



DÉBORA RIBEIRO GOMIDE

**EFFECT OF PARTICLE SIZE OF SILAGE OF REHYDRATED
CORN ON GRAZING DAIRY COWS**

**LAVRAS-MG
2022**

DÉBORA RIBEIRO GOMIDE

**EFFECT OF PARTICLE SIZE OF SILAGE OF REHYDRATED CORN ON
GRAZING DAIRY COWS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para obtenção do título de Doutora.

Prof. Marcos Neves Pereira
Orientador

Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira
Co Orientadora

**LAVRAS-MG
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Gomide, Débora Ribeiro.

Effect of particle size of silage of rehydrated corn on grazing
dairy cows / Débora Ribeiro Gomide. - 2022.

86 p.

Orientador(a): Marcos Neves Pereira.

Coorientador(a): Renata Apocalypse Nogueira Pereira.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. Vacas leiteiras. 2. Silagem de Milho Reidratado. 3. Pasto. I.
Pereira, Marcos Neves. II. Pereira, Renata Apocalypse Nogueira.
III. Título.

DÉBORA RIBEIRO GOMIDE

**EFEITO DO TAMANHO DE PARTÍCULA DO MILHO REIDRATADO ENSILADO
NA DIETA DE VACAS LEITEIRAS À PASTO**

**EFFECT OF PARTICLE SIZE OF SILAGE OF REHYDRATED CORN ON
GRAZING DAIRY COWS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Ruminantes, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 27 de outubro de 2022
Dra. Nadja Gomes Alves UFLA
Dra. Ozana De Fátima Zacaroni UFG
Dr. Ronaldo Braga Reis UNINCOR
Dr. Ronaldo Francisco De Lima UFOPA

Prof. Marcos Neves Pereira
Orientador

Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira
Co Orientadora

**LAVRAS - MG
2022**

Aos meus pais, Marcos “*In memoriam*” e Marlene, vocês são minha origem!
Às minhas filhas, Alice e Maria Teresa, vocês são o meu destino!

Dedico!

“A alegria está na luta, na tentativa, no sofrimento envolvido e
não na vitória propriamente dita.”
Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTO

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), na pessoa de sua Presidente Profa. Dra. Nilda de Fátima Ferreira Soares, pela liberação para cursar o doutorado.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), na pessoa de seu Reitor Prof. Dr. João Chrysostomo de Resende Júnior e ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) a quem agradeço pela concessão da bolsa e financiamento do projeto, apoio financeiro sem o qual não poderia ter concluído o doutorado. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu Orientador Prof. Dr. Marcos Neves Pereira, por ter me aceitado como orientanda. Agradeço seus ensinamentos, exemplo e paciência por esse trajeto cheio de intempéries.

À minha Co Orientadora Dra. Renata Apocalypse Nogueira Pereira, amiga querida de extrema importância em minha formação profissional.

À Rayana Brito da Silva, um anjo na Terra! Pessoa disponível, serena, que ajudou a iluminar meu caminho nessa difícil jornada. Sem você nada seria possível!

Ao Gustavo Vitor Oliveira Reis “*In Memoriam*”, uma pessoa boa e animada, que infelizmente partiu cedo, mas deixou lembranças e foi muito importante na condução deste experimento!

Aos colegas do Campo Experimental de Três Pontas (CETP) e da Unidade Regional EPAMIG Sul que me ajudaram na condução do experimento e na realização das análises laboratoriais.

Ao Grupo do Leite, agradeço nas pessoas de Josué, Cecilia, Ana Flavia e Cassia, mas todos ajudaram e muito em todas as fases do experimento e análises laboratoriais. Um grupo formado por pessoas dedicadas, esforçadas e trabalhadoras. Um privilégio conviver um pouco com todos vocês.

Ao Márcio, Flávio, Stefânia e Eliane, funcionários do laboratório de Zootecnia, que estão sempre disponíveis e demonstram sempre muito boa vontade pra nos ajudar.

Ao professor Márcio Lara que se disponibilizou e me ajudou a entender as informações das pastagens, assim como a todos os professores do Departamento de Zootecnia da UFLA que contribuíram para minha formação acadêmica.

Aos professores, técnicos e alunos de todos os Programas de Pós-Graduação, Departamentos e Setores da UFLA que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite e dedicado seu tempo, colaborando com o aprimoramento deste trabalho.

À Myriam e Elisângela amigas de vida, vocês sempre me socorrem, alegram e apoiam, apesar da distância nossa amizade é muito importante para mim.

À minha família por todo o suporte, apoio e torcida. Minha mãe Marlene, não tenho palavras para agradecer tudo que faz por mim. Minhas irmãs Renata e Sabrina pessoas agradáveis e queridas tenho muita sorte de ter vocês em minha vida. Aos meus sobrinhos agradeço aos momentos de alegria e distração, espero com esse título incentivar vocês nos estudos. Aos meus cunhados Anderson e Paulo que fazem toda diferença em nossa família.

Ao Luiz Eduardo, Alice e Maria Teresa vocês me mostraram que sou capaz de tudo.

Acima de tudo agradeço a Deus que tornou possível a minha vida, espero com meu trabalho poder honrar essa dádiva contribuindo de alguma forma para o bem estar das pessoas.

Gratidão!

RESUMO

O tamanho de partícula (TP) do milho reidratado ensilado (MRE) afeta a taxa de moagem e a digestibilidade do amido. Avaliou-se o efeito do TP do MRE no consumo de matéria seca (CMS), desempenho leiteiro, digestibilidade no trato total e perfil de fermentação ruminal de vacas a pasto. Os tratamentos MRE grosso (CO), MRE fino (FI) e finamente moído (GC), utilizaram milho duro (68% vitreosidade). O TP geométrico médio foi: 366 μm GC; 1,364 μm FI; 1,694 μm CO. Piquetes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu foram pastejados por 1 dia (20 descanso) por 11,1 \pm 1,1 vacas/ha, apresentando 54,8 kg MS/vaca/dia de oferta de forragem. O MRE (63,2% MS) acondicionado em tambores (200 L) foi armazenado por 39,9 \pm 2,3 dias. Dezoito vacas (21,3 \pm 4,3 kg leite/d; 563 \pm 62 kg peso vivo; 190 \pm 112 dias em lactação) agrupadas em seis quadrados, 3 \times 3 Quadrado-Latino com períodos de 21 dias (14 adaptação), subdivididas em três grupos (2 quadrados) por nível de produção: Alto (26,1 \pm 2,6 kg/d), Médio (20,9 \pm 2,0 kg/d) e Baixo (16,9 \pm 1,0 kg/d). Um quadrado do nível Alto com 3 vacas canuladas no rúmen. O modelo NRC (2001), previu ingestão de 1,1% do peso vivo de fibra em detergente neutro (FDN) de forragem. A suplementação individual foi às 05:00, 10:00 e 14:00 h, com quantidade constante de silagem de milho planta inteira (2,7 kg MS/d), farelo de soja e tratamentos, a ordenha foi às 06:00 e 16:00 h. A FDN não degradada das fezes e dos alimentos incubados in situ por 240 h, e a excreção fecal utilizando Cr₂O₃, estimou o consumo de pasto. Amostras de líquido ruminal e sangue foram obtidas às 0, 5 e 9 h após a primeira alimentação. O modelo continha efeito de período, grupo, vaca(grupo), tratamento e interação grupo tratamento, sangue e rúmen considerados medidas repetidas. Dieta em ingredientes e nutrientes (%MS): 39,6 \pm 2,7% pastagem; 15,5 \pm 1,7% silagem de milho; 13,2 \pm 1,1% farelo de soja; 29,6 \pm 1,4% milho; 13,5 \pm 0,4% proteína bruta; 32,2 \pm 0,6% FDN; 22,6 \pm 1,1% amido. Vacas alimentadas com FI apresentaram menor CMS (16,7 vs. 18,1 kg/d) e matéria orgânica digestível (DOMI; 9,6 vs. 10,6 kg/d) do que GC, ambos sem diferir do CO (17,7 e 9,9 kg/d). Todos os tratamentos apresentaram baixo teor de gordura (2,99%) e não diferiram na produção de leite (19,2 kg/d) ou leite corrigido para energia (ECM; 16,8 kg/d). Vacas alimentadas com FI tiveram maiores relações Leite/CMS (1,18 vs. 1,05) e ECM/DOMI (1,86 vs. 1,64). O N-ureico no leite e no plasma, a amônia, o perfil de AGV e o pH ruminal não diferiram. A digestibilidade no trato total da FDN foi menor com GC do que com FI (45,6 vs. 48,9%). A digestibilidade da MS, MO e amido foi menor (86,3 vs. 92,3%) e a concentração de amido fecal foi maior (7,0 vs. 4,0% de MS) para vacas alimentadas com CO. A glicose plasmática foi maior para as vacas alimentadas com FI e CO (75,0 mg/dL) do que GC (70,8 mg/dL). A moagem fina de grãos duros ensilados por 40 dias aumentou a eficiência alimentar e a moagem grossa reduziu a digestibilidade do amido.

Palavras-chave: Vacas leiteiras. Eficiência alimentar. Pastejo. Silagem de milho reidratado. Tamanho de partícula. Amido.

ABSTRACT

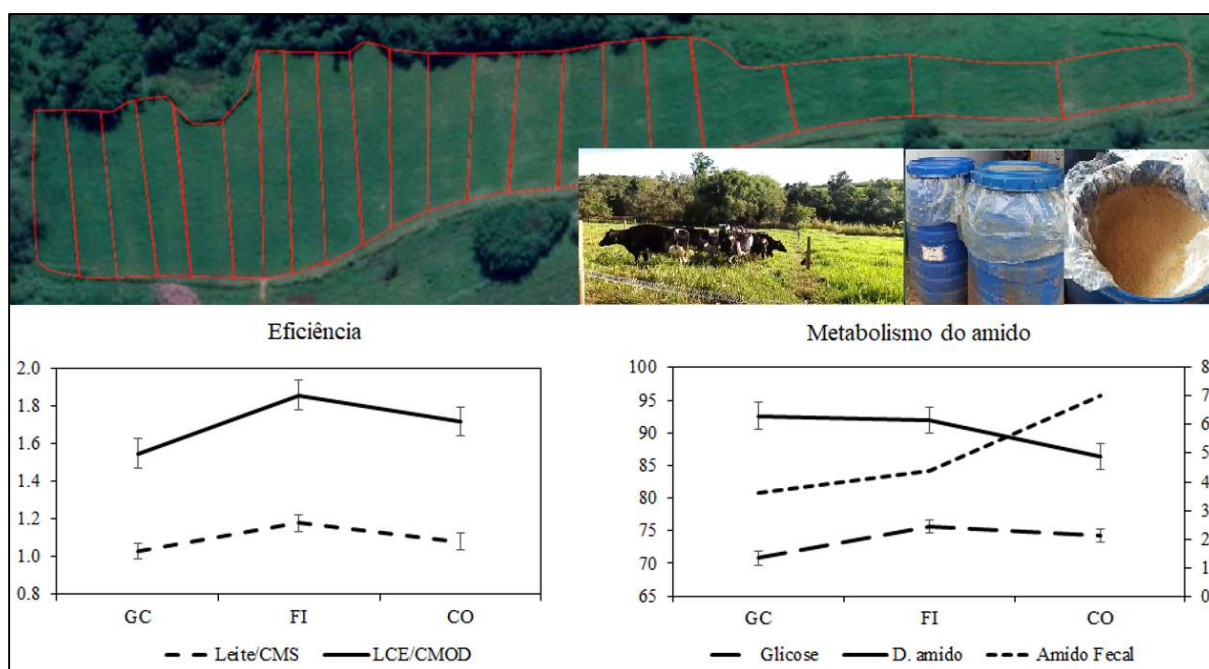
The particle size (PS) of rehydrated and ensiled corn (REC) can affect grinding rate on farm and starch digestibility. We evaluated the effect of PS of REC on dry matter (DM) intake (DMI), lactation performance, total tract digestibility, and ruminal fermentation profile of grazing dairy cows. The treatments were corn (68% vitreous) finely ground (GC) and coarsely ground (CO) or finely ground (FI) ensiled in buckets (200 L; 63.2% DM) for 39.9 ± 2.3 d. The mean geometric particle size was 366, 1364 and 1694 μm for GC, FI and CO respectively. 21 paddocks of *Urochloa brizantha* cv. Marandu (54.8 kg DM/cow/d of forage allowance; 11.1 ± 1.1 cows/ha) grazed for 1 d. Eighteen cows (21.3 ± 4.3 kg/d; 563 ± 62 kg; 190 ± 112 d in milk) formed 6 squares in a 3×3 Latin square design (3 periods of 21 d, 14 adaptation), grouped by level production: High (26.1 ± 2.6 kg/d), Medium (20.9 ± 2.0 kg/d) and Low (16.9 ± 1.0 kg/d), being a square of the level High formed by 3 rumen cannulated cows. The NRC (2001), model estimated DMI, predicting intake of 1.1% of body weight for forage neutral detergent fiber (NDF). Individual supplementation was carried out at 0500, 1000 and 1400 h, with whole plant corn silage (2.7 kg DM/d), soybean meal and treatments, milking was at 0600 and 1600 h. Undegraded NDF from feces and diet, incubated in situ for 240 h and fecal excretion using Cr_2O_3 , were used for estimated pasture consumption. Ruminal fluid and blood, collected at 0, 5 and 9 h after morning feed, were analyzed as repeated measures, by model containing the effect of period, group, cow (group), treatment and the interaction between group and treatment ($P \geq 0.12$). The ingredients and nutrients of the diets were (%DM): $39.6 \pm 2.7\%$ pasture; $15.5 \pm 1.7\%$ corn silage; $13.2 \pm 1.1\%$ soybean meal; $29.6 \pm 1.4\%$ corn; $13.5 \pm 0.4\%$ crude protein; $32.2 \pm 0.6\%$ NDF; $22.6 \pm 1.1\%$ starch. The FI treatment resulted in lower DMI (16.7 vs. 18.1 kg/d) and digestible organic matter (DOMI; 9.6 vs. 10.6 kg/d) than GC ($P \leq 0.05$), both without differing from CO (17.7 and 9.9 kg/d, respectively). Treatments not affect milk production ($P \geq 0.17$; 19.2 kg/d) and energy corrected milk (ECM; 16.8 kg/d) which showed low fat content (2.99%; $P = 0.33$). Cows fed FI had the highest Milk/CMS ratios (1.18 vs. 1.05) and ECM/DOMI (1.86 vs. 1.64; $P \leq 0.05$). The D of DM, OM and starch were low (86.3 vs. 92.3% of intake) and the concentration of fecal starch was high (7.0 vs. 4.0% of DM) for the CO treatment ($P \leq 0.05$). The D of the NDF was lower in the treatment GC than FI (45.6 vs. 48.9% of intake; $P \leq 0.05$). Plasma glucose was higher for FI and CO treatments (75.0 mg/dL) than GC (70.8 mg/dL; $P \leq 0.05$). The FI treatment increased feed efficiency and CO reduced starch D.

Keywords: Dairy cows. Feed efficiency. Grazing. Rehydrated corn silage. Particle size. Starch.

RESUMO INTERPRETATIVO E RESUMO GRÁFICO

Avaliou-se o efeito do tamanho de partícula do milho reidratado ensilado no consumo de matéria seca, desempenho leiteiro, digestibilidade no trato total e perfil de fermentação ruminal de vacas leiteiras a pasto. O milho moído de forma grosseira (CO; 1,694 μm) ou fina (FI; 1,364 μm) foi hidratado a 35%. O produto da ensilagem desse material por 40 dias foi comparado ao milho finamente moído (GC, 366 μm). Dezoito vacas leiteiras pastejavam por um dia de forma rotativa em 21 piquetes de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. As vacas, agrupadas em seis quadrados subdivididos por nível de produção: Alto (26,1 \pm 2,6 kg/d), Médio (20,9 \pm 2,0 kg/d) e Baixo (16,9 \pm 1,0 kg/d), foram avaliadas em delineamento 3 \times 3 Quadrado-Latino. Um quadrado do nível Alto era composto por 3 vacas canuladas no rúmen. A suplementação individual foi às 05:00, 10:00 e 14:00 h e a ordenha foi às 06:00 e 16:00 h. A fibra em detergente neutro não degradada das fezes e dos alimentos incubados in situ por 240 h, e a excreção fecal utilizando Cr₂O₃, estimou o consumo de pasto.

Vacas alimentadas com FI apresentaram menor consumo de matéria seca (16,7 vs. 18,1 kg/d) e matéria orgânica digestível (9,6 vs. 10,6 kg/d) do que GC, ambos sem diferir do CO (17,7 e 9,9 kg/d). Todos os tratamentos apresentaram baixo teor de gordura (2,99%) e não diferiram na produção de leite (19,2 kg/d) ou leite corrigido para energia (16,8 kg/d). A produção semelhante associada ao menor consumo, tornou as vacas alimentadas com FI mais eficientes. O tratamento CO reduziu a digestibilidade do amido, sem alterar o consumo de matéria seca, a produção de leite e a eficiência alimentar, quando comparado aos tratamentos GC e FI.



O resumo gráfico apresenta a área experimental dividida em 21 piquetes, as vacas leiteiras à pasto, os tambores contendo silagem de milho reidratado e os gráficos Eficiência e Metabolismo de amido, onde é possível verificar a maior eficiência alimentar e energética para o tratamento FI, a maior da glicose plasmática para os tratamentos FI e CO em relação ao GC e também a menor digestibilidade do amido e a maior excreção de amido fecal para o tratamento CO.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	11
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1 Produção de leite a pasto	13
2.1.1 Gramíneas tropicais - <i>Urochloa brizantha</i> cv. Marandu.....	14
2.1.2 Métodos de avaliação da produtividade das pastagens.....	15
2.1.3 Métodos de avaliação do consumo de pasto	16
2.1.4 Suplementação de vacas a pasto.....	19
2.2 Importância do milho na nutrição de vacas leiteiras	23
2.2.1 Morfologia do grão de milho	24
2.2.2 Milho reidratado ensilado.....	27
2.2.4 Tempo de Armazenamento.....	32
2.2.3 Tamanho de partícula	34
2.3 Suplementação de vacas a pasto com milho processado	37
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40
4 ARTIGO	53
5 ANEXOS	75

1 INTRODUÇÃO GERAL

A produção de leite utilizando pastagem é considerada mais desejável do ponto de vista ambiental e de bem estar animal, e pode resultar em leite com composição mais atraente ao consumidor, existindo potencial para explorar comercialmente produtos lácteos oriundos de animais em pastejo (JOURBAN *et al.*, 2020). Entretanto, apesar do alto potencial de produção de leite por área de pastagens tropicais (CORRÊA; SANTOS, 2003), o alto teor de fibra em detergente neutro (**FDN**) das pastagens tropicais intensivamente manejadas (LOPES, 2011) pode limitar o consumo de matéria seca (**CMS**) e o aporte energético em animais alimentados exclusivamente a pasto (MOORE; MOOT, 1973). A suplementação com concentrados energéticos para vacas em pastejo pode aumentar o CMS e a produtividade por animal e por área, mesmo com redução no consumo de matéria seca (**MS**) de pasto (JACOBS, 2014). A resposta em CMS, desempenho leiteiro e fermentação ruminal de vacas em pastejo à suplementação com concentrados pode ser afetada pelo processamento e perfil de carboidratos do suplemento (BARGO *et al.*, 2003), quantidade (REIS; COMBS, 2000b) e frequência diária (PULIDO *et al.*, 2009) de oferta, disponibilidade de pastagem (PHILLIPS, 1988; BARGO *et al.*, 2002a) e pela forma que o concentrado é ofertado, seja puro ou em mistura a uma quantidade restrita de forragem suplementar (BARGO *et al.*, 2002b), como silagem da planta inteira de milho (VALK, 1994; HOLDEN *et al.*, 1995) ou feno (REIS; COMBS, 2000a). A suplementação de vacas leiteiras com concentrado misturado a forragem, relativamente ao concentrado ofertado puro em baixa frequência diária, pode reduzir a taxa de passagem da digesta pelo trato digestivo (REIS; COMBS, 2000a), reduzir os picos de consumo de concentrado, reduzir amônia e aumentar o pH ruminal (BARGO *et al.*, 2002c; BARGO *et al.*, 2003). Além disso, esta prática permite que animais em pastejo tenham um período diário de alimentação em instalação com ambiente controlado, o que pode ser desejável durante o período quente e chuvoso do ano em regiões tropicais, mas sem requerer alto investimento em instalações para confinamento total.

O milho é o principal concentrado energético para alimentação de vacas leiteiras no Brasil e no mundo. A indústria brasileira de híbridos de milho tem preferência por grãos com textura dura do endosperma com baixa digestibilidade do amido no rúmen e no trato digestivo total (CORREA *et al.*, 2002; TAYLOR, ALLEN, 2005). Grãos duros (*flint* ou vítreos) possuem alto teor de prolaminas no endosperma, proteínas hidrofóbicas que envolvem os grânulos de amido e dificultam sua digestão (MOMANY *et al.*, 2006). A silagem do grão de milho maduro, moído e reidratado (**MRE**) é uma forma de armazenamento de baixo custo do grão na fazenda

e pode aumentar a digestibilidade do amido (BITENCOURT, 2012; PEREIRA *et al.*, 2013) por degradação de prolaminas por proteases microbianas e da planta durante a ensilagem (HERON *et al.*, 1986; HOFFMAN *et al.*, 2011; JUNGES *et al.*, 2017). O aumento na digestibilidade do amido pode aumentar o desempenho leiteiro e a eficiência alimentar (Leite/CMS) em vacas de leite (FERRARETTO; CRUMP; SHAVER, 2013).

O tempo de armazenamento pode afetar a eficiência operacional e econômica na confecção de MRE. Curto tempo de armazenamento propicia a ensilagem e o uso rápido ao longo do ano, reduzindo a necessidade de capital de giro para compra e armazenamento de grãos, propiciando também o uso mais rápido de grãos colhidos na fazenda. Entretanto, baixo período de armazenamento pode reduzir o efeito desejável da ensilagem sobre a digestibilidade do amido (KUNG JR. *et al.*, 2018). Outro determinante da eficiência operacional na confecção da silagem de MRE é o grau de moagem. Quando o milho é moído de forma grosseira, obtém-se maior taxa de moagem, economizando tempo, mão-de-obra e energia (CASTRO *et al.*, 2019). Entretanto, moagem grosseira pode reduzir a digestibilidade do amido, por reduzir a superfície de contato para ação de amilases de origem microbiana e endógena no trato digestivo (Mc ALLISTER *et al.*, 1993).

O efeito benéfico de moagem mais fina e de maior tempo de armazenamento sobre a digestibilidade de MRE tem sido demonstrado *in vitro* (CARVALHO *et al.*, 2016; ARCARI *et al.*, 2016b; LOPES, 2016; GOMES *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.*, 2021). O efeito do grau de moagem de MRE sobre a digestibilidade do amido e o desempenho de vacas leiteiras tem sido pouco avaliado. Para vacas leiteiras alimentadas em confinamento com dieta total, MRE de milho com textura dura do endosperma (84% de vitreosidade) em moagem grosseira (2.185 μm) e armazenado por mais que 205 dias tendeu a reduzir a digestibilidade do amido no trato digestivo total e a eficiência alimentar quando a dieta tinha alto teor de amido (29.2% da MS), mas não diferiu de moagem fina (1.591 μm) quando a dieta tinha baixo teor de amido (23.5% da MS), sugerindo que moagem grosseira reduziu a digestão do amido (CASTRO *et al.*, 2019). Batalha (2015) avaliou a suplementação 2 \times /d de vacas em pastejo rotacionado de capim *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon com 4,3 kg de MS/d de MRE de milho com textura dura do endosperma (76,4% de vitreosidade) em moagem fina (1,41 μm) ou grosseira (2,95 μm) comparativamente a milho maduro moído fino ou floculado. O período de armazenamento do MRE foi em média 177 dias. A digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos no trato total foi menor no MRE em moagem grosseira do que no fino, mas não houve efeito da granulometria do MRE sobre o CMS (11.1 kg/d), o desempenho leiteiro (13,3 kg/d de leite) e o perfil de fermentação ruminal. Em MRE armazenado por mais que 6 meses, o efeito da granulometria

sobre o desempenho leiteiro e a eficiência alimentar parece ser sutil e dependente do teor de amido na dieta.

O efeito do grau de moagem do MRE de milho com textura dura do endosperma com período curto de armazenamento sobre o desempenho de vacas leiteiras em pastagem tropical ainda não foi avaliado. Como a suplementação da pastagem com concentrados é realizada em baixa frequência diária, MRE moído fino pode resultar em picos de fermentação no rúmen, induzindo acidose ruminal e a queda na digestão da fibra, no consumo de pasto e no teor de gordura do leite. Entretanto, maior fermentabilidade do amido no rúmen pode resultar em ganho em eficiência alimentar e na síntese de proteína do leite. Portanto, o objetivo deste experimento foi avaliar o efeito de MRE em moagem fina ou grosseira e ensilado por 40 dias, comparativamente ao milho maduro finamente moído, sobre o desempenho leiteiro, o CMS, a digestibilidade de nutrientes e o perfil de fermentação ruminal de vacas leiteiras em pastejo rotacionado de *Urochloa brizantha* cv. Marandu (palisade grass) suplementadas com silagem de planta inteira de milho e concentrados. Nossa hipótese é que MRE armazenado por curto período e com moagem fina aumenta a digestibilidade do amido e induz ganho em eficiência alimentar relativamente a MRE em moagem grosseira.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção são abordados a produção de leite a pasto, as gramíneas tropicais - *Urochloa brizantha* cv. Marandu, os métodos de avaliação da produtividade das pastagens, os métodos de avaliação do consumo de pasto, a suplementação de vacas a pasto, a importância do milho na nutrição de vacas leiteiras, a morfologia do grão de milho, o milho reidratado ensilado, o tamanho de partículas, o tempo de armazenamento e a suplementação de vacas a pasto com milho processado.

2.1 Produção de leite a pasto

A tradicional forma de alimentação dos ruminantes é pastejando sobre a pastagem fresca, mas a necessidade de aumentar a produção por hectare, fez com que variações de sistemas de confinamento fossem preferidos em relação ao uso do pasto (FREIRE; FONSECA; CANTARUTTI, 2005). Atualmente a preocupação com o meio ambiente e a associação de sistemas confinados de produção animal a doenças e a poluição de mananciais, a "volta aos pastos" tem sido estimulada (PEDREIRA; PEDREIRA, 2014).

Recentes avanços no conhecimento sobre a produção de pastagens produziram espécies forrageiras com elevada produção de MS e também desenvolveram técnicas e estratégias de manejo, capazes de explorar o máximo potencial produtivo das gramíneas tropicais, em diferentes condições edafoclimáticas (MACHADO; PEREIRA, 2021). Essa forma de criação requer menor investimento em infraestrutura, o que reduz a despesa de implantação e o risco do sistema de criação. Com os animais se alimentando do pasto os serviços de colheita, armazenagem e fornecimento de alimento reduzem consideravelmente. A utilização intensiva do pasto possibilita aumentar a produção por animal e por área. Sistemas a pasto apresentam menor impacto ambiental e estão associados ao conceito de bem-estar animal (JOURNAN *et al.*, 2020; MACHADO; PEREIRA, 2021; PEREIRA *et al.*, 2022). Estudos que avaliaram o efeito da alimentação a pasto na composição, características sensoriais e funcionais do leite e derivados, demonstraram que dietas à base de pastagens afetam a concentração e a composição do leite, promovendo benefícios nutricionais (JOURNAN *et al.*, 2020). Certamente, a produção de leite a pasto permite que os animais expressem seu comportamento natural e muitos consumidores estão dispostos a pagar um valor extra por estes conceitos e benefícios. Portanto, existe potencial para explorar comercialmente produtos lácteos oriundos de animais em pastejo

Para o sistema de produção de leite ter como base de sua alimentação a pastagem, o cultivo da planta forrageira deve assumir papel importante. Manejar corretamente, realizando a colheita no ponto fisiológico ideal e a adubação adequada, aumenta o valor nutricional da forrageira. O maior valor nutricional associado a elevada produção de massa de forragem (MF) torna os sistemas de produção de leite em pastagens mais eficientes (SANTOS; MARTINEZ; GRECO, 2007). A pesquisa com plantas forrageiras concentrou esforços em práticas de manejo necessárias para otimizar o crescimento das plantas, determinando o ponto de colheita ideal onde há máxima produção, com qualidade da MF produzida.

2.1.1 Gramíneas tropicais - *Urochloa brizantha* cv. Marandu

Existem muitas variedades de gramíneas tropicais, na década de 1970, os capins Colômbio, Gordura, Jaraguá e Pangola predominavam nas pastagens brasileiras. A partir dos anos 2000 houve a substituição dessas pastagens pelos gêneros *Urochloa*, *Panicum*, *Pennisetum* e *Cynodon* (MACHADO; PEREIRA 2021), o que aperfeiçoou o potencial dos países de clima tropical e subtropical para a produção de leite em pastagens (CORRÊA; SANTOS, 2003).

O gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) é o tipo de gramínea mais plantado, engloba cerca de 100 espécies que são originárias das regiões tropicais e subtropicais em ambos os hemisférios

(KELLER-GREIN; MAASS; HANSON, 1996). O grande interesse dos pecuaristas pelas espécies de braquiárias é por serem plantas de alta produção de MS, que possuem boa adaptabilidade, facilidade de estabelecimento, persistência e bom valor nutritivo. As braquiárias apresentam poucas doenças e tem bom crescimento durante a maior parte do ano, inclusive no período seco (SOUZA FILHO; DUTRA, 1991). Entre as espécies, a mais utilizada é a *U. brizantha* e entre os cultivares o Marandu, que é responsável por 85% das sementes comercializadas (MACHADO; PEREIRA, 2021), e possui mais de 50 milhões de hectares estabelecidos no Brasil (EMBRAPA, 2021).

O cultivar Marandu, teve origem no Zimbábue, África, foi introduzido no Brasil em 1984 pela Embrapa Gado de Corte. É um cultivar forrageiro cespitoso, com colmos iniciais prostrados, que produz perfilho predominantemente ereto (NUNES *et al.*, 1984). A preferência por este cultivar é principalmente devido a elevada produção, com média anual de 8 a 20 toneladas de MS por hectare. O capim Marandu também possui alta persistência e boa capacidade de rebrota, é resistente às cigarrinhas-das-pastagens e tolera restrições na fertilidade do solo, seca, frio e fogo. Possui capacidade competitiva alta na existência de invasoras e proporciona boa cobertura do solo com estabelecimento rápido. Pastagens degradadas desse cultivar, quando bem manejadas, se recuperam aumentando expressivamente sua capacidade produtiva (MACHADO; PEREIRA, 2021; ROCHA; CARVALHO; RESENDE, 2020).

2.1.2 Métodos de avaliação da produtividade das pastagens

Muitos são os métodos de avaliação da produtividade das gramíneas, mas todos devem reproduzir de forma precisa as condições momentâneas da pastagem. A melhor técnica deve ser selecionada para o tipo de pastagem e de avaliação que será conduzida. Normalmente as metodologias são divididas em direta e indireta. No método direto, também conhecido como destrutivo, o peso da forragem presente em áreas delimitadas é utilizado para o cálculo da produção por hectare. É recomendada a medição de 10 a 20 pontos por hectare para aumentar a confiabilidade da amostragem. Comumente o corte é feito ao nível do solo, mas pode ser mais apropriado o corte acima desse nível, conforme o tipo de forrageira avaliada. A moldura utilizada para delimitar a área de corte varia entre 0,10 m² até 2,0 m², as mais comuns são de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) que por ter formato quadrado, deixou a técnica conhecida por “Método do Quadrado” (DEMINICIS, 2015; SANTOS *et al.*, 2021).

Os métodos indiretos têm a característica de “não destruir” as plantas forrageiras no ato da avaliação, mas precisam ser realizados em muitos pontos para fornecer dados confiáveis.

Inicialmente é necessária uma calibração do referencial indireto a partir do direto, realizando assim uma dupla amostragem de forma direta e indireta. A calibração deve ser feita abrangendo a maior amplitude possível de valores de MF. Entre as técnicas indiretas as mais conhecidas são: Estimativa visual, Altura do dossel, Sonda Eletrônica, Disco medidor ou Prato ascendente e Rendimento visual comparativo (CARVALHO, 2008; SANTOS *et al.*, 2021).

A estimativa visual é o método mais simples, mas o observador deve ser treinado para estimar a quantidade de forragem disponível na área somente pela visualização. A altura do dossel também não requerer equipamento sofisticado, entretanto está associada a baixa precisão e exatidão devido a variação na densidade do dossel forrageiro, o que pode superestimar a produção. A sonda eletrônica é um equipamento que mede a MF a partir da capacidade elétrica da planta. O disco medidor ou prato ascendente é um prato leve, com área entre 0,2 a 1,0 m², de movimento livre por uma coluna graduada. Esse equipamento confere sensibilidade às diferentes alturas e densidades do dossel forrageiro por realizar uma leve compressão da forragem. É um método simples e objetivo, de mensuração rápida e fácil (BRANSBY; MATCHES; KRAUSE, 1977). O rendimento comparativo possui a vantagem de não exigir experiência do operador, que atribui valores numa escala contínua de 1-5 em quadros amostrais delimitados em uma área experimental (ALVES *et al.*, 2020; CARVALHO, 2008; DEMINICIS, 2015).

2.1.3 Métodos de avaliação do consumo de pasto

Por meio da análise do alimento é possível estimar a composição da forragem fornecida ao animal, mas a estimativa do consumo de pasto é um desafio para o estudo da nutrição dos ruminantes. Essa medida sofre influência de fatores associados ao animal, ao pasto, ao ambiente e às suas interações. O animal em pastejo livre, obtém sua ingestão diária de uma dieta selecionada por ele, dentro dos limites da forragem oferecida, por isso, medir o consumo individual se torna uma tarefa extremamente difícil (BURNS; POND; FISHER, 1994; CARVALHO *et al.*, 2007). Questões estruturais do dossel e fatores relacionados a forma de apreensão do alimento, como oferta de forragem (**OF**), altura e densidade do relvado, fadiga da mastigação e tempo de pastejo, também influenciam no consumo de pasto (BARGO *et al.*, 2003). Várias metodologias foram desenvolvidas para determinar o consumo do pasto, mas apesar dos procedimentos experimentais e analíticos terem evoluído ao longo do tempo, continuam sendo deficientes em acurácia e confiabilidade (CARVALHO *et al.*, 2007). Apesar das limitações, é de extrema importância mensurar o consumo de animais a pasto, com esse

valor é possível ajustar as curvas de produção animal e elaborar estratégias de manejo que otimizam o sistema de produção de acordo com o potencial da forrageira. As metodologias de mensuração de consumo de pasto são aplicáveis, em sua maioria, para fins de pesquisa (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Para avaliar o consumo o processo de ingestão pode ser dividido em duas escalas temporais: curto e longo prazo. No curto prazo será mensurada a massa do bocado, a taxa de bocados e o tempo de pastejo, valores expressos em g de MS por minuto ou por hora. Essa avaliação é fortemente influenciada pela estrutura do dossel forrageiro. No longo prazo, o consumo será expresso em kg de MS por dia, sendo controlado por processos digestivos, onde a taxa de passagem e a capacidade gastrointestinal do animal serão fatores determinantes (BURNS; POND; FISHER, 1994; CARVALHO *et al.*, 2007).

A mensuração do consumo de pasto pode ser feita de maneira direta e indireta. De forma direta podem ser realizadas avaliações na pastagem ou nos animais. Entretanto estimativas com base na pastagem determinam o consumo do rebanho ou a média por animal e não o consumo do indivíduo (BARGO *et al.*, 2003). Uma das formas de avaliação é a diferença da MF antes e depois do pastejo, a redução na MF dividida pelo número de animais, resulta na ingestão média diária por animal. Essa técnica assume que o declínio na MF é inteiramente devido ao pastejo o que pode superestimar o CMS (BERCHIELLI; PIRES; OLIVEIRA, 2006). A determinação direta por meio de avaliações nos animais pode ser realizada pela dupla pesagem, que é a pesagem dos animais antes e depois do pastejo utilizando balanças de alta precisão (HORN *et al.*, 1979), outra forma é a utilização de colares em sistemas automatizados (BURNS; POND; FISHER, 1994; CARVALHO *et al.*, 2007).

A dificuldade em fazer determinações diretas, fez com que vários métodos indiretos surgissem. As técnicas mais utilizadas se norteiam pelo princípio de que a excreção fecal é inversamente proporcional à digestibilidade e diretamente relacionada à quantidade de alimento ingerido. Desse modo, utilizando a produção fecal (PF) e uma estimativa da digestibilidade da dieta, é possível calcular o CMS: $CMS = PF / (1 - \text{digestibilidade da dieta} / 100)$ (BARGO *et al.*, 2003; CARVALHO *et al.*, 2007).

A determinação da PF também pode ser de forma direta e indireta. De forma direta são utilizadas bolsas coletoras. Vantajosas por fornecer resultados rápidos, mas que pode interferir no comportamento e desempenho do animal, além da alta possibilidade de perdas ou de contaminação do material coletado com urina (BURNS; POND; FISHER, 1994; SILVA *et al.*, 2021). De forma indireta a PF pode ser estimada por meio do fornecimento de doses diárias de marcadores externos. A razão entre a quantidade do marcador administrado e sua concentração

nas fezes, determina a PF: $PF \text{ (g/d)} = (\text{g de marcador administrado}) / (\text{g de marcador} / \text{g de fezes})$. O ideal é que a quantidade diária de marcador seja dividida em 2 ou 3 fornecimentos, por um número mínimo de dias até que sua excreção fecal estabilize. Os marcadores mais utilizados para estimar a PF de ruminantes sob pastejo são o óxido de cromo (Cr_2O_3), o dióxido de titânio (TiO_2), o LIPE® e o Iterbium, cada um com suas recomendações, benefícios e restrições (CARVALHO *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2021). Para a estimativa de digestibilidade, amostras da dieta e das fezes precisam ser analisadas. A fração digestível pode ser calculada pela fórmula: $D_{\text{(nutriente)}} = \text{CMS}_{\text{(nutriente)}} - \text{PF}_{\text{(nutriente)}} / \text{CMS}_{\text{(nutriente)}}$.

Para a análise da dieta, a amostragem representativa do pasto é o principal fator limitante, devido a particular forma de apreensão da forragem realizada pelo animal durante o pastejo. A coleta das amostras pode ser feita de forma manual, a pessoa deve observar os animais pastejando e tentar imitar a forma de seleção da forragem com as mãos. Outra forma de amostragem é utilizando animais cirurgicamente alterados com fistulas no esôfago ou no rúmen, mas a amostra ficará contaminada por saliva, causando interferência principalmente nos resultados das análises de MS e proteína bruta (**PB**; BURNS; POND; FISHER, 1994; CARVALHO *et al.*, 2007). O consumo do pasto será determinado utilizando constituintes indigestíveis da dieta, indicadores internos, naturalmente presentes nos alimentos e são excretados integralmente nas fezes. Esse método se baseia no fato de que, à medida que o alimento transita pelo trato gastrointestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente devido a remoção de outros componentes pela digestão e absorção. A sílica, a lignina, a cinza insolúvel em ácido, o N fecal e os cromógenos atuam como marcadores internos. Entretanto os mais utilizados são os alcanos e os resíduos da incubação *in vitro* ou *in situ*. Os alcanos são compostos indigestos encontrados na cera cuticular das plantas, quanto maior seu comprimento, maior a porcentagem de recuperação nas fezes (CARVALHO *et al.*, 2007). Os resíduos da incubação *in vitro* ou *in situ*, por um período mínimo de 144 horas, determinam o nutriente não digerido. Como normalmente a análise de FDN resulta em maior fração indigestível, esse componente é o mais utilizado na avaliação do resíduo. A FDN indigestível é a FDN de um resíduo que nunca é digerido, mesmo em incubação infinita. Esse parâmetro é um conceito hipotético e teórico gerado por um modelo cinético, a partir de incubações ao longo do tempo. No laboratório é possível mensurar a proporção da FDN não digerida (**uFDN**) após um determinado tempo de incubação (MERTENS, 2013). Dessa forma a relação entre a concentração do indicador em cada ingrediente da dieta ingerida e a concentração do indicador nas fezes é possível calcular da quantidade de MS consumida de cada ingrediente diariamente. (DETMANN, 1999; SILVA *et al.*, 2021).

Como as técnicas para estimativas do consumo de pasto de forma direta exigem muito laboratório e de forma indireta carregam muitos erros, para finalidade prática várias equações foram desenvolvidas com base nas informações das pastagens e dos animais (BARGO *et al.*, 2003; NRC 2021). Em sua revisão Bargo *et al.* (2003), avaliaram sete estudos que correlacionaram a OF ao consumo de pasto. Utilizando os dados dos experimentos os autores constataram que quando não há suplementação a elevação da OF aumenta o consumo de forma quadrática, atingindo platô em 110 kg MS/vaca/dia. Por meio de regressões, desenvolveram uma equação que oferece uma predição com boa acurácia: $CMS (kg/d) = 7,79 + 0,26 \times OF - 0,0012 \times OF^2$. Quando os animais são suplementados é recomendável a equação utilizada pelo NRC (2001) para vacas confinadas: $CMS (kg/d) = [3,7 + (P \times 5,7) + 0,305 \times EL + 0,22 \times PV (kg) + (-0,689 - 1,87 \times P) \times ECP] \times [1 - (0,212 + P \times 0,136) \times e^{(-0,053 \times DEL)}]$ (NRC, 2021). Nessa equação são utilizadas somente informações dos animais, paridade (**P**; 0 para primíparas e 1 para múltiparas), energia no leite em Mcal/dia (**EL**), peso vivo em kg (**PV**), escore de condição corporal (**ECC**; 1 magra e 5 obesa) e os dias em lactação (**DEL**).

A atualização do NRC (2021), apresentou uma nova equação para estimar o CMS, desenvolvida por Allen *et al.* (2019), que inclui informações da composição da dieta: $CMS (kg/d) = 12,0 - 0,107 \times fFDN + 8,17 \times FDA/FDN + 0,0253 \times D fFDN - 0,328 \times (FDA/FDN - 0,602) \times (D fFDN - 48,3) + 0,225 \times PL + 0,00390 \times (d fFDN - 48,3) \times PL - 33,1$. Essa equação considera a relação dos valores de FDN e fibra em detergente ácido (**FDA**) como medida de fragilidade da fibra, a quantidade de FDN de forragem e sua digestibilidade, além da produção de leite (**PL**). Por combinar fatores da dieta relacionados ao efeito de enchimento ruminal, essa equação apresenta maior acurácia para sistemas a pasto.

2.1.4 Suplementação de vacas a pasto

Durante os dias úmidos e quentes do ano as pastagens tropicais suportam altas taxas de lotação chegando a manter 15 UA/ha (CORREIA, 2006; CORSI *et al.*, 2001). No período seco e frio a capacidade de carga é muito menor, já que a produção de forragem reduz drasticamente (CORSI *et al.*, 2001). Nesses dias, sistemas que utilizam pastagens tropicais podem considerar o consórcio com gramíneas de inverno (BARRETA *et al.*, 2020) e também a suplementação com forragens conservadas ou com coprodutos (MACIEL *et al.*, 2014). Somente dessa forma é possível garantir equilíbrio entre oferta e demanda de alimentos durante todo o ano. Mas como o CMS de vacas criadas exclusivamente a pasto é inferior ao consumo de vacas confinadas ou

a pasto suplementadas (BARGO *et al.*, 2003) a suplementação se torna necessária mesmo no verão.

O suprimento de nutrientes de vacas leiteiras criadas a pasto é diferente do suprimento de nutrientes de vacas confinadas. A qualidade da forragem sob pastejo está sob contínua mudança, enquanto o alimento fornecido no cocho possui quantidade de nutrientes mais estável (BARGO *et al.*, 2003; JACOBS, 2014; MACIEL *et al.*, 2014). Apesar do manejo intensivo conferir à pastagem, elevado teor de PB com alta degradabilidade ruminal, os baixos teores de MS e os altos teores de FDN de lenta degradabilidade das pastagens tropicais (LOPES, 2011), limitam o CMS e o aporte energético para uma alimentação exclusiva a pasto (MOORE; MOOT, 1973; KOLVER; MULLER, 1998). Em sistemas de alta produtividade, torna-se fundamental a suplementação, com a finalidade de aumentar o CMS e corrigir as deficiências da forrageira pastejada (REIS; MOURA; MALACCO, 2014). Utilizar suplementos no período quente e úmido do ano melhora o desempenho individual (SANTANA JUNIOR *et al.*, 2013; REIS; COMBS, 2000b), a condição corporal (ROCHE, BERRY, KLOVER, 2006), a duração da lactação, a produção de proteína no leite e os índices reprodutivos das vacas (BARGO *et al.*, 2003; REIS; SOUZA, 2012). Ao realizar a suplementação é possível aumentar ao mesmo tempo a produção por animal e por unidade de área, garantindo maior suprimento de nutrientes e aumentando a taxa de lotação (BARBERO *et al.*, 2015).

A suplementação aumenta o CMS dos animais a pasto, mas comparado aos animais confinados recebendo Dieta Total Misturada (**TMR**) o CMS continua menor (AULDIST *et al.*, 2016; BARGO *et al.*, 2003; GOLDBERGER, 2014; ROCHE, BERRY, KLOVER, 2006). O Modelo de Mertens (1994), relata que o CMS correlaciona positivamente com a concentração de FDN quando há regulação metabólica, mas essa correlação é negativa, quando a regulação do consumo é física. Para animais consumindo pasto de clima tropical, é improvável que a regulação do consumo seja feita por estímulos metabólico-hormonais. Possivelmente ocorre a regulação física, devido ao elevado consumo de FDN oriundo de forragem (**fFDN**). A ingestão de MS fica limitada pelo enchimento do trato gastrointestinal (**TGI**) e pelo tempo necessário para mastigação e passagem do alimento. A distensão do TGI estimula os receptores de estiramento localizados na camada muscular. Esses receptores se comunicam com os centros de saciedade cerebral sinalizando o fim da refeição (MERTENS, 1994). A regulação física é resultante da interação entre a taxa de digestão, absorção e passagem pelo TGI, fatores influenciados pela qualidade do volumoso. Forragens de baixo valor nutritivo restringem mais o CMS por causa de sua lenta e parcial degradação (CORSI *et al.*, 2001).

Realizar a suplementação das vacas a pasto é uma forma tentar aumentar o CMS, mas os efeitos associativos do suplemento no consumo do pasto interferem no CMS observado. Maciel *et al.* (2014), citando Lange (1980)¹, classificaram esses efeitos como: aditivos, quando o CMS (forragem mais suplemento) é superior ao consumo exclusivo de forragem; aditivos com estímulo, quando o suplemento fornece nutrientes que estão limitando o consumo da forragem e estimulam o consumo de volumoso; substitutivos, quando o CMS (forragem mais suplemento) é igual ao consumo exclusivo de pasto; substitutivos com adição, quando o suplemento reduz o consumo de forragem mas o CMS aumenta; e depressivos, quando a inclusão do suplemento reduz o CMS. Muitas pesquisas têm demonstrado que quando vacas leiteiras a pasto são suplementadas frequentemente ocorre redução do consumo de pasto, resultando no efeito substitutivo (AL-MARASHDEH GREGORINE; EDWARDS, 2016; BARGO *et al.*, 2003, FIKE *et al.*, 2002; HOLDEN *et al.*, 1995; JACOBS, 2014; MIGUEL *et al.*, 2019; MORRISON; PATTERSON, 2007; PÉREZ-PRIETO; PEYRAUD; DELAGARDE, 2011). Reis e Souza (2012), sugeriram quatro fatores que podem explicar o efeito substitutivo: a redução do pH (inferior a 6,5) que diminui a atividade dos microrganismos celulolíticos, a competição por substrato mais fermentável que reduz a degradação da FDN do volumoso, o consumo de energia deficitário em dietas exclusivas a pasto e a redução do tempo de pastejo já que o animal deixa de pastejar durante o tempo que consome o suplemento.

Uma forma de mensurar o efeito substitutivo é pela taxa de substituição (TS), que é a relação entre kg de redução do consumo de MS do pasto e kg consumidos de MS suplementar. Uma $TS < 1$ kg/kg significa que o CMS total no tratamento suplementado é maior do que o CMS total no tratamento não suplementado. Uma $TS = 1$ kg/kg significa que o CMS total no tratamento suplementado é igual ao CMS total no tratamento não suplementado. Quanto maior a TS menor é a resposta leiteira à suplementação. Essa taxa é a principal responsável pela variação na resposta leiteira dos animais suplementados e pode ser influenciada por fatores ligados ao suplemento, aos animais e a pastagem. (BARGO *et al.*, 2003). Correlacionando resultados de diversos trabalhos a revisão de Bargo *et al.* (2003), apresentou entre os fatores com resultados mais consistentes a maior TS para a suplementação com forragem em relação a suplementação com concentrados. Apontou também que para vacas em início de lactação ocorre maior partição de nutrientes para a glândula mamária, enquanto para vacas em final da lactação os nutrientes também são direcionados para o ganho de peso, e por isso a resposta

¹ LANGE, A. **Suplementation de pasturas para la producción de carnes.** 2. Ed. [S.I.]: CREA,1980, p. 74.

leiteira marginal pode ser menor resultando em maior TS para animais no final da lactação. Com relação a OF a revisão de Bargo *et al.* (2003) demonstrou que a TS aumenta em alta OF, apresentando valores em torno de 0,2 kg de pasto/ kg de concentrado suplementar quando a OF é baixa (< 25 kg de MS/vaca/d) e TS de 0,62 kg de pasto/ kg de concentrado suplementar quando a OF é alta (>25 kg de MS/vaca/d).

Para evitar problemas metabólicos não é recomendada a suplementação com mais de 10 kg de MS de concentrado por dia ou mais de 50% de MS na dieta total (BARGO *et al.*, 2003). Quando maior quantidade de suplementação concentrada é necessária, fornecer algum volumoso misturado pode deixar o rúmen mais estável em relação aos valores de pH e as concentração de ácidos graxos voláteis (AGV; AULDIST *et al.*, 2013; AULDIST *et al.*, 2016; BARGO *et al.*, 2002; GOLDER *et al.*, 2014) mas também pode resultar em maior TS (Morrison e Patterson, 2007). No trabalho de Fike *et al.* (2002), vacas exclusivamente em pastagem de *Cynodon dactylon* × *C. nlemfuensis* (cv. Tifton 85 bermudagrass) foram comparadas a vacas suplementadas com concentrado ou com concentrado mais silagem de milho planta inteira. Os animais exclusivos a pasto apresentaram maior tempo de pastejo, mas o CMS de pasto não foi afetado em relação aos animais suplementados com concentrado, somente os animais suplementados com silagem de milho planta inteira reduziram o consumo de pasto. Entretanto o CMS total foi maior para os animais suplementados com silagem de milho planta inteira (18.2 x 16.2 kg de MS). Reis e Combs (2000a) acrescentaram feno a suplementação concentrada, nesse trabalho houve redução no CMS de pasto, sem afetar a produção de leite. A digestibilidade da MO e da FDA aumentaram, apesar do a digestibilidade do amido tender a aumentar, houve redução na excreção fecal de amido. Os efeitos encontrados foram justificados pela redução na taxa de passagem de líquido e pela tendência de redução na taxa de passagem de partículas, o que levou ao aumento da degradabilidade ruminal. A suplementação de vacas a pasto possibilita que os animais em pastejo tenham um período diário de alimentação em instalação com ambiente controlado, essa estratégia pode ser interessante durante o período quente e chuvoso do ano em regiões tropicais. Dessa forma pode ser possível reduzir o stress térmico dos animais a pasto sem que sejam necessários altos investimentos em instalações como para confinamento total.

Sabendo da limitação física do consumo e do bom suprimento proteico das pastagens manejadas de forma intensiva, otimizar do crescimento microbiano parece ser a estratégia mais eficiente para suprir os requerimentos das vacas leiteiras em pastejo, já que a proteína microbiana é de alta qualidade, e corresponde a principal fonte de proteína metabolizável para ruminantes mantidos em pastagens (ALDRICH *et al.*, 1993; NRC, 2001). A sincronia entre

energia (esqueleto de carbono) e N dentro do rúmen deve ser encontrada para otimizar a produção da proteína microbiana. Ao suplementar vacas leiteiras em pastagem temperada (média de 19,6% PB) com 0, 5 e 10 kg de matéria seca (MS)/d de concentrado à base de milho e farelo de soja (11% PB) Reis e Combs (2000b) relataram aumento na produção de leite. Nesse trabalho a redução nas concentrações de amônia ruminal e nitrogênio ureico no leite sugeriram um aumento da utilização do nitrogênio para a produção de proteína microbiana condizente com o aumento nas concentrações de proteína do leite encontrado. Diferente do relatado por Danes *et al.* (2013), que trabalharam com vacas leiteiras (Jersey-Holandês), pastando em gramíneas tropicais manejadas intensivamente (PB 18,5%) suplementadas com concentrado proteico, contendo 8,7%, 13,4% e 18,1% de PB. A suplementação com milho e premix (8,7% PB) foi suficiente para atender as exigências das vacas. O excesso de proteína na dieta fez com que o nitrogênio suplementado não fosse transformado em proteína do leite, sendo direcionado para o aumento das concentrações de nitrogênio ureico no plasma, no leite e da NH₃ ruminal. Os dados dos trabalhos acima corroboram com o trabalho de Kolver e Muller (1998) que comparou a ingestão de nutrientes por vacas Holandesas de alta produção consumindo pastagem ou TMR. Esses autores identificaram que embora tenha sido alcançada uma ingestão diária de 19 kg de MS do pasto, a significativa mobilização das reservas energéticas indicou que a energia suplementar era necessária para atingir uma produção de leite superior a 30 kg/d.

Entre os carboidratos solúveis em detergente neutro (CSDN) o mais utilizado na suplementação é o amido, dietas para vacas leiteiras necessitam de 20 a 30% desse nutriente (TYLUTKI *et al.*, 2008). O estudo de Hall e Herejk (2001) sugeriu que o amido tem maior potencial para produção de proteína microbiana quando comparado a outras fontes de carboidratos (sacarose, pectina e FDN). Como o grão de milho possui, aproximadamente, 70% de amido (PAES, 2006), a suplementação com este cereal é vantajosa e contribui para que o milho seja o principal cereal utilizado como concentrado energético na nutrição de ruminantes.

2.2 Importância do milho na nutrição de vacas leiteiras

Os primeiros registros do cultivo do milho datam de 7.300 anos atrás, no golfo do México. Seu nome, de origem indígena caribenha, significa “sustento da vida”. É o grão mais produzido no mundo e por isso possui grande importância econômica. O Brasil é o terceiro maior produtor e sua produção é destinada principalmente para o consumo animal (51%), exportação (21%) e consumo industrial (12%), o restante (16%) se divide entre consumo humano, sementes, perdas e usos variados. Devido a produção nacional de etanol a partir do

milho, o consumo industrial apresentou crescimento considerável em 2019, com aumento gradativo nos anos seguintes (2018/2019 = 7.9; 2019/2020 = 11.1; 2020/2021 = 12.4 milhões de toneladas). Do milho destinado ao consumo animal, estima-se que 51% são direcionados ao setor avícola; 33% à suinocultura; 1% à pecuária e 5% para ração de outros animais (ABIMILHO, 2021).

A maioria dos sistemas de produção de leite, qualquer que seja a forma de criação ou o volume diário produzido, faz uso de alimentos concentrados. Dietas para vacas leiteiras necessitam de 20 a 30% de amido, como o grão de milho possui cerca de 70% de amido, o milho se tornou o principal ingrediente energético utilizado (PAES, 2006; TYLUTKI *et al.*, 2008). Para aquisição do concentrado, algumas propriedades chegam a comprometer mais de 40% da receita obtida com a venda do leite. Esses fatores demonstram como o milho exerce grande pressão sobre o custo de produção de leite. No Brasil, por exemplo, no primeiro bimestre de 2021 o custo do concentrado subiu 6,2% e a receita registrou retração de 4,3%, por isso de janeiro a abril, a quantidade de leite necessária para adquirir uma saca de 60 kg de milho saltou de 42 L para 47 L, um aumento de 13,4% (CEPEA, 2021).

Como o maior consumo do grão de milho brasileiro vem da avicultura e suinocultura, no Brasil houve uma preferência pela produção de milho duro, que possui características desejáveis do ponto de vista agrônomo, mas que apresentam baixa digestibilidade do amido no rúmen e no TGI (CORREA *et al.*, 2002; TAYLOR; ALLEN, 2005). Esses grãos são resistentes a quebra mecânica durante a colheita, secagem, transporte e armazenamento. Esse tipo de grão também é menos propenso à colonização por fungos e ao ataque de insetos. Na maioria das demais regiões do mundo, o milho farináceo é predominante. O grão farináceo é desejável para o processo de moagem e ensilagem por possuir maior propensão à quebra mecânica, o que o torna mais digestível (PEREIRA *et al.*, 2013).

2.2.1 Morfologia do grão de milho

Os grãos do milho podem ser amarelos, brancos, vermelhos e pretos, seu peso individual varia de 250 a 300 mg, são compostos em média por 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo. O grão de milho possui quatro principais estruturas físicas: Pedicelo, pericarpo, embrião ou gérmen e endosperma, que se diferem em origem, composição química e organização dentro do grão (PAES, 2006; PEREIRA, 2014). O pedicelo e o pericarpo são tecidos de origem materna enquanto o embrião e o endosperma são produtos da fertilização, logo as duas primeiras estruturas possuem genética diferente das duas últimas (PEREIRA,

2014). O pedicelo pode representar até 2% do grão, é a menor das quatro estruturas e a única que não é coberta pelo pericarpo. O pedicelo é composto por material lignocelulósico e é responsável pela inserção do grão no sabugo. O pericarpo é uma camada externa que protege o endosperma e o embrião, representa cerca de 5% do peso total do grão, é predominantemente fibroso sendo constituído por hemicelulose e celulose. O embrião, estrutura reprodutiva, equivale a aproximadamente 11% da semente, possui elevado teor de lipídeos (35%) e proteínas (19%) e baixo teor de amido (8%). O endosperma, estrutura que armazena energia, representa mais de 80% do peso do grão, sua composição média inclui 86% de amido, 10% de proteínas e uma pequena quantidade restante de cinzas e gorduras (FORNASIERI FILHO, 1992; PEREIRA, 2014). O endosperma é a estrutura que determina o alto valor nutritivo do grão de milho. Sua textura, classificada como farinácea ou vítrea, varia conforme a distribuição dos grânulos de amido e da matriz proteica. No endosperma vítreo os grânulos de amido ficam adensados e fortemente incrustados em um arcabouço formado por uma espessa e contínua matriz proteica, por isso assumem o formato helicoidal. A forte ligação entre grânulo e matriz proteica, dificulta a penetração de água e enzimas necessárias para a quebra do amido em glicose. No endosperma farináceo os grânulos de amido ficam dispersos e fracamente incrustados em uma matriz proteica esparsa, que possui forma de lâminas delgadas fragmentadas, por isso os grânulos assumem formato esférico, uma conformação que facilita o ataque enzimático (PAES, 2006; PEREIRA *et al.*, 2013).

Os diferentes tipos de grãos de milho são denominados como dentado, duro, farináceo, pipoca e doce a partir de suas características. Os diferentes tipos de grãos variam na proporção dos dois tipos de texturas do endosperma. Nos milhos dentados, o endosperma farináceo concentra-se na região central do grão e nas laterais está localizado o endosperma vítreo. Durante a secagem do grão, o encolhimento do endosperma farináceo resulta na formação de uma endentação na parte superior do grão, caracterizando o milho como dentado. O milho duro possui um volume contínuo de endosperma vítreo e por isso são grãos lisos e arredondados, com aparência dura e vítrea. No tipo farináceo pode existir a mesma endentação do milho dentado, mas o endosperma é completamente farináceo. Os grãos de milho-pipoca possuem menor tamanho, formato arredondado, pericarpo espesso e endosperma predominantemente vítreo (PAES, 2006). O grão doce quando verde possui maior quantidade de sacarose, dextrinas e vitaminas que o milho verde comum e quando seco possui aparência enrugada (PAES, 2006; STORCK; LOVATO, 1991).

O amido, nutriente de maior predominância no grão de milho, é um CSDN sintetizado a partir da sacarose, que é convertida em glicose e polimerizada em amilose ou amilopectina,

empacotadas nos amiloplastos como grânulos, envolvidos por uma matriz proteica (PEREIRA, 2014). A amilose e a amilopectina se diferenciam quanto ao tamanho da molécula, tipo de estrutura e propriedade química. A amilose é um polímero linear, formado por unidades de α -D glicose conectadas por ligações α -1,4, normalmente compõe de 20 a 30% do grânulo de amido. A amilopectina, molécula de maior concentração no grânulo, é formada por cadeias grandes e ramificadas em conformação alfa-hélice, possui as ligações α -1,4 entre as unidades, e também ligações α -1,6 a cada 20 a 25 moléculas de glicose, formando as ramificações (ROONEY; PFLUGFELDER, 1986). As moléculas de amilose e amilopectina são mantidas juntas por ligações de hidrogênio, formam estruturas altamente organizadas denominadas "cristalinas", insolúveis em água fria (NOCEK; TAMINGA, 1991).

A fração proteica do grão de milho é composta por prolaminas, albuminas, globulinas e glutelinas (PEREIRA *et al.*, 2013; PEREIRA, 2014). As prolaminas, proteína de maior importância para a nutrição dos ruminantes, são sintetizadas no retículo endoplasmático rugoso e transportadas pelo citoplasma celular, para fazer parte dos corpos proteicos no exterior dos grânulos de amido (COLEMAN *et al.*, 1996; MU-FORSTER; WASSERMAN, 1998). A prolamina está presente nos grãos de todos os cereais e possui nome específico para cada tipo de grão, sendo chamada de zeína para o milho, gliadina para o trigo e cafirina para o sorgo (PEREIRA *et al.*, 2013; PEREIRA, 2014). No milho a zeína representa de 50 a 60% da proteína total do grão (HAMAKER *et al.*, 1995) sendo dividida em quatro grupos estruturalmente distintos: alfa, beta, gama e delta-zeínas (COLEMAN *et al.*, 1996). Prolaminas são proteínas ricas no aminoácido prolina, que tem características hidrofóbicas, por isso possuem baixa solubilidade em água e no fluido ruminal (MOMANY *et al.*, 2006; PEREIRA *et al.*, 2013; PEREIRA, 2014). McAllister *et al.* (1993), observaram que quando o milho moído foi pretratado com protease e incubados por 16 e 24 h, apresentaram maior ($P < 0,05$) digestão do amido *in vitro*, comparado ao milho não tratado. Demonstrando como a ligação hidrofóbica da matriz proteica ao amido representa um fator limitante para a digestão.

Uma forma objetiva de mensurar a textura do endosperma é por meio da avaliação da vitreosidade do grão, análise que mensura a proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total da semente. A vitreosidade se relaciona com a dureza do grão, uma característica física que aumenta com sua maturidade (PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1997), pois com o avançar da maturidade da planta perde umidade no grão e aumenta o teor de prolamina. Essa análise, pode ser utilizada para avaliação de todos os tipos de cereais, sendo mais facilmente quantificável em grãos no estágio maduro. Híbridos de milho maduros variam pouco na quantidade de amido, mas diferem consideravelmente com relação à vitreosidade.

Quanto maior a vitreosidade, menor a degradabilidade ruminal do grão de milho (CORREA *et al.*, 2002; PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1997). No trabalho realizado por Correa *et al.* (2002), a vitreosidade de híbridos maduros de milhos brasileiros variou entre 64.2% a 80.0% com degradabilidade ruminal do amido em torno de 48.5%, já para os híbridos norte-americanos a vitreosidade foi de 34.9% a 62.3% com degradabilidade média de 77.4%.

2.2.2 Milho reidratado ensilado

O preço do milho segue valorizado e para controlar os custos, produtores de leite precisam manter um acompanhamento sistemático do mercado. É necessário avaliar critérios técnicos e econômicos, antes de adotar qualquer alteração na dieta dos animais diante da elevação do custo dos insumos. Ferramentas tecnológicas que possuem finalidade de obter ganho na eficiência de utilização do milho tornaram-se fundamentais para o Brasil, que tem o desafio de utilizar dietas com alto teor de milho com textura dura do endosperma. Obter ganho em digestibilidade do amido proveniente do milho vítreo requer soluções da pesquisa nacional. O MRE tem se destacado como uma dessas ferramentas tecnológicas, é uma forma de armazenamento de baixo custo do grão na fazenda que pode aumentar a digestibilidade do amido (ARCARI *et al.*, 2016a; BITENCOURT, 2012; CASTRO *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2013).

A ensilagem é essencialmente um processo simples, que compreende a conversão de carboidratos solúveis como glicose e frutose em ácido lático pelas bactérias ácido lácticas (**BAL**) em meio anaeróbio. Quando quantidade suficiente de ácido lático é produzida a atividade microbiana é suprimida e o material pode ser armazenado até sua utilização. Esse processo possui alguns entraves: os períodos de aerobiose na fase inicial e final, os substratos metabolizáveis não serem somente açúcares simples, a competição das BAL pelo substrato com as enzimas das plantas e de outros microrganismos e a dificuldade de manter o controle de todo o processo em larga escala de produção (ROOKE; HATFIELD, 2003). Ensilagem é o processo fermentativo, Silo é o local de armazenamento e Silagem é o material armazenado. A ensilagem pode ser dividida em quatro fases: aeróbia, fermentativa, estável e deteriorativa, mas não existe uma separação exata entre elas (MC DONALD *et al.*, 1991; PEDROSO, 1998; ROOKE; HATFIELD, 2003).

A fase aeróbia inicia quando o material processado é colocado no silo, e perdura até o estabelecimento da anaerobiose. Seu período é variável com a capacidade de ensilagem e compactação, com a cultura ensilada, a concentração de carboidratos solúveis e a população

epifítica. O material a ser ensilado é hospedeiro de microrganismos de diferentes espécies, chamados de microrganismos epífitas. É impossível prever a população epífita de bactérias e fungos, a quantidade de cada tipo de microrganismo pode variar de 10^2 a 10^7 unidades por grama de MS conforme o tipo de material, estágio de maturação, condições ambientais de temperatura, umidade e radiação solar e processamentos utilizados para secagem ou redução de tamanho (MC DONALD *et al.*, 1991; PEDROSO, 1998). Contaminantes como plantas invasoras, palhas e outros resíduos existentes no campo, contêm grande quantidade de microrganismos indesejáveis, que quando processados com o material que será ensilado, prejudicam a fermentação e a qualidade da silagem (PEDROSO, 1998). Na fase aeróbia, os principais processos são a respiração e a proteólise, as plantas mantêm sua atividade metabólica por longos períodos após o corte, assim na respiração o oxigênio e os carboidratos solúveis são convertidos em CO_2 , água e calor (MC DONALD *et al.*, 1991). Nessa fase, a proteólise ocorre por meio da atividade enzimática das plantas. O rompimento das paredes celulares durante o processamento libera as proteases que realizam a hidrólise das proteínas em aminoácidos e peptídeos (PEDROSO, 1998; ROOKE; HATFIELD, 2003). Quando condições aeróbias são mantidas por longos períodos, os microrganismos aeróbios ou aeróbios facultativos, como leveduras, fungos, clostrídios e enterobactérias, aumentam seu crescimento. A respiração e a fermentação aeróbia consomem os carboidratos solúveis reduzindo a quantidade de substrato disponível para as BAL, o que prejudica a preservação do material ensilado. O calor produzido pela respiração aumenta a proteólise e pode formar compostos indigestíveis aos animais. Os efeitos negativos da fase aeróbia, sobre a qualidade da silagem, podem ser minimizados pelo rápido enchimento, compactação e vedação do silo (PEDROSO, 1998; ROOKE; HATFIELD, 2003).

A fase de fermentação começa a partir da anaerobiose, nela intensas modificações ocorrem por meio de reações bioquímicas. A qualidade da fermentação varia com o ambiente do silo (anaerobiose), com o tipo de substrato presente e com a competição entre a microbiota instalada. O principal tipo de fermentação é a ácido láctica, realizada por bactérias homo e hetero fermentativas. Também podem ocorrer fermentações secundárias por enterobactérias e clostrídios, ou fermentações menores por bactérias do ácido propiônico e leveduras. O baixo pH reduz a proteólise e inibe o crescimento das enterobactérias e clostrídios, diminuindo a perda de MS e a formação de compostos anti nutricionais (MC DONALD *et al.*, 1991).

Logo após o processo fermentativo inicia-se a fase estável, quando há pouca ou nenhuma atividade dentro do silo. Ocorre diminuição da população de microrganismos e algumas poucas reações podem ocorrer, por ação de enzimas ácido tolerantes. Quando a

barreira de anaerobiose é retirada, seja para utilização ou devido a algum dano físico, o contato da silagem com o oxigênio, inicia a fase de deterioração aeróbia. Nesse momento ocorre o imediato crescimento dos microrganismos aeróbios, principalmente aqueles que formaram esporos e permaneceram inativos quando o meio estava anaeróbio e com baixo pH, como as leveduras e os fungos filamentosos. A respiração realizada por esses microrganismos durante seu crescimento aquece o material ensilado e promove a perda de MS. Dessa forma a rapidez e o grau de deterioração dependem do número de microrganismos aeróbios presentes no material ensilado, quanto maior o número mais rápido é o aquecimento e maior será a perda de MS. A redução da deterioração aeróbia pode ser planejada durante a confecção da silagem, realizando uma boa compactação e o rápido fechamento do silo. Após o período de armazenamento, reduzir o tempo de exposição ao oxigênio, manter a alta densidade da massa e promover uma taxa de retirada mínima, são ações que também reduzem a multiplicação dos microrganismos aeróbios (MC DONALD *et al.*, 1991; PEDROSO, 1998).

Na ensilagem de grãos, previamente ao uso da reidratação do grão colhido seco, foi considerada a utilização do grão colhido úmido, a “silagem de grão úmido” (SGU). Uma das primeiras publicações sobre o tema foi produzida por Boyd, Lassiter e Duncan (1958)² apud Zogg *et al.* (1961), que comparava o valor nutritivo, para vacas em lactação, da silagem de milho moído colhido com 15 (controle), 26 e 40% de umidade e a silagem de espiga com 36% de umidade. Os autores detectaram diferenças significativas no percentual de declínio da produção de leite corrigido para 4% de gordura, que atingiram valores de 29, 24, 46 e 40% respectivamente para as silagens de grãos com 15, 26 e 40% de umidade e para a silagem de espiga com 36% de umidade. Esse resultado indicou que para a SGU a colheita deve ser realizada próxima a 26%, pois nessa umidade, houve menor redução no percentual de produção de leite corrigido para 4% de gordura. Estudos seguintes estipularam que a SGU, quando feita com grãos de milho, deve ser colhida no estágio de maturação de linha negra, neste ponto o grão possui cerca de 30% de umidade.

A degradação do amido diminui com a maturidade do grão de milho, essa redução é maior para o milho de textura vítrea do que para o milho de textura farinácea, pois está relacionada ao aumento da vitreosidade do endosperma. Grãos colhidos no estágio imaturo apresentam maior fração rapidamente degradável (51,0% vs. 20,4%) e maior taxa de degradação (14,2 vs. 3,8%/h; PHILIPPEAU; MICHALET-DOREAU, 1997). Entretanto, a

² BOYD, J. S., LASSITER, C. A., DUNCAN, C. W. Storing High-Moisture Corn in Conventional Concrete Stave Silos. Paper presented at the Winter Meeting of Am. Soc. Agr. Engrs., Palmer House, Chicago, Illinois. 1958

colheita desse grão possui restrições, o pequeno intervalo e a necessidade de equipamento apropriado, dificultam a produção da silagem. Uma alternativa para esses entraves foi a reidratação do grão colhido já em estágio maduro. Para testar essa hipótese, Bush, Netemeyer e Adams (1979), adicionaram água aos grãos secos de sorgo até 30% de umidade e armazenaram de forma anaeróbia por três semanas. Antes do fornecimento aos animais realizaram a moagem em moinho tipo rolo. A comparação desse processamento com o grão de sorgo moído utilizando peneira com crivo de 1,5 mm, não demonstrou diferença na digestibilidade, indicando que ambos os processamentos apresentam eficiência alimentar semelhante quando utilizados para vacas em lactação. A partir desse trabalho é possível concluir como o armazenamento de grãos maduros reidratados é uma tecnologia desenvolvida há vários anos, mas sua maior utilização é recente (BITENCOURT, 2012; PEREIRA *et al.*, 2013).

A técnica de reidratação, também chamada de reconstituição, consiste em devolver ao grão seco a umidade adequada para sua fermentação no silo. O maior intervalo para colheita e a facilidade de acesso ao maquinário necessário, solucionaram os entraves da SGU. Além disso, a utilização do grão seco em estágio maduro, possibilita a seleção da granulometria de moagem, o que pode aumentar fisicamente a degradabilidade do grão. A silagem de milho reidratado é pertinente e aplicável para todos os tipos de produtores de leite. Essa tecnologia permite o planejamento para a aquisição do grão, além de reduzir o custo de transporte e armazenamento do milho. A confecção da silagem concentra a operação de moagem, facilitando a prática usual de moer pequenas quantidades de milho à medida que o fubá é necessário para a alimentação animal (PEREIRA *et al.*, 2013).

O milho maduro moído, normalmente utilizado na formulação de dietas para vacas leiteiras, encontra-se no ponto de máxima vitreosidade e mínima digestibilidade. Arcari *et al.* (2016a), estudaram quatro níveis de substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado (100% moído, substituição de 33%, 66% ou 100% por milho reidratado e ensilado) na dieta de vacas em lactação e encontraram aumento linear na digestibilidade (**D**) da MS e na D matéria orgânica (**MO**) no trato total, à medida que o milho reidratado era incluído. Ao comparar a produção de leite da dieta 100% moído com a dieta 100% reidratado e ensilado encontraram aumento de 2,6 kg de leite corrigido para energia (**LCE**) com o uso da silagem.

Durante a confecção da silagem de grão reidratado é necessária uma boa homogeneização da água ao grão moído. Andrade Filho *et al.* (2010), avaliaram teores de 20, 30 e 40% de umidade na silagem de grão de milho e com base no pH final, relataram que o teor ideal é acima de 30%. Mombach *et al.* (2019), avaliaram 5 inclusões de água 0, 10, 20, 30, 40%, ao milho moído em peneira com crivo de 5 mm, armazenados em mini silos de PVC por 14, 28

e 42 dias. Pela correlação do pH com a acidez titulável os autores inferiram que a fermentação permaneceu estável nos níveis de inclusão de água 0, 10 e 20%, mesmo quando ensilados até 42 dias. Para os níveis de 30 e 40% houve redução do pH e aumento nos valores de acidez titulável, sugerindo maior produção de ácido lático. Entretanto, a reidratação a 30% apresentou menores perdas de efluentes e MS. O trabalho de Gomes *et al.* (2020), testou 30, 35 e 40% de umidade, as silagens com 30% apresentaram concentrações menores de ácido lático e maiores de etanol e ácido butírico, o que resultou em maior perda de MS que as silagens com 35 e 40% de umidade. Essas informações indicam que para um melhor perfil de fermentação sem a formação de grande quantidade de efluentes, o teor de umidade ideal é próximo a 35%. Esse teor corresponde a uma grande quantidade de água, que caso não seja bem incorporada ao milho moído, poderá ocorrer perda do material ensilado, principalmente pela formação de efluentes e pelo crescimento de microrganismos indesejáveis como clostrídios, enterobactérias, fungos e leveduras.

Silagens de grãos de milho reidratado, são reportadas como de difícil fermentação, por apresentarem baixas concentrações de carboidratos solúveis (CARVALHO *et al.*, 2016). Além disso, o estresse pelo qual os grãos são submetidos durante a secagem no campo ou pelo aquecimento em secador comercial, pode modificar a população epifítica do milho seco (COSTA, 2019). Assim é recomendável o uso de inoculantes, o valor financeiro investido para silagens de grãos é muito superior, comparativamente a uma silagem de planta inteira. Para comparar o efeito de diferentes inoculantes, Silva *et al.* (2018), testaram sete tratamentos, sendo um controle (sem inoculante), três diferentes doses de *Lactobacillus buchneri* (LB), e as mesmas três dosagens de um blend contendo *Lactobacillus plantarum* + *Pediococcus acidilactici* (LPPA). O milho foi moído em moinho tipo martelo utilizando peneira com crivo de 2 mm, reidratado até 35% de umidade e armazenado por 124 dias. Comparadas ao controle, as silagens tratadas com LB aumentaram 406% a estabilidade aeróbia, enquanto LPPA reduziu em 26%. Essas informações demonstram que o MRE sofre fermentação mesmo sem o uso de inoculantes, mas o processo fermentativo pode ser aperfeiçoado com o uso do inoculante adequado. Entretanto, é preciso atentar para as boas práticas na confecção da silagem, principalmente com relação a homogeneização da água, ao local de armazenamento e a vedação, só assim se torna justificável o uso do inoculante.

A ensilagem do grão de milho reidratado é uma tecnologia que melhora o valor nutricional do milho justamente por proporcionar a proteólise das prolaminas (HOFFMAN *et al.*, 2011). Junges *et al.* (2017) realizaram um estudo para estimar a contribuição relativa de cada mecanismo na solubilização de proteínas durante a fermentação de silagens de grãos de

milho reconstituídos. Utilizaram aproximadamente 15 kg de grãos de milho vítreo (79% de vitreosidade), moídos em moinho martelo, utilizando peneira com crivo de 5 mm, reidratados até 32% de umidade. Este material foi dividido em 4 pilhas, sendo uma pilha controle e as demais tratadas para que durante a ensilagem fosse testado exclusivamente o efeito dos microrganismos, do meio ácido ou das proteases do grão. Esse experimento revelou que a atividade proteolítica bacteriana foi o principal mecanismo para degradação das proteínas do MRE (60%). As enzimas do núcleo (proteases do grão) também contribuíram para a solubilização de proteínas, mas com uma extensão moderada (30%), enquanto os fungos e os produtos finais da fermentação tiveram pequenas contribuições para a proteólise.

A proteólise durante a ensilagem, resulta em aumento na concentração de amônia. Utilizando silagens de grãos de milho vítreo moído a 3 mm e reidratado a 30%, Carvalho *et al.* (2016), observaram aumento progressivo na concentração de amônia, que passou de 0.02% da PB no dia da ensilagem para 2.2% aos 280 dias. No trabalho de Gomes *et al.* (2020), também houve aumento da concentração de nitrogênio (N) amoniacal ao longo do período de 0 a 180 dias de armazenamento, mas os valores tenderam a ser mais elevados para as umidades de 35% e 40% após 60 dias de armazenamento.

2.2.4 Tempo de Armazenamento

O tempo de armazenamento pode afetar a eficiência operacional e econômica na confecção de MRE. Curto tempo de armazenamento propicia a ensilagem e uso rápido ao longo do ano, reduzindo a necessidade de capital de giro para compra e armazenamento de grãos, além de permitir o uso rápido dos grãos colhidos na fazenda. Entretanto, baixo período de armazenamento pode reduzir o efeito desejável da ensilagem sobre a digestibilidade do amido (KUNG JR. *et al.*, 2018). Um estudo que comparou o efeito de duas amilases comerciais e o tempo de armazenamento no perfil de fermentação, diversidade microbiana e degradação ruminal efetiva de silagens de grãos reidratados de milho duro, indicaram que o tempo de armazenamento teve mais influência nas características da silagem do que a adição de enzimas (FERNANDES *et al.*, 2022). Com a finalidade de determinar o tempo mínimo de armazenamento para maior degradabilidade ruminal, Silva *et al.* (2019), avaliaram a silagem de grão úmido (4.270 μm) e a silagem de grão de milho reidratado a 35% de umidade (1.680 μm) ao longo de 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240 e 300 dias de armazenamento. A degradabilidade determinada com 12 horas de incubação foi maior para o milho reidratado em todos os tempos de armazenamento. Para incubações de 24 horas a silagem de milho reidratado apresentou

degradabilidade maior que a de grão úmido, somente quando armazenada por 15, 30 e 120 dias. A partir dos dados de degradabilidade em 12 horas de incubação, estes autores fizeram um modelo estimando o aumento da taxa de degradação ruminal ao longo do tempo de armazenamento. Para silagens de grão úmido concluíram que até 71 dias de armazenamento há um aumento de 0.3% ao dia na degradabilidade, após esse período o aumento da degradabilidade reduziu para 0.03% ao dia. No caso de silagens de grãos de milho reidratados o aumento da degradabilidade foi de 0.23% por dia, até 52 dias de armazenamento, passando para ganhos de 0.03% ao dia em períodos de armazenamento superiores.

No trabalho de Gomes *et al.* (2020), uma parte de um híbrido de milho de alta vitreosidade (78%) foi moído (1.270 μm) e outra parte foi laminada (2.350 μm) para a produção de silagens avaliadas aos 0, 14, 30, 60, 90, 120 e 180 dias. Foi destacado que para a degradabilidade da MS, os benefícios de períodos mais longos de armazenamento foram superiores aos benefícios de menor tamanho de partículas. No dia da ensilagem a degradabilidade do milho moído foi 7% superior à do milho laminado, enquanto ao comparar a degradabilidade média dos tratamentos no dia 0 e aos 180 dias, houve um aumento de 35%. Esses autores relataram que existe uma interação entre o método de processamento, a umidade e o tempo de armazenamento, o que afeta o padrão fermentativo da silagem. De forma geral ao longo do período de armazenamento o pH reduz enquanto o ácido láctico, o ácido acético e o etanol aumentam. A maior redução do pH e aumento do ácido láctico e etanol, ocorrem no primeiro mês de armazenamento. Após esse período, o ácido acético continua a aumentar enquanto o ácido láctico e o etanol estabilizam. A concentração de amônia e a degradabilidade *in situ* da MS apresentam aumento acentuado no primeiro mês, e continuam aumentando ao longo de todo o período de armazenamento (GOMES *et al.*, 2020).

Para a avaliação da composição da silagem de grão de milho moído, o trabalho de Carvalho *et al.* (2016), utilizou moinho tipo martelo e peneira com crivo de 3 mm, comparando os dados de antes da ensilagem e após 5, 15, 30, 60, 90, 150, 210 e 280 dias de armazenamento. Esses autores observaram redução nos teores de PB somente aos 280 dias de ensilagem (101 g/kg de MS antes de ensilar vs. 61 g/kg de MS aos 280 dias). Entretanto, os valores de amônia em % da PB aumentaram gradativamente durante todo o período, passando de 0.02% para 0.3% com 5 dias de ensilagem, 0.5% com 15 dias, 1.0% aos 90 dias, 1.4% aos 210 dias e 2.2% aos 280 dias. Antes da ensilagem a concentração de carboidratos solúveis era de 20 g/kg de MS, aos 5 dias a concentração já havia caído para 7 g/kg de MS e se manteve estável até os 280 dias. Apesar do rápido consumo dos carboidratos solúveis, a redução do pH ocorreu de forma mais lenta, mas linear ao tempo de ensilagem, e só foi significativa aos 30 dias (pH = 4,68) e aos

150 dias (pH = 4.45). Já o aumento significativo do ácido lático foi aos 15 (10.8 g/kg de MS) e 90 dias (19.0 g/kg de MS) de ensilagem.

Comparando híbridos macios e duros ao longo do tempo de armazenamento, Fernandes *et al.* (2021), avaliaram silagens de grãos de milho moídos em moinho estacionário utilizando peneira com crivo de 12 mm, reconstituído até 30% de umidade. As silagens confeccionadas com híbrido duro ou macio foram avaliadas em cinco períodos de armazenamento (0, 7, 21, 60 e 120 dias). Já aos sete dias de ensilagem a concentração de zeínas do híbrido duro reduziu de forma considerável passando de 51.4 para 39.3 g/kg de MS. Para o híbrido macio a zeína reduziu de 40.4 para 37.5 g/kg de MS. A zeína continuou reduzindo ao longo dos dias de armazenamento, mas de forma menos marcante que nos primeiros sete dias. Para o híbrido duro passou de 37.2 para 31.6 e para 30.8 g/kg de MS ao longo dos 21, 60 e 120 dias, enquanto para os híbridos macios reduziu de 34.4 para 30.6 e para 30.5 g/kg de MS respectivamente aos mesmos períodos de armazenamento. Nesse trabalho não houve alteração nas concentrações de PB e o N amoniacal aumentou gradativamente ao longo do período de ensilagem da mesma forma que observado nos outros experimentos. Esses autores também realizaram a incubação das silagens *in situ* por 12 e 24 horas, e verificaram aumento gradativo na degradabilidade da MS e do amido com o aumento do período de armazenamento. Esses trabalhos demonstram a existência de interações entre o tipo de grão e o tempo de armazenamento no processo fermentativo do MRE, sendo possível notar que importantes mudanças nas concentrações dos produtos da fermentação já ocorrem no primeiro mês de ensilagem.

2.2.3 Tamanho de partícula

Para utilização na alimentação dos ruminantes normalmente os grãos de milho são processados para quebrar a camada externa, dura e protetora, do grão. O termo processamento se refere à métodos prévios de preparação. O rompimento do pericarpo associado ao menor tamanho de partícula (**TP**) garante maior digestibilidade por aumentar a área de superfície exposta dos nutrientes localizados no endosperma e no gérmen. À medida que a área de superfície em relação ao volume aumenta, ocorre maior adesão das bactérias do rúmen ao alimento permitindo maior acesso às enzimas digestivas. Dessa forma o tamanho das partículas torna-se um ponto crítico na digestão do amido do milho. (DUNMIRE; STARK; PAULK 2021; MC ALLISTER *et al.*, 1990;).

A moagem grosseira, a quebra ou a laminação do grão são formas menos intensas de processamento, enquanto a floculação, a extrusão e a reconstituição são métodos mais intensos.

Pensando no ataque bacteriano, o TP ótimo para o grão de milho seria o menor possível. Comparado os tipos de processamento a moagem é o método mais comum e barato. Moinhos são de fácil manejo e instalação, por isso a moagem pode ser facilmente realizada na própria fazenda. Os tipos de moinhos mais utilizados são: o moinho de martelo e o moinho de rolos. Os moinhos de martelo reduzem o tamanho das partículas por impacto, fazendo com que os grãos estilhacem, produzindo o denominado milho moído. Essa forma de processamento cria partículas mais esféricas e aumenta o número de partículas finas, produzindo assim uma distribuição de tamanho de partícula menos uniforme. Os fatores que influenciam o tamanho das partículas do moinho de martelos incluem a velocidade da ponta do martelo, o padrão do martelo, a configuração do martelo e o diâmetro do orifício da tela. A manipulação de qualquer um ou de todos esses fatores pode fornecer uma grande variedade de tamanhos de partículas. Os moinhos de rolos reduzem o tamanho das partículas por trituração, produzindo uma pequena quantidade de material fino o que resulta em tamanho de partículas mais uniforme. Esse processamento produz o milho denominado laminado. Os moinhos de rolos têm investimento inicial maior e possuem custo de manutenção mais elevados, apesar disso são mais silenciosos e têm menor consumo de energia. O tamanho das partículas do moinho de rolos é influenciado pelo número de pares de rolos, folga do rolo e velocidade do rolo (DUNMIRE; STARK; PAULK 2021).

Para comparar o milho moído ao laminado, Rémond *et al.* (2004), avaliaram dois híbridos de milho maduro que denominaram semi-flint e dentado. Esses autores relataram, respectivamente, tamanhos de partículas de 730 μm e 3.668 μm para o semi-flint moído ou laminado e 568 μm e 3.458 μm para o milho dentado moído ou laminado. A moagem comparada a laminação aumentou a digestibilidade do amido no trato total. O milho semi-flint laminado digeriu 70% do amido ingerido, mas quando esse milho foi moído, a digestibilidade aumentou para 91% do ingerido, um ganho de 21%. Para o milho dentado, a diferença na digestibilidade do amido no trato total, entre o moído e o laminado foi de 8%. Esse trabalho não só evidenciou a maior digestibilidade para menores tamanhos de partículas do milho obtidos com o moinho martelo, como também demonstrou como o tipo de híbrido de milho interfere na eficiência do processamento.

Existem vários métodos para determinar o TP produzido. É extremamente importante documentar qual método é utilizado para que a comparação dos resultados seja consistente. Algumas diferenças nos testes incluem a quantidade de amostra, o tipo, número e tamanho das peneiras usadas, o tempo de agitação e o uso de agentes de dispersão. A limpeza das peneiras entre cada corrida de amostra utilizando escovas de arame ou de cerdas de nylon e o ar

comprimido ou um aspirador é muito importante. Se os ingredientes ficarem endurecidos ou difíceis de remover as peneiras devem ser lavadas em água morna com sabão e completamente secas antes de avaliar a amostra seguinte. A porcentagem de recuperação da amostra analisada deve ser de $100\% \pm 5\%$ caso contrário, a avaliação deve ser repetida (BAKER; HERRMAN 2002; DUNMIRE; STARK; PAULK 2021; KALIVODA, 2013).

O tamanho das partículas tem um impacto significativo no desempenho animal. No passado, termos genéricos como fino, médio e grosso eram usados para definir o tamanho das partículas. Atualmente, para uma análise completa tanto o TP geométrico médio (**GMPS**) quanto o desvio padrão geométrico (**SGMPS**) devem ser avaliados. O GMPS é comumente referido como o tamanho médio das partículas, enquanto o SGMPS se refere à distribuição e variação das partículas ao longo da pilha de peneiras. Normalmente calculadoras em planilhas de Excel são utilizadas para esse cálculo. À medida que o desvio padrão aumenta, o número de partículas grandes e finas aumenta. Em geral, a moagem de grãos com moinho de rolos terá menor SGMPS em relação aos moídos com moinho de martelos (DUNMIRE; STARK; PAULK 2021; KALIVODA, 2013).

Como qualquer processo de fabricação, o objetivo é maximizar a produção com os menores custos, da forma mais eficiente e eficaz possível. Para o animal, o acesso aos nutrientes e a digestibilidade aumentam com a diminuição do TP. No entanto para o processo de moagem, à medida que o TP diminui, o consumo de energia aumenta, por causa do maior tempo de retenção no triturador, diminuindo a taxa de produção. O consumo de energia e o rendimento do moinho dependem, em geral, do tamanho da partícula, tipo de grão e tipo de moinho ou moedor. No trabalho de Castro *et al.* (2019), grãos de milho de alta vitreosidade (84%) moídos em moinho martelo utilizando peneiras com crivo de 3 e 9 mm resultou em TP de 1.500 e 2.100 μm respectivamente. O rendimento da moagem utilizando peneira com crivo de 9 mm foi cerca de três vezes maior do que o rendimento da moagem utilizando a peneira com crivo de 3 mm (11.7 ton./h vs. 3.9 ton./h).

Para avaliar o grau de moagem no desempenho animal, uma medida de eficiência alimentar é frequentemente usada. Portanto, ao melhorar a eficiência alimentar o custo do processamento pode ser ponderado. A meta-análise realizada por Ferraretto, Crump e Shaver (2013), avaliou 414 tratamentos de 102 artigos, entre 2000 a 2011. Esse trabalho demonstrou a redução da digestibilidade do amido no trato total com o aumento do TP. Para grãos de milho processados secos a digestibilidade do amido foi de 93,1% para partículas entre 500 e 1.500 μm , 89,8% para partículas entre 1.500 e 2.000 μm , 89,6% para partículas entre 3.000 e 3.500 μm e 77,7% para partículas entre 3.500 e 4.000 μm . Além das informações de grão seco, essa

meta-análise também demonstrou a redução da digestibilidade do amido para maiores TP nas silagens de grão úmido ou de espiga, que atingiu valores de 95,2% para partículas inferiores a 2.000 μm e 89,5% para partículas superiores a 2.000 μm . A avaliação das silagens apresentou o ganho em digestibilidade do amido com a ensilagem, o que permite a utilização de maiores tamanhos de partículas para atingir semelhantes valores de digestibilidade. A moagem do milho antes da ensilagem associa duas formas de processamento, a primeira aumenta a área de superfície expondo o endosperma e a segunda reduz as prolaminas. No rúmen isso resulta em maior adesão microbiana e maior acesso das enzimas ao amido (FERRARETTO; CRUMP; SHAVER, 2013; HOFFMAN *et al.*, 2011; MCALLISTER *et al.*, 1990). Para vacas leiteiras alimentadas em confinamento com dieta total, MRE de milho com textura dura do endosperma (84% de vitreosidade) em moagem grosseira (2.185 μm) e armazenado por mais que 205 dias tendeu a reduzir a digestibilidade do amido no trato digestivo total e a eficiência alimentar quando a dieta tinha alto teor de amido (29.2% da MS), mas não diferiu de moagem fina (1.591 μm) quando a dieta tinha baixo teor de amido (23.5% da MS), sugerindo que moagem grosseira reduziu a digestão do amido (CASTRO *et al.*, 2019).

2.3 Suplementação de vacas a pasto com milho processado

Em uma revisão sobre suplementação de vacas em pastagens de gramíneas temperadas Bargo *et al.* (2003), relataram que a maioria dos estudos que avaliam métodos de processamento de grãos, utilizam dieta total para animais confinados, somente sete avaliaram vacas leiteiras a pasto suplementadas com milho (ÁLVAREZ *et al.*, 2001; BARGO; PIERONI; REARTE, 1998; DELAHOY *et al.*, 2003; REIS; COMBS, 2000a; SORIANO; POLAN; MILLER, 2000; WU *et al.*, 2001), sendo que um foi conduzido em confinamento com forragem cortada na hora da alimentação (REIS *et al.*, 2001). Esses trabalhos compararam o efeito do grão úmido de milho (ÁLVAREZ *et al.*, 2001; REIS *et al.*, 2001; SORIANO; POLAN; MILLER, 2000; WU *et al.*, 2001), do milho floculado (BARGO; PIERONI; REARTE, 1998; DELAHOY *et al.*, 2003) e do milho laminado (REIS; COMBS, 2000a) com grãos moídos secos. Quatro dos cinco estudos não relataram diferenças no consumo de pastagem ou CMS total quando o milho seco foi substituído por milho processado (ÁLVAREZ *et al.*, 2001; DELAHOY *et al.*, 2003; REIS; COMBS, 2000a; REIS *et al.*, 2001). Nenhum dos estudos apresentou aumento na produção de leite, exceto por Wu *et al.* (2001), que encontraram aumento na produção de vacas leiteiras no final da lactação em pastagem consorciada de gramíneas e leguminosas suplementadas com grão úmido. A diferença média de produção de leite entre grãos processados e não processados

foi pequena (média de 0,06 kg/d). Em seis dos sete estudos (ALVAREZ *et al.*, 2001; BARGO; PIERONI; REARTE, 1998; DELAHOY *et al.*, 2003; REIS; COMBS, 2000a; REIS *et al.*, 2001; SORIANO; POLAN; MILLER, 2000) não houve alteração no percentual de gordura do leite, apenas o trabalho de Wu *et al.* (2001) apresentou redução no teor de gordura. Dois estudos (ALVAREZ *et al.*, 2001; WU *et al.*, 2001) encontraram aumento médio de 3% na porcentagem de proteína do leite com grão úmido de milho sugerindo aumento da energia disponível no rúmen com o milho processado. Os autores concluíram que a utilização de grãos processados pode estar relacionada a mudanças no local de digestão. Grãos processados resultariam em mais energia disponível dentro do rúmen, enquanto grãos não processados a maior quantidade de energia disponível estaria pós-ruminal, sem afetar a ingestão total de energia pelo animal.

A maior quantidade de amido fermentável no rúmen com a utilização de grãos de milho processados pode aumentar produção de proteína microbiana e reduzir as concentrações amônia ruminal. Maior produção de proteína microbiana eleva o fluxo de aminoácidos para o intestino e resulta em maior produção de proteína no leite, já que um dos principais fatores que afetam a síntese de proteína do leite é a disponibilidade e o perfil de aminoácidos que chegam à glândula mamária (NRC, 2001). Batistel (2014), avaliou a suplementação de milho Flint moído e floculado sobre o desempenho e metabolismo de vacas em pastagem tropical e encontrou maior eficiência na utilização de N com o milho floculado. Foi observado redução de 25.8% na concentração de nitrogênio ureico no leite, com aumento de 8.3% no teor de proteína e 7.3% no teor de caseína, indicando maior aporte de aminoácidos para a glândula mamária a partir da suplementação com o milho floculado. Ao avaliar diferentes processamentos de milho duro na suplementação de vacas leiteiras no terço médio da lactação, mantidas em pastejo rotacionado de capim *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon, Batalha (2015) não detectou diferenças de consumo ou digestibilidade. Nesse trabalho foi utilizado o milho moído (peneiras crivo 2 mm), 2 granulometrias de MRE (peneiras crivo 2 e 6 mm; 177 dias de armazenamento) e o milho floculado. Nesse trabalho a digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos no trato total foi menor no MRE em moagem grosseira que no fino, mas não houve efeito da granulometria do MRE sobre o CMS (11.1 kg/d), o desempenho leiteiro (13,3 kg/d de leite) e o perfil de fermentação ruminal. A autora justificou a ausência de diferença na resposta aos tratamentos pelo baixo consumo de concentrado (média 4,30 kg de MS/vaca), que foi definido pela baixa produção dos animais.

Já no trabalho de Moura *et al.* (2014), que avaliou a substituição parcial do milho grão seco moído a 1 mm, por milho expandido, floculado ou moído reidratado e ensilado, na dieta de vacas leiteiras em sistema de pastejo rotativo de *Panicum maximum* cv. Mombaça, é possível

verificar que caso o processamento seja muito intenso, não ocorre melhora da assimilação de nitrogênio no rúmen, da síntese de proteína microbiana ou da produção e composição do leite. Nesse experimento o milho moído reidratado e ensilado apresentou menor digestibilidade aparente da FDN (45,0%) e maior período com pH abaixo de 5,8, indicando que o ambiente ruminal estava desfavorável. Apesar do amido contido no grão de milho aumentar a ingestão de energia digestível, quando disponibilizado em excesso, resulta em efeito negativo para a digestibilidade da FDN, proporcionando pequena ou nenhuma alteração na energia digestível total da dieta (DOYLE; FRANCIS; STOCKDALE, 2005). Dessa forma além da quantidade, a disponibilidade do amido no rúmen, determinada por diferentes formas de processamento do grão de milho, também pode interferir na resposta leiteira à suplementação. A silagem do experimento de Moura *et al.* (2014), foi produzida com milho moído a 1 mm, hidratado até 35% de umidade e ensilado por seis meses. É possível afirmar que o reduzido tamanho de partículas e o longo período de armazenamento, associado a altas quantidades de suplementação causou prejuízo ao ambiente ruminal. Caso o tamanho de partícula fosse maior ou o período de armazenamento fosse reduzido, talvez a silagem degradasse de forma mais sincrônica otimizando a fermentação e melhorando o desempenho das vacas leiteiras.

A partir das observações relatadas nesta revisão, é possível afirmar que o efeito do grau de moagem do milho com textura dura do endosperma, reidratado e ensilado por um curto período, sobre o desempenho de vacas leiteiras em pastagem tropical não foi avaliado. Como a suplementação da pastagem com concentrados é realizada em baixa frequência diária, MRE moído fino pode induzir pulsos de fermentação no rúmen, induzindo acidose ruminal e a queda na digestão da fibra, no consumo de pasto e no teor de gordura do leite. Entretanto, maior fermentabilidade do amido no rúmen pode induzir ganho em eficiência alimentar e na síntese de proteína do leite. Portanto foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar o efeito do TP do MRE por 40 dias, comparativamente ao milho maduro finamente moído, sobre o desempenho, a digestibilidade de nutrientes e o consumo de vacas leiteiras em pastejo rotacionado de *Urochloa brizantha* cv. Marandu suplementadas com silagem de planta inteira de milho e concentrados. Nele foi testada a hipótese de que o MRE em curta duração de armazenamento com moagem fina aumenta a digestibilidade do amido e induz ganho em eficiência alimentar, relativamente ao MRE em moagem grosseira.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMILHO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE MILHO. **Estatísticas de Milho**. 2021. Disponível em: <http://www.abimilho.com.br/estatisticas>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ALDRICH J. M. *et al.* Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p.1091-1105, 1993. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(93\)77438-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(93)77438-X/fulltext). Acesso em: 21 de jan. 2022.

ALLEN, M.S.; SOUSA, D.O.; VANDEHAAR, M.J. Equation to predict feed intake response by lactating cows to factors related to the filling effect of rations. **Journal of Dairy Science**. v. 102, p.7961–7969, 2019. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(19\)30616-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(19)30616-2/pdf). Acesso em: 15 de jan. 2020.

AL-MARASHDEH, O.; GREGORINE, P.; EDWARDS, G.R. Effect of time of maize silage supplementation on herbage intake, milk production, and nitrogen excretion of grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 99, p. 7123-7132, 2016. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(16\)30421-0/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(16)30421-0/pdf). Acesso em: 17 set. 2022.

ALVAREZ, H. J., F. J. *et al.* Milk production and ruminal digestion in lactating dairy cows grazing temperate pastures and supplemented with dry cracked corn or high moisture corn. **Animal Feed Science Technology**. v. 91, p.183–195, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840101002061>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ALVES C. O. *et al.* Methods for estimating forage mass in pastures. In: WORKSHOP EM ENGENHARIA DE BIODIVERSIDADE, 6., 2020, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF), 2020. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1129904/1/Methods-for-estimating-forage-mass-in-pastures-2020.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ANDRADE FILHO, R. *et al.* Degradabilidade ruminal in situ de grãos de milho maduros do tipo Flint ou dentado, secos ou reconstituídos e ensilados. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47, 2010, Salvador, BA. **Anais...**, 2010. Disponível em: <http://sbz.org.br/new/pt/documentos--anais-das-reunioes>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ARCARI, M. A. *et al.* Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow. **Animal Feed Science and Technology**, v. 221, p. 167–173, 2016a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840116304631>. Acesso em: 02 dez. 2019.

ARCARI, M. A. *et al.* Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v. 53, p. 60-71, 2016b. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bjvras/article/view/97794>. Acesso em: 12 jul. 2021.

AULDIST, M. J. *et al.* Effects of different strategies for feeding supplements on milk production responses in cows grazing a restricted pasture allowance. **Journal of Dairy Science**. v. 96, p.1218 – 1231, 2013. Disponível em: <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2812%2900891-0>. Acesso em: 02 dez. 2019.

AULDIST, M. J. *et al.* Milk production responses to different strategies for feeding supplements to grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 99, p.657 – 671, 2016. Disponível em: <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2815%2900822-X>. Acesso em: 02 dez. 2019.

BAKER, S.; HERRMAN, T. Evaluating particle size. Publication MF-2051. Kansas State Univ., Manhattan. 2002.

BARBERO, R. P. *et al.* Combining Marandu grass grazing height and supplementation level to optimize growth and productivity of yearling bulls. **Animal Feed Science and Technology**. v. 209, p. 110 – 118, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840115300195>. Acesso em: 07 dez. 2019.

BARGO, F. *et al.* Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances. **Journal of Dairy Science**. v.85, p.1777–1792, 2002a. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74252-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74252-5/pdf). Acesso em 15 jan. 2022.

BARGO, *et al.* Performance of High Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**. v. 85, p.2948–2963, 2002b. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74381-6/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74381-6/pdf). Acesso em 15 jan. 2022.

BARGO, *et al.* Ruminant Digestion and Fermentation of High-Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**. v. 85, p. 2964–2973, 2002c. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74382-8/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74382-8/pdf). Acesso em 15 jan. 2022.

BARGO, F. *et al.* Invited review: Production and digestion supplemented dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**. v.86, n.1, p.1-42, 2003. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203735814>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BARGO, F.; PIERONI, G. A.; REARTE, D. H. Milk production and ruminal fermentation of grazing dairy cows supplemented with dry-ground corn or steam-flaked corn. **Journal of Dairy Science**. v. 81, Suppl. 1, p.250, 1998.

BARRETA, D. A. *et al.* Produção, valor nutritivo e produtividade estimada de leite de pastagens consorciadas de estação fria. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v. 72, n. 2, p. 599 - 606, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/nv77LcTPmV96NmQ88nxJrXP/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 mai.2022.

BATALHA, C. D. A. **Processamento de grãos de milho para vacas leiteiras em pastagem tropical**. 2015, 72 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-16042015-154024/pt-br.php>. Acesso em: 14 Jan. 2021.

BATISTEL, F. **Processamento do milho Flint associado à suplementação de gordura sobre o desempenho e metabolismo de vacas em pastagem tropical**. 2014, 141p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-08082014-170809/pt-br.php>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2006. 583 p.

BERNARDES, T.; CASTRO, T., PSXII-12 Silages and roughage sources in Brazilian beef lots. **Journal of Animal Science**. 2019. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6898435/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BITENCOURT, L. L. **Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras**. 2012, 130P. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/575>. Acesso em: 12 ago. 2020.

BRANSBY, D. I.; MATCHES, A. G.; KRAUSE, G. F.; Disk Meter for Rapid Estimation of Herbage Yield in Grazing Trials. **Agronomy Journal**, v. 69, 1977. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1977.00021962006900030016x>. Acesso em: 20 mar 2021.

BURNS, J.C.; POND, K.R.; FISHER, D.S. Measurements of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.) **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**, Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1994. p. 494-532. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/1994.foragequality.c12>. Acesso em: 15 jan. 2020.

BUSH, L. J.; NETEMEYER, D. T.; ADAMS, G. D. Reconstituted Sorghum Grain for Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**. v. 62, p. 1094-1097, 1979. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(79\)83380-9/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(79)83380-9/pdf). Acesso em: 12 jul. 2021.

CARVALHO, P.C.F. *et al.* Avanços metodológicos na determinação do consumo de ruminantes em pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36 (suplemento especial), p. 151 - 170, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/zMgR6dRHJx7jpg7TdZvXNtP/?lang=pt> Acesso em: 02 dez. 2019.

CARVALHO, R. Método de determinação da disponibilidade de forragem. **Ciência et Praxis** v. 1, n. 2, 2008. Disponível em: <https://revista.uemg.br/index.php/praxys/article/view/2079>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CARVALHO, B. F. *et al.* Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. **Journal Applied Microbiology**. v. 122, p. 589-600, 2016. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27930838/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

CASTRO, L. P. *et al.* Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. **Journal of Dairy Science**. v. 102, p. 9857–9869, 2019. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31521352/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA – CEPEA. **Custos Leite**: março 2021. Piracicaba: Cepea-Esalq/USP/CNA, 2021. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0481918001617303822.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2022.

COLEMAN, C. E. *et al.* Themaize γ -zein sequesters α -zein and stabilizes its accumulation in protein bodies in transgenic tobacco endosperm. **Plant Cell**. v. 8, p. 2335–2345, 1996. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC161356/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CORREA, C. E. S. *et al.* Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**. v. 85, p.: 3008-3012, 2002. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12487466/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon. Embrapa Pecuária Sudeste. **Documentos**, 34. São Carlos, SP. p. 7-36 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/697407/1/Documentos340.pdf>. Acesso em: 11 de jul. 2022.

CORREIA, P. S. **Estratégias de suplementação de bovinos de corte em pastagens durante o período das águas**. 2006, 333p. Dissertação (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-03102006-154310/publico/PauloCorreia.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CORSI, M. *et al.* Impact of Grazing Management on Productivity of Tropical Grasslands The XIX International Grassland Congress. São Pedro, São Paulo, Brazil February 21, 2001. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz Disponível em: <https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4695&context=igc>. Acesso em: 12 jul. 2021.

COSTA, D. M. **Corn silages: development of novel inoculant and particle size on rehydrated grain**. 2019, 102p. Dissertação (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/34405/2/TESE_Corn%20Silages%20development%20of%20novel%20inoculant%20and%20particle%20size%20on%20rehydrated%20grain.pdf. Acesso em: 02 dez. 2019.

DANES, M. A. C. *et al.* Effect of protein supplementation on milk production and metabolism of dairy cows grazing tropical grass. **Journal of Dairy Science**. v. 96, p. 407–419, 2013. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(12\)00800-4/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(12)00800-4/fulltext). Acesso em: 12 jul. 2021.

DELAHOY, J. E. *et al.* Supplemental carbohydrates sources for lactating dairy cows on pasture. **Journal of Dairy Science**. v. 86, 2003. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73673-X/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73673-X/fulltext). Acesso em: 12 jul. 2021.

DEMNICIS, B. B. Novas tecnologias aplicadas na avaliação da produção e qualidade de forragens. In: KUHN, O. J. *et al.* (Orgs.). **Ciências agrárias: tecnologias e perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2015. p. 247-256. Disponível em: <http://www.uel.br/grupopesquisa/gpac/pages/arquivos/Ciencias%20Agrarias%20-%20Tecnologias%20e%20Perspectivas.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2021.

DETMANN, E. **Cromo e constituintes da forragem como indicadores, consumo e parâmetros ruminais em novilhos mestiços, suplementados, durante o período das águas**. 1999. 115p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 1999. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10999>. Acesso em: 12 jul. 2021.

DOYLE, P. T.; FRANCIS, S. A.; STOCKDALE, C. R. Associative effects between when concentrate supplements are fed to grazing dairy cows: a review of likely impacts on metabolizable energy supply. **Australian Journal of Agricultural Research**. v. 56, p. 1315 – 1329, 2005. Disponível em: <https://www.publish.csiro.au/cp/ar05087>. Acesso em: 12 jun. 2022.

DUNMIRE; K. M.; STARK; C. R.; PAULK, C. B. Particle Size Reduction. **Quality feed manufacturing guide**. Kansas State University. 2021. Disponível em: https://www.grains.k-state.edu/research/AnimalFeedandPetFood/feed_science_research_extension/quality_assurance_guidelines_resources/1.2%20Particle%20Size%20Reduction_FORMATTED.pdf Acesso em: 17set.2022.

EMBRAPA, **Agrobiologia: pesquisa e desenvolvimento de pastagens**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agrobiologia/pesquisa-e-desenvolvimento/pastagens> Acesso em: 10 de junho de 2021.

FERNANDES, T. *et al.* Short communication: Effect of washing method, grinding size, and the determination of an indigestible fraction on in situ degradation of starch in mature corn grain. **Journal of Dairy Science**. v. 101, p. 1–6, 2018. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30100508/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

FERNANDES, J. *et al.* Influence of hybrid, moisture, and length of storage on the fermentation profile and starch digestibility of corn grain silages. **Animal feed science and technology**. v. 271, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840120306118>. Acesso em: 12 jul. 2021.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M.; SHAVER, R. D. Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**. v. 96, P. 533-550, 2013. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23164230/> Acesso em: 12 jul. 2021.

FIKE, H. J. *et al.* Southeastern Pasture-Based Dairy Systems: Housing, Posilac, and Supplemental Silage Effects on Cow Performance. **Journal of Dairy Science**. v. 85, p. 866–878, 2002. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74145-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74145-3/pdf). Acesso em: 12 jul. 2022.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992. 273 p.

FREIRE, F. M.; FONSECA, D. M.; CANTARUTTI, R. B. Manejo da fertilidade do solo em pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 26, p. 44-53, 2005. Disponível em: http://www.epamig.br/download/ia_226_pastagem_2005/?wpdmdl=1476&refresh=62a240bd60a421654800573. Acesso em: 12 jul. 2021.

GOLDER, H. M. *et al.* Effects of partial mixed rations and supplement amounts on milk production and composition, ruminal fermentation, bacterial communities, and ruminal acidosis. **Journal of Dairy Science**. v.97, p. 5763 - 5785, 2014. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(14\)00471-8/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(14)00471-8/pdf). Acesso em: 14 de mai. 2022.

GOMES, A. L. M. *et al.* Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 11, 2020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33045037/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

HALL, M.B., HEREJK, C. Differences in yields of microbial crude protein from in vitro fermentation of carbohydrates. **Journal of Dairy Science**. v.84, p.2486-2493, 2001. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(01\)74699-1/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(01)74699-1/fulltext). Acesso em: 12 jul. 2021.

HAMAKER, B. R. *et al.* Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin contents than the conventional method. **Cereal Chemistry**. v. 72, p. 583 – 588, 1995. Disponível em: https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1995/Documents/72_583.pdf. Acesso em: 16 jan. 2022.

HERON, S. J. E.; EDWARDS, R. A.; MCDONALD, P. Changes in the nitrogenous components of gamma irradiated and inoculated ensiled ryegrass. **Journal Science Food Agricultural**. v. 37, p. 979–985, 1986. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740371005>. Acesso em: 16 jul. 2022.

HOFFMAN, P. C. *et al.* Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**. v. 94, p. 2465-2474, 2011. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21524538/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

HOLDEN, L. A. *et al.* Effect of Corn Silage Supplementation on Intake and Milk Production in Cows Grazing Grass Pasture. **Journal of Dairy Science**. v. 78, p. 154, 1995. Disponível em:

[https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(95\)76625-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(95)76625-5/pdf). Acesso em: 02 dez 2021.

HORN, F. P. *et al.* Relationship of animal performance and dry matter intake to chemical constituents of grazed forage. **Journal of Animal Science**. v. 49, n. 4, p. 1051 – 1058, 1979. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US7934567>. Acesso em: 14 jan. 2022.

JACOBS, J. Challenges in ration formulation in pasture-based milk production systems. *Animal Production Science*. v. 54, p. 1130–1140. 2014. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201500027196>. Acesso em: 13 jul. 2022.

JOUBRAN, A. M.; PIERCE, K. M.; GARVEY, N.; SHALLOO, L.; O'CALLAGHAN, T. F. Invited review: A 2020 perspective on pasture-based dairy systems and products. **Journal of Dairy Science**. v. 104, n. 7, 2020. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00516-6/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00516-6/fulltext). Acesso em: 12 jul. 2021.

JUNGES, D. *et al.* Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1-4, 2017. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)30857-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)30857-3/pdf). Acesso em: 02 dez. 2019.

KALIVODA, J. **Effect of sieving methodology on determining particle size of ground corn, sorghum, and wheat by sieving** 2013, 97p. (Requirements for the degree Master of Science) Kansas State University, Manhattan, 2013. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/33381154.pdf>. Acesso em 17 set 2022.

KELLER-GREIN, G.; MAASS, B. L.; HANSON, J. Natural variation in *Brachiaria* and existing germoplasm collections. In: MILES, J.W.; MASS, B.L.; VALLE, C.B. (Ed.) *Brachiaria: biology, agronomy and improvement*. Cali: CIAT, cap.2 p. 16-42, 1996. Disponível em: <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/54362/Brachiaria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 12 jul. 2021.

KOLVER, E. S.; MULLER, L. D. Performance and Nutrient Intake of High Producing Holstein Cows Consuming Pasture or a Total Mixed Ration. **Journal of Dairy Science**. v. 81, p. 1403-1411, 1998. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(98\)75704-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(98)75704-2/pdf). Acesso em: 22 jan. 2022.

KUNG JR. L. *et al.* Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. **Journal of Dairy Science**. v. 101, p. 4020–4033, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218303242>. Acesso em: 25 jul. 2021.

LOPES, J. C. **Nutrient composition and fiber digestibility measurements of tropical forages collected from intensively managed rotational grazing systems**. 2011. 131p. Thesis Master of Science. University of Wisconsin – Madison, 2011. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/311774818_Nutrient_composition_and_fiber_digestibility_measurements_of_tropical_forages_collected_from_intensively_managed_rotational_grazing_systems. Acesso em: 04 jun. 2022.

LOPES, N. M. **Efeito de enzimas na digestibilidade ruminal e perda de matéria seca da silagem do grão de milho reidratado**. 2016. 114 p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12170/1/TESE_Efeito%20de%20enzimas%20na%20digestibilidade%20ruminal%20e%20perda%20de%20mat%20c3%a9ria%20seca%20da%20silagem%20do%20gr%20c3%a3o%20de%20milho%20reidratado.pdf. Acesso em: 02 dez. 2019.

MACHADO, J. C.; PEREIRA, J. F. Pastagens tropicais: opções de cultivo e os desafios no melhoramento das plantas. **Anuário Leite**. p. 84, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1132875/anuario-leite-2021-saude-unica-e-total>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MACIEL, M. S. *et al.* Avaliação dos efeitos associativos da interação forragem suplemento de bovinos em pastejo. **Revista eletrônica Nutritime**. Artigo 283, v. 11, n. 06, p. 3799 – 3809, 2014. Disponível em: https://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/ARTIGO283.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

MC ALLISTER, T. A. *et al.*, Effect of ruminal microbial colonization on cereal grain digestion. **Canadian Journal Animal Science**, v. 70, p.571, 1990. Disponível em: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/cjas90-069>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MC ALLISTER, T. A. *et al.* Effect of the Protein Matrix on the Digestion of Cereal Grains by Ruminal Microorganisms. **Journal Animal Science**, v. 71, p. 205–212, 1993. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/71/1/205/4632093?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 02 dez. 2019.

MC DONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. *The Biochemistry of Silage*. 2nd Edition, Chalcomb Publ., 3 Marlow, 40 p. 1991.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. *In*: FAHEY JR, G. C. **Forage Quality, Evaluation, and Utilization**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, 1994. p. 450–493. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/1994.foragequality.c11>. Acesso em: 02 dez. 2019.

MERTENS, D. R. **Indigestible versus Undigested NDF**: The Distinction. Mertens Innovation & Research, LLC, October 2013. Unpublished white paper prepared for 2013 Fiber Group meeting, Syracuse, NY, 2013.

MOMANY, F. A. *et al.* Structural characterization of alpha-zein. **J. Agric. Food Chem.** v. 54, p. 543-547, 2006. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16417318/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MOMBACH, M. A. *et al.* Silage of rehydrated corn grain [Silagem de grão de milho reidratado] **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.71, n.3, p.959-966, 2019.

Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/3VJ89hzV6x883fYzmjqXtnx/abstract/?lang=en>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MOORE, J. E.; MOOT, G. O. Structural inhibitors of quality in tropical grasses. Pages in Antiquity components of forages. **CSSA, Special Publication**, n. 4, p. 53-93, 1973. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cssaspecpub4.c4>. Acesso em: 12 jan. 2022.

MORRISON, S. J.; PATTERSON, D.C. The effects of offering a range of forage and concentrate supplements on milk production and dry matter intake of grazing dairy cows. **Grass and Forage Science**, v. 62, p. 332–345, 2007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.2007.00587.x>. Acesso em: 19 dez. 2021.

MOURA A. M. *et al.* Processamento do milho para vacas leiteiras em pastejo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v. 66, n. 6, p. 1813-1821, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-7172>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MU-FORSTER, C.; WASSERMAN, B. P. Surface localization of zein storage proteins in starch granules from maize endosperm: proteolytic removal by thermolysin and in vitro cross-linking of granule-associated polypeptides. **Plant Physiology**, Waterbury, v. 166, p. 1563-1571, 1998. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9536075/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL –NRC. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th rev. ed. Washington, DC: National Academies of Sciences, 2001. 405 p. Disponível em: <https://www.nap.edu/catalog/9825/nutrient-requirements-of-dairy-cattle-seventh-revised-edition-2001>. Acesso em: 02 dez. 2019.

National Academies of Sciences Engineering Medicine – NASEM. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 8th rev. ed. Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, 2021. 502 p.

NOCEK, J. E.; TAMMIMGA, S. Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.74, n.8, p. 3598-3629, 1991. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1744284/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

NUNES, S. G. *et al.* **Brachiaria brizantha** cv. **Marandu**. Campo Grande, MT: Embrapa, 31 p., 1984. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/317899/1/Brachiariabrizantha.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

OLIVEIRA, L. O. F. *et al.* Uso de Indicadores nos Estudos de Nutrição Animal Aplicados aos Sistemas de Produção a Pasto. Documentos 120 / Embrapa Pantanal, 24 p., 2012. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/939788/uso-de-indicadores-nos-estudos-de-nutricao-animal-aplicados-aos-sistemas-de-producao-a-pasto>. Acesso em: 20 de mar. 2022.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 75, 2006. 6 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/489376/1/Circ75.pdf>. Acesso em 03 mar. 2022.

PEDREIRA, C. G. S.; PEDREIRA, B. C. Manejo de pastagens tropicais para intensificação da produção. Intensificação da produção animal em pastagens: **Anais do 1º Simpósio de Pecuária Integrada** Simpósio de Pecuária Integrada Intensificação da produção animal em pastagens: anais... editores técnicos, Bruno Carneiro e Pedreira ... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa, 2014. 294 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1003374/1/cpamt2014pedreirariscoedafico.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PEDROSO, A. F. Silagem, princípios básicos, Produção e Manejo. In: CRUZ, G. M. da; NOVO, A. L. M.; PEDROSO, A. de F. **Resumo das palestras - Curso: Produção e Manejo de Silagem**. São Carlos: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, 1998. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPPSE/12522/1/producaoemanejo.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PEREIRA, M. N. *et al.* Silagem de milho reidratado na alimentação do gado leiteiro. **Informe Agropecuário**, 34:7-18, 2013. Disponível em: <http://www.epamig.br/download/informe-agropecuario-277-conservacao-de-alimentos-para-bovinos-2013/?wpdmdl=4377&refresh=62a34d76779a01654869366>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PEREIRA, M. N. Dureza do grão de milho: um tópico brasileiro. **Anais do III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro**, Lavras, MG, 142 p. 2014. Disponível em: http://www.holandesflamma.com.br/index.php/pt-br/artigos-e-filmagens/item/download/91_7eef5fed5e42e5d0b56bb84460339994. Acesso em: 03 mar. 2022.

PEREIRA, A. V. *et al.* Pastagens impulsionam a pecuária de leite no Brasil. **Anuário Leite**. p. 90, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1144110/anuario-leite-2022-pecuaria-leiteira-de-precisao>. Acesso em: 16 de jul. 2022.

PÉREZ-PRIETO, L.A.; PEYRAUD, J. L.; DELAGARDE, R. Substitution rate and milk yield response to corn silage supplementation of late-lactation dairy cows grazing low-mass pastures at 2 daily allowances in autumn. **Journal of Dairy Science**. v. 94, p. 3592–3604, 2011. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(11\)00355-9/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(11)00355-9/pdf). Acesso em: 11 jan. 2022.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOREAU, B. Influence of genotype and stage of maturity of maize on rate of ruminal starch degradation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 68, n. 1–2, p. 25–35, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840197000424>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PHILLIPS, C. J. C. The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. **Grass and Forage Science**, v. 43 p. 215-230, 1988. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02147.x>. Acesso em: 06 mar. 2022.

PULIDO, R. G. *et al.* Impact of increasing grain feeding frequency on production of dairy cows grazing pasture. **Livestock Science**. v. 125, p. 109-114, 2009. Disponível em: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67193809/j.livsci.2009.03.01020210505-8688-1doovco-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666010496&Signature=EfyqrD1I-fb~LAdwNg3V9YNQALNuXYj3HLsiAoxhT1AYJZvGf889DP17ifo81uoNPb61DdkcVAN3rAQ-QOc2F5Ftm1HHZC6uNp541bmlK5fr06sGoFR189ktgdcWHPkNCwGfCMRnAGbDp-UqBJoAHvCR-In7JTNgktFPNc6EGbr~Z3qCerUCur85Ddf7UzS9o7rT5XH8yX6urrJ4bIxmYQkitNCeWF4Kj-jNT4nlrPTn69JWHNK1351PpMDkpX5mvi6I7qXtPP52BpH2Kps~J0D~c7vb87reWLu8zN12qLuXq7azWycMHclvtwBrSLddjinxekwOgWD6hPaU4PABg_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA. Acesso em: 13 abr. 2022.

REIS, R. B.; COMBS, D. K. Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2529–2538, 2000a. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200751459>. Acesso em: 21 jun. 2022.

REIS, R. B.; COMBS, D. K. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2888–2898, 2000b. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200751897>. Acesso em: 03 mar. 2022.

REIS, R. B. *et al.* Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p.429–441, 2001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11233028/>. Acesso em: 03 jun. 2022.

REIS, R. B.; MOURA, A. M.; MALACCO, V. M. R. Processamento de amido do concentrado para vacas em pastejo. **Anais do III Simpósio Internacional em Formulação de Dietas para Gado Leiteiro**, Lavras, MG, 142 p. 2014. Disponível em: http://www.holandesflamma.com.br/index.php/pt-br/artigos-e-filagens/item/download/91_7eef5fed5e42e5d0b56bb84460339994. Acesso em: 03 mar. 2022.

REIS, R. B.; SOUZA, B. M. Suplementação de vacas leiteiras em pastagem manejada intensivamente. **Anais do VI SIMPÓSIO MINEIRO E I SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE GADO DE LEITE**. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277249523_MANEJO_INTENSIVO_DE_PASTAGENS_PARA_GADO_DE_LEITE. Acesso em: 03 mar. 2022.

RÉMOND, D. *et al.* Effect of corn particle size on site and extent of starch digestion in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v. 87, p. 1389-1399, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15290986/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ROCHA, D. T. da; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. de. **Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária**. Juiz de Fora – MG: EMBRAPA Gado de Leite, Circular Técnica, 123, Agosto, 2020. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215880/1/CT-123.pdf>. Acesso em: 03 mar. 2022.

ROCHE, J. R.; BERRY, D. P.; KLOVER, E. S. Holstein-Friesian Strain and Feed Effects on Milk Production, Body Weight, and Body Condition Score Profiles in Grazing Dairy Cows **Journal of Dairy Science**. v. 89, p. 3532 - 3543, 2006. Disponível em: <https://www.journalofdairyscience.org/action/showPdf?pii=S0022-0302%2806%2972393-1>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D., "**Biochemistry of Ensiling**" Publications from USDA-ARS / UNL Faculty. p. 1399. 2003. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/1399>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ROONEY, L. W.; PFLUGFELDER, R. L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 63, p. 1607-1623, 1986. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3539904/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SANTANA JUNIOR, H. A. *et al.* Crude glycerin in supplement to primiparous lactating cows grazing on tropical pasture: nutritional and productive characteristics. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 42, n. 2, p. 117-124, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/qq6NDQc9Jvnj93CtZBk8x5N/?lang=en&format=pdf>. Acesso em 06 abr. 2022.

SANTOS, P. F. A.; MARTINEZ, J. C.; GRECO, L. F. *et al.* Suplementação de vacas sob pastejo: considerações técnicas e econômicas visando maior rentabilidade. **Anais... INTERLEITE**. p 45-62, 2007.

SANTOS, Q. P. S. *et al.* Métodos de avaliação de pastagem: uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/22864/20710/281870>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SILVA, N. C. da. *et al.* Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. **Journal of Dairy Science**. v. 101, p. 1–10, 2018. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(18\)30133-4/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(18)30133-4/fulltext). Acesso em: 12 jul. 2021.

SILVA, N. C. da *et al.* Influence of storage length and inoculation with *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of high-moisture corn and rehydrated corn grain silage. **Animal Feed Science and Technology**. v. 251, p. 124-133, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840118313105>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SILVA, D. S. da *et al.* ESTIMATIVA DO CONSUMO DE FORRAGENS POR RUMINANTES EM ECOSISTEMAS SEMIÁRIDOS. **Anais do V Eco árido**, p. 298.: V Simpósio de metodologias aplicadas a ecossistemas pastoris semiáridos/III International

symposium on semiarid pastoral ecosystems research / Organizadores Franciely de Oliveira Costa ... [et al.] - Fortaleza: Imprensa Universitária, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58483/1/2021_liv_focosta.pdf. Acesso em: 12 jul. 2021.

SORIANO, F. D.; POLAN, C. E.; MILLER, C. N. Milk Production and Composition, Rumen Fermentation Parameters, and Grazing Behavior of Dairy Cows Supplemented with Different Forms and Amounts of Corn Grain. **Journal of Dairy Science**. v. 83, p.1520–1529, 2000. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10908060/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

SOUZA FILHO A; DUTRA S. Resposta do *Brachiaria humidicula* à adubação do cerrado em Campo Cerrado do Estado do Amapá, Brasil. **Pasturas Tropicales**. v. 13. n.2. 1991. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/109134/1/Vol13-rev2-91-art8.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

STORCK, L.; LOVATO, C. Milho doce. **Ciência Rural**, v.21, n.2, p. 283-292, 1991. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cr/a/8NTbhpxTj8vxvtbg57tDrmy/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 12 jul. 2021.

TAYLOR, C. C.; ALLEN, M. S. Corn Grain Endosperm Type and Brown Midrib 3 Corn Silage: Feeding Behavior and Milk Yield of Lactating Cows. **Journal of Dairy Science**. v. 88, p.1425–1433, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030205728101>. Acesso em: 17 dez 2021.

TYLUTKI, T. P. *et al.* Cornell net carbohydrate and protein system: A model for precision feeding of dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, 143:174-203, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037784010700168X>. Acesso em: 12 jul. 2021.

VALK, H. Effects of partial replacement of herbage by maize silage on Nutilization and milk production of dairy cows. **Livestock Production Science**. v. 40, p. 241-250, 1994. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301622694900922>. Acesso em: 12 ago. 2022.

WU, Z., *et al.* Cracked dry or finely ground high moisture shelled corn as a supplement for grazing cows. **Journal of Dairy Science**. v. 84, p. 2227–2230, 2001. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030201746693>. Acesso em: 12 jul. 2021.

ZOGG, C. A. *et al.* Nutritive Value of High-Moisture Corn When Fed with Various Silages to Lactating Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 3, Mar., p. 483-490, 1961. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002203026189766X>. Acesso em: 03 mar. 2022.

4 ARTIGO

Effect of particle size of silage rehydrated corn on grazing dairy cows

INTRODUCTION

Grazing dairy systems are considered environmentally and animal welfare friendly and can produce milk with desirable composition by consumers, therefore there is potential for market capitalization on dairy products from grazing cows (Jourban et al., 2020). However, despite the high potential for milk yield per area of tropical pasture (Corrêa & Santos, 2003), the high concentration of neutral detergent fiber (**NDF**) of intensively managed tropical pasture (Lopes, 2011) may limit dry matter intake (**DMI**) and energy supply in cows fed exclusively on grass (Moore & Moot, 1973). The supplementation of grazing dairy cows with energy concentrates can increase DMI and productivity per animal and per area, even with reduction in pasture intake (Jacobs, 2014). The response in DMI, lactation performance, and rumen fermentation of grazing cows to the supplementation with concentrates may be affected by the processing and carbohydrate profile of the supplement (Bargo et al., 2003), amount (Reis & Combs, 2000b) and frequency (Pulido et al., 2009) of supplementation, pasture availability (Phillips, 1988; Bargo et al., 2002a), and the form of offering the concentrate, pure or mixed with a restricted amount of supplemental forage (Bargo et al., 2002b), such as whole plant corn silage (Valk, 1994; Holden et al., 1995) or hay (Reis & Combs, 2000a). The supplementation of grazing cows with concentrates mixed with forage, relative to pure concentrates offered at low daily frequency, may reduce the rate of passage of digesta through the digestive tract (Reis & Combs, 2000a), reduces peaks of concentrate intake and can reduce ruminal ammonia and increase pH (Bargo et al., 2002c; Bargo et al., 2003). Besides that, this practice allows grazing animals to have a daily feeding period in a facility with controlled environment, which may be desirable during the hot-rainy season of tropical regions, but without the high investment in facilities for total confinement.

Corn is the main energy concentrate for feeding dairy cows in Brazil and in the world. The Brazilian corn seed industry prefers kernels with hard texture endosperm (flint or vitreous), with low starch digestibility in the rumen and in the total digestive tract (Correa et al., 2002; Taylor & Allen, 2005). Hard kernels have a high concentration of prolamins in the endosperm, hydrophobic proteins that surround the starch granules and difficult digestion (Momany et al., 2006). The silage of ground and rehydrated mature corn kernels (**REC**) is a low-cost method

of grain storage on the farm and can increase starch digestibility (Bitencourt, 2012; Pereira et al., 2013) by degradation of prolamins by microbial and plant proteases during ensiling (Heron et al., 1986; Hoffman et al., 2011; Junges et al., 2017). The increase in starch digestibility can improve lactation performance and feed efficiency (Milk/DMI) in dairy cows (Ferraretto et al., 2013).

The duration of storage can affect the operational and economic efficiency of REC. If 60 days is a storage time minimum for REC (Fernandes et al., 2021; Silva et al., 2019), below periods can be considered short. Short storage allows for ensilage and fast use throughout the year, reducing the working capital requirement for grain purchase and storage, and also enables fast use of farm-harvested grain. However, short storage may reduce the desirable positive effect of ensiling on starch digestibility (Kung Jr. et al., 2018). Another determinant of the operational efficiency in the production of REC is the degree of grinding. When corn is coarsely ground, a higher grinding rate is obtained, saving time, labor, and energy (Castro et al., 2019). However, coarse grinding can reduce starch digestibility, by reducing the contact surface for the action of amylases of microbial and endogenous origin in the digestive tract (Mc Allister et al., 1993).

The beneficial effect of fine grinding and long storage on REC digestibility has been demonstrated *in vitro* (Carvalho et al., 2016; Arcari et al., 2016; Lopes, 2016; Gomes et al., 2020; Fernandes et al., 2021). The effect of REC particle size on starch digestibility and performance of dairy cows has been poorly evaluated in both confined (Castro et al., 2019) and grazing systems (Batalha 2015). Nonetheless, to the best of our knowledge, the effect of particle size of REC from corn with hard texture endosperm and short duration of storage on the performance of dairy cows in tropical pasture has not been evaluated. As pasture supplementation is performed at a low daily frequency, finely ground REC may induce pulses of fermentation in the rumen, inducing ruminal acidosis and decreased fiber digestion, pasture intake, and milk fat concentration. However, greater ruminal starch fermentability may improve feed efficiency and milk protein synthesis. Therefore, the objective of this experiment was to evaluate the effect of finely or coarsely ground REC ensiled for 40 days, compared to finely ground mature corn, on lactation performance, DMI, nutrient digestibility, and ruminal fermentation profile of dairy cows in rotational grazing of *Urochloa brizantha* cv. Marandu (palisade grass) supplemented with whole plant corn silage and concentrates. Our hypothesis was that in short-storage fine grinding of REC increases starch digestibility and feed efficiency relative to coarse grinding.

MATERIALS AND METHODS

The experimental protocol was approved by University of Lavras Bioethic Committee in Utilization of Animals (protocol number 051/17).

Farm location and environment

The experiment was conducted at the Três Pontas experimental farm of the Agricultural Research Company of Minas Gerais (Epamig), in Três Pontas, MG, Brazil (21° 20' 25.92" S, 45° 28' 46.01" W), from January 15 to March 18, 2018. The farm is located at 905 m above sea level and has humid subtropical climate Cwa according to Köppen-Geiger classification with defined warm-rainy season with long day length from December to February and a cool-dry season with short day length from June to August. The temperature and humidity at hourly intervals during the experiment are reported in Figure 1 and daily precipitation is reported in Figure 2. The Temperature-Humidity Index (THI) was calculated according to Yousef (1985): $THI = T + 0.36 \times DP + 41.2$, where T = temperature (°C) and DP = dew point (°C).

Cows, experimental design, and feeding management

Fifteen Holstein cows (6 primiparous) and 3 rumen-cannulated 50:50 Holstein-Gyr cows formed 6 squares of 3 cows by breed, lactation order (1 vs. >1) and mean milk yield during 5 d immediately before experiment initiation. The 6 squares formed 3 groups of 2 squares each based on milk yield: high (26.1 ± 2.6 kg/d milk yield; 83 ± 35 DIM; 603 ± 53 kg BW), medium (20.9 ± 2.0 kg/d milk yield; 257 ± 92 DIM; 563 ± 48 kg BW), and low (16.9 ± 1.0 kg/d milk yield; 230 ± 97 DIM; 522 ± 63 kg BW). Both medium and low groups had a square of primiparous cows and the High group had the square of rumen-cannulated cows. Within a square, cows were randomly allocated to a sequence of 3 treatments in 3×3 Latin squares, with 21-d periods, 14-d adaptation, and 7 d of data collection. Treatments were mature corn finely ground (GC. 1.5 mm sieve), MRE finely ground (FI. 3 mm sieve), and MRE coarsely ground (CO. 8 mm sieve).

Cows were milked 2 ×/d at 0600 and 1600 h, were individually fed in sand-bedded tie stalls with concentrates at 0500, 1000, and 1400 h without feed refusals (1/3 of the daily allowance per feeding), and grazed on a new paddock each day. Whole plant corn silage was mixed with concentrates at the 1000 h and 1400 h feedings (4 kg as-fed/feeding). The distance from the 21 paddocks to the milking parlor was 348 ± 87 m, ranging from 249 to 562 m. The average daily grazing time allowance was 15 h and 9 min (± 26 min). Cows came from pasture to the milking parlor at 0500 h and were sent back to the same paddock at approximately 0700 h, after finishing the first daily concentrate feeding. At 1000 h, cows were fed the second feeding with concentrates and whole plant corn silage and were kept from approximately 1100

to 1400 h in a shaded resting area until the third daily feeding with the same feeds. Cows grazed on a new paddock after the p.m. milking.

Pasture management and evaluation

Two hectares of *Urochloa brizantha* cv. Marandu (palisade grass) pasture was managed under a rotational grazing system. The area was divided into 21 paddocks of $910 \pm 98.8 \text{ m}^2$ and each paddock was grazed for 1 day, with 20-d intervals. All paddocks had access to a common area with water troughs. After each grazing, the paddocks were mowed at 30 cm height and manually fertilized with 15 kg of NPK (20:05:20), to achieve approximately 32 kg of N/ha per 21-d grazing cycle throughout the experiment. The same 7 paddocks were grazed during the 7 d of data collection on each experimental period.

On the first day of each experimental, 5 sampling squares (0.70 m^2) were selected to represent different heights of pasture within the 7 paddocks grazed during the last week of each period. Forage height in each sampling square was measured with a circular acrylic ascending plate of 32 cm diameter and 350 g and forage was harvested at the ground level. Samples were dried in a forced air oven at 55°C for 72 h for DM determination. A linear regression was generated based on the 15 samples obtained during the experiment for the prediction of dry pasture mass based on disk meter height: $\text{kg of DM/ha} = 5,386.6 + 191.9 \times \text{height (cm)}$; Figure 3). Forage height in 50 sampling spots were evaluated on each paddock pre-grazing, post-grazing, and post-mowing throughout the experiment and forage mass was estimated daily (Bransby et al., 1977). Pasture mass pre-grazing and post-grazing are reported in Figure 4. Stocking and volumetric density, forage mass, pasture allowance and intake, and grazing efficiency were calculated for the 7 paddocks grazed during the week of data collection on each experimental period according to Allen et al. (2011).

Rehydrated and ensiled corn

The REC was ensiled 9 times at 7 d intervals in 200 L plastic buckets to achieve 40 ± 3 d of duration of storage throughout the experiment. Kernels from the same batch of a mature corn hybrid were ground with a stationary hammer mill (Nogueira TN-8, Nogueira Máquinas Agrícolas, São João da Boa Vista, Brazil) using diameter mesh screens of 1.5 mm for GC, 3-mm for FI, and 8-mm for CO. On each ensiling day a sample of 100 g kernels was obtained, and a composite sample was formed. From the composite sample, 100 kernels were separated to form 5 groups of kernels visually homogenous in morphology. Then, a sample of 10 kernels was selected in proportion to the weight of each group for dissection of the endosperm. Kernels were immersed in distilled water for five minutes and dried with a paper towel. The germen, pericarp, and endosperm were manually separated using a scalpel and dried at 105°C for 12 h.

The floury endosperm was dissected with a scalpel and kernel vitreousness was defined as vitreous endosperm as a proportion of total endosperm (Correa et al., 2002). Vitreousness of 10 kernels was 68 ± 5 % of endosperm, and proportions of endosperm, germen, and pericarp were 86.5 ± 1.2 , 9.6 ± 0.6 , 3.9 ± 1.4 % of kernel DM, respectively.

For each 200 L bucket, ground corn (148 kg) was mixed in a 1.2 m³ vertical feed mixer to water (52 kg) added of 3 g of silage inoculum (Kerasil+. *Lactobacillus plantarum* 2.6×10^{10} CFU/g, *Pediococcus acidilactici* 2.6×10^{10} CFU/g, *Propionibacterium acidipropionici* 1.4×10^{10} CFU/g. Kera Nutrição Animal, Bento Gonçalves, Brazil) to achieve 35% moisture concentration. Two 200 L buckets were filled per REC treatment per d and the weight of hydrated corn was 198.3 ± 1.1 kg/bucket (n = 36). Ensiled corn was enveloped with barrier oxygen plastic (Silostop, Lallemand Animal Nutrition, Brazil) and buckets were capped. The GC was ground and sampled weekly during the period of data collection and samples from corn ensiled on each bucket was obtained and frozen before and after ensiling. The DM concentration per bucket was measured by drying at 55°C for 72 h and subsequently at 105°C for 24 h. Thawed REC samples (25 g) were blended with distilled water (225 mL) for pH determination (HI 2210 pH meter, Hanna Brasil, Tamboré Barueri, Brazil).

The particle size distribution of each silo before and after ensiling (n = 18/REC) and for GC (n = 9) was evaluated. Samples were dried in a forced-air oven at 55°C for 72 h before dry-sieved (127 ± 6.8 g) for 10 min with a Bertel shaker (Bertel Indústria Metalúrgica Ltda., Caieiras, Brazil) with sieves of square diagonal apertures of 4,750, 2,830, 1,400, 1,000, 600, and 250 µm and pan. The proportion of particles retained on each sieve was determined. The geometrical mean particle size (GMPS, µm), particles per gram, and surface area (cm²/g) were calculated as in Baker and Herrman (2002).

Ruminal in situ degradation

The ruminal in situ DM degradation of corn was evaluated for 9 samples of GC and for the 72 samples of REC before and after ensiling (36/REC). Samples were incubated in 2 rumen-cannulated cows in mid-lactation (23.4 ± 2.6 kg/d of milk) fed a TMR based on corn silage, soybean meal, and ground corn. Samples were dried at 55°C for 72 h and 5.32 ± 0.24 g were inserted into 10 × 20 cm non-woven textile bags (pore size 100 µm; 100 g/m²). Incubation times were 0, 3, 6, 18, and 48 h (duplicate bags for each time point/cow). Time 0 bags were washed for 30 min in tap water at room temperature and were immediately frozen. Bags were soaked for 30 s in warm water before ruminal incubations. The incubated bags were immersed in icy water and immediately frozen after removal from the rumen. All bags were unfrozen at the same time and washed in 2 washing machine cycles. A 2-pool model was used to describe corn

DM degradation kinetics (Fernandes et al., 2018). The rapidly degradable A fraction (% of DM) was the 0 h bag disappearance and the slowly degradable B fraction was $100 - A$. The fractional degradation rate of fraction B (kd, %/h) was the slope of the linear regression of the natural logarithm of the bag residue as a proportion of the incubated sample size over times 0 to 48 h. The effective ruminal degradation (ERD) was $A + B \times [kd/(kd + kp)]$, where kp is the fractional passage rate of concentrates (6.5%/h) estimated with the equation of Seo et al. (2006) for the average experimental cow and diet. The mean value of the 4 incubated bags per incubation time per treatment (2/cow) was used in statistical analysis.

Treatment diets

Treatment diets were formulated immediately before the experiment for each of the 3 groups of 6 cows and fixed amounts of whole plant corn silage and concentrates were fed per cow throughout the experiment. The DMI was estimated for the average cow of each group (milk yield, BW, DIM, 3.8% fat) based on the NRC (2001) dairy model: 20.4 kg/d for High, 18.6 kg/d for Medium, 16.6 kg/d for Low. Diet formulation assumed a fixed amount of 2.8 kg DM/d from whole plant corn silage (35% DM on as-fed basis and 8.8% CP and 45% NDF on a DM basis based on NIRS analysis. 3rLab/Rock River, Lavras, Brazil). Pasture was assumed to contain 14% CP and 63% NDF on a DM basis. The intake of forage NDF (pasture + corn silage) was set at 1.1% of BW in all treatments. The CP concentration was formulated to be 16.1% in High, 16.0% in Medium, and 15.4% in Low by using soybean meal and each corn treatment as concentrates. Equal amounts (kg/d) of mineral and vitamin sources were added to each diet. The predicted forage to concentrate ratios were 55:45 in High, 57:43 in Medium, and 60:40 in Low and the concentrations of corn treatments were 29.8, 28.4, and 27.0 % of DM, respectively. The predicted amounts of corn DM were (kg/d) 6.1 in High, 5.3 in Medium, and 4.5 in Low.

Intake and diet composition

During the third week of each experimental period, samples of whole plant corn silage and concentrate ingredients were obtained daily and frozen. A feed composite sample was formed per period. Samples of pasture were obtained with a rumen-cannulated cow and manually by simulated grazing (hand-pluck method). On d 17 to 20 of each period, an additional rumen-cannulated cow had the rumen evacuated after the p.m. milking and was introduced for 50 min with the other experimental cows into the new grazed paddock. The rumen digesta was collected and frozen and a composite sample was formed per period for analysis of ash, ether extract (EE), starch, NDF, and undigested NDF (uNDF). Pasture samples were simultaneously collected by simulated grazing for analysis of DM and crude protein. Fecal yield was estimated

using Cr₂O₃ as an external marker. The marker was mixed with the concentrate offered to each cow at 0500, 1000, and 1400 h (3 g/feeding) from d 8 to 21 of each period. Fecal sampling was performed on d 17 to 21 of each period at the time of concentrate supplementation (3×/d) and a composite frozen sample was formed per period. Fecal Cr concentration was analyzed by atomic absorption spectroscopy (Williams et al., 1962). The uNDF concentration (% of DM) in feces and of feed ingredients, including the pasture harvested by simulated grazing and by a rumen-cannulated cow, was evaluated by in situ incubation for 240 h, similarly to the previously described in situ procedure. Pasture DM intake (kg/d) was estimated with the uNDF concentration of the sample harvested by a rumen-cannulated cow: [fecal uNDF excretion – (whole plant corn silage uNDF intake + corn grain uNDF intake + soybean meal uNDF intake)]/pasture uNDF concentration.

Samples of feeds and feces were dried in a forced-air oven at 55°C for 72 h and ground to pass in a 1-mm diameter mesh screen (Wiley mill, Thomas Scientific, USA). The DM concentration was determined by drying at 100°C for 24 h and ash by incineration at 550°C for 8 h. The CP concentration was determined with a micro Kjeldahl steamer distillator (AOAC International, 2006; method 990.03), the ash-free NDF by filtration in porous crucibles with heat-stable α -amylase and sodium sulfite (AOAC International, 2006; method 2002-04), and EE as in AOAC International (2006; method 2003.05). Starch plus free glucose was analyzed with α -amylase and amyloglucosidase and colorimetry for glucose as described in Fernandes et al. (2022), adapted from Hall (2015). Data from feed and fecal analyses were used to calculate the concentration of non-fiber carbohydrates: $NFC = 100 - CP - NDF - EE - ash$. The composition of the diets in nutrients and ingredients was the intake of all cows on a treatment divided by the total DMI of the treatment.

Milk yield and composition

During d 18 to 21 of each experimental period, milk was measured and samples were collected in proportion to the amount produced in each milking. Samples were stored in flasks containing 2-bromo-2-nitropropane-1-3 diol under refrigeration until shipment to a commercial laboratory (Laboratory of the Paraná State Holstein Breeders Association, Curitiba, Brazil). Milk crude protein, fat, lactose, total solids, somatic cell count (SCC), and milk urea-N (MUN) were analyzed by mid-infrared analysis (Nexgen FTS/FCM. Bentley Instruments Inc., Chaska, USA). Milk energy secretion (Mcal/d) was calculated (NRC, 2021): $[(0.0929 \times \% \text{ fat}) + (0.055 \times \% \text{ crude protein}) + (0.0395 \times \% \text{ lactose})] \times \text{kg of milk}$. The secretion of energy corrected milk (ECM; kg/d) was calculated as: $\text{Milk energy secretion}/0.70$ (assumes 0.70 Mcal/kg of

milk with 3.7% fat, 3.2% protein, and 4.6% lactose). The 4% FCM (**FCM**; kg/d) was calculated (Overman & Gaines, 1933): $0.4 \times \text{kg of milk} + 15 \times \text{kg of fat}$.

Fecal viscosity, digestibility, and feed efficiency

Fecal viscosity was measured by an adaptation of the methodology of Cannon et al. (2010). Fecal samples (100 g) were diluted with 130 mL of distilled water, homogenized for 30 s, and strained through 2 layers of cheesecloth. Viscosity was measured in three 60 mL aliquots of the filtered solution with a Brookfield Viscometer at 60 rpm (Brookfield Ametek Inc, Middleboro, MA). The total tract apparent digestibility of DM, OM, NDF, and starch were estimated from the calculated intake and fecal excretion of nutrients, as previously described. The digestible OM intake (**DOMI**) and the feed efficiencies were calculated: Milk/DMI, ECM/DMI, and ECM/DOMI.

Ruminal fermentation

Ruminal fluid was obtained from the 3 rumen-cannulated cows during d 18 to 21 of each period at 0500, 1000, and 1400 h (before each concentrate feeding). The pH was immediately measured (pHmetro Digimed DM20; Datamed Instrumentos Científicos e Médicos, Belo Horizonte, Brazil). Samples of strained ruminal fluid were frozen in liquid nitrogen to stop fermentation and stored at -20.0°C until analyses. After thawing and centrifuged at 4°C at $8,855 \times g$ for 15 min, composite samples were formed per cow per sampling time per period for analysis for volatile fat acids (**VFA**) and ammonia-N. Samples were analyzed for VFA by gas-liquid chromatography (CP 3800 Gas Chromatography Varian. Varian Chromatography Systems, USA), with a capillary column [CP-Wax 58 (FFAP) CB. Varian Analytical Instruments, USA]. Ammonia-N (mg/dL) was analyzed with a colorimetric assay catalyzed by indophenol (Chaney & Marbach, 1962).

Blood samples

Blood samples from the coccygeal vessels were obtained during d 19 to 21 of each period at 0500, 1000, and 1400 h (simultaneously to rumen sampling). Samples were obtained in vacutainers contained EDTA for plasma urea-N (**PUN**) and in vacutainer with potassium fluoride for glucose. Blood samples were centrifuged at $2,000 \times g$ for 10 min at room temperature. Plasma was obtained and frozen at -20°C . After thawing, composite samples were formed per cow per sampling time per period for determination of urea with a commercial kit (Uréia Enzimática K047, Bioclin, Belo Horizonte, Brazil) and glucose (Glicose Enzimática Líquida, Doles Reagentes e Equipamentos para Laboratórios, Goiania, Brazil). The PUN concentration was obtained multiplying the urea value by 0,466.

Statistical Analysis

Data were analyzed with the MIXED procedure of SAS. Silage variables (particle size, ruminal in situ degradation, pH, and DM concentration) were analyzed as a completely randomized design with a model contained the fixed effect of treatment (GC, Fine-Before, Coarse-Before, Fine-After, Coarse-After).

The Latin square model had the effects of period (1 to 3), group (High, Medium, Low), cow nested within group (1 to 18), treatment (GC, FI, CO), and the interaction between treatment and group. For variables obtained over time (PUN and Glucose) the fixed effect of time (0500 h, 1000 h, 1400 h) and the 2-term and 3-term interactions between time, treatment, and group were added to the previous model. For the rumen variables evaluated over time in one Latin square (pH, VFA, ammonia-N) the model contained the effects of cow (1 to 3), period (1 to 3), treatment (GC, FI, CO), time (0500 h, 1000 h, 1400 h), and the interaction between treatment and time. The whole plot error for the repeated measure variables was the interaction between cow, period, and treatment. For each variable, the best covariance structure was defined by the Schwarz's Bayesian criteria among first-order autoregressive, compound symmetry, and unstructured. Degrees of freedom were calculated with the Kenward-Roger option. Significance was declared at $P \leq 0.05$ and tendencies at $0.05 < P \leq 0.10$. Treatment means were compared with Tukey-Kramer test at the level of $P \leq 0.05$ (a, b, c, d, e) and $P \leq 0.10$ (A, B).

RESULTS

Environment and pasture variables

Figures 1 and 2 describe the environment during the experiment. A THI greater than 68 was observed in at least one hour of the day in 62 of the 63 days of the experiment (Figure 1). The mean THI was 69.8 ± 3.6 and ranged from 60.4 to 78.0 along the day. The temperature was 22.3 ± 3.6 °C, humidity was $76 \pm 7.8\%$, and THI was 69.8 ± 1.4 (mean \pm SD) along the experimental period. The frequency of $\text{THI} \geq 68$ was 69% of time and ≥ 72 was 65% of time. Cows grazed on a hot environment, typical of the hot-rainy season of Southeast Brazil. Precipitation was more intense during data collection on the second experimental period than on periods 1 and 3 (Figure 2).

Table 1 presents data on each paddock obtained with the ascending plate during the 7 d of data collection on each experimental period. Forage allowance per cow (563 kg BW) was 54.8 kg of DM at 11.1 ± 1.1 cows/ha and 43.3 m²/d/cow (Table 1). *Urochloa brizantha* cv. Marandu (palisade grass) was grazed at 37.7 cm pre-grazing height, equivalent to 12,622 kg of DM/ha of forage allowance, and 30.1 cm post-grazing height. Estimated daily pasture intake

based on pre-grazing and post-grazing pasture heights was 7.5 kg of DM/cow. There was a numerical trend for the daily pasture allowance (kg of DM/ha) to be reduced with the advance in experiment duration when cows grazed from mid-January to mid-March and the highest allowance during the first grazing period reflects the lack of pasture mowing before the start of the experiment (Figure 4).

Pasture composition is reported in Table 2. The CP concentration evaluated by simulated grazing (hand-plucking) was 12.7% of DM and NDF analyzed on samples obtained with a rumen-cannulated cow was 56.8% of DM, both lower than the values used for pre-experimental ration formulation (14% and 63%, respectively). The NDF concentration of samples obtained by simulated grazing was 53.8% of DM. The whole plant corn silage also had lower CP (6.4% vs. 8.8% of DM) and NDF (42.2 vs. 45% of DM) than the sample analyzed before the experiment by NIRS. The DM concentration of REC was close to the predicted concentration, although slightly lower (63.1 for FI and 63.9 for CO vs. 65% of as-fed). The uNDF concentration of the sample harvested with a rumen-cannulated cow was 13.5% of DM (Table 2) and it was 11.8% of DM for the sample obtained by simulated grazing. The correlation of uNDF concentration measured by the two sampling procedures was high ($r^2 = 0.99$) and uNDF was consistently higher on samples harvested with a cow than by simulated grazing (Figure 5A). The uNDF concentration was higher during period 1 than in periods 2 and 3, denoting the positive relationship between pasture allowance and uNDF concentration.

Pasture intake and diet composition

Pasture intake predicted with the sample collected by simulated grazing was higher than the prediction based on samples harvested with a rumen-cannulated cow (Figure 5B). Data obtained with the cow were used to estimate pasture intake (Table 3) and the composition of the consumed treatment diets (Table 4). Estimates of pasture intake obtained by both sampling procedures and marker data per cow were close to the mean pasture intake estimated from pasture height pre-grazing subtracted of pasture height post-grazing (Table 1). There were no treatment or production group effects on pasture intake (7 kg of DM/d, $P \geq 0.16$). The dietary pasture concentration was 39.6 ± 2.7 % of DM for the 9 experimental diets (Table 4). Concentrations in the diet of total forage was 55.2 ± 2.4 % of DM and corn grain was 29.6 ± 1.4 % of DM. Diet CP was 14.8 ± 0.5 , NDF was 33.2 ± 1.1 , forage NDF was 29.0 ± 1.3 , and starch was 22.6 ± 1.1 % of DM.

Particle size and ruminal degradation of silages

The GC kernels had lower GMPS and more particles/g and surface area than FI and CO before and after ensiling (Table 5). The GMPS of GC was 366 μm , FI before ensiling was 1,364

μm , and CO before ensiling was 1,694 μm . Ensiling reduced the GMPS of FI (1,258 μm) and did not affect the GMPS of CO (1,648 μm).

The ruminal in situ degradation of corn DM was affected by treatment (Table 5). When a constant k_p was assumed for all treatments (6.5 %/h), FI and CO before ensiling had lower ERD than FI and CO after ensiling and no difference was detected between silages differing in particle size. The GC had higher ERD than CO before ensiling ($P \leq 0.05$) and tended to have higher ERD than FI before ensiling ($P \leq 0.10$), but did not differ from the silages, independently of silage particle size. Coarsely ground flint corn (8 mm screen) was less degradable in the rumen than finely ground corn (1.5 mm screen) before ensiling, but ensiling eliminated the effect of particle size on corn ERD.

Ensiling increased silage k_d and particle size had no effect on k_d both before and after ensiling (Table 5). The k_d of GC was intermediate and did not differ from the other 4 treatments. The pool size of fraction A was higher on GC and ensiled corn than on corn before ensiling, independently of the particle size of corn ground for silage. The 3-h ruminal incubation was not effective in detecting differences in ruminal in situ degradation of ground corn kernels differing in processing and particle size. Silage pH and DM concentration did not differ by treatment.

Intake and lactation performance

Intake, lactation performance, and feed efficiency are reported in Table 3. There was no interaction between treatment and production group for the variables evaluated ($P \geq 0.28$). Cows fed FI had lower DMI and DOMI than cows fed GC ($P \leq 0.05$), and cows fed CO were intermediate and did not differ from the other 2 treatments, independently of their production group. However, the yield of milk and components did not differ by treatment diet ($P \geq 0.50$). Cows fed FI had higher feed efficiency (Milk/DMI and ECM/DMI) than cows fed GC and CO ($P \leq 0.05$). When expressed per unit of energy intake estimated by DOMI, cows fed FI were more efficient than cows fed GC ($P \leq 0.05$). Fine grinding of REC in short duration of ensiling increased feed efficiency of grazing dairy cows by reducing DMI at similar milk yield. As expected, cows on the High group had higher lactation performance, DMI, and feed efficiency than cows grouped as Low ($P \leq 0.05$).

Total tract digestibility, blood glucose, and nitrogen metabolism

No interaction was detected between treatment and group ($P \geq 0.13$) for diet digestibility, plasma glucose, and PUN (Table 6). The total tract apparent digestibility of DM, OM, and starch was lower on cows fed CO than on cows fed GC and FI ($P \leq 0.05$). A similar trend was detected for the fecal starch concentration, higher on cows fed CO than on cows fed GC and FI ($P \leq 0.05$). The NDF digestibility was higher ($P \leq 0.05$) on cows fed FI (48.9% of

intake) than GC (45.6% of intake) and tended ($P \leq 0.10$) to be higher on FI than CO (45.9% of intake). Cows grouped as High had lower starch digestibility (87.8% of intake) and higher concentration of fecal starch (6.4% of DM) than groups Medium and Low (91.6 % of intake and 4.3% of DM, respectively. $P \leq 0.05$), but no effect of group was detected for the digestibility of DM, OM, and NDF ($P \geq 0.34$). Fecal viscosity did not differ by treatment or group ($P \geq 0.27$).

Cows fed GC had lower plasma glucose concentration than cows fed FI and CO ($P \leq 0.05$) and no effect of production level was detected for blood glucose ($P = 0.49$). There was no effect of treatment or group on PUN ($P \geq 0.71$. Table 6), in agreement with the lack of a treatment effect on MUN ($P = 0.44$. Table 3) and ruminal ammonia-N ($P = 0.52$. Table 7).

Ruminal fermentation

Data on ruminal VFA concentration and molar proportions obtained in one square of rumen-cannulated cows are presented in Table 7. There was no interaction between treatment and time ($P \geq 0.51$) for rumen fluid sampled 3 ×/d simultaneously to concentrate feeding at 0500, 1000, and 1400 h. Rumen VFA concentration and profile, the acetate to propionate ratio, and pH did not differ by treatment diet ($P \geq 0.22$).

The sampling time affected ($P \leq 0.01$) the molar proportions of acetate, propionate, and isobutyrate, the acetate to propionate ratio, and ruminal pH (Table 7). Acetate, isobutyrate, the acetate to propionate ratio, and pH were reduced over time, and propionate was increased over time ($P \leq 0.04$ for the comparison between all sampling time means). Values at 0500, 1000, and 1400 h were, respectively: Acetate 62.6, 61.6, and 60.1 % of total VFA. Propionate 23.2, 24.5, and 26.0 % of total VFA. Isobutyrate 1.25, 1.06, and 0.88 % of total VFA. Acetate to propionate ratio 2.80, 2.66, and 2.45. Ruminal pH 6.4, 6.1, and 5.8. Ruminal acidity was lowest and the acetate to propionate ratio was highest at 0500 h when cows came from night grazing and the opposite was observed at 1400 h when cows were fed the third concentrate feeding.

DISCUSSION

The animal stocking rate per ha of *Urochloa brizantha* cv. Marandu was 11.1 cows or 13.9 animal units (450 kg) in our experiment, close to the potential stocking rate of 15 animal units/ha suggested by Corsi et al. (2001). Pasture height pre-grazing (37.7 cm) and post-grazing (30.1 cm) were higher than the optimum recommendation for Marandu palisadegrass based on leaf area index (Trindade et al., 2007; Giacomini et al., 2009). Pasture intake measured with markers was 7 kg of DM/cow/d at a mean forage allowance of 55 kg of DM/cow/d, resulting in a 12% grazing efficiency, considered low for Marandu palisadegrass and in agreement with

the high pasture allowance per cow (Braga et al., 2007). Pasture allowance was 7.86 times pasture intake. Pasture quality may have been penalized by the high allowance, since the uNDF concentration in pasture DM was positively correlated to pasture allowance across experimental periods. Because of low pasture utilization and deterioration of pasture quality at high pasture allowance, a practical recommendation has been to provide a pasture allowance of 2 times the expected pasture DMI or 25 kg DM/cow/d of pasture allowance when cows are fed supplement (Bargo et al., 2003). Corn supplementation was evaluated at high pasture allowance in our experiment, the effect of the supplement on grazing behavior, substitution rate, and DMI was not affected by restricted pasture availability (Phillips, 1988; Bargo et al., 2002a).

Pasture CP was 12.7% of DM and NDF was 56.8% of DM during the 7 d of data collection on each experimental period. Lopes (2011) observed mean concentrations for 19 samples of intensively managed Marandu palisadegrass obtained by simulated grazing of 13.9% CP and 60.7% NDF in DM, close to our values, suggesting that pasture composition was not seriously penalized by the high forage allowance in our experiment. Holstein cows performed reasonably well in the hot environment of the experiment, with mean milk yield of 19.2 kg/d at 221 days in lactation, the mid-point of the 63-d experiment. Concentrate and forage supplementation occurred during the warmer hours of the day, and it seemed to be a reasonable strategy for Holstein cows grazing in a tropical environment. Grazing occurred in a short period in the morning, during late afternoon, and at night.

Pasture intake under this farm management scenario was lower than the mean prediction for the 3 diets during ration formulation (7 vs. 7.8 kg of DM/d). Pasture intake based on plant height or in uNDF concentration of samples obtained by simulated grazing or with a rumen-cannulated cow were similar. The 2 sampling procedures for the evaluation of uNDF were highly correlated and suggestive that samples obtained by hand-plucking had higher nutritive quality than samples harvested with a rumen-cannulated cow, as judged by the lower NDF and uNDF concentrations of the former. Pasture NDF concentration was lower than predicted during ration formulation (56.8 vs. 63.0% of DM), likewise the NDF concentration of whole plant corn silage (42.2 vs. 45.0% of DM). The average dietary concentration of forage NDF was lower than predicted (29.0 vs. 32.5% of DM), contributing to lower than predicted actual intake of forage NDF (0.90 vs. 1.10% of BW). Intake was apparently not limited by excessive filling of the digestive tract by forage NDF and in theory DMI was dictated by the fermentability and energy content of the supplement (Mertens, 1997; Allen, 2000). Grazing efficiency at 12% is consistent with Holstein dairy cows, during the rainy season, with high pasture allowance. This index is higher in the dry season and lower in the rainy season, and also varies with the breed and the

animal category on the pasture. A target value of 50% is recommended and means that the animal consumed half of the available forage (Dias-Filho 2012).

Based on the *in situ* estimates, the ERD of ensiled corn (FI and CO) was equivalent to GC when a constant k_p (6.5%/h) was assumed for all corn sources. The pool size of fraction A and the k_d of fraction B did not differ among treatments GC, FI, and CO. Ensiling for 40 d increased ERD, fraction A, and the k_d of flint corn with GMPS greater than 1,364 μm . Considering that finely ground mature corn may have a faster passage rate than silage of high moisture coarsely ground corn (Oba and Allen, 2003), the actual ERD may have been lower on GC than on FI and CO. A lower ruminal starch degradation could potentially reduce the ruminal outflow of propionate, a plausible explanation for the observed lowest plasma glucose concentration and highest DMI on GC. Propionate from ruminal starch degradation is a known glucogenic precursor and depressor of DMI (Allen et al., 2009). An increased passage of finely ground, ruminal undegraded starch on treatment GC may have been compensated by increased proportion of intestinal starch digestion (Oba and Allen, 2003), and the total tract starch digestibility was not penalized on GC relative to FI.

However, the total tract starch digestibility was lower on CO than on GC and FI, suggesting that the larger particle size of CO penalized the total tract starch digestibility. The large particle size of CO may have decreased the intestinal starch digestibility (Corona et al., 2006), apparently with no major effect on ruminal starch degradation, as judged by the ERD *in situ* and rumen fermentation variables. Ruminal VFA profile and pH were not affected by source of corn in our experiment, in agreement with the observations of Castro et al. (2019) and Batalha (2015) on dairy cows fed REC varying in particle size, but in long-duration of storage. Rumen fermentation profile has not been shown to be very responsive to variation in the type of concentrate supplementation to grazing dairy cows (Bargo et al., 2003). The concentrations of ruminal ammonia-N, MUN, and PUN also did not differ by treatment. Reduction in ruminal ammonia-N has been the most consistent outcome when more rumen fermentable starch is fed to grazing dairy cows (Bargo et al., 2003). Plasma glucose of cows fed FI and CO was higher than GC, although only FI induced DMI depression relative to GC. Fecal starch concentration was highest and the total tract starch digestibility was lowest on group High, suggesting that increased passage rate of starch may have reduced starch digestibility in cows with high DMI (Silva et al., 2002). Treatment corn and cow production level (group) apparently induced changes in ruminal and post-ruminal starch digestion.

Milk components (fat, protein, lactose) did not differ by treatment, but low milk fat percentage occurred in all treatments (2.99% of milk), suggesting that ruminal acidity was a

common feature of the diets evaluated. The low daily frequency of concentrate feeding, at 23% starch in diet DM, may have contributed to the relatively low pH observed in all treatments (6.08 on average). Rumen pH was lowest immediately before the third concentrate feeding of the day (5.8) and highest immediately before the first supplementation in the morning (6.4), when cows came from the night grazing period. The use of feed additives to control sub-acute ruminal acidosis may be a viable alternative for grazing dairy cows fed starchy concentrates at low daily frequency.

Cows fed GC had higher DMI and similar milk yield than cows fed FI. Pasture intake was numerically lower on FI than on GC, suggestive of a greater substitution rate of pasture by concentrates on cows fed FI, since concentrates and whole plant corn silage were fed in restricted amount and were totally consumed during the experiment. Although rumen fermentation variables do not support a significant difference between FI and GC in ruminal starch degradation, more rumen fermentable starch is a plausible explanation for the lower DMI on cows fed FI than cows fed GC (Allen et al., 2009). Curiously, the total tract NDF digestibility was higher on cows fed FI than GC, with no difference in ruminal pH. It has been postulated that increased ruminal availability to fiber digesting bacteria of starch hydrolysis products could improve NDF digestibility (Cotta, 1988). Cows fed FI had higher feed efficiency than cows fed GC, driven by reduce DMI at similar milk yield. Energetic efficiency (ECM/DOMI) was also increased by FI relative to GC. For both measures of efficiency and DMI, cows fed CO were intermediate and did not differ from GC and FI. When lactation performance and feed efficiency are considered, coarse grinding of REC stored for 40 d was apparently adequate for the supplementation of grazing dairy cows, although total tract starch digestibility was penalized. The feeding of coarsely ground REC in short duration of storage for high producing dairy cows fed on total mixed ration needs further evaluation.

CONCLUSIONS

Fine grinding of mature flint corn (GC) reduced plasma glucose concentration and increased DMI relative to fine grinding of REC stored for 40 days (FI), with no effect on total tract starch digestibility and milk yield. Treatment FI increased feed efficiency relative to GC.

Coarse grinding of REC (CO) reduced total tract starch digestibility but had no effect on DMI, milk yield, and feed efficiency relative to GC and FI.

Treatments had no effect on rumen VFA profile, N metabolism (ruminal ammonia-N, MUN, and PUN), and the secretion of milk components, and induced low ruminal pH.

REFERENCES

- 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. *Journal of Animal Science*. v. 87, p.3317. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19648500/>. Acesso em: 16 jun. 2021.
- ALLEN, M. S. (2000). Effects of Diet on Short-Term Regulation of Feed Intake by Lactating Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*. v. 83, p. 1598-1624. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19648500/>. Acesso em: 17 jun. 2021.
- ALLEN, V. G. et al. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. *Grass and Forage Science*, v. 66, p. 2–28. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>. Acesso em: 20 mar. 2021.
- AOAC International (2006). Official Methods of Analysis. 18th ed. AOAC International, Arlington, VA.
- ARCARI, M. A. et al. (2016). Effect of the ensiling time of hydrated ground corn on silage composition and in situ starch degradability. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.*, v. 53, p. 60-71. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/bjvras/article/view/97794>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BAKER, S.; HERRMAN, T. (2002). Evaluating particle size. *Publication MF-2051*. Kansas State Univ., Manhattan.
- BARGO, F. et al. (2002a). Milk Response to Concentrate Supplementation of High Producing Dairy Cows Grazing at Two Pasture Allowances. *Journal of Dairy Science*. v.85, p.1777–1792. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74252-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74252-5/pdf). Acesso em 15 jan. 2022.
- BARGO, et al. (2002b). Performance of High Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science*. v. 85, p.2948–2963. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74381-6/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74381-6/pdf). Acesso em 15 jan. 2022.
- BARGO, et al. (2002c). Ruminant Digestion and Fermentation of High-Producing Dairy Cows with Three Different Feeding Systems Combining Pasture and Total Mixed Rations. *Journal of Dairy Science*. v. 85, p. 2964–2973. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(02\)74382-8/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(02)74382-8/pdf). Acesso em 15 jan. 2022.
- BARGO, F. et al. (2003). Invited review: Production and digestion supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*. v.86, n.1, p.1-42. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030203735814>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BATALHA, C. D. A. (2015). *Processamento de grãos de milho para vacas leiteiras em pastagem tropical*. 2015, 72 p. [Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Escola

Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba]. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-16042015-154024/pt-br.php>. Acesso em: 14 Jan. 2021.

BITENCOURT, L. L. (2012) *Substituição de milho moído por milho reidratado e ensilado ou melaço de soja em vacas leiteiras*. 130P. [Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras]. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/575>. Acesso em: 12 ago. 2020.

BRAGA et al. (2007) Eficiência de pastejo de capim-marandu submetido a diferentes ofertas de forragem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 42, n. 11, p. 1641-1649. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/jTrtWZpQbpw7wbLwmgZVNLS/?lang=pt>. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRANSBY, D. I.; MATCHES, A. G. & KRAUSE, G. F. (1977). Disk Meter for Rapid Estimation of Herbage Yield in Grazing Trials. *Agronomy Journal*, v. 69. Disponível em: <https://acess.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2134/agronj1977.00021962006900030016x>. Acesso em: 20 mar 2021.

CANNON, S. J. et al. (2010). Inclusion of psyllium in milk replacer for neonatal calves. 1. Effects on growth, digesta viscosity, rate of passage, nutrient digestibilities, and metabolites in blood. *Journal of Dairy Science*. v. 93, p. 3652–3660. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20655435/>. Acesso em: 20 mar 2021.

CARVALHO, B. F. et al. (2016). Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeasts of rehydrated corn kernel silage. *Journal Applied Microbiology*. v. 122, p. 589-600. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27930838/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

CASTRO, L. P. et al. (2019). Lactation performance of dairy cows fed rehydrated and ensiled corn grain differing in particle size and proportion in the diet. *Journal of Dairy Science*. v. 102, p. 9857–9869. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31521352/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. (1962). Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*. v.8, p. 130. Disponível em: <https://academic.oup.com/clinchem/article-abstract/8/2/130/5672375?redirectedFrom=fulltext#no-access-message>. Acesso em: 12 jul. 2020.

CORONA, L.; OWENS, F. N. & ZINN, R. A. (2006). Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *Journal Animal Science*. v. 84, p.3020. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17032796/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CORREA, C. E. S. et al. (2002). Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*. v. 85, p.: 3008-3012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12487466/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CORRÊA, L. A.; SANTOS, P. M. (2003). Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros Panicum, Brachiaria e Cynodon. Embrapa Pecuária Sudeste. *Documentos*, 34. São Carlos, SP. p. 7-36. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/697407/1/Documentos340.pdf>. Acesso em: 11 de jul. 2022.

CORSI, M. et al. (2001). Impact of Grazing Management on Productivity of Tropical Grasslands *The XIX International Grassland Congress*. São Pedro, São Paulo, Brazil February 21. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. Disponível em: <https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=4695&context=igc>. Acesso em: 12 jul. 2021.

COTTA, M. A. (1988). Amylolytic activity of selected species of ruminal bacteria. *Applied Environmental Microbiology*. v. 54, p. 772–776. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC202539/>. Acesso em: 18 jan. 2021.

DIAS-FILHO, M. B. Formação e Manejo de Pastagens. **Comunicado Técnico 235**. Belém, PA. 9 p. 2012. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/937485/1/OrientalComTec235.pdf>. Acesso em 18 de out. 2022.

FERNANDES, T. et al. (2018). Short communication: Effect of washing method, grinding size, and the determination of an indigestible fraction on in situ degradation of starch in mature corn grain. *Journal of Dairy Science*. v. 101, p. 1–6. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30100508/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

FERNANDES, J. et al. (2021). Influence of hybrid, moisture, and length of storage on the fermentation profile and starch digestibility of corn grain silages. *Animal feed science and technology*. v. 271. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840120306118>. Acesso em: 12 jul. 2021.

FERNANDES, T. et al. (2022). Effect of amylases and storage length on losses, nutritional value, fermentation, and microbiology of silages of corn and sorghum kernels *Animal Feed Science and Technology*. v. 285, p. 115227. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377840122000256?via%3Dihub>. Acesso em: 17 set. 2022.

FERRARETTO, L. F.; CRUMP, P. M. & SHAVER, R. D. (2013). Effect of cereal grain type and corn grain harvesting and processing methods on intake, digestion, and milk production by dairy cows through a meta-analysis. *Journal of Dairy Science*. v. 96, P. 533-550. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23164230/> Acesso em: 12 jul. 2021.

GIACOMINI et al. (2009). Growth of marandu palisadegrass subjected to strategies of intermittent stocking. *Scientia Agricola*. v.66, n.6, p.733-741. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/RzhGs9CdG3jLzgDGWMtbfSg/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 19 jun. 2021.

GOMES, A. L. M. et al. (2020). Effects of processing, moisture, and storage length on the fermentation profile, particle size, and ruminal disappearance of reconstituted corn grain. *Journal of Animal Science*, v. 98, n. 11. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33045037/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

HALL, M. B. (2009). Determination of starch, including maltooligosaccharides, in animal feeds: Comparison of methods and a method recommended for AOAC collaborative study. *Journal AOAC Int.* v. 92, p. 42–49. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19382561/>. Acesso em: 14 Jan. 2019.

HERON, S. J. E.; EDWARDS, R. A. & MCDONALD, P. (1986). Changes in the nitrogenous components of gamma irradiated and inoculated ensiled ryegrass. *Journal Science Food Agricultural.* v. 37, p. 979–985. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jsfa.2740371005>. Acesso em: 16 jul. 2022.

HOFFMAN, P. C. et al. (2011). Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science.* v. 94, p. 2465-2474. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21524538/>. Acesso em: 02 dez. 2019.

HOLDEN, L. A. et al. (1995). Effect of Corn Silage Supplementation on Intake and Milk Production in Cows Grazing Grass Pasture. *Journal of Dairy Science.* v. 78, p. 154. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(95\)76625-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(95)76625-5/pdf). Acesso em: 02 dez 2021.

JACOBS, J. (2014). Challenges in ration formulation in pasture-based milk production systems. *Animal Production Science.* v. 54, p. 1130–1140. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201500027196>. Acesso em: 13 jul. 2022.

JOUBRAN, A. M.; PIERCE, K. M.; GARVEY, N.; SHALLOO, L. & O'CALLAGHAN, T. F. (2020). Invited review: A 2020 perspective on pasture-based dairy systems and products. *Journal of Dairy Science.* v. 104, n. 7. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(21\)00516-6/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(21)00516-6/fulltext). Acesso em: 12 jul. 2021.

JUNGES, D. et al. (2017). Short communication: Influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. *Journal of Dairy Science,* v. 100, p. 1-4. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(17\)30857-3/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(17)30857-3/pdf). Acesso em: 02 dez. 2019.

KUNG, L. et al. (2018). Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *Journal of Dairy Science.* v. 101, p. 4020 – 4033. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030218303242>. Acesso em: 13 mar. 2021.

LOPES, J. C. (2011). *Nutrient composition and fiber digestibility measurements of tropical forages collected from intensively managed rotational grazing systems.* 2011. 131p. [Thesis Master of Science. University of Wisconsin – Madison]. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/311774818_Nutrient_composition_and_fiber_digestibility_measurements_of_tropical_forages_collected_from_intensively_managed_rotational_grazing_systems. Acesso em: 04 jun. 2022.

LOPES, N. M. (2016). *Efeito de enzimas na digestibilidade ruminal e perda de matéria seca da silagem do grão de milho reidratado.* 114 p. [Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras]. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/12170/1/TESE_Efeito%20de%20enzimas%20na%20dige

[stabilidade%20ruminal%20e%20perda%20de%20mat%20c3%a9ria%20seca%20da%20silagem%20do%20gr%20c3%a3o%20de%20milho%20reidratado.pdf](#). Acesso em: 02 dez. 2019.

MERTENS, D. R. (1997). Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v. 80, p.1463–1481. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(97\)76075-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(97)76075-2/pdf). Acesso em: 23 out. 2021.

MC ALLISTER, T. A. et al. (1993). Effect of the Protein Matrix on the Digestion of Cereal Grains by Ruminant Microorganisms. *Journal Animal Science*, v. 71, p. 205–212. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/71/1/205/4632093?redirectedFrom=fulltext>. Acesso em: 02 dez. 2019.

MOMANY, F. A. et al. (2006). Structural characterization of alpha-zein. *J. Agric. Food Chem.* v. 54, p. 543-547. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16417318/>. Acesso em: 12 jul. 2021.

MOORE, J. E. & MOOT, G. O. (1973). Structural inhibitors of quality in tropical grasses. Pages in Antiquity components of forages. *CSSA, Special Publication*, n. 4, p. 53-93. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cssaspepub4.c4>. Acesso em: 12 jan. 2022.

National Academies of Sciences Engineering Medicine – NASEM. (2021). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 8th rev. ed. Washington, DC: National Academies of Sciences, Engineering and Medicine. 502 p.

OBA, M. & ALLEN, M. S. (2003). Effects of Diet Fermentability on Efficiency of Microbial Nitrogen Production in Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science*. v. 86, p. 184-194. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(03\)73600-5/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(03)73600-5/pdf). Acesso em: 22 ago. 2019.

PEREIRA, M. N. et al. (2013). Silagem de milho reidratado na alimentação do gado leiteiro. *Informe Agropecuário*, 34:7-18. Disponível em: <http://www.epamig.br/download/informe-agropecuario-277-conservacao-de-alimentos-para-bovinos-2013/?wpdmdl=4377&refresh=62a34d76779a01654869366>. Acesso em: 03 mar. 2022.

PHILLIPS, C. J. C. (1988). The use of conserved forage as a supplement for grazing dairy cows. *Grass and Forage Science*, v. 43 p. 215-230. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2494.1988.tb02147.x>. Acesso em: 06 mar. 2022.

PULIDO, R. G. et al. (2009). Impact of increasing grain feeding frequency on production of dairy cows grazing pasture. *Livestock Science*. v. 125, p. 109-114. Disponível em: <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/67193809/j.livsci.2009.03.01020210505-8688-1doovco-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1666010496&Signature=EfyqrD1I-fb~LAdwNg3V9YNQALNuXYj3HLsiAoxhT1AYJZvGf889DP17ifo81uoNPb61DdkcVAN3rAQ-QOoc2F5Ftm1HHZC6uNp541bmlK5fr06sGoFR189ktgdcWHPkNCwGfCMRnAGbDp-UqBJoAHvCR-In7JTNgktFPNc6EGbr~Z3qCerUCur85DdfF7UzS9o7rT5XH8yX6urrJ4bIxmYQkitNCeWF4Kj->

[jNT4nlrPTn69JWHNK135IPpMDkpX5mvi6I7qXtPP52BpH2Kps~J0D~c7vb87reWLu8zN12qLuXq7azWycMHclvtwBrSLddjinxekwOgWD6hPaU4PABg &Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA](https://doi.org/10.1016/j.jnt.2022.04.001). Acesso em: 13 abr. 2022.

REIS, R. B. & COMBS, D. K. (2000a). Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.2529–2538. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200751459>. Acesso em: 21 jun. 2022.

REIS, R. B. & COMBS, D. K. (2000b). Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.2888–2898. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030200751897>. Acesso em: 03 mar. 2022.

SEO, S. et al. (2006). Development and evaluation of empirical equations to predict feed passage rate in cattle. *Animal Feed Science and Technology*. v. 128, p. 67 – 83. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/46278456_Development_and_evaluation_of_empirical_equations_to_predict_feed_passage_rate_in_cattle. Acesso em: 14 Mai. 2021.

SILVA, W. R. et al. (2022). Fibrous coproducts of corn and citrus as forage and concentrate sources for dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v. 105, p. 8099-8114. Disponível em: [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(22\)00499-4/fulltext](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(22)00499-4/fulltext). Acesso em: 22 set. 2022.

TAYLOR, C. C. & ALLEN, M. S. (2005). Corn Grain Endosperm Type and Brown Midrib 3 Corn Silage: Feeding Behavior and Milk Yield of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*. v. 88, p.1425–1433, 2005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030205728101>. Acesso em: 17 dez 2021.

TRINDADE, J. K. et al. (2007). Composição morfológica da forragem consumida por bovinos de corte durante o rebaixamento do capim-marandu submetido a estratégias de pastejo rotativo. *Pesquisa agropecuária brasileira*. v.42, n.6, p.883-890. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/7MQP6GFsvXR9WNHqYh3nYwp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 17 jan. 2022.

VALK, H. (1994). Effects of partial replacement of herbage by maize silage on Nutilization and milk production of dairy cows. *Livestock Production Science*. v. 40, p. 241-250. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0301622694900922>. Acesso em: 12 ago. 2022.

WILLIAMS, C. H.; DAVID, D. J. & IISMAA O. (1962). The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal Agricultural Science*. v. 59, p. 38. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/abs/determination-of-chromic-oxide-in-faeces-samples-by-atomic-absorption-spectrophotometry/A858CEDABA74505F5AA51DD95FC5822C>. Acesso em: 13 jan 2019.

YOULSEF, M.K. (1985). Stress physiology in livestock. Boca Raton: *CRC Press*. 217p

Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19862273343>. Acesso em: 13 jun. 2021.

5 ANEXOS

TABLES

Table 1. Mean and standard deviation of each paddock (1 to 7) of *Urochloa brizantha* cv. Marandu grazed for one day during the last week of each experimental period on day 21 of regrowth (n = 3).

Paddock	1	2	3	4	5	6	7	Mean ± SD
Paddock size, m ²	853	968	990	920	874	879	819	910 ± 97.2
Available area ¹ , m ² /d								
Per Cow (563 kg)	40.6	46.1	47.1	43.8	41.6	41.9	39.0	43.3 ± 4.6
Per 450 kg BW	32.5	36.8	37.7	35.0	33.3	33.5	31.2	34.6 ± 3.7
Per 100 kg BW	7.2	8.2	8.4	7.8	7.4	7.4	6.9	7.7 ± 0.8
Stocking density, animals/ha/d								
Cows (563 kg)	246.2	216.9	212.1	228.3	240.3	238.9	256.4	233.1 ± 22.6
450 kg BW	308.0	271.4	265.4	285.6	300.6	298.9	320.8	291.6 ± 28.3
100 kg BW	1,386.0	1,221.4	1,194.2	1,285.1	1,352.7	1,345.1	1,443.6	1,312.1 ± 127.3
Stocking density, animals/ha/21 d								
Cows (563 kg)	11.7	10.3	10.1	10.9	11.4	11.4	12.2	11.1 ± 1.1
450 kg BW	14.7	12.9	12.6	13.6	14.3	14.2	15.3	13.9 ± 1.3
100 kg BW	66.0	58.2	56.9	61.2	64.4	64.1	68.7	62.5 ± 6.1
Pasture height, cm								
Pre-grazing	34.1 ± 10.4	37.7 ± 19.2	39.6 ± 12.3	35.8 ± 9.8	38.1 ± 12.9	40.6 ± 13.4	35.4 ± 8.3	37.7 ± 3.4
Post-grazing	32.9 ± 9.0	28.1 ± 8.5	31.7 ± 6.5	32.9 ± 7.0	31.6 ± 5.8	32.4 ± 7.6	29.5 ± 5.1	30.1 ± 3.0
Post-mowed	22.3 ± 3.1	25.4 ± 7.7	25.2 ± 6.5	25.3 ± 6.6	28.9 ± 12.1	27.3 ± 9.8	23.8 ± 4.9	24.3 ± 2.3
Pasture mass								
kg of dry matter/ha								
Pre-grazing	11,934 ± 1,993	12,628 ± 3,679	12,981 ± 2,359	12,248 ± 1,874	12,701 ± 2,472	13,170 ± 2,568	12,182 ± 1,587	12,622 ± 646
Post-grazing	11,699 ± 1,724	10,774 ± 1,638	11,467 ± 1,244	11,699 ± 1,348	11,458 ± 1,114	11,607 ± 1,452	11,052 ± 970	11,172 ± 575
Post-mowed	9,666 ± 586	10,255 ± 1,468	10,226 ± 1,254	10,242 ± 1,275	10,927 ± 2,315	10,622 ± 1,883	10,606 ± 1,691	9,068 ± 993
kg of dry matter/paddock								
Pre-grazing	1,018 ± 170	1,222 ± 356	1,285 ± 234	1,127 ± 172	1,110 ± 216	1,158 ± 226	998 ± 130	1,150 ± 151
Post-grazing	998 ± 147	1,043 ± 159	1,135 ± 123	1,076 ± 124	1,002 ± 97	1,020 ± 128	905 ± 79	1,016 ± 118
Post-mowed	825 ± 50	993 ± 142	1,012 ± 124	942 ± 117	955 ± 202	934 ± 166	869 ± 54	824 ± 116

Forage allowance, kg of dry matter/d								
Per Cow (563 kg)	48.5 ± 8.1	58.2 ± 17.0	61.2 ± 11.1	53.7 ± 8.2	52.9 ± 10.3	55.1 ± 10.8	47.5 ± 6.2	54.8 ± 7.2
Per 450 kg BW	38.7 ± 6.5	46.5 ± 13.6	48.9 ± 8.9	42.9 ± 6.6	42.2 ± 8.2	44.1 ± 8.6	38.0 ± 4.9	43.8 ± 5.8
Per 100 kg BW	8.6 ± 1.4	10.3 ± 3.0	10.9 ± 2.0	9.5 ± 1.5	9.4 ± 1.8	9.8 ± 1.9	8.4 ± 1.1	9.7 ± 1.3
Pasture intake, kg of dry matter/d								
Per Cow	2.0 ± 2.3	8.5 ± 10.1	7.1 ± 6.9	2.4 ± 2.3	8.3 ± 7.5	6.5 ± 4.9	4.4 ± 2.5	7.5 ± 3.9
Per 450 kg BW	1.6 ± 1.8	6.8 ± 8.1	5.7 ± 5.5	1.9 ± 1.9	6.6 ± 6.0	5.2 ± 3.9	3.5 ± 2.0	6.0 ± 3.2
Per 100 kg BW	0.4 ± 0.4	1.5 ± 1.8	1.3 ± 1.2	0.4 ± 0.4	1.5 ± 1.3	1.2 ± 0.9	0.8 ± 0.4	1.3 ± 0.7
Volumetric density, kg of dry matter/m ³								
Pre-grazing	3.6 ± 0.6	3.7 ± 0.9	3.4 ± 0.4	3.5 ± 0.5	3.4 ± 0.4	3.3 ± 0.5	3.5 ± 0.4	3.5 ± 0.1
Post-grazing	3.7 ± 0.6	4.0 ± 0.7	3.7 ± 0.4	3.6 ± 0.4	3.7 ± 0.4	3.6 ± 0.4	3.8 ± 0.3	3.8 ± 0.2
Post-mowed	4.4 ± 0.3	4.1 ± 0.7	4.1 ± 0.6	4.1 ± 0.6	4.0 ± 0.9	4.0 ± 0.8	3.9 ± 0.7	4.2 ± 0.2
Accumulation ² , kg of dry matter								
Per ha	1,338 ± 1,072	1,046 ± 821	1,464 ± 182	1,153 ± 356	1,608 ± 542	1,173 ± 529	3,352 ± 2,760	1,556 ± 761
Per paddock	114 ± 91	101 ± 79	145 ± 18	106 ± 33	141 ± 47	103 ± 47	275 ± 226	140 ± 66
Pasture intake, kg of dry matter								
Per ha	501 ± 556	1,854 ± 2,190	1,514 ± 1,463	549 ± 534	1,994 ± 1,810	1,564 ± 1,164	1,130 ± 646	1,639 ± 772
Per paddock	43 ± 48	180 ± 212	150 ± 145	51 ± 49	174 ± 158	137 ± 102	93 ± 53	157 ± 83
Grazing efficiency, %								
Intake/Mass	3.8 ± 3.8	12.3 ± 12.7	10.8 ± 8.7	4.1 ± 3.8	13.8 ± 10.3	11.0 ± 7.0	8.9 ± 4.3	12.1 ± 5.1
Intake/Accumulation	18.5 ± 11.6	103.7 ± 101.2	45.4 ± 14.2	20.4 ± 26.4	44.4 ± 13.5	115.5 ± 131.1	48.1 ± 56.3	95.6 ± 61.0

¹Area per 21 cows of 563 kg BW, or per 26 Animal Units of 450 kg, or per 118 animals of 100 kg.

²Average of the pre-grazing measures minus the post-mowed measures from the previous experimental period.

Table 2. Composition of feed ingredients (mean \pm SD of composite samples per period, n = 3).

Item ¹	% of as-fed	% of dry matter						
	DM	CP	NDF	EE	Ash	NFC	uNDF	Starch
Pasture ²	22.7 \pm 0.6	12.7 \pm 1.0	56.8 \pm 3.0	2.1 \pm 0.2	9.2 \pm 0.7	19.2 \pm 3.1	13.5 \pm 0.8	3.2 \pm 0.9
Corn silage	33.2 \pm 1.7	6.4 \pm 1.4	42.2 \pm 4.3	3.4 \pm 0.3	4.5 \pm 0.7	43.7 \pm 2.6	16.3 \pm 0.2	18.4 \pm 0.8
Soybean meal	89.6 \pm 0.6	46.9 \pm 0.3	10.9 \pm 0.3	2.8 \pm 0.2	5.6 \pm 0.2	33.8 \pm 0.7	4.4 \pm 0.5	1.7 \pm 0.4
Ground corn	88.6 \pm 1.8	7.6 \pm 0.3	8.2 \pm 0.4	4.2 \pm 0.2	1.3 \pm 0.6	78.7 \pm 0.2	3.8 \pm 0.2	58.4 \pm 4.6
Ensiled fine corn	63.1 \pm 1.6	9.4 \pm 0.6	9.9 \pm 1.0	2.8 \pm 0.2	1.4 \pm 0.1	76.5 \pm 1.7	4.4 \pm 0.6	61.7 \pm 4.3
Ensiled coarse corn	63.9 \pm 1.0	9.1 \pm 0.5	9.9 \pm 0.3	2.8 \pm 0.1	1.4 \pm 0.1	76.8 \pm 0.3	4.2 \pm 0.2	64.6 \pm 3.0

¹DM = dry matter. CP = crude protein. NDF = neutral detergent fiber. EE = ether extract. NFC = non-fiber carbohydrates = 100 - (CP + NDF + EE + ash). uNDF = undigested neutral detergent fiber (240 h in situ incubation).

²Pasture DM and CP were analyzed on samples collected by hand plucking and other nutrients were analyzed on samples collected with an evacuated rumen cannulated cow.

Table 3. Pasture and total dry matter intake (DMI), digestible organic matter intake (DOMI), lactation performance, milk urea-N (MUN), linear somatic cell count (Ln SCC), and feed efficiency of groups High, Medium, and Low (2 squares, each with 3 cows, per group) on treatments ground corn (GC), ensiled fine corn (FI), and ensiled coarse corn (CO).

Item	Treatment			SEM ¹	Group			SEM ¹	P-value		
	GC	FI	CO		High	Medium	Low		Treat	Group	Treat × Group
	kg/d										
Pasture intake	7.5	6.3	7.2	0.54	8.0	6.7	6.2	0.70	0.16	0.20	0.54
DMI	18.1 ^a	16.7 ^b	17.7 ^{ab}	0.54	19.7 ^a	17.2 ^{bA}	15.5 ^{bB}	0.70	0.09	< 0.01	0.53
DOMI	10.6 ^a	9.6 ^b	9.9 ^{ab}	0.40	11.3 ^a	10.0 ^b	8.7 ^c	0.53	0.10	0.01	0.28
Milk	18.9	19.4	19.4	0.73	25.4 ^a	17.7 ^{bA}	14.5 ^{bB}	1.15	0.54	< 0.01	0.47
ECM ²	16.6	16.9	17.0	0.62	21.0 ^a	16.0 ^{bA}	13.4 ^{bB}	0.93	0.77	< 0.01	0.83
4% FCM ³	16.0	16.2	16.4	0.61	20.3 ^a	15.3 ^{bA}	12.9 ^{bB}	0.91	0.73	< 0.01	0.87
Fat	0.552	0.564	0.576	0.0267	0.680 ^a	0.548 ^b	0.464 ^b	0.0398	0.60	< 0.01	0.97
Protein	0.561	0.576	0.569	0.0194	0.702 ^a	0.551 ^b	0.453 ^c	0.0302	0.61	< 0.01	0.29
Lactose	0.840	0.868	0.862	0.0337	1.147 ^a	0.787 ^{Ba}	0.637 ^{bB}	0.0528	0.50	< 0.01	0.62
Total solids	2.134	2.171	2.195	0.0770	2.761 ^a	2.053 ^b	1.686 ^c	0.1199	0.59	< 0.01	0.42
	%										
Fat	2.99	2.94	3.05	0.121	2.68	3.06	3.24	0.195	0.33	0.15	0.79
Protein	3.05	3.12	3.00	0.097	2.78 ^{bB}	3.22 ^a	3.17 ^{abA}	0.146	0.37	0.10	0.57
Lactose	4.43	4.44	4.43	0.051	4.51	4.42	4.37	0.077	0.98	0.44	0.88
Total solids	11.43	11.34	11.45	0.194	10.90	11.64	11.69	0.330	0.17	0.19	0.80
MUN, mg/dL	13.5	14.6	14.0	0.79	13.7	15.6	12.8	1.12	0.44	0.24	0.12
Ln SCC, ⁴ 1 to 9	3.03	3.37	3.36	0.318	3.07	4.03	2.65	0.496	0.32	0.16	0.26
Milk/DMI	1.03 ^b	1.18 ^a	1.08 ^b	0.050	1.31 ^a	1.04 ^b	0.94 ^b	0.078	< 0.01	0.01	0.97
Milk/DOMI	1.78 ^b	2.12 ^a	1.95 ^{ab}	0.117	2.27 ^a	1.72 ^b	1.64 ^b	0.133	0.02	0.06	0.97
ECM/DMI	0.90 ^b	1.03 ^a	0.95 ^b	0.045	1.09 ^a	0.94 ^b	0.86 ^b	0.069	< 0.01	0.09	0.97
ECM/DOMI	1.55 ^b	1.86 ^a	1.72 ^{ab}	0.079	1.89 ^a	1.54 ^b	1.50 ^b	0.123	0.05	0.08	0.94

¹Standard error of the means.

²ECM = Energy-corrected milk.

³4% FCM = Fat-corrected milk.

⁴Equivalency of the linear SCC: 3.03 = 102.000 cells/mL, 3.37 = 129.000 cells/mL, 3.36 = 128.000 cells/mL, 3.07 = 105.000 cells/mL, 4.03 = 204.000 cells/mL and 2.65 = 78.5000 cells/mL.

^{a-c}Means in a row within factor with differing superscripts differ at $P \leq 0.05$ by Tukey-Kramer.

^{A-B}Means in a row within factor with differing superscripts differ at $P \leq 0.10$ by Tukey-Kramer.

Table 4. Ingredient and nutrient composition (% of dry matter) of the consumed diets fed to high, medium, and low producing cows on treatments ground corn (GC), ensiled fine corn (FI), and ensiled coarse corn (CO).

Item	High			Medium			Low		
	GC	FI	CO	GC	FI	CO	GC	FI	CO
Pasture	40.8	38.7	42.6	42.6	33.6	38.5	39.8	39.5	40.4
Corn silage	13.5	14.2	13.3	14.4	16.9	15.6	17.2	17.6	17.2
Soybean meal	13.4	14.2	13.3	12.9	15.1	14.0	12.0	12.2	12.0
Ground corn	30.5			28.3			28.8		
Ensiled fine corn		31.1			32.1			28.4	
Ensiled coarse corn			29.1			29.8			28.1
Premix ¹	1.8	1.9	1.8	1.9	2.3	2.1	2.3	2.3	2.3
Crude protein	14.7	15.4	15.1	14.5	15.5	15.1	13.9	14.5	14.4
Neutral detergent fiber (NDF)	32.8	32.6	34.1	34.0	31.0	32.9	33.5	34.0	34.3
Ether extract	3.0	2.6	2.5	2.9	2.6	2.6	3.0	2.6	2.5
Ash	7.3	7.3	7.4	7.6	7.4	7.5	7.8	7.8	7.9
Non-fiber carbohydrates ²	42.3	42.2	40.8	41.1	43.5	41.8	41.8	41.1	40.9
Starch	21.8	23.3	22.9	20.8	24.3	23.6	21.5	22.2	22.9
Pasture NDF	23.2	22.0	24.2	24.2	19.1	21.9	22.6	22.4	22.9
Silage NDF	5.7	6.0	5.6	6.1	7.1	6.6	7.2	7.4	7.3
Forage NDF	28.9	27.9	29.8	30.2	26.2	28.4	29.8	29.8	30.2

¹19.0% Ca; 6.0% P; 4.3% Mg; 0.2% S; 15 mg/kg Co; 700 mg/kg Cu; 3,730 mg/kg Mn; 2,500 mg/kg Zn; 19 mg/kg Se; 40 mg/kg I; 200k IU/kg vitamin A; 50k IU/kg vitamin D, 1,500 IU/kg vitamin E.

²NFC = 100 - (CP + NDF + ether extract + ash).

Table 5. Particle size distribution, geometric mean particle size (GMPS), particles per gram, surface area, ruminal in situ dry matter degradation over time (Deg), effective ruminal degradation (ERD), fractional degradation rate (kd), silage pH and dry matter concentration (DM) of ground corn (GC, n =9), and fine corn (Fine) and coarse corn (Coarse) before and after ensiling (n = 18/treatment).

Item	GC	Before ensiling		After ensiling		SEM ¹	P-value
		Fine	Coarse	Fine	Coarse		
Particle size							
% of particles on sieve μm							
4,750	0.0 ^c	1.6 ^{ab}	1.3 ^b	1.9 ^a	2.0 ^a	0.82	< 0.01
2,830	0.0 ^c	3.1 ^b	14.0 ^a	3.3 ^b	14.3 ^a	0.58	< 0.01
1,400	1.5 ^e	47.2 ^c	53.5 ^a	41.0 ^d	50.0 ^b	0.82	< 0.01
1,000	5.6 ^c	20.0 ^a	12.5 ^b	19.8 ^a	12.5 ^b	0.37	< 0.01
600	26.7 ^a	18.6 ^{bB}	11.9 ^c	20.9 ^{bA}	12.9 ^c	0.73	< 0.01
250	33.6 ^a	7.4 ^c	5.1 ^d	10.3 ^b	6.2 ^{cd}	0.58	< 0.01
Pan	32.7 ^a	2.1 ^{Bc}	1.7 ^c	2.7 ^{bA}	2.0 ^c	0.18	< 0.01
GMPS ² , μm	366 ^d	1,364 ^b	1,694 ^a	1,258 ^c	1,648 ^a	25.7	< 0.01
Particles ² , /g	318,308 ^a	2,086 ^b	1,083 ^b	3,652 ^b	1,520 ^b	1,643	< 0.01
Surface area ² , cm^2/g	45.0 ^a	27.3 ^c	24.6 ^d	28.7 ^b	25.3 ^d	0.26	< 0.01
Ruminal degradation							
% of dry matter							
Deg 0 h	21.0 ^a	15.3 ^b	13.0 ^b	23.2 ^a	22.6 ^a	1.10	< 0.01
Deg 3 h	25.4	19.0	18.2	23.8	22.5	1.99	0.17
Deg 6 h	27.2 ^{ab}	23.6 ^b	23.7 ^b	31.2 ^a	28.8 ^{ab}	1.99	< 0.01
Deg 18 h	45.1 ^{abA}	36.6 ^{bcB}	34.3 ^c	49.3 ^a	47.8 ^a	1.76	< 0.01
Deg 48 h	79.5 ^{ab}	75.5 ^{bc}	71.9 ^c	83.6 ^a	79.2 ^{ab}	1.66	< 0.01
ERD ³	42.7 ^{abA}	37.6 ^{bcB}	34.5 ^c	46.2 ^a	44.0 ^a	1.12	< 0.01
kd of fraction B, %/h	2.53 ^{abc}	2.34 ^{bc}	2.12 ^c	2.86 ^a	2.54 ^{ab}	0.119	< 0.01
pH				3.89	3.94	0.02	0.17
DM, % of as-fed		63.4	63.0	63.7	63.3	0.20	0.16

¹Standard error of the means.

²Kansas State University: MF-2051. Baker and Herrman (2002).

³Effective ruminal degradation = $A + B \times [\text{kd}/(\text{kd} + \text{kp})]$. kp = fractional passage rate (6.5%/h).

^{a-c}Means in a row with differing superscripts differ at $P \leq 0.05$ by Tukey-Kramer.

^{A-B}Means in a row with differing superscripts differ at $P \leq 0.10$ by Tukey-Kramer.

Table 6. Total-tract apparent digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), neutral detergent fiber (NDF), and starch, fecal viscosity and starch concentration, and plasma urea-N (PUN) and glucose concentrations of groups High, Medium, and Low (2 squares, each with 3 cows, per group) on treatments ground corn (GC), ensiled fine corn (FI), and ensiled coarse corn (CO).

Item	Treatment			SEM ¹	Group			SEM ¹	P-value ²		
	GC	FI	CO		High	Medium	Low		Treat	Group	Treat × Group
Digestibility, % of intake											
DM	57.5 ^a	58.1 ^a	55.7 ^b	0.66	57.1	57.8	56.4	0.67	0.03	0.34	0.77
OM	60.7 ^a	61.0 ^a	58.6 ^b	0.64	59.9	61.0	59.5	0.74	0.01	0.36	0.25
NDF	45.6 ^b	48.9 ^{aA}	45.9 ^{abB}	1.17	47.5	46.5	46.4	1.22	0.09	0.81	0.51
Starch	92.6 ^a	92.0 ^a	86.3 ^b	1.04	87.8 ^b	91.6 ^a	91.6 ^a	1.04	< 0.01	0.01	0.16
Fecal viscosity, cP	33.4	36.2	33.2	2.39	37.5	33.0	32.4	2.39	0.61	0.27	0.34
Fecal starch, % of DM	3.6 ^b	4.4 ^b	7.0 ^a	0.49	6.4 ^a	4.5 ^b	4.1 ^b	0.49	< 0.01	< 0.01	0.18
Glucose, mg/dL	70.8 ^b	75.7 ^a	74.3 ^a	1.00	73.1	74.7	72.9	1.13	< 0.01	0.49	0.13
PUN, mg/dL	22.0	21.7	22.2	1.01	22.2	22.4	21.3	1.01	0.93	0.71	0.75

¹Standard error of the means.

²Glucose and PUN: Samples obtained 0500, 1000, and 1400 h. $P \geq 0.26$ for time, and $P \geq 0.27$ for the interaction between treatment, group, and time.

^{a-b}Means in a row within factor with differing superscripts differ at $P \leq 0.05$ by Tukey-Kramer.

^{A-B}Means in a row within factor with differing superscripts differ at $P \leq 0.10$ by Tukey-Kramer.

Table 7. Ruminal volatile fatty acids (VFA), pH, and ammonia-N on treatments ground corn (GC), ensiled fine corn (FI), and ensiled coarse corn (CO) (data from 1 square of 3 rumen-cannulated cows). Sampling times were 0500, 1000, and 1400 h.

Item	Treatments			SEM ¹	P-value		
	GC	FI	CO		Treat	Time	Treat × Time
VFA, mM							
Acetate	64.4	62.2	64.7	4.37	0.88	0.36	0.51
Propionate	26.6	25.2	28.4	4.23	0.72	0.22	0.77
Butyrate	9.8	10.1	9.9	0.50	0.96	0.34	0.52
Isobutyrate	1.1	1.1	1.1	0.09	0.99	0.38	0.52
Valerate	1.3	1.3	1.8	0.14	0.29	0.36	0.80
Isovalerate	2.0	2.1	2.3	0.17	0.86	0.46	0.51
Total VFA	105.3	102.2	108.1	6.82	0.81	0.32	0.57
VFA, % of total molar							
Acetate	61.4	61.7	61.2	2.64	0.90	< 0.01	0.77
Propionate	25.0	23.9	24.9	2.75	0.73	0.01	0.99
Butyrate	9.3	10.0	9.3	0.53	0.62	0.36	0.96
Isobutyrate	1.1	1.1	1.1	0.06	0.88	< 0.01	0.89
Valerate	1.3	1.3	1.5	0.24	0.58	0.97	0.93
Isovalerate	2.0	2.1	2.1	0.15	0.78	0.12	0.78
Acetate/Propionate	2.52	2.66	2.72	0.359	0.22	< 0.01	0.73
pH	6.06	6.13	6.06	0.16	0.99	< 0.01	0.58
Ammonia-N, mg/dL	16.0	15.2	15.1	4.15	0.52	0.37	0.45

¹Standard error of the means

FIGURES

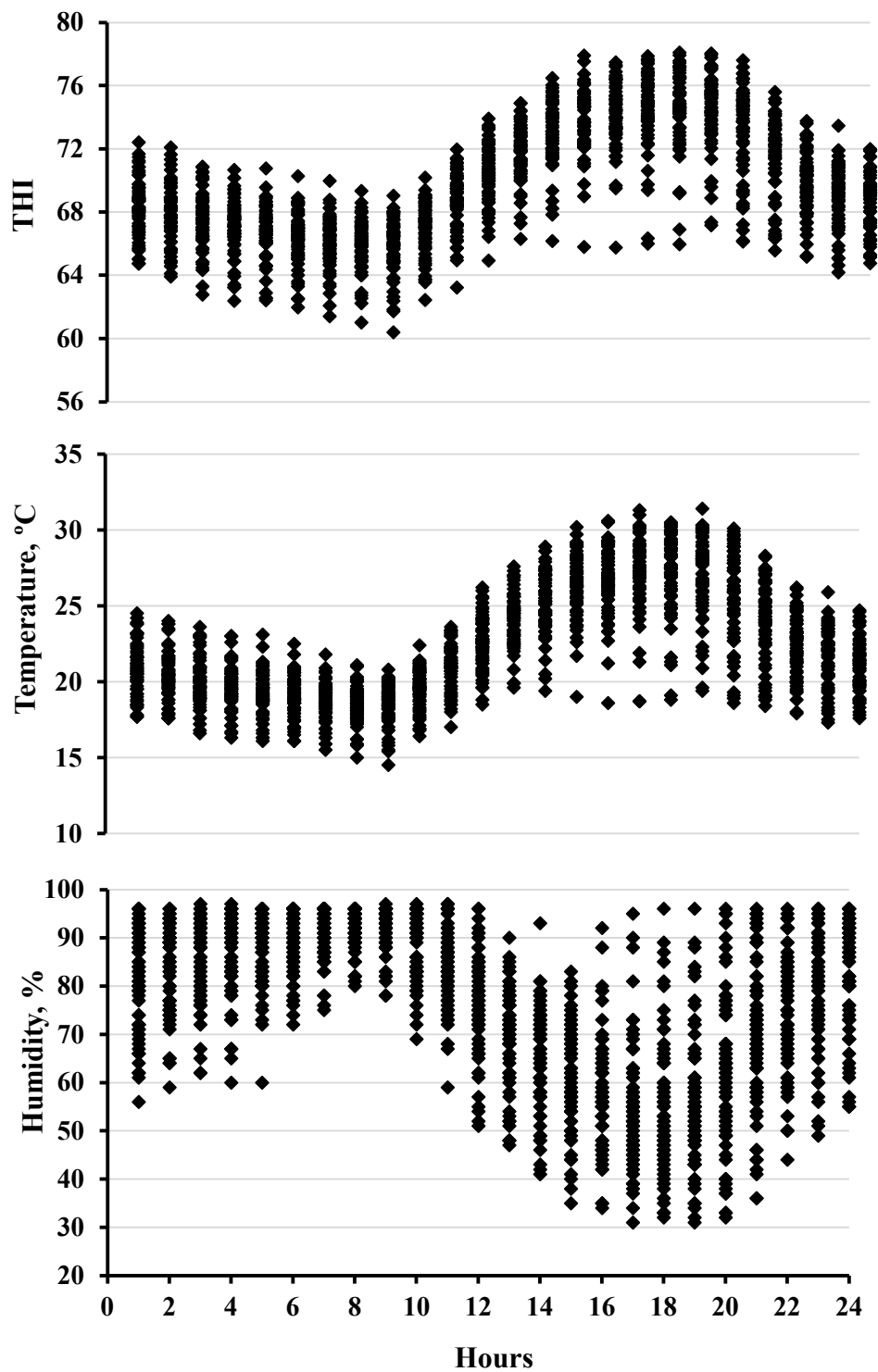


Figure 1. Temperature-Humidity Index (THI), temperature, and humidity during the experiment. 1483 recordings at 1-hour intervals. Temperature: 22.3 ± 3.6 °C (mean \pm SD). Humidity: $76.0 \pm 7.8\%$. THI: 69.8 ± 3.6 .

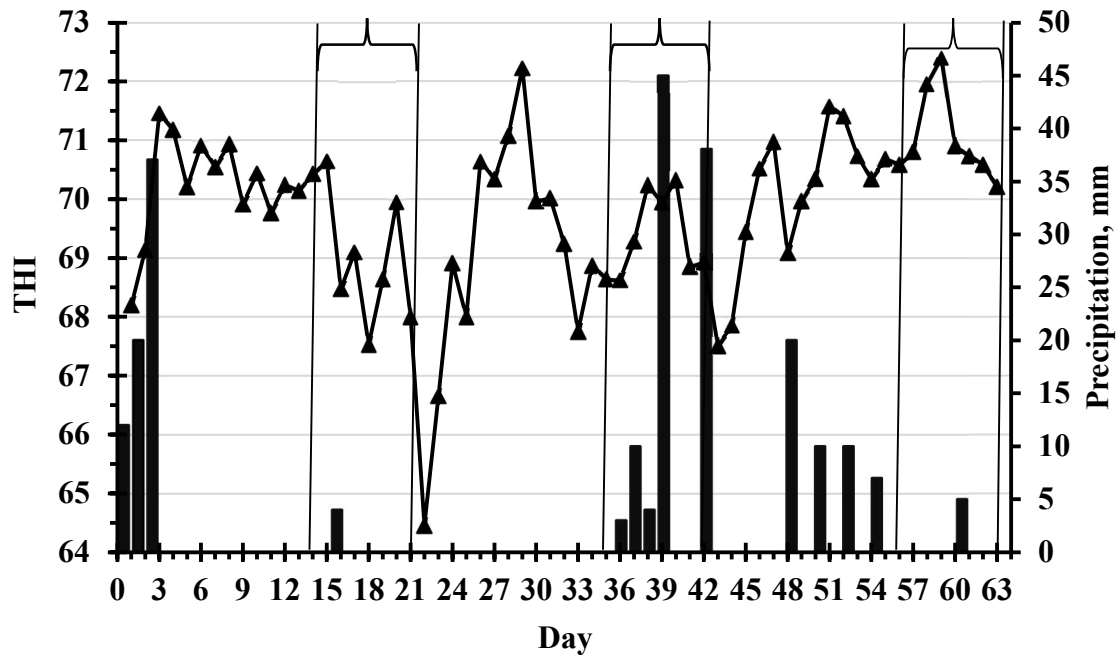


Figure 2. Daily mean Temperature-Humidity Index (THI ▲) and precipitation (■) during the experiment. THI: 69.8 ± 1.4 (mean \pm SD). Precipitation: 16.1 ± 14.1 mm. Days of data collection on each experimental period are shown in brackets.

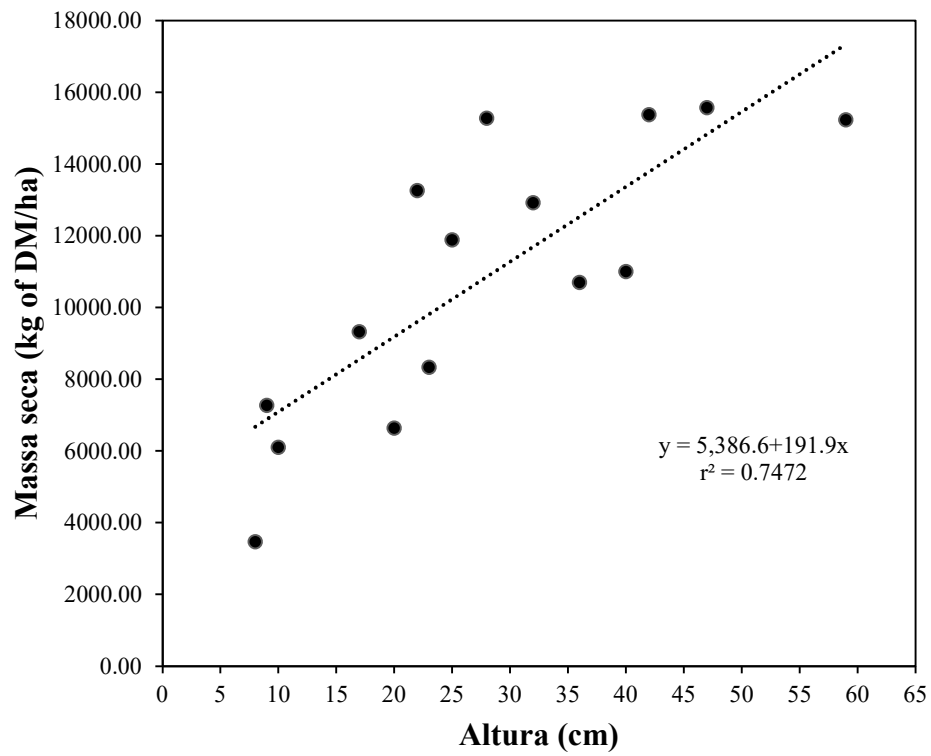


Figure 3 Linear regression for prediction of dry pasture mass (kg of DM/ha) based on disk meter height (cm).

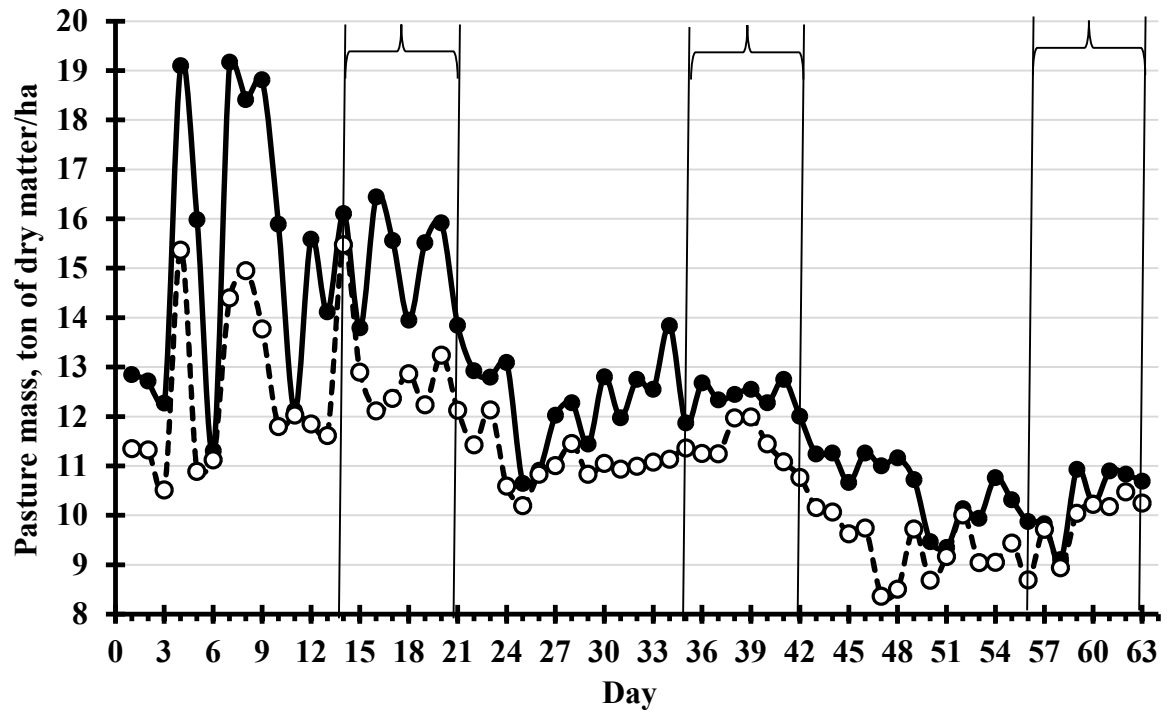
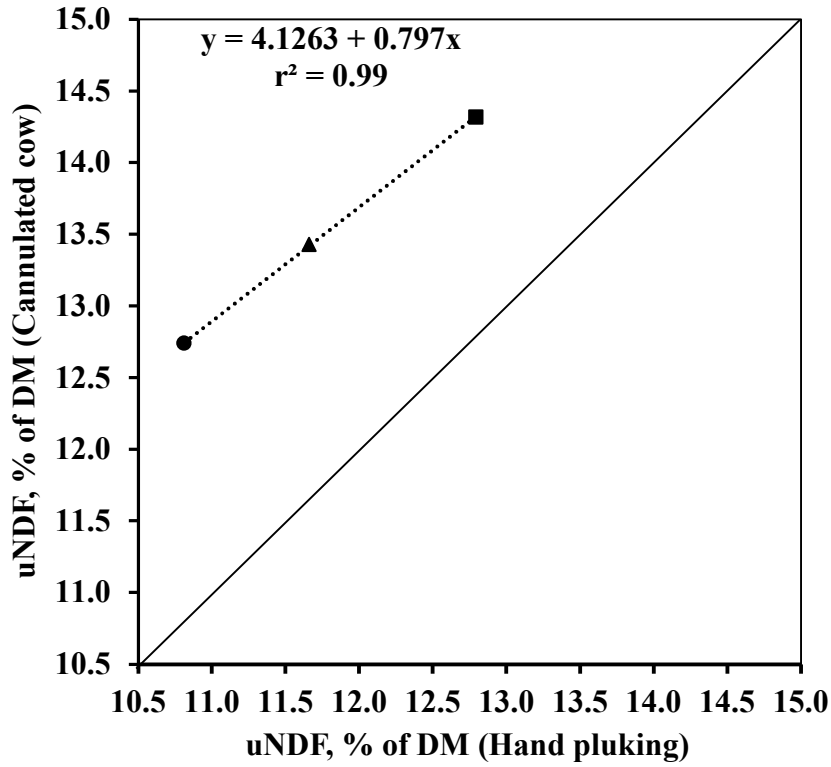
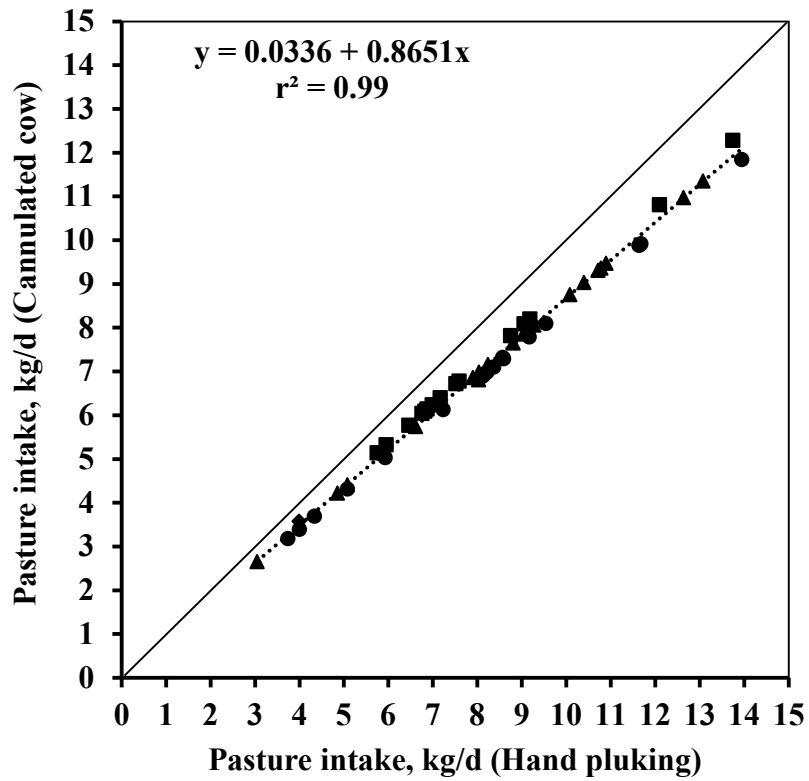


Figure 4. Pasture mass pre-grazing (—●—) and post-grazing (---○---) during the experiment. Days of data collection on each experimental period are shown in brackets.



A



B

Figure 5. Pasture intake estimated with undigested neutral detergent fiber analyzed with pasture samples collected by hand plucking or by a cow with evacuated rumen (■ 1 period; ▲ 2 period; ● 3 period).