

# MILHETO COMO SILAGEM COMPARADO A GRAMÍNEAS TRADICIONAIS: ASPECTOS QUANTITATIVOS, QUALITATIVOS E ECONÔMICOS

## *MILLET SILAGE COMPARED TO TRADITIONAL GRASSES: QUANTITATIVE, QUALITATIVE, AND ECONOMIC CHARACTERISTICS*

Reginaldo Jacovetti<sup>1</sup>

Aldi Fernandes de Souza França<sup>1</sup>

Roberta Aparecida Carnevalli<sup>2</sup>

Eliane Sayuri Miyagi<sup>1</sup>

Ludmilla Costa Brunet<sup>1</sup>

Daniel Staciarini Corrêa<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil.

<sup>2</sup>EMBRAPA Agrossilvopastoril, Sinop, MT, Brasil.

\*Autor para correspondência — [daniel.staciarini@hotmail.com](mailto:daniel.staciarini@hotmail.com)

### Resumo

Foram avaliados a composição morfológica, os parâmetros agronômicos, a produção de massa seca das plantas forrageiras utilizadas para o processo de ensilagem, bem como a caracterização do processo fermentativo, em diferentes tempos de abertura dos mini-silos (3, 7, 15, 30, 60, 120 dias) após a ensilagem. Procedeu-se também às determinações das perdas de efluentes e gases, além da composição bromatológica e fracionamento de proteína das silagens. Também foi estimado o custo de produção e a produção de leite em função da matéria seca das silagens produzidas a partir de diferentes gramíneas. As espécies forrageiras avaliadas foram: milheto ADR-7010, sorgo BRS 610, milho AG 5055 com espiga, milho AG 5055 sem espiga e cana-de-açúcar IAC 86-2480. Foram observadas diferenças significativas tanto para produção, quanto composição bromatológica e custos de produção. O milheto não se mostrou competitivo com as demais forrageiras; entretanto, constitui opção como cultura de inverno em decorrência de sua baixa exigência hídrica quando comparado às demais culturas.

**Palavras-chave:** composição bromatológica; CNCPS; custos de produção; gramíneas; produção de massa seca.

### Abstract

In this assay, we evaluated morphological composition, agronomic parameters, dry matter yield, and the silage fermentative process from pearl millet, sorghum, and corn plant with or without ears within different silos opening times (3, 7, 15, 30, 60, and 120 days). Effluent and gas release from silages were also evaluated besides its chemical composition and protein fractioning. Production costs of all silages were estimated. We also estimate milk production according to different silages dry matter production. Evaluated cultivars were, ADR-7010 (pearl millet), BRS-610 (sorghum), AG-5055 (corn), and IAC-86-2480 (sugarcane). Significant differences were observed for both production as well as chemical composition and production costs. Pearl millet did not prove to be competitive when

compared with other forages. However, as winter crop, pearl millet could be profitable due to the low water exigencies when compared to the other crops.

**Keywords:** chemical composition; CNCPS; dry matter yield; grasses; production costs.

Recebido em: 21 de setembro de 2013.

Aceito em: 06 de julho de 2018

## Introdução

Em virtude da vasta gama de plantas forrageiras que podem ser conservadas na forma de silagem, a decisão acerca da escolha da espécie forrageira mais adequada a cada situação é, muitas vezes, difícil de ser tomada. Neste contexto, surge o milheto forrageiro como uma das alternativas, principalmente quando comparado com as culturas padrão milho e sorgo, por se tratarem de culturas que apresentam alto custo de implantação e menor resistência ao estresse hídrico<sup>(1)</sup>. O milheto forrageiro (*Pennisetum glaucum*) é uma planta anual de verão, de alto valor nutritivo e grande capacidade de se adaptar aos solos ácidos, os quais são inadequados para o cultivo das culturas “padrão”, apresenta facilidade de implantação quando semeado no fim do verão e princípio do outono, curto ciclo fenológico, além de se ter a possibilidade de cultivo como segunda safra justificando, portanto, seu uso no processo da ensilagem, quando comparado às culturas tradicionalmente utilizadas, tais como milho, sorgo e cana-de-açúcar<sup>(2)</sup>.

O milheto pode propiciar silagem de qualidade satisfatória, com custos inferiores às silagens de culturas padrão em virtude de sua baixa exigência hídrica e de fertilidade do solo e, além dessas características, ainda apresenta rebrota espontânea após corte, possibilitando a opção de pastejo direto pelos animais e proteção do solo contra as intempéries<sup>(3)</sup>. O objetivo deste trabalho foi avaliar o milheto comparando-o às culturas de milho e sorgo, em relação à composição morfoanatômica, o padrão fermentativo das silagens produzidas e estimar o custo de produção e a produção de leite em função da matéria seca das silagens produzidas.

## Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal de Goiás (UFG) no município de Goiânia-GO e na Embrapa Arroz e Feijão, distante 12 km da Universidade. O solo da área experimental é classificado como Latossolo Vermelho distrófico<sup>(4)</sup>. O ano safra foi 2010/2011 e as áreas de produção apresentam topografia plana. As gramíneas avaliadas foram: (1) milheto cv. ADR 7010, espaçamento de 0,50 m, entre linhas, utilizando-se uma taxa de semeadura de 20 sementes puras viáveis (SPV) por metro linear. A adubação de formação consistiu na aplicação de: (fósforo + nitrogênio - 133 kg/ha e KCl - 51 kg/ha) e para adubação de cobertura 100 kg/ha de ureia agrícola; (2) sorgo BRS 610, espaçamento de 0,70 m, entre linhas, adotando-se taxa de semeadura de 16 SPVs por metro linear, com aplicação de 250 kg/ha da fórmula 05:25:15 e 125 kg de KCl/ha, na formação e para adubação de cobertura 205 kg/ha de ureia agrícola; (3) milho AG 5055, espaçamento de 0,90 m, entre linhas, com 4 a 5 sementes por metro linear. Na adubação de formação, foi utilizada a fórmula 05:25:15, com a aplicação de 380 kg/ha e para adubação de cobertura 222 kg/ha de ureia agrícola e (4) cana-de-açúcar cultivar IAC 86-2480, de ciclo intermediário, com espaçamento entre linhas de um metro. O experimento foi dividido em três fases de avaliação (quantitativa, qualitativa e econômica).

Foi avaliado o desempenho de milheto em relação à produção de massa de forragem e composição morfológica, comparada com opções de forrageiras utilizadas para silagem (milho, milho sem espiga e sorgo). O estande foi determinado pela contagem do número de plantas nos locais determinados para corte da forragem para produção de matéria seca. Os estandes de plantas de milho e sorgo foram obtidos em quatro metros lineares, em quatro pontos da área de produção. Entretanto, no caso do milheto, em virtude da menor quantidade de massa para fins de avaliação foram coletados 12 metros lineares em quatro pontos da área cultivada. Após o corte, as amostras foram identificadas e levadas ao laboratório, pesadas e divididas em duas subamostras: a primeira, de aproximadamente quatro plantas homogêneas, foi utilizada para determinação da composição anatômica (lâmina foliar, colmo, panícula e/ou espiga); a segunda subamostra foi retirada após a trituração da forragem para a ensilagem em minissilos experimentais. O material estratificado em componentes da primeira subamostra foi levado à estufa de ventilação forçada a 65 °C durante 72 horas para determinação da matéria pré-seca. Para o cálculo da produção por hectare, foi considerado o espaçamento utilizado para as diferentes plantas e o cálculo dos componentes foi realizado pela proporção do peso de cada componente em relação à soma do total. O milho foi cortado quando as plantas atingiram o chamado “ponto farináceo duro”, enquanto o sorgo foi ensilado no estágio “pastoso”. O milheto foi cortado quando a planta forrageira alcançou, em média, 22 a 24% de matéria seca, sendo este teor determinado em laboratório pela técnica que utiliza o forno de micro-ondas<sup>(5)</sup>.

O material coletado no campo para avaliação da produção de forragem foi picado (partículas entre 1 e 2 cm) para enchimento dos minissilos. Os silos experimentais de PVC possuíam tampas e fundos móveis fixados por abraçadeiras. A tampa era dotada de válvula de Bunsen que permitia o escape dos gases produzidos no processo fermentativo, porém, impedia a entrada de ar no interior do silo. No fundo de cada silo experimental foram colocados 1kg de areia, separados da forragem por uma camada de tecido de algodão, de maneira que fosse possível medir a quantidade de efluentes produzida. A abertura dos silos ocorreu aos 3, 7, 15, 30, 60, 120 dias após o fechamento. Por ocasião da abertura, os silos previamente eleitos foram pesados para obtenção dos valores de perdas de gases por diferença de peso. A silagem produzida foi amostrada para realização das análises químico-bromatológicas. As amostras destinadas a determinação do teor de matéria pré-seca foram pesadas, colocadas em estufa de circulação de ar a 65 °C, durante 72 horas e, posteriormente, pesadas novamente. Parte da silagem produzida foi congelada para posterior determinação do pH. As amostras, após secagem em estufa de ventilação forçada a 65 °C até atingir peso constante, foram moídas em moinhos com peneira de um milímetro, colocadas em recipientes de polietileno, identificadas e armazenadas para posteriores análises. As perdas de matéria seca por gases foram avaliadas nos seis períodos de abertura dos silos pela diferença entre o peso no momento da abertura o silo e o peso inicial. As perdas por efluentes foram obtidas pelo peso de retenção de efluentes na areia. As análises bromatológicas determinaram os teores de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) conforme os métodos recomendados por Detmam et al.<sup>(6)</sup>. Determinou-se também o fracionamento da proteína nas amostras de silagem de milheto, sorgo e de milho com e sem espiga. As determinações de nitrogênio não protéico (NNP), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e em detergente ácido (NIDA), foram realizadas segundo a metodologia descrita por Licitra et al.<sup>(7)</sup> e o nitrogênio solúvel (NS), de acordo com Krishnamoorthy et al.<sup>(8)</sup>. Foram calculadas as frações de proteína com base na metodologia adotada para o Cornell Net Carbohydrate and Protein System<sup>(9)</sup>. A proteína foi calculada para cinco frações, A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, em porcentagem da matéria seca. A fração “A” constituída de nitrogênio não protéico (NNP), que é de alta digestibilidade no rúmen, foi determinada pela diferença entre o N total e o N insolúvel em ácido tricloroacético (TCA). A fração “B<sub>1</sub>”, que é referente às proteínas solúveis rapidamente degradadas no rúmen (albumina e globulina), foi obtida pela diferença entre o nitrogênio solúvel em tampão borato fosfato (TBF) menos o NNP. A fração “B<sub>2</sub>”, com taxa de degradação intermediária (maioria das albuminas e glutelinas) e B<sub>3</sub>, constituídas pelas proteínas insolúveis com taxa de degradação intermediária

e lenta no rúmen (prolaminas, extensinas e desnaturadas), foram determinadas pela diferença entre a fração insolúvel em TBF e NIDN e o NIDN, menos o NIDA, respectivamente. A fração “C”, constituída de proteínas insolúveis e indigeríveis no rúmen e intestinos, foi determinada pelo NIDA<sup>(9)</sup>.

Os tratamentos foram compostos por cinco opções de forragem: (milheto, milho, milho sem espiga, sorgo e cana-de-açúcar), associadas a seis períodos de abertura (3, 7, 15, 30, 60, 120 dias) e quatro repetições, num delineamento inteiramente casualizado, totalizando 120 silos experimentais. Os dados foram analisados com o auxílio do software R<sup>(10)</sup>. O processo de análise da variância e as médias foram comparados pelo teste de Tukey considerando um nível de significância de 5%.

Foi analisado o custo de produção de silagem de milheto comparado ao das outras forrageiras. Para avaliação do custo de produção, foram consideradas as atividades de preparo de solo, em função dos respectivos gastos em hora-máquina, os custos com fertilizantes, sementes, herbicidas e/ou inseticidas e pulverizações, quando utilizados, e custo da colheita e do processo de ensilagem. Foram considerados neste estudo apenas os custos operacionais do processo. Os custos foram demonstrados por hectare e por tonelada de matéria seca produzida e, posteriormente, transformados em base de litros de leite.

## Resultados e discussão

Sorgo e milheto obtiveram maior número de plantas por metro linear e, conseqüentemente, maior estande de plantas que o milho ( $P < 0,05$ ) (Tabela 1). O maior estande foi observado para o milheto forrageiro com 237 mil plantas, enquanto o milho apresentou o menor estande, 60 mil plantas/ha. Apesar do maior estande obtido na cultura do milheto, essa foi a que apresentou o menor peso por planta (175 g), não diferindo do sorgo que apresentou plantas com 418 g, em média. O milho integral apresentou maior peso médio por planta, 803 g, demonstrando a relação inversa que existe entre densidade de plantas e peso por planta. A produção de forragem é uma relação entre o número de plantas por área e o peso por planta, dessa forma, o sorgo apresentou a maior produção de forragem em relação às demais (Tabela 1).

O milho integral e o sorgo apresentaram as maiores produções de MS seguidos pelo milho sem espiga que se assemelhou à produção de MS do milheto. Paziani et al.<sup>(11)</sup> recomendam que a planta de milho seja colhida nos intervalos de 30% a 35% de MS para confecção de silagens, pois a porcentagem de MS e de grãos na silagem de milho é afetada substancialmente pelo estágio de desenvolvimento em que a planta de milho é colhida, além da cultivar utilizada. A produção de MV do sorgo foi superior ( $P < 0,05$ ) à das demais forrageiras que apresentaram produções semelhantes (Tabela 1).

Guareschi et al.<sup>(12)</sup> obtiveram produções de MS de sorgo variando de 12,3 a 20,5 t/ha, conforme a cultivar utilizada, enquanto Atis et al.<sup>(13)</sup>, para o sorgo colhido no estágio pastoso, verificaram produções de 4,5 a 20,6 t/ha, dependendo da cultivar e nível de adubação.

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em relação à composição morfológica das plantas avaliadas (Tabela 2).

**Tabela 1.** Valores médios dos parâmetros agronômicos: plantas por metro linear (Pl/m), estande (Pl/ha), peso por planta (kg), produção de massa verde (PMV) (kg/ha), teor de matéria seca (MS) (%) e produção de massa seca (PMS) (kg/ha) determinados nas espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem

FORAGEIRA	Pl/m	Estande (Pl/ha)	Peso por planta (kg)	PMV (kg/ha)	MS (%)	PMS (kg/ha)
Milheto	11,9 a	237.083 a	0,175 b	40.796 b	23,8 b	9.709 b
Milho CE	5,6 b	62.500 c	0,803 a	50.208 b	40,0 a	20.083 a
Milho SE	5,3 b	58.333 c	0,672 a	39.195 b	31,4 a	12.307 b
Sorgo	10,2 a	145.538 b	0,418 ab	60.430 a	24,4 b	14.745 ab

Milho CE: milho integral; Milho SE: milho sem espigas.

Médias na mesma coluna precedidas por letras iguais não diferem entre si (P<0,05).

**Tabela 2.** Valores médios da composição morfológica: folhas verdes (FV), folhas mortas (FM), colmo (COL) e panículas/espigas (PAN/ESP) das espécies forrageiras utilizadas para produção de silagem

FORAGEIRAS	% FV	% FM	% colmo	% pan/esp
Milheto	52,3 a	2,2 a	35,9 b	9,6 c *
Milho integral	15,0 c *	1,3 a	48,1 b *	35,5 a
Milho s/espiga	26,4 b	2,8 a	70,8 a	0,0 d
Sorgo	14,4 c	3,4 a	62,3 a	19,9 b

Médias na mesma coluna precedidas por letras iguais não diferem entre si (P<0,05) \* P<0,07.

O milheto foi a cultura que apresentou maior proporção de folhas verdes, com valor médio de 52,3%, o dobro de folhas apresentada pelo milho sem espiga, enquanto o milho integral (15%) e o sorgo (14,4%) se equivaleram (Tabela 2). Foram observadas diferenças (P<0,05) nas proporções de colmo. O milho sem espiga e o sorgo se equivaleram em suas participações, com médias de 70,8 e 62,3%, respectivamente, superando o milho integral (48,1%) e milheto, (35,9%) (Tabela 2). Diferentes cultivares de sorgo analisadas apresentaram 78 a 80% de colmos na composição da silagem, sendo que esta fração variou com a altura da planta. Atis et al.<sup>(13)</sup> verificaram que, quanto mais alta a cultivar se apresentava no momento da colheita, menor a proporção de folhas na silagem. A proporção de colmos na planta forrageira destinada a ensilagem tem importância fundamental na nutrição e alimentação animal, tendo em vista a baixa digestibilidade apresentada por essa estrutura das plantas, que é caracterizada pela grande presença de carboidratos estruturais de baixo aproveitamento em nível de rúmen. Portanto, a determinação do momento ideal de corte da forrageira destinado ao processo da ensilagem torna-se imprescindível, como um dos fatores responsáveis pela produção de silagem de boa qualidade.

A presença de grãos na planta forrageira destinada ao processo da ensilagem deve ser analisada sob dois aspectos: a) a concentração de carboidratos solúveis em água, principal substrato para a produção de ácido láctico, ao qual cabe a responsabilidade da redução do pH, fazendo com que o processo fermentativo transcorra de forma adequada e b) a proporção de grãos que, por apresentarem alto grau de digestibilidade, devem estar presentes na maior proporção possível por ocasião da ensilagem. Para Moraes et al.<sup>(14)</sup>, os valores de proporção de espiga em diferentes cultivares de milho variaram entre 34 e 44%. Além do mais, deve-se ainda destacar que a presença dos grãos está diretamente relacionada com a maior capacidade fermentativa e valor nutricional da silagem produzida.

Estudos conduzidos com milho por Islam et al.<sup>(15)</sup>, com milho e milheto por Moreira et al.<sup>(16)</sup>, com sorgo

por Atis et al.<sup>(13)</sup> e Silva et al.<sup>(17)</sup> e com milheto por Simão et al.<sup>(18)</sup> demonstram que a composição morfológica dessas plantas, no momento da ensilagem, depende de fatores como cultivar, época de semeadura, precipitação pluviométrica, altura da planta e estágio de maturação. Ainda, foi verificado que a adubação não exerceu influência direta sobre estas características<sup>(11,14)</sup>.

Os teores de MS do material original diferiram ( $P < 0,05$ ) entre as plantas forrageiras avaliadas, com variação de 40,0%, no milho integral, a 23,8%, no milheto. Trevisoli et al.<sup>(19)</sup> obtiveram teores de matéria seca variando de 25,8% a 28,5%, em silagens de milheto confeccionadas em diferentes idades de corte, enquanto Teles et al.<sup>(20)</sup> encontraram teores de MS que variaram de 17,7% a 19,6% em diferentes tempos de fermentação.

Neste estudo foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em todos os tempos de abertura dos silos, enquanto, entre as espécies, apenas as silagens de cana-de-açúcar e sorgo diferiram das demais ( $P < 0,05$ ). O sorgo apresentou teores semelhantes ao milho, a ausência da espiga reduziu em mais de 15% o teor de matéria seca em relação à silagem de milho integral. Silva Júnior et al.<sup>(21)</sup> avaliaram o rendimento de massa verde da planta inteira e verificaram que, para produção de silagem de alta qualidade, necessário se faz uma proporção de 50% de espigas na massa ensilada. O milheto foi a forrageira que apresentou o menor teor de matéria seca no momento da ensilagem, mesmo assim, não houve grandes mudanças nos teores de matéria seca durante o processo fermentativo (Tabela 3).

**Tabela 3.** Valores médios dos teores de matéria seca (MS) determinados nos diferentes tempos de abertura dos silos (dias) das forrageiras avaliadas

Forrageira	% MS	T3	T7	T15	T30	T60	T120
Cana	-	27,08 ABb	27,37 ABab	27,00 ABb	27,09 ABab	24,08 Bb	28,52 Aa
Milheto	23,8 B	21,21 Ac	21,13 Ad	21,05 Ad	21,62 Ac	21,90 Ab	19,85 Ac
Milho	40,0 A	30,64 Aa	30,41 Aa	30,25 Aa	30,23 Aa	29,91 Aa	29,71 Aa
Milho SE*	31,4 AB	26,87 Ab	24,44 ABbc	24,55 ABbc	23,89 ABbc	21,94 Bb	24,40 ABb
Sorgo	24,4 B	23,33 Abc	24,10 ABcd	23,20 ABcd	21,29 Bc	22,36 ABb	25,17 Ab

\*Milho SE = milho sem espigas

Médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais, não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos e valores nas colunas com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P < 0,05$ ).

Foram observadas diferenças ( $P < 0,05$ ) nos valores de pH (Tabela 4), valores de pH obtidos por Amaral et al.<sup>(22)</sup> foram em média 3,6 para diferentes cultivares de milheto. Guimarães Jr. et al.<sup>(3)</sup> também obtiveram valores de pH da ordem de 3,6.

Embora os valores de pH tenham apresentado diferenças estatísticas significativas ( $P < 0,05$ ), os mesmos encontram-se dentro da faixa preconizada por McDonald<sup>(23)</sup>, como sendo ideais para conservação das silagens. Apesar da retirada das espigas do milho ter reduzido o teor de MS da silagem, o pH ficou em torno de 4,0, estando este em patamares adequados à fermentação e semelhante aos valores observados por Costa et al.<sup>(24)</sup>, em silagem de milho sem espiga (3,63 a 3,87). De acordo com Brunette et al.<sup>(25)</sup> materiais ensilados

com teores de MS abaixo de 28% são susceptíveis à presença de clostrídios e apresentam maior poder tampão, dificultando o abaixamento do pH. Os autores verificaram, para a silagem de milho colhido com 65 ou 108 dias após a emergência (DAE), teores de MS de 22,0 e 27,0% e pH de 6,12 e 6,29, respectivamente.

**Tabela 4.** Valores médios do potencial hidrogeniônico (pH) determinados em diferentes tempos de abertura dos silos (dias) das silagens avaliadas

Forrageira	T3	T7	T15	T30	T60	T120
Cana	3,71Ab	3,63Ab	3,67Ab	3,24Bb	3,18Bc	2,97Cc
Milheto	4,28Aa	4,08Ba	4,08Ba	4,17ABa	4,20Aba	4,28Aab
Milho	4,15Aa	4,19Aa	4,13Aa	4,12Aa	4,20Aa	4,15Aab
Milho SE	4,16Aa	4,19Aa	4,09Aa	4,09Aa	4,20Aa	4,12Ab
Sorgo	4,24ABa	4,11BCa	4,21ABCa	4,20ABCa	4,06Cb	4,26Aa

Médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos, valores nas colunas com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P < 0,05$ ).

Neste estudo, os valores de pH determinados nas silagens nos diferentes tempos de abertura dos silos podem ser considerados satisfatórios, tendo em vista a prevalência na faixa de 4,2 para maioria das espécies e tempos, exceto para a silagem de cana-de-açúcar, cujo pH apresentou-se na faixa de 3,0 a 3,7.

Os teores de PB diferiram ( $P < 0,05$ ) entre as silagens de todas as espécies forrageiras avaliadas, em todos os tempos de abertura dos silos, enquanto as espécies forrageiras de milho e sorgo diferiram apenas nos tempos em relação às demais (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios de proteína bruta (PB) determinados em diferentes tempos de abertura dos silos (dias) durante o processo fermentativo das forrageiras avaliadas

Variedades	T3	T7	T15	T30	T60	T120
Cana	0,7Ac	1,25Ac	1,36Ac	0,94Ac	1,07Ac	1,63Ac
Milheto	8,87Ca	14,44Aa	11,97Ba	9,32Ca	12,03Ba	12,16Ba
Milho	7,11Aab	7,11Ab	8,73Ab	7,76Aab	7,87Ab	8,91Ab
Milho SE	7,75Aab	7,53Ab	8,71Ab	8,28Aa	8,36Ab	7,90Ab
Sorgo	6,38BCb	7,29BCb	9,49Ab	5,81Cb	8,32Bb	8,02ABb

Médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos, valores nas colunas com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P < 0,05$ ).

Os valores de PB observados por Trevisoli et al.<sup>(19)</sup> em silagens de milho obtidas de diferentes cultivares e idades de corte variaram de 7,3 a 9,6%. Já Rêgo et al.<sup>(26)</sup> verificaram teor médio de 6,9% para o milho e 7,0% para o milho, enquanto Brunette et al.<sup>(25)</sup> chegaram a teores de 6,5 e 6,0% para o milho ensilado aos 65 ou 108 DAE, respectivamente. Para a silagem da cana-de-açúcar, os teores de PB apresentaram variação de 0,7 a 1,6%, os quais se encontram muito abaixo do limite de 7,0%, necessários para o desenvolvimento das atividades ruminais. Valores de PB encontrados na literatura para silagem de sorgo de diferentes cultivares variaram de 3 a 7%<sup>(10)</sup>. Silagens confeccionadas com milho sem espiga apresentaram teores de PB ao redor de 8%<sup>(23)</sup>, enquanto para o milho integral os teores variaram entre 5,2 a 7,8%<sup>(13,22,24)</sup>. Segundo França et al.<sup>(27)</sup>, os teores de PB não apresentam variações significativas ao longo do processo fermentativo. De acordo com McDonald et al.<sup>(28)</sup>, aproximadamente 20% da PB se encontram na forma de proteína verdadeira, enquanto os 80% restantes são compostos por nitrogênio não protéico. Esse comportamento da

acelerada modificação da fração proteica faz com que a PB da silagem seja mais solúvel e mais rapidamente disponível para as atividades microbianas, o que provavelmente, vem a acarretar desequilíbrio na relação energia/proteína no rúmen, trazendo, assim, prejuízo na eficiência de síntese de proteína microbiana<sup>(29)</sup>.

Foram observadas variações ( $P < 0,05$ ) nos teores de FDN tanto entre as espécies quanto entre tempos de ensilagem (Tabela 6).

**Tabela 6.** Valores médios de fibra em detergente neutro (FDN) determinados em diferentes tempos de abertura dos silos (dias) das silagens avaliadas

Forrageiras	T3	T7	T15	T30	T60	T120
Cana	41,38Bb	48,26ABb	60,86Aa	48,10Aba	52,69Abc	55,99Aba
Milheto	54,49Aab	65,31Aa	58,23Aa	54,90Aa	68,00Aa	54,03Aa
Milho	50,29Bab	52,80Bab	70,98Aa	53,49Ba	49,67Bc	63,75Aba
Milho SE	64,51Aa	60,91Aab	57,97Aa	58,33Aa	61,75Aabc	52,08Aa
Sorgo	58,94Aa	53,39Aab	65,21Aa	56,39Aa	64,64Aab	55,36Aa

Médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos, valores nas colunas com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P < 0,05$ ).

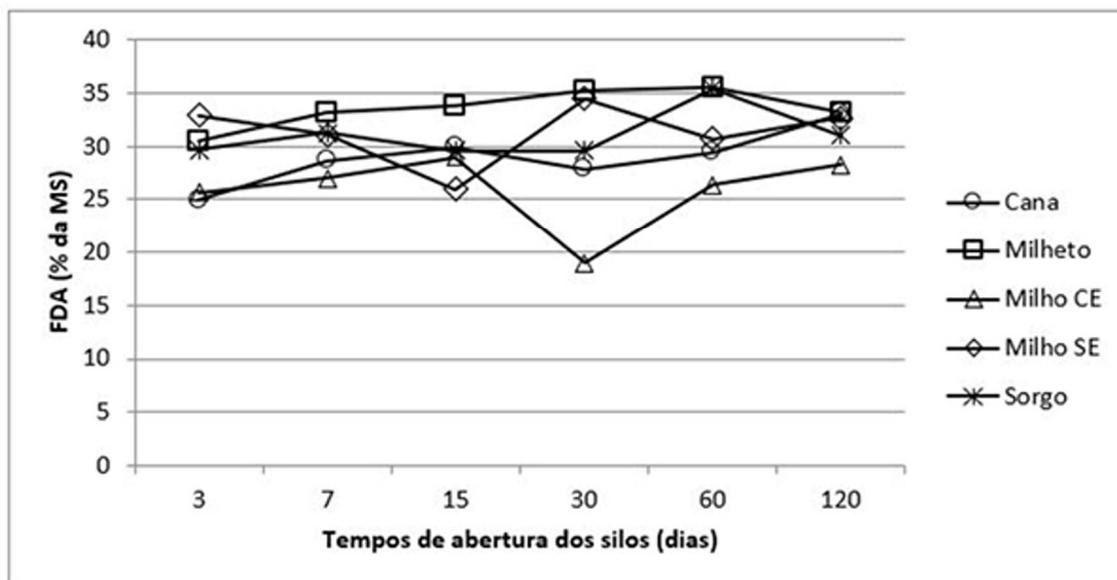
Normalmente, a elevação dos teores de FDN durante o processo da ensilagem ocorre, provavelmente, em função da perda de carboidratos solúveis, os quais são transformados em ácidos e, no caso da cana-de-açúcar, em etanol e  $\text{CO}_2$ . Por outro lado, a redução da fibra em detergente neutro durante o processo fermentativo ocorre devido à solubilização da hemicelulose através dos microrganismos hemicelulolíticos. A redução dos teores de FDN pode, em termos teóricos, beneficiar a ingestão voluntária animal, enquanto a elevação poderá prejudicá-la, em função do enchimento do espaço ruminal, redução da taxa de passagem, bem como a digestibilidade do alimento<sup>(28)</sup>. Van Soest<sup>(30)</sup> afirma que teores de FDN acima de 60%, se constituem num dos fatores limitantes do consumo de matéria seca. Os teores de FDN das silagens avaliadas apresentaram comportamento bastante semelhante para a cana-de-açúcar, milheto e milho integral, com valores inicialmente na faixa de 41,4; 54,5% e 50,9%, respectivamente, determinados no T3 e, a partir deste momento, ocorreram oscilações de elevação e queda até o T120. Entretanto, para o milho sem espiga e sorgo, os teores de FDN não sofreram alteração durante todo o período. Tomando por base as recomendações de Van Soest<sup>(30)</sup>, pode-se considerar que o melhor momento para a abertura dos silos determinado nesta pesquisa se situa no T30, em que as silagens das diferentes espécies forrageiras apresentaram os teores de FDN com variação de 48,1 a 58,3%, para a cana-de-açúcar e o milho sem espiga, respectivamente. Para silagem de milho os teores de FDN variaram entre 52,4 e 62,7%<sup>(13,22,24)</sup>. A cultivar AG 5051 utilizada neste experimento apresentou teores de FDN em torno de 52%. Para cultivares de milho sem espiga, os teores de FDN variaram de 55 a 71%<sup>(23)</sup>. Para o milheto, Brunette et al.<sup>(25)</sup> obtiveram teores de FDN de 59,4 e 47,6% para a planta ensilada aos 65 ou 108 DAE, respectivamente. A silagem de sorgo apresentou FDN variando entre 55,6 e 66,5%<sup>(24)</sup>.

Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nos teores de FDA das silagens das espécies forrageiras avaliadas em todos os tempos de abertura dos silos, exceto no T7 e T120 enquanto, para cada espécie, os teores de FDA apresentaram variação nos tempos de ensilagem (Figura 1).

A observação da Figura 1 revela que os teores de FDA do milho com espigas e do milho sem espigas apresentaram as maiores variações durante o processo de ensilagem.

Os valores de FDA determinados nesta pesquisa se encontram na faixa de 25,0 a 35,5%. A importância da FDA diz respeito ao conceito de consumo e digestibilidade da matéria seca. Os valores de FDA variaram entre 25 e 28%, para o milho integral. Quando retiradas as espigas, os valores de FDA variaram de 26 a

38%, e esses valores foram maiores que os observados para o milho integral em função da redução proporcional da quantidade de carboidratos não estruturais das espigas<sup>(23)</sup>. Apesar de uma variação mais ampla, os teores de FDA para silagem de diferentes cultivares de sorgo (22 a 30%) são semelhantes aos observados para o milho.



**Figura 1.** Teores de fibra em detergente ácido (FDA) determinados em diferentes tempos de abertura dos silos (dias) das forrageiras avaliadas.

Milho CE: milho com espigas; Milho SE: milho sem espigas.

Conforme se verifica na Tabela 7, os teores de lignina apresentaram diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nos tempos de abertura dos silos e entre as espécies forrageiras avaliadas, com variação de 2,0 a 6,1%, determinados no sorgo (T30) e na cana-de-açúcar (T120), respectivamente. Os teores de lignina diferiram ( $P < 0,05$ ) entre os tempos de abertura dos silos e a as espécies forrageiras avaliadas com variação de 1,2 a 6,2%, ambos no T120, determinados no milho integral e na cana-de-açúcar, respectivamente.

**Tabela 7.** Valores médios dos teores de lignina determinados nas silagens em diferentes tempos de abertura dos silos (dias)

Variedades	T3	T7	T15	T30	T60	T120
Cana	4,39Ca	4,37Ca	4,54Ca	5,11Ba	4,42Ca	6,16Aa
Milheto	3,18Cb	4,01Abab	3,66BCb	3,3Cb	4,47Aa	2,16Dc
Milho	2,15Ac	2,41Ac	2,4Ac	2,37Ac	2,34Ac	1,26Bd
Milho SE	3,53Ab	3,78Ab	3,62Ab	2,84Bbc	3,51Ab	3,53Ab
Sorgo	3,10ABCb	2,76BCc	2,00Dc	2,64Cc	3,38Ab	3,25ABb

Médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos, valores nas colunas com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P < 0,05$ ).

Na Tabela 8, são apresentadas as perdas por gases, efluentes e totais das silagens. Ocorreram diferenças significativas para produção de gás em todos os tempos de abertura dos silos, enquanto, dentre as espécies forrageiras ensiladas, apenas a cana-de-açúcar ( $P < 0,05$ ) apresentou comportamento diferente das demais a partir do T15. A produção de gás durante o processo de ensilagem é decorrente de fermentações secundárias exercidas por enterobactérias, bactérias do gênero *Clostridium* e microrganismos aeróbicos, que normalmente crescem em meios com pH mais elevados.

**Tabela 8.** Perdas por gases, efluentes e totais em diferentes forrageiras durante o processo fermentativo

Forrageiras	T 3	T 7	T 15	T 30	T 60	T 120
<b>Perdas por gases (% da MS)</b>						
Cana	14,37 aA	16,07 aA	7,83 aBC	8,43 aB	8,81 aB	5,35 aC
Milheto	0,0 bA	0,29 bA	0,66 bA	0,51 bA	1,10 bA	0,40 bA
Milho	0,47 bA	0,68 bA	0,93 bA	0,99 bA	1,84 bA	0,54 bA
Milho SE	0,47 bA	0,63 bA	0,25 bA	0,73 bA	0,43 bA	1,24 bA
Sorgo	0,29 bA	0,87 bA	1,18 bA	1,42 bA	2,07 bA	1,07 bA
<b>Perdas por efluentes (kg/t MS)</b>						
Cana	14,37Ca	16,07BCa	17,93ABCa	19,27Aba	21,33Aa	2,83Dab
Milheto	2,52Abc	2,55Abc	3,95Abc	4,52Abc	5,0Ab	5,25Aab
Milho	0,72Ac	0,45Ac	0,55Ac	1,15Acd	1,35Ab	1,65Ab
Milho SE	0,42Ac	0,32Ac	0,47Ac	0,27Ad	1,72Ab	2,82Aab
Sorgo	5,02Ab	6,05Ab	5,15Ab	7,15Ab	4,47Ab	5,60Aa
<b>Perdas totais (% da MS)</b>						
Cana	28,69Aba	32,14Aa	25,78Ba	27,72Aba	30,25Aba	8,16Ca
Milheto	2,52Abc	2,84Abc	4,6Abc	5,03Abc	6,06Abc	5,66Aab
Milho	1,19Abc	1,12Ac	1,48Ac	2,16Ac	3,20Abc	2,21Ab
Milho SE	0,89Ac	0,97Ac	0,74Ac	0,92Ac	2,18Ac	4,05Aab
Sorgo	5,33Ab	6,91Ab	6,33Ab	8,57Ab	6,54Ab	7,03Aa

Médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos e valores nas colunas, para uma mesma categoria, com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P < 0,05$ ).

Houve variação das perdas por efluentes durante o período de fermentação apenas para a cana-de-açúcar. Os valores se elevaram até os 60 dias de fermentação, apresentando redução apenas após 120 dias. De acordo com Rigueira et al.<sup>(31)</sup>, as perdas por efluentes observadas na cana-de-açúcar são em decorrência do baixo teor de matéria seca, sendo elevadas mesmo quando aditivadas com material seco, porém não higroscópicos.

Para as demais forrageiras, as perdas por efluentes foram mais elevadas para aquelas cujo teor de matéria seca por ocasião da ensilagem se encontravam mais baixos (sorgo e milheto). De acordo com Kung Jr et al.<sup>(32)</sup>, silagens com teores mais baixos de MS apresentam maiores perdas por efluentes, efeito esse observado pelos autores em silagens de capim-tanzânia com diferentes graus de emurchecimento. Os valores de perdas por efluentes ficaram em patamares equivalentes aos encontrados na literatura. Pedroso et al.<sup>(33)</sup> relatam perdas obtidas em silagem de cana com diferentes aditivos variando de 5,98 a 29,9 kg por tonelada de matéria verde, com o tratamento sem aditivo apresentando 15,1 kg/t MS. Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) em relação à produção de efluentes em todos tempos de abertura dos silos, porém, entre as espécies forrageiras avaliadas, apenas a cana-de-açúcar diferiu das demais. Alguns fatores, tais como o teor de matéria seca, natureza do silo, grau de compactação exercido, além do processamento físico da forragem exercem influência na produção de efluentes. A forragem, quando ensilada com alto teor de umidade, ocasiona perda de MS através do efluente que pode atingir até 10%; entretanto, quando o teor de MS se encontra numa faixa de 30%, a produção de efluente torna-se insignificante<sup>(28)</sup>. A produção excessiva de efluente ao longo do processo fermentativo é responsável pela elevação dos

componentes fibrosos, principalmente em função da lixiviação dos compostos solúveis em água<sup>(25)</sup>.

As perdas totais na cana-de-açúcar foram superiores, variando de 8 a 32%, enquanto as demais forrageiras variaram de 0,9 a 8,5%. O sorgo e o milho apresentaram perdas entre 2,5 a 7%, maiores que os tratamentos de milho – 0,9 a 4%. Os maiores valores de perdas totais estão relacionados aos menores valores de MS da silagem, de acordo com Zanine et al.<sup>(34)</sup>, pequenas elevações do teor de MS com adição de farelo de trigo, material absorvente são suficientes para aumentar a recuperação de MS.

Em relação ao fracionamento de proteínas, não foram observadas diferenças significativas ( $P>0,05$ ) para a fração A, nos diferentes tempos de abertura dos silos, exceto nos T30 e T60, sendo que, dentre as espécies forrageiras, apenas o milho sem espiga diferiu das demais (tabela 9). A fração A, que é caracterizada por apresentar alta degradabilidade ruminal, apresentou variação de 12,8% para o sorgo, no T3, a 36,8%, milho sem espiga, no T120. Altos valores da fração A indicam menor presença de aminoácidos livres e pequenos peptídeos no tecido da planta, muito embora a resposta possa estar relacionada aos efeitos fisiológicos de crescimento da planta, através da interferência dos fatores climáticos na translocação do NNP. O teor de matéria seca determinada na matéria original por ocasião da ensilagem também pode influenciar nos valores da fração A. Portanto, silagens com teores de MS semelhantes podem apresentar fração A diferentes em função de diversos fatores, dentre eles podemos citar o teor de proteína bruta antes da ensilagem e, também, do processo fermentativo, já que boa parte da proteína é convertida em NNP, em decorrência da proteólise<sup>(23)</sup>. Provavelmente, essa pode ser uma explicação para os valores de fração A determinados nas silagens avaliadas nos diferentes tempos de abertura dos silos, valores que podem ser considerados abaixo daqueles normalmente determinados para silagens.

**Tabela 9.** Valores médios do fracionamento da proteína determinado para fração A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub> e C, nos diferentes tempos de abertura dos silos (dias) das silagens avaliadas

Variedades	Fração A					
	T3	T7	T15	T30	T60	T120
Milheto	28,85Aa	26,52Aab	29,15Aab	29,62Aa	23,85Aa	33,62Aa
Milho	22,62Aab	23,3Aab	17,35Ab	25,72Aa	23,1Aa	26,85Aab
Milho SE	25,35ABab	30,22ABa	35,65Aa	17,15Ba	29,15ABa	36,82Aa
Sorgo	12,87Ab	13,01Ab	20,0Ab	24,87Aa	18,07Aa	13,25Ab
	Frações					
	B1	B2	B3	C		
Milheto	43,09 a	26,54 a	0,80 b	0,94 b		
Milho	45,81 a	27,57 a	1,57 b*	1,87 a		
Milho SE	44,57 a	24,52 a	10,7 a	1,14 ab		
Sorgo	56,97 a	16,09 b	8,13 a	1,77 a		

Na fração A - médias na mesma linha precedidas por letras maiúsculas iguais não diferem entre si nos tempos de abertura dos silos e valores nas colunas com as mesmas letras minúsculas não são diferentes entre as variedades ( $P<0,05$ ), nas demais frações médias na mesma linha precedidas por letras iguais não diferem entre si ( $P<0,05$ ). \*  $P<0,07$ .

A fração B<sub>1</sub>, constituída de proteínas solúveis rapidamente degradáveis no rúmen, apresentou

diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) entre as silagens avaliadas, com variação de 43,09 a 56,9%. Geralmente, os valores desta fração, em se tratando de plantas forrageiras, pouco representam, pois normalmente os valores se situam abaixo de 10% do total da proteína. Neste caso, quando somados à fração A, também de natureza solúvel, tem-se outro conceito, pois quanto mais altos os seus valores quando somados, maior se torna a necessidade de suprimento de carboidratos de rápida degradação, visando o sincronismo de fermentação de carboidratos e proteínas em nível de rúmen. A fração B<sub>2</sub>, definida como proteína verdadeira com taxa de degradação intermediária, diferiu ( $P < 0,05$ ) apenas para a silagem de sorgo, com valor médio de 16,1%, enquanto as demais se equivaleram com variação de 24,5 a 27,6%. Os resultados determinados para essa fração são indicativos de que, quanto maiores os seus valores, menores teores de proteína se ligaram à fibra e, assim, maior quantidade de proteína verdadeira estará disponível para os microrganismos ruminais. A fração B<sub>3</sub>, proteína insolúvel com taxa de degradação lenta, apresentou diferença significativa entre as silagens, com variação de 0,8 a 8,13%. A fração C, que representa a porção da proteína insolúvel não digerida no rúmen e intestino, diferiu ( $P < 0,05$ ) com variação de 0,94 a 1,87%. Segundo Van Soest<sup>(25)</sup>, valores elevados da fração C determinados nas silagens são decorrentes da formação de produtos da reação de *Maillard*, tendo em vista a elevação da temperatura que ocorre em silagens processadas com elevado teor de umidade. Na presente pesquisa, os valores encontrados para a fração C se encontram abaixo daqueles relatados na literatura. A fração C variou de 1,77 e 1,14% para silagem de milho integral e sem espiga, respectivamente. Costa et al.<sup>(24)</sup> obtiveram valores da fração C da ordem de 1,17 e 1,19%, para milho integral e sem espiga, respectivamente. Os baixos valores da fração C podem também ser justificados pela perda de efluentes observadas nas silagens, impedindo assim a ocorrência da reação de *Maillard*. Para o milheto, Brunette et al.<sup>(25)</sup> verificaram teores de fração C da proteína de 4,0 e 4,8% para a forrageira ensilada aos 65 ou 108 DAE, respectivamente, mostrando que a idade da planta, no momento da ensilagem, também pode ser um fator determinante na partição do nitrogênio.

Para a estimação do custo de produção do milheto foram contabilizados os seguintes insumos: fertilizantes MAP (fósforo + nitrogênio) 133 kg, KCl - 51 Kg e ureia 100 Kg; semente da cv. ADR 7010 - um saco de 20 Kg, inseticida para tratamento de sementes - 0,1 litro Standak (Fipronil (100 ml)); grade aradora - 1,5 h; e grade niveladora - 1,0 h, na semeadura foram gastos 0,8 h - com trator John Deere 6415, com potência de 106 HP. No cultivo e distribuição de fertilizantes: 1,0 h - trator 275 MF; para colheita 5,5 h do trator mais a ensiladeira - JOHN DEERE 6415, 106 HP, para o transporte da área de cultivo até o silo - 11,0 h - dois tratores, sendo 5,5 h - cada trator 50X MF. Na compactação, foi utilizado um trator 275 MF e 5,5 h. Para descarregar as carretas - mão de obra de quatro trabalhadores braçais - R\$ 60,00/dia, correspondendo a 8 horas trabalhadas. Portanto, dividindo os R\$ 60,00 por 8 h, chega-se a um valor de R\$ 7,50 por hora trabalhada, num subtotal de R\$ 30,00; multiplicando-se por 5,5 h, chega-se ao total de R\$ 165,00 por hectare, para os demais custos de produção seguira o mesmo procedimento e colocaremos apenas o total (Quadro 1).

Observando-se o Quadro 2, verifica-se que o milheto obteve a menor produção por área - 9,7 t de MS por hectare, seguido pelo milho sem espiga com 12,3 t de MS/ha, o sorgo produziu 14,7 t de MS/ha, já o milho integral atingiu 20,1 t de MS/ha, a maior produção por área, ficando dentro dos parâmetros de produção citados na literatura.

Para efeito de cálculo, foi simulado um consumo de 10 Kg de MS/vaca/dia para atender manutenção e produção de 8 litros de leite/vaca/dia.

**Quadro 1.** Estimativa de custo de produção do milho ano - safra 2010/2011

CONSUMO	Unid.	Quant.	RS/unid.	RS/Total	% Total
Fertilizante MAP	Tonelada	0,133	3.724,00	495,29	19,37
Fertilizante KCL	Tonelada	0,051	1.380,00	70,38	2,75
Fertilizante UREIA	Tonelada	0,1	1.190,00	119,00	4,65
Semente ADR 7010	Saco	1,0	120,00	120,00	4,69
Inseticida Tr. Sem.	Litro	0,1	330,00	33,00	1,29
Gradagem aradora	Hora	1,5	80,00	120,00	4,69
Gradagem niveladora	Hora	1,0	80,00	80,00	3,13
Plantio	Hora	0,8	80,00	64,00	2,50
Cultivo e distribuição	Hora	1,0	80,00	80,00	3,13
Colheita	Hora	5,5	80,00	440,00	17,21
Transporte (2 tratores)	Hora	11	30,00	330,00	12,91
Compactação	Hora	5,5	80,00	440,00	17,21
Descarga (4 pessoas)	Hora	5,5	30,00	165,00	6,45
<b>TOTAL</b>				<b>2.556,67</b>	<b>100%</b>

**Quadro 2.** Produção de matéria seca, custo por tonelada e estimativa de produção de leite de diferentes silagens

Produção de Matéria Seca Ton/ha	RS/ton MS	Produção litros/ha	RS/litro	
Milheto	9,742	262	8.183	0,032
Milho	20,095	128	18.487	0,006
Milho SE	12,307	219	9.476	0,023
Sorgo	14,746	128	12.015	0,011

A baixa produção do milho pode ser justificada pelo ataque de capivara na área experimental. O milho utilizado como cultura de verão não se mostrou competitivo com as demais forrageiras. A melhor receita gerada pelas forrageiras avaliadas foi o milho integral com R\$ 13.865,25 com venda de leite, mostrando que, na receita auferida com a comercialização de espigas e do leite, o milho sem espiga atingiu apenas 75% do valor gerado pelo milho integral. Neste caso, foi simulado um aproveitamento de 70% das espigas, de 58.333 que foi o estande do milho sem espiga, 70% é igual a 40.833 espigas dividindo por 60 (quantidade de espiga em uma mão de milho), resulta em 680,55 mãos de milho, a R\$ 5,00 a mão, tem-se uma receita de R\$ 3.402,75. Apesar de que, com a venda das espigas, o produtor paga o custo de produção da lavoura, neste caso, o custo de produção do milho foi de R\$ 2.702,75 por hectare e, com a venda de espigas, gerou uma receita de R\$ 3.402,75 por hectare, mostrando uma diferença de R\$ 700,00. Se o produtor não vendesse as espigas, como mostrou o milho integral, teria obtido uma receita de 25% maior com a produção de leite em seu orçamento final, produzindo uma silagem de melhor qualidade com alta concentração de grãos (Quadro 3).

**Quadro 3. Receita gerada das diferentes forrageiras ensiladas**

	Produção de leite litros/ha	Receita venda leite	Receita venda espiga	TOTAL
Milheto	8.183	6.137,25	-	6.137,25
Milho	18.487	13.865,25	-	13.865,25
Milho SE	9.476	7.107,00	3.402,75	10.509,75
Sorgo	12.015	9.011,25	-	9.011,25

## Conclusão

O milheto apresenta características qualitativas que permitem produzir silagem com qualidade similar às demais forrageiras tradicionais, entretanto sua viabilidade econômica depende da eficiência produtiva para competir com o milho.

## Referências

1. Guimarães Júnior R, Gonçalves L C, Rodrigues J A S. Utilização do milheto para produção de silagem. 1 ed. Planaltina-DF: Embrapa Cerrados, 2009. 30p. Português, Disponível em: [http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2009/doc/doc\\_259.pdf](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2009/doc/doc_259.pdf)
2. Amer S, Mustafa A F. Effects of feeding pearl millet silage on milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2010; 93(12): 5921-5925. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3279>.
3. Guimarães JR R, Gonçalves LC, Rodrigues JAS, Jayme DD, Pires DAA, Borges ALCC, Rodriguez NM, Saliba EOS, Borges I. Matéria Seca, Proteína Bruta, Nitrogênio Amoniacal e pH das silagens de Três Genótipos de Milheto [*Pennisetum glaucum* (L). R. BR.], em diferentes períodos de fermentação. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 2005; 4(2): 251-258. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v4n02p%25p>
4. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3a ed. Brasília: Embrapa; 2013. 353p. Português.
5. Souza GB, Nogueira ARA, Rassini JB. Determinação de matéria seca e umidade em solos e plantas com forno de micro-ondas doméstico. São Carlos: Embrapa-CPPSE. [Internet]. Brasília: Embrapa; 2002 [Citada 12 out 2011]. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/46448/1/CircularTecnica33.pdf>.
6. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho SC. Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal. 1.ed. Visconde do Rio Branco: Suprema; 2012. 214p. Português.
7. Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*. 1996;57(4):347-58. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).
8. Krishnamoorthy UC, Muscato TV, Sniffen CJ, Van Soest PJ. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal Dairy Science*. 1982;65(1):217-25. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(82\)82180-2](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(82)82180-2).
9. Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russel JB. A net carbohydrate and protein system for

- evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 1992;70(11):3562-77. <http://dx.doi.org/10.2527/1992.70113562x>.
10. R Development Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2010. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.
11. Pазiani SF. Produção de milho e sorgo para silagem no estado de São Paulo. *Pesquisa e Tecnologia [Internet]*. 2011 [Citada 14 out 2011]. 8(2), 1-4. Disponível em: [http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/1126-producao-de-milho-e-sorgo-para-silagem-no-estado-de-sao-paulo/file.html?force\\_download=1](http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/1126-producao-de-milho-e-sorgo-para-silagem-no-estado-de-sao-paulo/file.html?force_download=1)
12. Guareschi R. F, Brasil R B, Perin A, Ribeiro J M. Produção de silagem de híbridos de milho e sorgo sem nitrogênio de cobertura em safra de verão. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 2010;40(4):541-546. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pat/v40n4/a21v40n4.pdf>
13. Atis I, Konuskan O, Duru M, Gozubenli H, Yilmaz S. Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture Biology*. 2012;14(6):879-86. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.2269>.
14. Moraes SD, Jobim CC, Silva MS, Marquardt FI. Produção e composição química de híbridos de sorgo e de milho para silagem. *Rev Bras Saúde Prod Anim*. 2013;14(4):624-34. <http://revistas.ufba.br/index.php/rbspa/article/view/2789/1462>.
15. Islam MR, Garcia SC, Horadagoda A. Effects of irrigation and rates and timing of nitrogen fertilizer on dry matter yield, proportions of plant fractions of maize and nutritive value and in vitro gas production characteristics of whole crop maize silage. *Anim Feed Sci Technol*. 2012;172(1):125-35. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.11.013>.
16. Moreira EDS, Fernandes LA, Colen F, Cruz LR. Características agrônômicas e produtividade de milho e milheto para silagem adubados com biofertilizante suíno sob irrigação. *Bol Ind Anim*. 2015;72(3):185-92. <http://dx.doi.org/10.17523/bia.v72n3p185>.
17. Silva R, Santos A, Tabosa JN, Gomes F, Almeida C. Avaliação de diferentes genótipos de sorgo para forragem e silagem. *Rev Bras Milho e Sorgo*. 2012;11(3):225-33. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n3p225-233>.
18. Simão EP, Gontijo Neto MM, Santos EA, Wendling IJ. Produção de biomassa e composição bromatológica de duas cultivares de milheto semeadas em diferentes épocas. *Rev Bras Milho e Sorgo*. 2015;14(2):196-206. <http://dx.doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v14n2p196-206>.
19. Trevisoli FCA, França AFS, Corrêa DS, Trevisoli PA, Oliveira LG. Nutritional composition of silage from pearl millet cultivars with the inclusion of soy hulls. *Rev. Ciências Agrônômicas*, v. 48, n. 3, p 540 – 5457, 2017. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/4733/1584>.
20. Teles MML. Padrão fermentativo da silagem de três cultivares de milheto em diferentes tempos de abertura dos silos [dissertação]. Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2014. Disponível em: [https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Dissertacao2014\\_Mariana\\_Machado.pdf](https://ppgca.evz.ufg.br/up/67/o/Dissertacao2014_Mariana_Machado.pdf).
21. Silva Júnior AB, Ferreira PV, Cunha JLXL, Lira RC, Carvalho, IDE. Desempenho produtivo de genótipos de milho sob diferentes arranjos espaciais para a produção de silagem. *Ciência Agrícola*. 2017;15(2):1-10. <http://dx.doi.org/10.28998/rca.v15i2.3034>
22. Amaral PNC, Evangelista AR, Salvador FM, Pinto JP. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três cultivares de milheto. *Ciênc Agrotecnol*. 2008;32(2):611-7. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542008000200041>.

23. Silva, V.P., Pereira, O.G., Leandro, E.S., Da Silva, T.C., Ribeiro, K.G., Mantovani, H.C., and Santos, S.A. Effects of lactic acid bacteria with bacteriocinogenic potential on the fermentation profile and chemical composition of alfalfa silage in tropical conditions. *Journal Dairy Science*. 2016;99(3):1895–1902. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9792>.
24. Costa C, Creste CR, Arrigoni MB, Silveira AC, Rosa GJM, Bicudo SJ. Potencial para ensilagem composição química e qualidade da silagem de milho com diferentes proporções de espigas. *Acta Scientiarum Animal Science*. 2000;22(3):835-41. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v22i0.3231>.
25. Brunette T, Baurhoo B, Mustafa AF. Effects of replacing grass silage with forage pearl millet silage on milk yield, nutrient digestion, and ruminal fermentation of lactating dairy cows. *J Dairy Sci*. 2016;99(1):269-79. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2015-9619>.
26. Rêgo AC, Oliveira MDS, Signoretti RD, Dib V, Almeida GBS. Comportamento ingestivo de vacas leiteiras alimentadas com silagem de milheto ou milho. *Bioscience Journal*. 2014;30(4):1149-57. <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/21835/14764>.
27. França AFS, RP Oliveira, JAS Rodrigues, Miyagi ES, Silva AG, Peron HJM, Abreu JBR, Basto DC. Características fermentativas da silagem ... sob doses de nitrogênio. *Ciência Animal Brasileira*, 2011;12(3):383-391. <https://www.revistas.ufg.br/vet/article/view/540>.
28. McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. *The biochemistry of silage*. 2a ed. Kingston: Chalcombe Publications; 1991. 340p.
29. Gonçalves, J. R. S., Pires, A. V., Susin, I., Lima, L. G., Mendes, C. G., & Ferreira, E. M. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim elefante na alimentação de bovinos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2010;39(9):2032-2039. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v39n9/a23v39n9.pdf>
30. VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*, 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
31. Rigueira JPS, Monção FP, Sales ECJ, Brant LMS, Pires DAA, Alves DD, Reis ST. Níveis de glicerina bruta na ensilagem de cana-de-açúcar: perdas e valor nutricional. *Boletim de Indústria Animal*. Nova Odessa. 2017;74(4):319-327. <https://doi.org/10.17523/bia.v74n4p319>
32. Kung Jr, L. a review on silage additives and enzymes. Newark, DE: Department of Animal and Food Sciences University of Delaware, 2010, 19717–1303. Disponível em: <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/blogs.cornell.edu/dist/e/4211/files/2014/04/A-Review-of-Silage-Additives-1dj7idb.pdf>
33. Pedroso AF, Nussio LG, Loures DRS, Paziani SF, Igarasi MS, Coelho RM, Horii J, Rodrigues AA. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007;36(3):558-64. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982007000300006>.
34. Zanine AM, Santos EM, Ferreira DJ, Pereira OG, Almeida JCC. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação de matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*. 2006;43(6):803-9. <http://dx.doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2006.26560>.