computed as well.

Animal performance and ingestive behavior

Thirty-two Nellore bulls [382 ± 38 kg of body weight (BW)] were housed in individual pens to receive one of the four treatments during 70 d. The bulls were feeding twice a day (08:00 h and 16:00h). The DM intake (DMI) was daily measured and adjusted allowing *ad libitum* DMI (110% of DMI expected). To determine additional daily gain (ADG) the animals were weighted to each 21 d. From ADG data, for each animal, an equation [$y = a + b \times x$]; y = current BW; a = initial BW; b = ADG; x = days of penned] was created and the slope of ones was used to measure the accuracy of this data. The animal efficiency was defined as ADG/DMI.

At 21 d of the experiment the ingestive behavior (eating or ruminating) was visually monitored during 24 h every 10 min and each activity was assumed to elapse for the entire 10-min interval. The total chewing activity was defined as total time spent eating plus ruminating according to Maekawa et al., (2002). Furthermore, meal boulds (number per day), meal lengths (min per meal), lengths of first meal (min) and meal size (kg per meal) were calculated from ingestive behavior data set.

Ruminal in situ degradability

To determine the ruminal *in situ* degradability, two dry Holsteins cows equipped with ruminal-cannula (550 kg of BW) were used. The cows were eating a diet to support the minimal basal metabolism. Diets were based in whole corn silage (*ad libitum*) and concentrate (4 kg per day) composed by dry ground corn (400 g/kg), soybeans meal (380 g/kg), wheat meal (170 g/kg) and mineral mixture (5 g/kg).

Five grams of unprocessed (DMP) and dried samples (dry or ensiled concentrates) were placed in nylon bags (20 cm \times 10 cm) (model R1020; Ankom, Macedon, NY; pore size = 50 ± 15 μ m) based in Nocek, (1988) methodology. Three nylon bags per sample were placed at the ventral-rumen in 0, 6, 12, 24 and 72 h in reverse order. After 72 h, the bags were washed and dried in a forced-air oven at 55° C for 72h, then these bags were weighted to calculate A, B and C fraction and kd (degradation fraction). The passage rate (kp) was calculated according to equation from NRC, (2016).

Statistical analysis

The design experimental adopted was in randomized blocks with factorial arrangement. The bulls were blocked by initial BW (4 bulls per block). The nitrogen source (urea or whole soybeans) and storage method (dry or ensiled) and interaction (nitrogen source vs storage method) were tested using the SAS software through the MIXED procedure.

Results

Silages

The DM were similar between storage method (dry or ensiled) as shown in Table 1. Adding rolled soybeans (WS) in concentrates increase crude protein (CP) as well as ether extract (EE) for dry and ensiled concentrates. The *in vitro* DM digestibility (IVDMD) did not change neither for silages nor dry concentrates. Overall, the ensiled concentrates improved the degradability of concentrates, mainly in A fraction and effective degradability.

The reconstituted corn silage plus RS (RCS-RS) had final pH and concentration of acetic acid higher than reconstituted corn silage (RCS), whereas the ethanol concentration was lower for RCS-RS than RCS.

Animal performance and ingestive behavior

There was no interaction (storage method \times nitrogen source) for animal performance ($P > 0.05$; Table 3). Nitrogen source did not change any animal outcomes. Neither DM intake (DMI) nor ADG were affected by treatments. The ADG had higher tendency to be improved by storage method ($P = 0.08$). In addition, the animal efficiency (AE) was higher to the ensiled concentrates, with or without RS. The storage of concentrates increased the grains total digestible nutrients (grain TDN).

Interactions between storage and nitrogen source were not significant for ingestive behavior ($P > 0.05$; Table 4). The nitrogen source (urea or RS) of the concentrates, ensiled or dry, did not present any alterations on ingestive behavior, whereas the storage method changed most of the variables monitored.

Discussion

High moisture corn silage (HMC) and reconstituted corn silage (RCS) naturally has lower DM intake (DMI) compared with dry corn (Caetano et al., 2015), due to higher starch fermentability, which leads a hypophagic effect on DMI occurred because greater uptake of propionate in the liver (Oba and Allen, 2003; Gualdrón-Duarte and Allen, 2018). During storage period occurs the breakdown of the protein matrix of corn kernel (Kung Jr. et al., 2014) through mainly microbial enzymes (Junges et al., 2016), and it turn the starch up more digestible.

Unexpected, the storage method did not affect the DMI ($P > 0.05$; Table 3). In contrast, Harrelson et al., (2009) and Caetano et al., (2015) the DMI were lower to ensiled corn compared with dry corn. In Caetano et al., (2015), the corn kernel processing were ground, whereas our study and Harrelson et al., (2009) were rolled. As wel documented that greater corn kernel processing increases the starch digestibility (Zinn et al., 2011). Besides, in Caetano et al., (2015) study, the HMC was harvested with ~ 600 g/kg of DM whereas Harrelson et al., (2009) harvested it with ~ 700 g/kg of DM and our RCS ~ 670 g/kg DM. Higher moisture content provides more intensive fermentation (Gomes et al., 2018), leads a more digestible starch (Owens et al., 1997), consequently lower DMI (Owens et al., 1997; Albornoz et al., 2018). In Caetano et al., (2015) the effective degradability (ED) is unknown. However, when compared HMC with our RCS, the net energy (NE) for maintenance (NE_m) and NE for gain (NE_g) from grain ($_{\text{grain}}NE$) are similar (2.4 and 1.70 Mcal/ kg for NE_m and NE_g , respectivity). Unfortunately, in Harrelson et al., (2009) the ED or $_{\text{grain}}NE$ is unknown, only ruminal DM digestibility (RDMD) (on average 615 g/kg DM). Comparing Harrelson et al., (2009) with Szaszet et al., (2007), the RDMD was similar 615 vs 610 g/kg DM, respectivity. Nevertheless Szaszet et al., (2007) found a ED (602 g/kg DM, assuming $k_p = 5.0\%/h$) similar of our experiment. Based in these information, probably in Harrelson et al., (2009) the ED was similar of our one. Although there were differents practices in these related silages (i.e. moisture, processing, hybrid and reconstituted or hervested with high moisture) the difference in energy from grains were similar. Besides, these datas are according to Zinn et al., (2011) ($_{\text{grain}}NE_m = 2.3$ Mcal/ kg). Therefore, 1 - Like the difference in DMI for ensiled corn grain comparing with dry corn is well documented and; 2 - The $_{\text{grain}}NE$ of our RCS is similar for the standard value reported in the literature. The absence of effect in actual study leads to understand that the standart error media (0.48) was high for this variable compared with other experiments (whose could show diferences in DMI). In

other hands, the DMI variability inside of treatments was high, thus, it was not so strong to be statistic significant.

Besides, DMI is a result of meal size and number of meal bouts. It is well documented that high moisture corn may decrease meal length, meal size or, sometimes, meal bouts, and consequently, decrease DM intake (hepatic oxidation of fuels; Allen et al., 2009). In this trial, ensiled grains decreased meal size and meal length, but increased the number of meal bouts resulting in a longer eating time. Therefore, it could contribute for ensiled grains did not affect DM intake.

Interesting, RCS-WS treatment has an additive effect (from storage method plus nitrogen source) compared with DRC-U. However, the effect of oil from WS is confusing with nitrogen source. According to NRC requirements (NRC, 1996) for finishing beef cattle, only ruminal degradable protein can support the requirements for nitrogen of ruminal microbiota, thus, the true protein that is synthesized for ruminal microbiota is sufficient for a good animal performance. In others hand, ruminal undegradable protein is not necessary for finishing beef cattle. Therefore, the energy is the most limiting nutrient for finishing beef cattle. Corroborating with this, comparing the DRC with RCS, was clear that the nutrient limiting to improve the animal performance was energy instead of true protein. Thus, it can explain the additive effect between RCS-WS and DRC-U, because two factors contributes for higher energy content in this diet, corn processing and oil from WS.

Although the WS improved the animal performance only numerically, the gains were expressive, manly in ADG and EA. Besides contribute with more energy content in diets, the oil from WS can improve the animal performance with secondary effects.

The oil from WS is rich in unsaturated lipids (Palmquist and Mattos, 2011). Unsaturated lipids have one or more double linkages, therefore has an irregular structure, thus its physical form is liquid in environmental temperature (25° C) different of the fats from animal tissue (rich in saturated lipids). Because of the physical characteristic, unsaturated lipids have inhibitory power against some microorganisms, especially with gram positive microorganisms, because can easily permeating in cellular membrane and cause the rupture them. Hence, increase lipids in diets of ruminants has been shown that can turn it up more efficient, because reduces cellulolytic microorganism and protozoa, which leads a minor ruminal acetate concentration and methane emission whereas increase propionate concentration (Zinn, 1988; Czerkawski et al., 1966). Cellulolytic microorganisms have metabolic pathways less efficient than amylyolytic microorganisms;

it results in carbon loss for methane production from methanogenic microorganisms. For this reason, methane production is undesirable because it is considered an energetic loss and a gas that contribute for global warming. In this point of view, avoid ruminal methane production can contribute for improve animal performance as well as reduce the methane emission.

Conclusions

Ensiled corn grains improved the feed efficiency of finishing cattle. Also, ensiling corn grains with whole soybeans is an alternative method for storing concentrates within the farm and increases the energy content of finishing diets. In addition, the whole soybeans improved the aerobic stability of the silage.

Acknowledgements

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) and Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Therefore, we wish to thanks these institutions for support.

References

Albornoz, R. I., Allen, M. S., 2018. Highly fermentable starch at different diet starch concentrations decreased feed intake and milk yield of cows in the early postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101, 8902-8915.

Allen, M. S., Bradford, B. J., Oba, M., 2009. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J. Anim. Sci.*, 87, 3317-3334.

AOAC, 1990. *Official Methods of Analysis*, fifteenth ed. Arlington, VA, USA.

Bueno, A. V. I., 2018. Condensed tannins and nutritional additives to ensiling reconstituted corn grain (PhD Dissertation). State University of Maringá, Maringá, Brazil. (Eng. Abstr.).

Caetano, M., Goullart, R. S., Silva, S. L., Drouillard, J. S., Leme, P. R., Lanna, D. P. D., 2015. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nellore-based cattle. *J. Anim. Sci.* 93, 4023-4033.

Chaney, A.L., Marbach, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8, 130–132.

Czerkawski, J. W., Blaxter, L. L., Wainman, F. W., 1966. The effect of linseed oil and of linseed oil fatty acids incorporated in the diet on the metabolism of sheep. *Br. J. Nutr.* 20, 485-494.

Gomes A. L. M., Bueno, J. L., Jacovaci, F. A., Bolson, D.C., Jobim, C.C., Daniel, J.L.P., 2018. Effects of processing, moisture and length of storage on the fermentative losses and ruminal degradability of reconstituted corn grain silage. In: *Proceedings of the XVIII International Silage Conference*, Bonn, Germany.

Gualdron-duarte, L. B., Allen, M. S. 2018. Fuels derived from starch digestion have different effects on energy intake and metabolic responses of cows in the postpartum period. *J. Dairy Sci.* 101, 5082-5091.

Harrelson, F. W., Luebke, M. K., Meyer, N. F., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Jackson, D. S., Fithian, W. A., 2009. Influence of corn hybrid and processing method on nutrient digestibility, finishing performance, and carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* 87, 2323-2332.

Jobim, C.C., Lombardi, L., Macedo, F.A.F., Branco, A.F., 2008. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol ou uréia. *P. Agropec. Bras.* 43, 649-656.

Jobim, C. C., Branco, A. F., Gai, V. F., Calixto, Jr. M., Santos, G. T., 2010. Qualidade da silagem de grãos de milho com adição de soja crua e parâmetros de digestibilidade parcial e total em bovinos. *Arqu. Bras. Med. Vet. Zootec.* 62, 107-115.

Junges, D., Morais, G., Spoto, M. H. F., Santos, P. S., Adesogan, A. T., Nussio, L. G., Daniel, J. L. P. 2017. Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *J. Dairy Sci.* 100, 1-4.

Kung Jr., L.; Windle, M. C.; Walker, N., 2014. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture. *J. Dairy Sci.* 97, 1-6.

Maekawa, M., Beauchemin, K. A., Chistensen, D. A., 2002. Effect of Concentrate Level and Feeding Management on Chewing Activities, Saliva Production, and Ruminal pH of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 85, 1165-1175.

Palmquist, D. L., Mattos, W. R. S., 2011. Metabolismo de lipídeos. In: Berchielli, T. T., Vaz Pires, A., Oliveira, S. G., (2^a ed.), *Nutrição de Ruminantes*, FUNEP. Jaboticabal, São Paulo, Brasil, pp. 299-322.

Mertens, D. R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85, 1217–1240.

Nocek, J. E., 1988. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. *J. Dairy Sci.* 71, 2051-2069.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle. Seventieth Revised Edition. (2000 update)*. Washington, DC: The National Academies Press., USA.

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Revised Edition*. Washington, DC: The National Academies Press., USA.

Oba, M., Allen, M. S., 2003. Effects of corn grain conservation method on feeding behavior and productivity of lactating dairy cows at two dietary starch concentrations. *J. Dairy Sci.* 86, 174-183.

Owens, F. N., Secrist, D. S., Hill, W. J., & Gill, D. R., 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. *J. Anim. Sci.* 75, 868-879.

Pryce, J.D., 1969. A modification of Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *Analyst* 94, 1151–1152.

Szasz, J. I., Hunt, C. W., Szasz, P. A., Weber, R. A., Owens, F. N., Kezar, W., & Turgeon, O. A., 2007. Influence of endosperm vitreousness and kernel moisture at harvest on site and extent of digestion of high-moisture corn by feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 85, 2214-2221.

Três, T. T., Jobim, C. C., Rossi, R. M., Silva, M. S., Poppi, E. C., 2014. Silagem de grãos de milho, com adição de soja: estabilidade aeróbia e desempenho de vacas leiteiras. *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.* 15, 248-260.

Zinn, R. A., Shen, Y., 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.*, 76, 1280-1289.

Ziin, R. A., Barreras, A., Corona, F., Owens, F. N. Plascencia, A., 2011. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. *Nutr. Res. Rev.* 24, 183–190.

Zinn, R. A., 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. *J. Anim. Sci.*, 6, 1038-1049.

Table 1

Nutrient composition, fermentative profile and aerobic stability of experimental concentrates

Item	DRC ¹	DRC-WS ²	RCS ³	RCS-WS ⁴
DM (g/kg as feed)	850± 0.666	850± 0.490	663± 0.525	682± 0.155
MM (g/kg DM)	13.1± 0.124	15.4± 0.184	12.6± 0.290	17.4± 1.66
CP (g/kg DM)	76.3± 0.476	161± 0.329	78.1± 0.373	144± 0.620
NDF (g/kg DM)	160± 2.13	160± 7.70	150± 1.812	128± 1.32
EE (g/kg DM)	36.5± 0.707	62.7± 2.12	36.1± 1.41	63.0± 1.42
IVDMD (g/kg DM)	900± 13.8	890± 16.0	930± 11.8	937± 21.1
A (%)	13.9 ± 0.19	15.8 ± 0.76	27.9 ± 1.44	19.2 ± 0.15
B (%)	79.5 ± 3.47	74.5 ± 2.67	69.4 ± 1.57	77.1 ± 3.72
C (%)	3.9 ± 1.13	9.7 ± 0.91	3.7 ± 1.14	2.7 ± 0.64
Kd (%/ h)	3.26 ± 0.37	4.31 ± 0.53	4.18 ± 0.40	4.64 ± 0.36
Effective degradability (%)	45.9± 3.66	50.9± 1.96	60.1± 0.80	57.0± 1.72
pH	-	-	3.84± 0.0071	4.25± 0.014
NH ₃ -N (g/kg N)	-	-	8.92 ± 0.277	10.2 ± 0.148
Lactic acid (g/kg DM)	-	-	1.79 ± 0,0021	1.73 ± 0,054
Acetic acid (g/kg DM)	-	-	0.243 ± 0.0021	0.374 ± 0.00282
Ethanol (g/kg DM)	-	-	0.670 ± 0.0283	0.360 ± 0.0141
Aerobic stability (h)	-	-	15.7± 2.76	45.5± 10.6
TA5 ⁵ (°C)	-	-	62.0± 15.6	53.5± 12.1

¹DRC = Dry rolled corn;²DRC-WS = Dry rolled corn plus whole soybeans;³RCS = Reconstituted corn silage;⁴RCS-WS = Reconstituted corn and whole soybeans silage;⁵TA5 = temperature accumulation during 5 d.

Table 2

Ingredients and nutrients composition of experimental diets

Ingredients	DRC-U	DRC-WS	RCS-U	RCS-WS
Corn silage, (g/kg as feed)	250	250	250	250
DRC ¹ (g/kg DM)	703.5	-	-	-
RCS ² (g/kg DM)	-	-	703.5	-
DRC-WS ³ (g/kg DM)	-	725	-	-
RCS-WS ⁴ (g/kg DM)	-	-	-	687.4
Mineral mix (g/kg DM)	25.0	25.0	25.0	25.0
Urea (g/kg DM)	21.5	-	21.5	-
Nutrients				
DM (g/kg as feed)	718	715	589	630
MM (g/kg MS)	65	64	47	39
CP (g/kg MS)	128	130	131	128
NDF (g/kg MS)	234	229	236	223
EE (g/kg MS)	34.4	34.1	54.2	50.2
IVDMD (g/kg MS)	826	848	840	872

¹DRC = Dry corn rolled;²RCS = Reconstituted corn silage;³DRCWS = Dry corn and whole soybeans rolled;⁴RCSWS = Reconstituted corn and whole soybeans silage.

Table3

Animal performance of finishing feedlot cattle fed diets based on dry or ensiled concentrates

Item	Dry		Ensiled		SEM	<i>P</i> -value		
	Whole		Whole			<i>S</i> ³	<i>P</i> ⁴	E x P
	Urea	Soybean	Urea	Soybean				
DM intake (kg/d)	9.25	9.10	8.87	8.83	0.480	0.52	0.84	0.92
ADG ¹ (kg/d)	1.26	1.52	1.53	1.77	0.142	0.08	0.12	0.86
Carcass gain	0.767	0.875	0.947	1.13	0.080	0.01	0.09	0.62
Carcass yield	51.2	52.9	52.4	53.0	0.670	0.35	0.13	0.42
Gain:Feed ²	0.132	0.164	0.181	0.194	0.020	0.03	0.21	0.58
Grain TDN ⁵	82.2	88.5	93.3	100.9	5.44	0.07	0.20	0.89
ELm _{grain}	1.88	2.07	2.39	2.64	0.215	0.05	0.38	0.89
ELg _{grain}	1.20	1.38	1.67	1.89	0.189	0.04	0.38	0.90

¹Average daily gain;

²Feed efficiency;

³Effect of storage method (dry or ensiled);

⁴Effect of protein source (urea or whole soybeans);

⁵Total nutrients digestible from grain (calculated according to Zinn and Shen 1998).

Table 4

Ingestive behavior of finishing feedlot cattle fed diets based on dry or ensiled concentrates

Item	Dry		Ensiled		SEM	P-value		
	Whole		Whole			S ¹	P ²	E x P
	Urea	Soybean	Urea	Soybean				
Meal bouts (day)	7.32	5.64	11.1	9.13	0.96	<0.01	0.08	0.85
Meal length (min)	16.6	22.0	13.3	14.8	2.16	0.02	0.15	0.34
Meal size (kg)	1.96	2.42	1.22	1.44	0.30	<0.01	0.25	0.65
Eating (min/d)	121	112	155	140	17.8	0.05	0.48	0.85
Ruminating (min/d)	279	299	319	291	35.4	0.65	0.93	0.49
Chewing (min/d)	397	411	470	430	38.0	0.23	0.74	0.46

¹Effect of storage method (dry or ensiled);

²Effect of protein source (urea or whole soybeans).

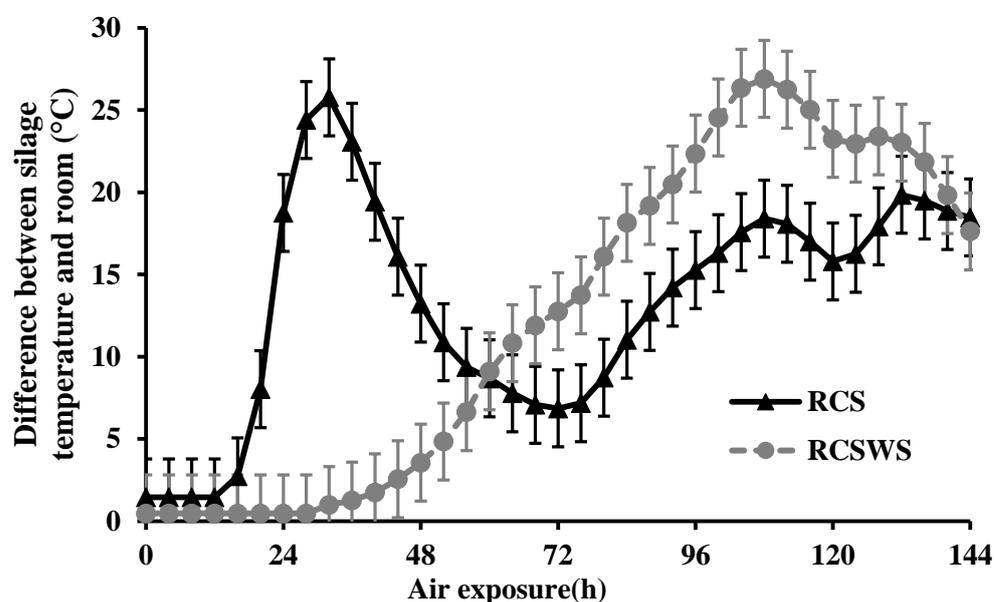


Figure 1 -Aerobic stability of reconstituted corn silage (RCS) and reconstituted corn plus whole soybeans silage (P < 0.01 for interaction effect).

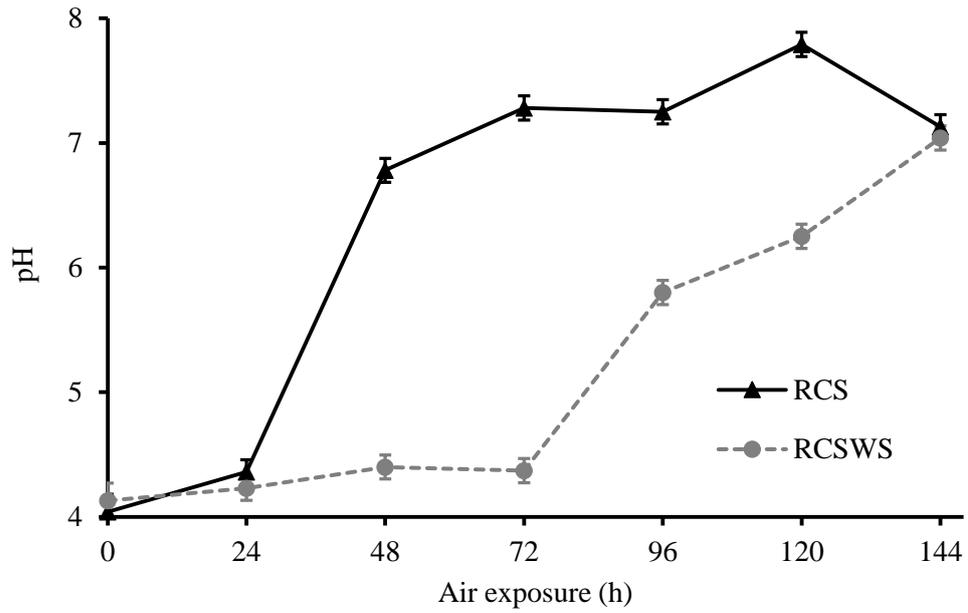


Figure2 - Values of pH for reconstituted corn silage (RC) and reconstituted corn plus whole soybeans silage (RCSWS) ($P < 0.01$ for interaction effect).

Estabilidade aeróbia e composição química de silagens de grão de milho reidratados com adição de níveis de óleo de soja (refinado)

(Normas: Animal Feed Science and Technology)

Resumo- Objetivou-se com esse estudo responder a hipótese de que a maior estabilidade aeróbia para as silagens de milho+soja é efeito proporcionado pelo óleo do grão de soja. Para tal, o experimento foi composto por um tratamento controle e 5 níveis de inclusão de óleo de soja refinado (0,7, 1,4, 2,1, 2,8, 3,5). A dosagem maior foi baseada em experimento anterior realizado em nosso laboratório, no qual, a inclusão de grão de soja (28%) na ensilagem da mistura milho+soja proporcionou maior estabilidade aeróbia. O milho foi moído (peneira de 6 mm), reidratado (35% umidade) e divididos em 6 parcelas. Posteriormente, foram ensilados à vácuo em mini silos tipo bag de polietileno e armazenados por 90 dias. Foram realizadas as seguintes avaliações: Perdas de matéria seca (MS), contagem de fungos e leveduras e estabilidade aeróbia das silagens (temperatura e pH). O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado analisados em regressão (linear e quadrática) para as avaliações de composição química e contagem de microrganismos. Para a estabilidade aeróbia o delineamento adotado foi o mesmo do anterior, entretanto avaliados em parcelas subdivididas. A inclusão do óleo até o nível de 2,8%, reduziu a perda de matéria seca, entretanto, no maior nível (3,5%) as perdas foram semelhantes ao tratamento controle. Não houveram grandes mudanças na composição química das silagens, apenas de diluição. A adição do óleo reduziu a concentração de proteína bruta, em quanto que aumentou a de extrato etéreo. A adição do óleo não reduziu a contagem de fungos e leveduras nem proporcionou maior estabilidade aeróbia.

Termos de indexação: Deterioração aeróbia, óleo de soja, silagem de grão de milho

Aerobic stability and chemical composition of rehydrated corn silage with or without addition of levels of soybean oil (industrialized)

Abstract – The objective of this study was to answer the hypothesis that the soybeans oil improves the aerobic stability for corn + WS silages. For this, the experiment consisted of a control treatment and 5 levels of inclusion of refined soybean oil (0.7, 1.4, 2.1, 2.8, 3.5). The higher dosage was based on a previous experiment conducted in our laboratory, in which the inclusion of WS (28%) in the mixture of corn + WS ensilage provided greater aerobic stability. The corn was ground (sieve of 6 mm), rehydrated (35% humidity) and divided into 6 plots. Subsequently, they were vacuum ensiled in mini silos of polyethylene

bag type and stored for 90d. The following evaluations were performed: Dry matter loss, count of fungal and yeast and aerobic stability of silages (temperature and pH). The design adopted was the completely randomized, analyzed in regression (linear and quadratic) for the chemical composition evaluations and microorganism count. For aerobic stability the design adopted was the same as the previous one, however, it was evaluated in subdivided parcels. The inclusion of oil until the 2.8% level, reduced dry matter loss, however, at the highest level (3.5%) the losses were similar to the control treatment. There were no major changes in the chemical composition of silages, only dilution. The addition of the oil reduced the crude protein concentration, while the ether extract increased. The addition of oil did not reduce the fungal and yeast count nor provided greater aerobic stability.

Index terms: Aerobic spoilage, soybean oil, high moisture corn

Introdução

A exposição do material ensilado ao oxigênio, especialmente no período de utilização, leva a deterioração reduzindo a qualidade nutricional e higiênica das silagens (Borreani et al., 2018). Esse fenômeno é iniciado principalmente por leveduras e fungos (Pahlow et al., 2003). Durante o período de armazenamento do material ensilado, esses microrganismos podem estar inativos em função da baixa concentração de oxigênio, associada ao pH ácido do meio. Entretanto, durante o período de uso da silagem, microrganismos podem ser ativados pela disponibilidade de oxigênio. Quando leveduras estão ativas utilizam o ácido lático como substrato, o que leva a aumento de pH da silagem, fato que abre possibilidades de atuação para bactérias que foram inativadas pelo baixo pH do material.

Essa sequência de acontecimentos são mais expressivos em silagens de grão de milho, que possuem processo fermentativo menos intenso. Em silagens de grãos o processo fermentativo é largamente afetado pelo baixo teor de umidade (baixa A_w), baixa concentração de O_2 residual (alta densidade) e baixa capacidade tampão, quando comparados a silagens de planta de milho, por exemplo.

Nesse contexto, a atividade microbiológica na fase de uso de silagens gera impacto muito negativo no sistema, pois além de perdas qualitativas, gera perdas quantitativas. Assim, levando em consideração o valor agregado das silagens, o impacto econômico negativo são bastantes expressivos.

Portanto, estratégias que permitem melhorar a qualidade de silagens, sem reduzir a estabilidade aeróbia, devem ser consideradas para melhor aproveitamento deste alimento.

Além de aditivos químicos e bacterianos, que têm sido usados com bastante eficiência, o grão de soja usado como aditivo nutricional tem apresentado interessantes resultados para melhorar a estabilidade aeróbia dessas silagens (Jobim et al., 2008; Jobim et al., 2010). A inclusão do grão de soja aumentou de forma bastante efetiva a estabilidade aeróbia da silagem de grão de milho sem prejudicar o processo fermentativo (Bueno, 2018). Além desse benefício, a inclusão da soja possui outras vantagens, como aumentar a proteína bruta e extrato etéreo da mistura (milho+soja grão), e por ser uma boa estratégia de estocagem de grãos, principalmente para produtores que têm esses grãos como cultura na fazenda.

Os grãos de soja apresentam alto teor de óleo, o qual é rico em ácidos graxos insaturados, e esses ácidos possuem facilidade de romper a membrana de microrganismos e bloquear o seu metabolismo (Sikkema et al., 1994). Portanto, a hipótese do estudo é de que o aumento da estabilidade aeróbia, com a inclusão da soja na ensilagem de grão de milho, seja pelo aumento no teor de óleo da silagem, o que contribui para inibição de microrganismos deterioradores em aerobiose.

Em consequência, o objetivo deste trabalho é elucidar se o aumento da estabilidade aeróbia em silagens de grão de milho reidratado com adição de soja grão é em função do aumento na concentração do óleo na silagem.

Material e Métodos

Local

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de Iguatemi, localizada no Distrito de Iguatemi, cidade de Maringá, PR e as análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos e Nutrição Animal (LANA – DZO), situado na Universidade Estadual de Maringá, campus sede.

Ensilagem e desenho experimental

O milho utilizado foi adquirido de uma cooperativa da região de Maringá-PR, não sendo possível a definição do híbrido utilizado. A predominância de cultivo para essa região é milho com características de endosperma duro (tipo *flint*), sendo esta a classificação dos grãos utilizados no estudo.

O milho foi processado em moinho de faca estacionário com peneira de 6 mm. Em seguida o material foi dividido em 6 plots de 1,5 kg e reidratado para uma umidade teórica de 35% e, posteriormente, os tratamentos foram aplicados. Na pré ensilagem o teor de

umidade do grão foi determinado para que a reidratação fosse efetuada. Os tratamentos foram definidos a partir da inclusão de óleo de soja (refinado) nos níveis de 0; 0,7; 1,4; 2,1; 2,8; e 3,5% da MS, com 6 repetições para cada nível. Essas doses foram definidas com base em estudo anterior em nosso laboratório, no qual a inclusão de 3,0% de óleo de soja, via inclusão de grãos de soja (28% da mistura) ensilados junto ao grão de milho (72% da mistura), aumentou a estabilidade aeróbia da silagem bem como o desempenho animal. A ensilagem do material foi feita em mini silos tipo bag, de polietileno medindo 30 x 40 cm, embalados a vácuo, com peso médio dos silos de 1,228 kg. Após a ensilagem todos os silos foram pesados para posterior determinação de perdas por gases durante o processo fermentativo e armazenados por um período de 90 dias.

Amostragem e análises laboratoriais

No momento da ensilagem foram coletadas amostras dos materiais em cada tratamento, para determinação da MS à 55° C, bem como para determinação do pH e análises microbiológicas. Optou-se pela realização da microbiologia no dia 0 (momento da ensilagem) a fim de identificar se a ação do óleo iniciaria imediatamente após o seu contato com o material ensilado.

Previamente a abertura dos silos, os mesmos foram pesados para determinação das perdas de MS (PMS) como descrito por Jobim et al., (2007). Após abertura dos silos, uma fração de amostras foi desidratada em estufa de ventilação forçada a 55° e processada em moinho de facas com peneiras de 1 mm. As amostras secas foram analisadas em relação aos teores de matéria seca (AOAC, 1990), cinzas (AOAC, 1990), proteína bruta (PB; AOAC, 1990) e extrato etéreo (EE; AOAC, 1990).

O pH dos materiais, em cada tratamento, na pré-ensilagem e nas silagens foram medidos a partir do extrato aquoso, o qual foi preparado adicionando-se 225 mL de água destilada a 25 g de cada uma das amostras. Para determinação da contagem de fungos e leveduras, uma amostra de 1,0 mL do extrato aquoso foram diluídas em 9 mL de solução salina estéril (0,9g de NaCl por L), posteriormente, diluições seriadas foram preparadas (10^{-2} a 10^{-5}). As placas foram preparadas pelo método pourplate utilizando o meio seletivo ágar extrato de malte (MEA), acidificado a pH 3,5 e incubadas aerobicamente durante 3 dias a uma temperatura de 30°C. A contagem das placas foram realizadas manualmente. Após a contagem referente a fungos e leveduras, os valores obtidos foram transformados em logaritmo na base 10, e expressas como unidades formadoras de colônia (UFC) por grama de silagem.

Estabilidade aeróbia

O ensaio de estabilidade aeróbia foi executado ao decorrer de 10 dias posteriores a abertura dos silos. Após a abertura, aproximadamente 2,0 kg de amostra em cada tratamento foram colocadas em baldes plásticos os quais foram alocados em sala com temperatura controlada ($25^{\circ}\text{C} \pm 2$). Foram utilizados 3 repetições (baldes) para cada tratamento totalizando 18 unidades experimentais. Dentro de um mesmo tratamento, após a abertura das silagens, juntou-se dois bags para que o material dentro de cada balde tivesse em torno de 2,0 kg. A aferição de temperatura para cada unidade experimental e para o ambiente foi realizada por meio de aparelhos *dataloggers* programados para realizar uma medida a cada 30 minutos. Diariamente foi coletado uma amostra de cada unidade experimental para preparo de extrato aquoso e posterior medição de pH.

A quebra de estabilidade aeróbia foi definida como o tempo que a silagem levasse para ultrapassar 2°C acima da temperatura do ambiente (Kung Jr. et al., 2003).

Análises estatísticas

O delineamento adotado foi o inteiramente casualizado, compondo-se de seis repetições por tratamento, totalizando 36 unidades experimentais, analisadas em regressão por meio do PROC MIXED do software SAS, versão 9.4. As médias foram testadas e avaliadas por contrastes ortogonais, linear e quadrático, sendo que a escolha da melhor regressão foi baseada no teste de AKAIKE o qual é recomendado como critério para melhor ajuste de regressão.

Para o ensaio de estabilidade aeróbia foram utilizados 18 unidades experimentais (3 repetições por tratamento) analisados como medidas repetidas no tempo.

Resultados

A inclusão de óleo de soja na ensilagem de grãos de milho reconstituído não afetaram significativamente nenhuma das variáveis avaliadas no momento prévio a ensilagem (Tabela 1). No entanto, houve visível tendência para redução de pH e aumento na contagem de leveduras.

A Tabela 2 apresenta os resultados das análises químicas, microbiologia e estabilidade aeróbia das silagens com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja. A inclusão do óleo de soja resultou em aumento da MS e extrato etéreo (EE) e redução nas concentrações de PB e matéria mineral (MM) das silagens. A perda de MS (PMS) das

silagens mostrou um comportamento quadrático com as inclusões do óleo de soja. O pH das silagens foi alterado pela inclusão do óleo, demonstrando comportamento linear crescente até o nível máximo (3,5% base na MS) de inclusão de óleo.

A inclusão de óleo de soja nos materiais ensilados aumentou a contagem de leveduras sem influenciar a contagem de fungos. A estabilidade aeróbia não foi afetada pelos tratamentos, tanto com base nas temperaturas como para os valores de pH das silagens durante o período de exposição aeróbia (Figura 1). A inclusão de óleo de soja aumentou o acúmulo de temperatura das silagens em ambas as somatórias, 5 e 10 dias.

Discussão

Do ponto de vista de composição química, as silagens não apresentaram resultados a serem destacados, apresentando apenas mudanças que são consideradas por efeito de diluição ou de concentração de nutrientes, como extrato etéreo e proteína bruta, por exemplo.

A ensilagem de grão de milho é uma técnica muito difundida no mundo todo, pois possibilita melhor aproveitamento do amido, principal componente energético do milho. Embora a silagem de grãos de cereais (milho, sorgo, etc.) apresente bons indicativos de conservação, ela é muito susceptível a deterioração aeróbia. Isso ocorre pois há menores concentrações de ácidos nessas silagens em função de apresentarem teores de umidade baixos, principalmente de ácidos oriundos de fermentações secundárias (quando comparados a silagens de planta, por exemplo). Portanto, estratégias que elevem a estabilidade aeróbias de silagens de grão de milho são necessárias, já que é um alimento com alto valor agregado.

Em função desse processo fermentativo pouco expressivo, quando comparado a silagens de planta, as silagens de grãos normalmente resultam em baixas perdas de matéria seca durante o período de estocagem. Embora a adição de óleo contribuiu para a redução da PMS por gases durante a armazenagem, até certo nível de inclusão (2,8%), no maior nível (3,5%) as perdas foram semelhantes àsquelas observadas na silagem do tratamento controle. A inclusão de óleo pode ter comprometido a ação de microrganismos benéficos (bactérias acidoláticas) ao processo fermentativo, principalmente no nível máximo de inclusão, o que pode ter aumentado a extensão de PMS neste tratamento. Esse comportamento pode estar ligado a respostas de pH, que aumentou linearmente com a inclusão do óleo nas silagens. Durante o período de estocagem, existe a ação de vários nichos de microrganismos resultando em diferentes produtos de fermentação, alguns

considerados bons (ácido láctico) e outros ruins (ácidos fracos e gases). A redução do metabolismo desses microrganismos ocorre à partir da queda de pH dessas silagens. Portanto, quanto maior a velocidade de queda de pH a tendência é que as PMS sejam menores, pois evita-se produtos de fermentações indesejáveis e a produção de gases que contribuem para as aumentar PMS (McDonalds, 1991; Pahlow et al., 2003).

Em experimento conduzido previamente em nosso laboratório, foi observado efeito benéfico, e não esperado, da inclusão de grão de soja na ensilagem de grão de milho Reidratado (Bueno, 2018). A inclusão de grão de soja na ensilagem do grão do milho aumentou a estabilidade aeróbia das silagens sem prejudicar o processo fermentativo.

Também, em um outro experimento realizado em nosso laboratório, foi observado aumento significativo na estabilidade aeróbia da silagem com inclusão de grão de soja. Além disso, houve aumento da eficiência alimentar e de ganho de peso vivo dos bovinos de corte alimentados com a silagem de grãos de milho+soja. Portanto, uma vantagem do uso de aditivos nutricionais, quando comparados a aditivos químicos ou bacterianos, é que eles podem aumentar o valor nutricional do alimento, especialmente maior teor de proteína bruta e de extrato etéreo da dieta com a inclusão da soja grão, por exemplo.

Os ácidos graxos insaturados possuem facilidade de causar danos a membrana de microrganismos e por isso possui potente ação anticribiana (Sikkema et al., 1994). Portanto, a hipótese inicial era que o óleo da soja, rico em ácidos graxos insaturados, inibisse a ação de microrganismos deterioradores em aerobiose (leveduras e fungos). Entretanto, contrariando a nossa hipótese, a adição de níveis de óleo de soja não resultou em aumento da estabilidade aeróbia das silagens. Ademais, contribuiu para maior extensão de perdas em aerobiose, já que houve maior acúmulo de temperatura (5 e 10 dias) para as silagens com adição de óleo. O acúmulo de temperatura é a somatória diária da diferença de temperatura da silagem menos temperatura ambiente. E esse fato pode ser explicado por uma sequência de fenômenos ocorridos. Em anaerobiose, as leveduras utilizam o ácido láctico como substrato, resultando em aumento do pH. O aumento do pH, abre a porta para ação de outros microrganismos deterioradores, como enterobactérias e fungos. A adição de óleo aumentou o pH sem redução na contagem de leveduras, como resultados disso, a ação dos microrganismos deteriorados foi facilitada, resultando em silagens tratadas com óleo de soja com maiores extensão de perdas em aerobiose.

Embora o efeito da inclusão de óleo não foi evidenciado neste experimento, é importante enfatizar que a estabilidade aeróbia das silagens foram altas (> 50 h) em todos

os tratamentos. Esse resultado pode ser fortemente apoiado pelos valores de pH das silagens durante o ensaio de estabilidade aeróbia, que permaneceram estáveis por aproximadamente 48h. Em aerobiose, a ação de leveduras pode ser observada por essas duas avaliações, aumento de temperatura e pH. As leveduras utilizam carboidratos solúveis residuais ao processo fermentativo e ácido lático como substrato (principal ácido da silagem). Na oxidação do ácido lático é gerado calor, água e gás carbônico. Portanto, aumento de temperatura e de pH, são dois resultados típicos de ação de leveduras em silagens.

Está bem definido na literatura que silagens de grãos de milho possuem estabilidade aeróbia abaixo de 30 h (Taylore e Kung Jr., 2002; Kung Jr. et al., 2006). Ademais, em estudo prévio, as silagens de grão reidratado permaneceram estáveis por apenas 24h, o que está muito próximo do frequentemente observado. Sendo assim, esse cenário pode ter influenciado para que o efeito do óleo adicionado nas silagens não tenha atingido magnitude suficiente para que o seu efeito fosse observado. Entretanto, a adição de óleo às silagens não foi capaz de inibir o crescimento de fungos e de leveduras. Sendo esses microrganismos os principais responsáveis pelo processos de deterioração de silagens em aerobiose (Pahlow et al., 2003), ficando claro que os resultados não confirmaram a hipótese do presente estudo.

Vale ressaltar que neste experimento foi utilizado o óleo de soja industrializado, o qual sofre tratamento químico durante o processo de industrialização podendo diferir de características do óleo in natura. Neste caso, seria importante estudar o efeito do óleo in natura, extraído sem o uso de detergentes químicos. Portanto, para que os efeitos benéficos da inclusão de soja na ensilagem do grão do milho possam ser elucidados, mais estudos devem ser realizados, principalmente com o uso do óleo in natura. Também, o nível máximo de inclusão de óleo de soja definido neste experimento foi com base em estudos anteriores, onde a inclusão de soja aumentou em 3,5 unidades percentuais de extrato etéreo da silagem (milho+soja). Portanto, doses superiores a essa deveriam ser testadas afim de facilitar o entendimento da ação do óleo nessa silagem (milho+soja).

Conclusões

A adição de óleo de soja, em níveis de até 3,5% na matéria seca, na ensilagem de grão de milho reidratado pode reduzir as perdas de matéria seca.

A adição de óleo de soja industrial na ensilagem de grão de milho reidratado não aumentou a estabilidade aeróbia das silagens em nenhum dos níveis testados neste experimento.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Portanto, nós agradecemos a essas instituições pelo suporte oferecido para que este trabalho pudesse ser realizado.

Referências Bibliográficas

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, fifteenth ed. Arlington, VA, USA.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R. J., Holmes, B. J., Muck, R. E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. J. Dairy Sci. 101, 3952-3979.
- Bueno, A. V. I., 2018. Condensed tannins and nutritional additives to ensiling reconstituted corn grain (PhD Dissertation). State University of Maringá, Maringá, Brazil. (Eng. Abstr.).
- Jobim, C. C., Nussio, L. G., Reis, R. A., & Schmidt, P. (2007). Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. R. Bras. Zootec, 101-119.
- Jobim, C.C., Lombardi, L., Macedo, F.A.F., Branco, A.F., 2008. Silagens de grãos de milho puro e com adição de grãos de soja, de girassol ou uréia. P. Agropec. Bras. 43, 649-656.
- Jobim, C. C., Branco, A. F., Gai, V. F., Calixto, Jr. M., Santos, G. T., 2010. Qualidade da silagem de grãos de milho com adição de soja crua e parâmetros de digestibilidade parcial e total em bovinos. Arqu. Bras. Med. Vet. Zootec. 62, 107-115.
- Kung Jr, L., Taylor, C. C., Lynch, M. P., Neylon, J. M., 2003. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 861, 336-343.
- Kung Jr, L., Schmidt, R. J., Ebling, T. E., Hu, W., 2007. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of ground and whole high-moisture corn. J. Dairy Sci. 90, 2309-2314.

McDonald, P., Henderson, N., Heron, S., 1991. *The Biochemistry of Silage*, second ed. Chalcombe Publications, Marlow, UK.

Pahlow, G., Muck, R.E., Driehuis, F., Oude-Elferink, S.J.W.H., Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp. 31–93.

Sikkema, J., Weber, F. J., Heipieper, H. J., Bont, J. A. D., 1994. Cellular toxicity of lipophilic compounds: mechanisms, implications, and adaptations. *Biocatalysis*, 10, 113-122.

Taylor, C. C., Kung Jr, L., 2002. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. *J. Dairy Sci.* 85, 1526-1532.

Tabela. 1

Matéria seca, pH e microbiologia de milho reidratado com inclusão de diferentes níveis de óleo de soja prévio a ensilagem

Item	Inclusão de Óleo, % da MS						EPM ¹	Valor de P	
	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5		Linear	Quadrático
MS	66,7	67,5	67,2	67,8	67,3	68,3	-	-	-
pH	6,39	6,34	6,33	6,32	6,33	6,32	0,0246	0,0738	0,2956
Leveduras, log ₁₀ UFC/g	5,83	6,82	4,8	6,19	6,58	6,65	0,2680	0,0663	0,0699
Fungos, log ₁₀ UFC/g	6,56	6,71	6,59	6,68	6,7	6,72	0,1327	0,4604	0,9615

¹EPM = Erro padrão da média.

Tabela.2

Matéria seca, composição química, perdas de matéria seca, pH, microbiologia e estabilidade aeróbia de silagens de milho reidratadas com inclusão de diferentes níveis de óleo de soja

Item	Inclusão de Óleo, % da MS						EPM ⁴	P	
	0	0,7	1,4	2,1	2,8	3,5		Linear	Quadrático
MS, % matéria natural	61,1	61,8	62,0	62,1	62,9	62,9	0,190	<0,01	0,50
MM, % MS	1,20	1,11	1,16	1,21	1,15	1,13	0,0446	0,66	0,87
PB, % MS	9,48	9,33	9,08	9,27	9,12	9,09	0,0778	<0,01	0,19
EE, % MS	3,20	3,70	4,48	5,25	5,83	6,69	0,1219	<0,01	0,38
PMS ¹ , % da MS	7,05	5,35	4,73	4,92	3,88	5,50	0,148	<0,01	<0,01
pH	3,97	3,98	3,97	3,99	4,00	4,04	0,0081	<0,01	<0,01
Leveduras, UFC/g	3,67	4,62	5,13	4,60	4,58	5,09	0,335	0,04	0,18
Fungos, UFC/g	4,44	5,05	5,20	4,50	4,49	5,44	0,343	0,37	0,73
Estabilidade aeróbia, h	54,3	59,6	50,0	55,6	53,3	57,3	4,31	0,97	0,57
TA 5 ² , °C	26,6	22,9	26,5	27,3	26,0	28,7	1,16	0,06	0,26

TA 10³, °C 51,2 48,5 53,3 59,4 69,4 73,7 1,98 <0,01 0,01

¹PMS = Perdas de matéria seca; ²TA = Temperatura acumulada durante 5 d; ³TA = Temperatura acumulada durante 10 d; ⁴EPM = Erro padrão da média.

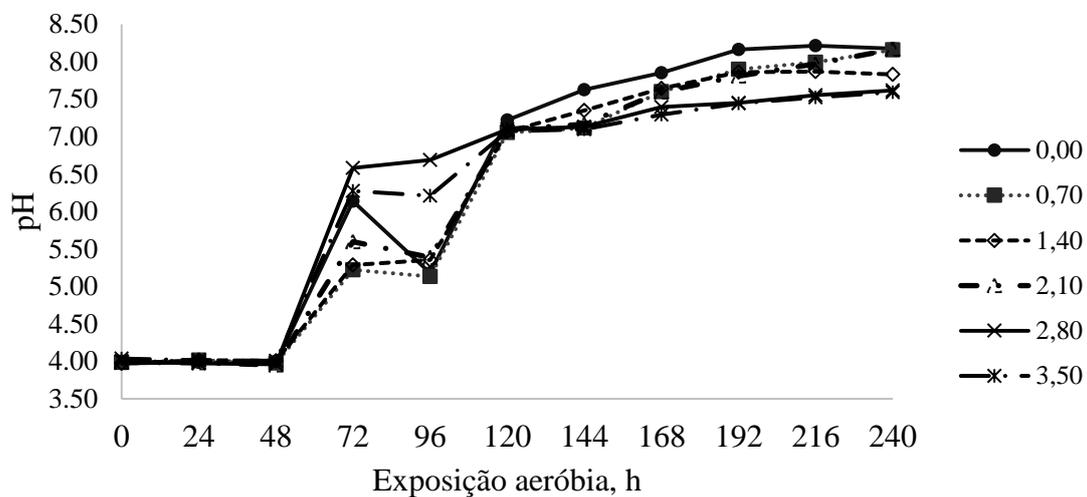


Figura 1 - Valores de pH para silagens de grão de milho reconstituído com diferentes níveis de inclusão de óleo de soja durante a exposição aeróbia (P > 0,05).