

Silagens mistas de capim elefante e sorgo forrageiro

Da Silva, R.C.¹; Mauro, E.¹; Silva, J.¹; Pinto, G.G.²; Fernandes, A.¹; Araújo, G.¹; Souto, H.¹; Tavares, N.¹ e Marte, D.¹

¹Universidade Federal da Paraíba. Brasil.

²Universidade Federal da Bahia. Brasil.

PALAVRAS CHAVE ADICIONAIS

Ácidos orgânicos.
Estabilidade aeróbia.
Fermentação.
Pennisetum purpureum.
Sorghum bicolor.

ADDITIONAL KEYWORDS

Aerobic stability.
Fermentation.
Organic acids.
Pennisetum purpureum.
Sorghum bicolor.

INFORMATION

Cronología del artículo.
Recibido/Received: 17.08.2019
Aceptado/Accepted: 10.10.2022
On-line: 15.10.2022
Correspondencia a los autores/Contact e-mail:
hactus_souto@hotmail.com

INTRODUÇÃO

Em vários países, especialmente os localizados na zona tropical, a utilização de gramíneas com ciclo fotossintético C₄ é muito grande em função de sua maior eficiência fotossintética e utilização do nitrogênio se comparadas com gramíneas C₃. Por conta disso, a produtividade das gramíneas estivais (C₄) é muito superior às demais gramíneas hibernais (C₃) (Schmitt & Edwards 1981).

RESUMO

A produção de silagens mistas permite explorar a complementariedade de características desejáveis em diferentes espécies, mas a literatura é incipiente quanto à mistura do capim elefante e sorgo forrageiro. Objetivou-se avaliar o perfil fermentativo e microbiológico, as perdas e a estabilidade aeróbia das silagens mistas de capim-elefante e sorgo forrageiro. O experimento foi realizado no município de Areia, Paraíba, Brasil, onde o clima é classificado como As segundo Koppën. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 5 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão com o programa SISVAR. A inclusão de sorgo promoveu aumento linear no teor de carboidratos solúveis e matéria seca nas silagens. O pH foi menor que 4 em todas as silagens contendo sorgo. Os ácidos orgânicos aumentaram à medida que se adicionou sorgo na mistura. Após a abertura dos silos o pH aumentou, os ácidos orgânicos e nitrogênio amoniacal reduziram, enquanto o ácido butírico aumentou. Os efluentes diminuíram linearmente em função dos níveis de sorgo, enquanto as perdas por gases foram baixas (P>0,05). Apenas a silagem de sorgo forrageiro apresentou quebra da estabilidade aeróbia. A produção de silagens mistas com 50% de sorgo forrageiro apresentou melhor qualidade ao se considerar o processo fermentativo, estabilidade aeróbia e a diminuição de perdas.

Mixed silages of elephant grass and sorghum

SUMMARY

Mixed silages production allows to explore the complementarity of desirable characteristics of different species, however, there is no information on literature about the ideal proportions to a good fermentation of elephant grass and sorghum. The aim was to evaluate the fermentation profile, microbiological profile, losses in ensiling process, bromatological composition and aerobic stability of mixed silages of elephantgrass and sorghum. The experiment was conducted in Areia, Paraíba, Brazil, with climate classification As according to Koppën. It was used a completely randomized design with 5 treatments and 5 replicates. All data were submitted to analysis of variance and regression with statistical package SISVAR. Sorghum inclusion increased water-soluble carbohydrates and dry matter in mixed silages. pH was lower than 4 in silages with sorghum. Organic acids increased as sorghum was added. When silos were opened pH increased in all silages, organic acids and ammoniacal nitrogen reduced, whereas butyric acid increased. Effluent losses decreased linearly in function of sorghum levels and gases losses had no effect among treatments. Only sorghum silage had aerobic deterioration. The production of mixed silages composed by 50% sorghum showed better quality compared to others, considering fermentative process, aerobic stability and minimal losses.

Das diversas espécies vegetais utilizadas em sistemas de produção no cenário mundial, tem-se no capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) um exemplo da elevada produção de biomassa como também na versatilidade de uso, podendo ser utilizado para pastejo ou corte (Rodolfo *et al.* 2015; Viana *et al.* 2013). Semelhantemente, o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) possui grande potencial de exploração em regiões Semiáridas por ser mais tolerante ao déficit hí-

drico e às condições limitantes de fertilidade do solo se comparado com o milho. Além disso, sua versatilidade de uso é grande, pois tem sido utilizado para produção de biocombustíveis, grãos e silagem (Daniel *et al.* 2019).

Ao utilizar estas gramíneas para corte, existe a possibilidade de se ensilar o material a fim de conservar seu valor nutritivo (Dias *et al.* 2018). Esta técnica é viável em locais onde há períodos de vazio forrageiro, podendo-se armazenar estrategicamente altas quantidades de forragem colhida em seu melhor estado nutricional para fornecimento nas épocas críticas.

Para que se obtenha um bom processo fermentativo, é essencial que a planta tenha um teor de matéria seca (MS) de 300 a 350 g kg⁻¹, teor de carboidratos solúveis de 60 a 120 g kg⁻¹ e baixa capacidade tampão. Estas características vão promover a produção de ácido lático e, conseqüentemente, maior acidificação do meio gerando um produto de boa qualidade. Desse modo, a combinação destes fatores resulta numa faixa de pH que varia de 3,8 a 4,2, o que diminui as perdas no processo fermentativo e inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (McDonald *et al.* 1991).

No entanto, o teor de MS e a faixa de pH preconizada por McDonald *et al.* (1991) foi descrito para silagens de milho, não condizendo com a realidade das silagens de gramíneas tropicais, uma vez que para atingir este valor é necessário que a planta esteja em avançado estágio de maturidade, o que reduz seu valor nutritivo (Ítavo *et al.* 2010).

Alguns trabalhos tem demonstrado que para gramíneas tropicais colhidas no ponto ideal, onde alia-se bom valor nutritivo e alta produção de biomassa, o valor de MS normalmente é inferior a 250 g kg⁻¹ resultando em silagens com pH em torno de 4,5. Apesar disso, o padrão fermentativo destas silagens mostrou-se adequado e foi possível obter um produto de boa qualidade (Pinho *et al.* 2013; Zanine *et al.* 2010).

O ponto de corte recomendado para o capim elefante é aos 50 ou 60 dias, pois o mesmo tem menores taxas de senescência, controla-se o alongamento excessivo do colmo, tem-se maior proporção de folhas verdes e maior teor proteico (Rodolfo *et al.* 2015; Voltolini *et al.* 2010). Entretanto, para realizar a ensilagem nesta idade tem-se uma alta capacidade tampão por conta do alto teor proteico, alta umidade (MS <20%) e baixo conteúdo de carboidratos solúveis (Zanine *et al.* 2010).

Por estas razões, há maiores perdas por gases e efluentes, produção elevada de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e a alta umidade favorece o desenvolvimento de microrganismos do gênero *Clostridium* que produzem CO₂, amônia, amins biogênicas e ácido butírico. Assim, a conservação da energia do processo fermentativo é penalizada, ocasionando muitas perdas e gerando-se um produto de baixa qualidade para o fornecimento aos animais (da Silva *et al.* 2017).

Para solucionar os problemas fermentativos da silagem de capim elefante, surge como alternativa a mistura com o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pois o mesmo possui alto conteúdo de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão e teor de MS que varia de 220 a 390 g kg⁻¹ (Perazzo *et al.* 2017).

Por conta destas características a silagem do sorgo forrageiro apresenta fermentação alcóolica, pois a rápida conversão dos carboidratos solúveis em ácido lático diminui drasticamente o pH e favorece o desenvolvimento de leveduras (Santos *et al.* 2018).

Dessa maneira, a utilização de silagens mistas compostas por capim-elefante e sorgo forrageiro torna-se uma possibilidade interessante, uma vez que os aspectos negativos do capim elefante para o processo de ensilagem são compensados pelo sorgo forrageiro, observando-se a complementariedade destas duas espécies. Torna-se importante, contudo, identificar a proporção ideal da mistura que proporcione um bom processo fermentativo. Objetivou-se, portanto, avaliar o perfil fermentativo, o perfil microbiológico, as perdas e a estabilidade aeróbia das silagens mistas de capim-elefante e sorgo forrageiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Areia, Paraíba, Brasil (6°58'07" S, 35°44'03" O; 627 m altitude). O clima é classificado como As, conforme Koppén, apresentando período chuvoso no outono-inverno (700 a 1500 mm) e temperatura média anual de 25 °C (Alvares *et al.* 2013). O sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cv. BRS Ponta Negra usado na confecção das silagens foi proveniente da Fazenda Santa Tereza e o capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Cameroon foi obtido em capineira já implantada pertencente ao Setor de Bovinocultura Leiteira da Universidade Federal da Paraíba (UFPB).

Foram coletadas amostras de solo na Fazenda Santa Tereza para análise química e, de acordo com o resultado da análise, não houve necessidade de correção do solo. Efetuou-se apenas uma adubação de cobertura com ureia de forma que fosse aplicada uma dose de 50 kg N ha⁻¹. Os dados de precipitação pluvial durante o ciclo de crescimento das plantas forrageiras são mostrados na **Figura 1**.

O sorgo forrageiro foi semeado no dia 06 de junho de 2013 e colhido em 13 de setembro do mesmo ano, quando o grão apresentava-se no estágio de maturidade leitoso. O capim-elefante foi colhido quando

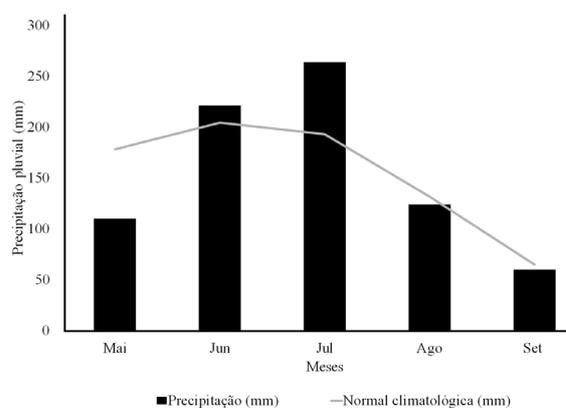


Figura 1. Precipitação pluvial (mm) e normal climatológica (mm) do município de Areia - PB até o momento da colheita das forragens para ensilagem.

atingiu 50 dias de rebrota. As plantas foram colhidas manualmente e picadas em máquina forrageira estacionária com partículas de aproximadamente 2 cm. O material foi imediatamente compactado com soquetes de madeira para atingir uma densidade específica de aproximadamente 500 kg m⁻³ de matéria natural em cada mini silo.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram representados pela inclusão de sorgo nas silagens de capim-elefante (CE): T1 (0% sorgo); T2 (25% sorgo + 75% CE); T3 (50% sorgo+50% CE); T4 (75% sorgo + 25% CE) e T5 (100% sorgo).

Foram confeccionados 20 silos de PVC (15 cm de diâmetro x 40 cm de altura), equipados com válvula de Bunsen para liberação dos gases, 0,800 kg de areia para a absorção de efluentes e TNT para evitar a mistura do material ensilado com a areia. Estes silos foram abertos apenas no final do período experimental, após 30 dias de fechados. Outros 80 silos foram confeccionados para a avaliação em tempos de abertura (1, 3, 7 e 15 dias após a ensilagem).

O processo fermentativo foi avaliado em função do pH, teor de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), contagem de populações microbianas e pela composição bromatológica. Assim, as perdas por gases e efluentes foram estimadas pelas equações de Zanine *et al.* (2010). Avaliou-se a estabilidade aeróbia do material após 48 horas de exposição ao ar. Foram coletadas amostras para avaliar a composição bromatológica no momento da abertura e após 48 h de exposição ao ar.

A coleta de amostras para a análise microbiológica foi realizada nos dias 1, 3, 7, 15 e 30 após a ensilagem e, aos 30 dias, foi feita às 24 e 48 h de exposição ao ar. Os grupos de microrganismos avaliados foram as bactérias do ácido lático (BAL), mofos e leveduras (ML) e enterobactérias (ENT). Os meios de cultura utilizados e os períodos de incubação variaram de acordo com o grupo de microrganismos (González & Rodríguez 2010). A determinação do pH e N-NH₃ se deu em duplicata, de acordo com a metodologia descrita por Bolsen *et al.* (1992). Uma porção de cada amostra coletada destinou-se à análise de ácidos orgânicos através do método descrito por Kung e Ranjit (2001).

As análises bromatológicas do material como matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) foram realizadas de acordo com as metodologias preconizadas pelo AOAC (1990), com adaptações de Detmann *et al.* (2012). Para a determinação de FDN foi utilizada a metodologia preconizada por Mertens (2002) com α -amilase termoestável. Para determinar a concentração de carboidratos solúveis (CS) utilizou-se o método do ácido sulfúrico concentrado, conforme Corsato, Scapare Filho e Sales (2008). Os valores descritos adiante são expressos com base na matéria seca.

A estabilidade aeróbia foi calculada como sendo o tempo necessário para que a silagem sofra um aumento de 2 °C em relação à temperatura ambiente quando a mesma é exposta ao ar (Taylor & Kung 2002). As silagens ficaram expostas por 48 h sendo avaliadas a

temperatura, pH, conteúdo de N-NH₃ e perfil microbiológico. Imediatamente após a abertura dos silos, foi aferida a temperatura do ambiente, superficial e interna da silagem, monitorando-a a cada duas horas. A temperatura superficial da massa foi aferida com auxílio de um termômetro digital a laser, enquanto a temperatura da massa foi feita com um termômetro digital de imersão (inserido a 10 cm de profundidade em quatro pontos da massa). A temperatura ambiente foi controlada para 25 °C através de termômetro suspenso ao ar.

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão com auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA & SISVAR 2008). Adotou-se o nível de significância de 5% para todas as variáveis. Os modelos de regressão foram selecionados com base na significância dos parâmetros estimados pelos modelos e pelos valores dos coeficientes de determinação (R²).

RESULTADOS

A inclusão do sorgo forrageiro na ensilagem de capim elefante promoveu aumento no teor de carboidratos solúveis (CS) e matéria seca (MS) (**Tabela I**). Com relação ao processo fermentativo, observou-se inicialmente que as enterobactérias (ENT), os mofos e leveduras (ML) competiram com as bactérias do ácido lático (BAL) pelos carboidratos solúveis disponíveis, principalmente por haver presença de oxigênio na primeira fase do processo, contudo, as BAL encontraram-se em maior número (**Tabela II**).

Verifica-se que a maior população de BAL ocorreu do 3° ao 7° dia nos tratamentos com 0, 25 e 100% de inclusão de sorgo. Nos demais tratamentos (50 e 75%) o pico de desenvolvimento ocorreu mais precocemente, ou seja, até o 3° dia (**Tabela II**). Apesar disso, após a primeira semana houve um decréscimo por volta do 15° dia e que continuou até o último dia de abertura. A população de ML apresentou-se em maior número nos primeiros 15 dias de fermentação e permaneceram ativos em todos os períodos de fermentação nas silagens. No 30° dia, no entanto, observou-se inibição total destes microrganismos exceto no tratamento com 100% de sorgo (**Tabela II**).

A microbiologia após a abertura dos silos foi realizada e observou-se as silagens com 0 e 25% de inclusão de sorgo não apresentaram ML nas primeiras 24 h enquanto as demais (50, 75 e 100%) já mostraram atividade colonizadora. Após 48 horas de exposição ao ar todas as silagens apresentaram população de ML. A população de BAL teve um aumento sutil após 48h de exposição ao ar, principalmente nas silagens mistas (25, 50 e 75% de sorgo).

O perfil fermentativo das silagens apresentaram valores de pH variáveis, com efeito quadrático positivo (P<0,05) em função da inclusão de sorgo nas silagens (**Tabela III**). Na silagem de capim elefante o pH foi de 4,3, enquanto nas silagens mistas o pH foi sempre menor que 3,5, resultado da inclusão do sorgo forrageiro. Houve um efeito linear decrescente nas concentrações de N-NH₃ (P<0,05) à medida que se aumentou a proporção de sorgo na mistura. Os valores observados os

Tabela I. Teor de carboidratos solúveis e matéria seca do material a ser ensilado (water-soluble carbohydrates and dry matter content prior to ensiling).

Variáveis	Proporções de sorgo forrageiro (g kg ⁻¹)				
	0	25	50	75	100
CS	146,9	163,6	200,5	239,1	250,3
MS	214,6	227,3	240,1	253,0	265,8

CS = carboidratos solúveis; MS = matéria seca.

cilaram de 11,8 a 27,3 g kg⁻¹ encontrando-se bem abaixo da faixa tida como ideal (até 100 g kg⁻¹).

Com relação aos ácidos orgânicos produzidos, nota-se um aumento linear das concentrações de ácido láctico à medida que o sorgo é adicionado na mistura (**Tabela III**) (P<0,05). Contrariamente, o conteúdo de ácido acético apresentou uma tendência decrescente à medida que se adicionou o sorgo (P<0,05) (**Tabela III**). O ácido propiônico apresentou efeito linear crescente (P<0,05) em função da inclusão do sorgo forrageiro na silagem, no entanto, a equação ajustada mostrou um baixo valor do coeficiente de determinação (R²). De forma similar, a concentração de ácido butírico foi constante em todos os tratamentos e não apresentou efeito significativo (P>0,05) (**Tabela III**).

Não houve efeito para as concentrações de carboidratos solúveis residuais (P>0,05) (**Tabela I**), ou seja, parte do substrato não foi aproveitado pelos micror-

ganismos fermentadores além do que a equação obtida tem baixo R².

Com relação à recuperação de matéria seca, observa-se que as silagens tiveram valores bem similares entre si (**Tabela IV**). Verificou-se ainda que apenas as perdas por efluentes foi significativa (P<0,05) apresentando comportamento linear decrescente, enquanto os gases produzidos não diferiram entre os tratamentos (P>0,05) (**Tabela IV**).

As perdas por efluentes apresentaram um decréscimo linear (P<0,05) à medida que se adicionou sorgo forrageiro. Observa-se que o teor de MS e matéria orgânica (MO) das silagens apresentou efeito linear crescente (P<0,05) com o aumento na proporção de sorgo forrageiro (**Tabela V**). Como a MO está contida na MS já era esperada uma relação diretamente proporcional, onde o aumento da MS resulta em incrementos na MO.

Os teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) não apresentaram efeito significativo (P>0,05) em função da inclusão de sorgo forrageiro (**Tabela V**). Os valores de PB obtidos variaram de 60 a 67 g kg⁻¹.

A temperatura média das silagens expostas ao ar tiveram aumento linear (P<0,05) conforme aumentou-se a proporção de sorgo nas silagens (**Tabela VI**). Não houve efeito para os valores de temperatura máxima (P>0,05). O tempo necessário para que as silagens atingissem a temperatura máxima (H^o máxima) apresentou efeito quadrático (P<0,05) em função da adição de sorgo

Tabela II. Contagem de bactérias do ácido láctico, enterobactérias, mofos e leveduras em silagens de capim elefante com diferentes proporções de sorgo forrageiro ao longo do período de fermentação e durante os períodos de exposição ao ar (lactic acid bacteria, enterobacteria, moulds and yeasts counting in elephant grass silages with different proportions of sorghum during fermentation period and aerobic exposure).

Sorgo (%)	Período de fermentação (dias)					Exposição ao ar (horas)	
	1	3	7	15	30	24	48
BAL (log UFC/g forragem)							
0	8,40	9,78	9,81	8,71	6,67	8,12	7,88
25	8,29	9,67	8,75	8,01	5,30	6,61	7,76
50	9,75	9,71	8,76	7,77	6,69	6,62	7,59
75	9,24	7,84	8,80	6,84	7,18	7,96	8,39
100	8,04	9,73	9,71	ND	7,44	8,02	7,99
ENT (log UFC/g forragem)							
0	0,81	ND	ND	ND	ND	ND	ND
25	1,04	ND	ND	ND	ND	ND	ND
50	0,50	ND	ND	ND	ND	ND	ND
75	0,43	ND	ND	ND	ND	ND	ND
100	0,23	0,46	ND	ND	ND	ND	ND
M e L (log UFC/g forragem)							
0	6,49	4,94	6,45	6,55	ND	ND	0,76
25	5,48	7,46	7,47	4,51	ND	ND	0,11
50	3,62	5,49	7,36	8,62	ND	0,60	0,12
75	4,53	6,71	5,45	5,25	ND	0,56	0,16
100	6,27	6,53	6,67	6,84	4,77	0,49	0,37

BAL = bactérias ácido lácticas; ENT = enterobactérias; M e L = mofos e leveduras; ND = não detectado.

Tabela III. Valores médios e equações de regressão para pH, nitrogênio amoniacal, ácido lático, acético, propiônico e butírico e carboidratos solúveis residuais em silagens de capim elefante com diferentes proporções de sorgo forrageiro (mean values and regression equations for pH, ammoniacal nitrogen, lactic, acetic, propionic and butyric acids and residual water-soluble carbohydrates in elephant grass silages with different proportions of sorghum).

Variáveis	Proporções de sorgo (%)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
¹ pH	4,30	3,49	3,37	3,36	3,43	2,28
² N-NH ₃ (g kg ⁻¹ MS)	27,3	16,6	14,9	13,0	11,8	13,25
³ AL (g kg ⁻¹ MS)	20,00	40,50	44,40	42,40	44,60	2,78
⁴ AA (g kg ⁻¹ MS)	14,40	13,20	10,10	11,40	11,10	2,30
⁵ AP (g kg ⁻¹ MS)	2,40	1,80	2,60	3,00	2,80	7,59
AB (g kg ⁻¹ MS)	0,40	0,30	0,30	0,40	0,40	6,92
CSr (g kg ⁻¹ MS)	63,13	60,31	71,04	96,24	101,93	15,59
Equações de regressão						
¹ Ŷ = 0,42322 – 0,00286 X + 0,0002 X ²						R ² = 93,22
² Ŷ = 0,2367 – 0,00138 X						R ² = 78,03
³ Ŷ = 0,2818 + 0,00204 X						R ² = 60,15
⁴ Ŷ = 0,13746 – 0,00033 X						R ² = 57,99
⁵ Ŷ = 0,0212 + 0,00008 X						R ² = 50,99
N-NH ₃ = nitrogênio amoniacal; AL = ácido lático; AA = ácido acético; AP = ácido propiônico; AB = ácido butírico; CSr = carboidratos solúveis residuais; CV = coeficiente de variação.						

forrageiro. Apenas as silagens contendo 100% de sorgo forrageiro apresentaram quebra da estabilidade aeróbia, com 2° C acima da temperatura ambiente após 48 horas de exposição ao ar (Tabela VI).

Observa-se um aumento do pH após as 48h de exposição ao ar (Tabela VII) se comparado com os valores mensurados imediatamente após a abertura (Tabela III). Os valores de pH diminuiram linearmente conforme se incluiu o sorgo, sendo a mesma tendência observada às 48 h (P<0,05). Houve diminuição acentuada no teor de N-NH₃ ao se comparar o valor no momento da abertura (Tabela III) e após 48 h (Tabela VII).

Decorridas 48 h da abertura dos silos observou-se diminuição do teor dos ácidos orgânicos produzidos (Tabela VII), onde o ácido lático e propiônico apresentaram efeito quadrático negativo (P<0,05) em função da inclusão do sorgo forrageiro. Ao se comparar as silagens expostas ao ar (Tabela VII) com a silagem recém-aberta (Tabela III) verifica-se claramente a diminuição na concentração destes ácidos. Em contrapartida, o ácido butírico mostrou efeito quadrático positivo (P<0,05) à

medida que se adicionou o sorgo e comparando-se com a silagem inicial (Tabela III), o teor deste ácido teve aumento.

Com relação ao teor de carboidratos solúveis residuais, houve um efeito linear positivo (P<0,05) com aumento do mesmo em função da inclusão do sorgo forrageiro (Tabela VII). Este resultado era esperado devido ao alto teor de carboidratos solúveis da planta *in natura* antes da ensilagem (Tabela I). No entanto, ao se comparar a silagem recém-aberta (Tabela III) e a exposta ao ar por 48 h (Tabela VII) observa-se uma drástica redução no teor destes carboidratos, principalmente nas silagens contendo 75% e 100% de sorgo forrageiro.

As silagens sofrem grande proliferação de microrganismos indesejáveis quando expostas ao ar, os quais diminuem seu valor nutritivo. Tais efeitos foram mais expressivos nas silagens com 75 e 100% de sorgo forrageiro, pois, apresentaram maior atividade de mofos e leveduras durante a exposição ao ar (Tabela II), maior diminuição do conteúdo de ácido lático e carboidratos solúveis durante a exposição aeróbia (Tabela VII).

Tabela IV. Valores médios e equações de regressão apresentados para perdas por gases, perdas por efluentes e recuperação de matéria seca em silagens de capim elefante com diferentes proporções de sorgo forrageiro (mean values and regression equations for gases losses, effluent losses and dry matter recovery in elephant grass silages with different proportions of sorghum).

Variáveis	Proporções de sorgo (%)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
PG (kg t ⁻¹ MV)	50,32	46,80	46,23	59,17	57,80	16,24
¹ PE (kg t ⁻¹ MV)	19,14	20,32	21,09	14,57	10,73	11,92
RMS (%)	93,54	93,28	93,26	92,62	93,14	-
Equações de regressão						
¹ Ŷ = 2,16885 – 0,00903 X						R ² =65,84
PG = perdas por gases; PE = perdas por efluentes; RMS = recuperação de matéria seca; CV = coeficiente de variação.						

Tabela V. Valores médios e equações de regressão para matéria seca, matéria orgânica, fibra insolúvel em detergente neutro e proteína bruta em silagens de capim elefante com diferentes proporções de sorgo forrageiro (mean values and regression equations for dry matter, organic matter, neutral detergent fiber, acid detergent fiber and crude protein in elephant grass silages with different proportions of sorghum).

Variáveis	Proporções de sorgo (%)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
¹ MS (g kg ⁻¹ MS)	215,91	214,42	223,57	241,56	254,32	2,94
² MO (g kg ⁻¹ MS)	884,91	904,57	916,06	944,68	957,50	0,65
PB (g kg ⁻¹ MS)	66,68	60,80	67,20	66,15	67,53	5,29
FDN (g kg ⁻¹ MS)	701,96	692,28	698,59	679,36	724,76	3,26
Equações de regressão						
¹ Ŷ = 20,91645 + 0,04159 X					R ² =89,50	
² Ŷ = 88,44875 + 0,07412 X					R ² =98,42	
MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro.						

O conteúdo de MS e MO das silagens apresentaram efeito quadrático positivo (P<0,05) em função da inclusão de sorgo após 48 h de exposição ao ar (Tabela VIII). Estes resultados seguem a tendência inicial, pois o sorgo forrageiro apresentou maior teor de MS resultando em aumento nos níveis decorrentes de sua inclusão. Houve efeito quadrático negativo para PB (P<0,05) mas não houve ajuste de modelo para FDN (Tabela VIII).

DISCUSSÃO

De acordo com McDonald *et al.* (1991) o teor de CS entre 60 e 80 g kg⁻¹ e o de MS entre 300 a 350 g kg⁻¹ favorecem a fermentação láctica. Entretanto, apesar da mistura ter proporcionado o aumento da MS das silagens, este valor continuou abaixo desta recomendação. Apesar disso, o processo fermentativo foi satisfatório e por se tratar de gramíneas tropicais as recomendações acima têm sido feitas com ressalvas, pelo fato de possuírem alto teor de umidade justamente quando o valor nutritivo é ótimo. Alguns autores tem relatado uma fermentação satisfatória e bons valores de recuperação de matéria seca em silagens de capins tropicais com alta umidade (Pinho *et al.* 2013).

As populações microbianas mostraram a dinâmica já conhecida no processo de ensilagem, em que após 3 dias de fermentação a condição de anaerobiose já havia se estabelecido e associado a isto, os carboidratos solúveis

foram sendo convertidos em ácido láctico pelas BAL. Isto promoveu a acidificação da massa ensilada, reduzindo o pH e, conseqüentemente, inibiu o crescimento das ENT de forma que não se detectou sua presença mesmo quando as silagens foram expostas ao ar. As BAL, naturalmente, tem uma redução em sua população com o passar do tempo, uma vez que os CS são o principal substrato para seu crescimento e o mesmo vai sendo consumido durante a fermentação (Muck 2010). Este comportamento foi observado após o 15º dia, associando-se o fato de que a acidificação do meio promove a inibição destes microrganismos.

Os microrganismos indesejáveis como mofo e leveduras foram inibidos passados 15 dias da ensilagem, demonstrando o potencial competitivo das BAL pelo substrato disponível e como a acidificação inibe-os. Os mofo (fungos filamentosos) são microrganismos estritamente aeróbicos ao passo que as leveduras crescem em meio aeróbico e anaeróbico (Muck 2010). Em função disso, estes microrganismos reaparecem quando as silagens são expostas ao ar, embora este não seja um atributo desejável. A colonização se dá a partir da utilização de substratos digestíveis, como os carboidratos solúveis e o ácido láctico, que são utilizados aerobicamente resultando na deterioração da silagem (Wilkinson & Davies 2013).

As silagens mistas apresentaram um aumento na população de BAL após 48h de exposição ao ar, o que

Tabela VI. Estabilidade aeróbia das silagens considerando a temperatura média e máxima (em graus Celsius), o tempo necessário para as silagens atingirem o valor máximo e equações de regressão durante o período de 48 horas em temperatura ambiente à 25 °C (aerobic stability of silages considering the mean and maximum temperature, the time required to silages reach highest temperatures and regression equations during 48 h at room temperature of 25°C).

Variáveis	Proporções de sorgo (%)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
¹ T° Média	25,84	25,95	26,03	26,03	26,25	0,49
T° Máxima	26,63	26,80	26,99	26,75	27,13	1,23
² H° Máxima	48,00	42,00	33,00	34,50	48,00	9,04
Equações de regressão						
¹ Ŷ = 2,5847 + 0,00035 X					R ² =89,27	
² Ŷ = 4,96714 - 0,05957 X + 0,00056 X ²					R ² =88,03	
T° Média = temperatura média; T° Máxima = temperatura máxima; H° Máxima = tempo necessário para as silagens atingirem a temperatura máxima (expresso em horas).						

Tabela VII. Valores médios e equações de regressão para pH, nitrogênio amoniacal, ácido láctico, acético, propiônico e butírico e carboidratos solúveis residuais nas silagens após 48 horas de exposição ao ar (mean values and regression equations for pH, ammoniacal nitrogen, lactic, acetic, propionic and butyric acids and residual water-soluble carbohydrates in silages after 48h of air exposure).

Variáveis	Proporções de sorgo					CV (%)
	0	25	50	75	100	
¹ pH	4,78	3,88	3,69	3,71	3,66	3,24
² N-NH ₃ (g kg ⁻¹ MS)	27,4	14,0	13,1	9,2	7,0	37,60
³ AL (g kg ⁻¹ MS)	14,41	29,96	34,67	28,00	18,60	4,70
⁴ AA (g kg ⁻¹ MS)	10,45	9,56	7,27	6,48	10,18	3,04
⁵ AP (g kg ⁻¹ MS)	0,15	0,015	0,015	0,20	0,29	4,96
⁶ AB (g kg ⁻¹ MS)	1,08	0,90	1,55	1,45	1,94	7,73
⁷ CSr (g kg ⁻¹ MS)	46,24	53,08	52,08	60,31	63,16	14,72
Equações de regressão						
¹ Ŷ = 0,4432 – 0,00096 X						R ² = 64,26
² Ŷ = 0,23275 – 0,00182 X						R ² = 82,43
³ Ŷ = 1,50919 + 0,0726 X – 0,0007 X ²						R ² = 97,23
⁴ Ŷ = 1,10459 – 0,01367 X + 0,00012 X ²						R ² = 73,15
⁵ Ŷ = 0,09346 + 0,0009 X						R ² = 77,19
⁶ Ŷ = 0,01273 + 0,00012 X						R ² = 74,25
⁷ Ŷ = 3,90095 + 0,06181 X						R ² = 82,92
N-NH ₃ = nitrogênio amoniacal; AL = ácido láctico; AA = ácido acético; AP = ácido propiônico; AB = ácido butírico; CSr = carboidratos solúveis residuais; CV = coeficiente de variação.						

pode ter atuado também na inibição dos ML, uma vez que as BAL podem sobreviver em condições aeróbias produzindo peróxido de hidrogênio (H₂O₂) que atua como um agente antimicrobiano muito potente (inibe seu próprio crescimento) (Pahlow et al. 2003). Este efeito pode ter contribuído para a inibição dos ML, os quais tiveram a população reduzida quando compara-se a exposição ao ar por 24 e 48 h, mesmo com as condições ideais para seu desenvolvimento (aerobiose, substratos solúveis e diminuição da acidez) (Tabela II).

A inclusão de sorgo promoveu a acidificação da massa ensilada, pois este possui muitos CS que são utilizados pelas BAL para produzir o ácido láctico, explicando os baixos valores de pH nas silagens mistas e na silagem de sorgo (Santos et al. 2018). O teor de N-NH₃ foi baixo também em função da rápida acidificação do meio,

inibindo a atividade proteolítica da planta e de microrganismos, como as bactérias do gênero *Clostridium* (McDonald et al. 1991; Muck 2010). Após a abertura dos silos, a amônia produzida durante a fermentação foi volatilizada, o que explica os baixos níveis após 48 h da abertura (Tabela VII).

Como resultado de uma adequada fermentação, nota-se a acidificação do meio indicada pelo baixo pH e pela alta concentração de ácido láctico. Isso ocorre pois o ácido láctico apresenta maior poder de acidificação (pK 3,86) que os demais ácidos orgânicos produzidos. Por este motivo, sua produção é desejável por promover maior conservação da energia (da Silva et al. 2017). Já o ácido acético teve diminuição à medida que se incluiu sorgo, o que pode ser explicado pela inibição do crescimento das ENT nos primeiros dias de ensilagem, pois

Tabela VIII. Valores médios e equações de regressão para matéria seca, matéria orgânica, fibra insolúvel em detergente neutro e proteína bruta nas silagens após 48 horas de exposição ao ar (mean values and regression equations for dry matter, organic matter, neutral detergent fiber and crude protein in silages after 48 h of air exposure).

Variáveis	Proporções de sorgo (%)					CV (%)
	0	25	50	75	100	
¹ MS (g kg ⁻¹ MS)	231,95	226,73	246,97	284,44	279,62	6,73
² MO (g kg ⁻¹ MS)	899,64	924,87	920,46	940,73	934,73	2,74
³ PB (g kg ⁻¹ MS)	59,51	71,92	70,40	68,75	69,94	4,07
FDN (g kg ⁻¹ MS)	761,39	703,01	717,13	720,55	709,33	3,61
Equações de regressão						
¹ Ŷ = 22,33315 + 0,06124 X						R ² =89,50
² Ŷ = 90,688 + 0,03417 X						R ² =98,42
³ Ŷ = 61,34555 + 0,32868 X – 0,00257 X ²						R ² =69,45
MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro.						

as mesmas são competidoras das BAL na fase inicial da fermentação e produzem ácido acético (Muck 2010).

O teor de ácido propiônico foi constante nas silagens estudadas, resultado da presença de bactérias propiônicas no início do processo uma vez que o pH ainda não tem diminuído suficientemente e estas desenvolvem-se melhor em pH próximo da neutralidade (da Silva *et al.* 2017). É possível ainda que algumas cepas heterofermentativas tenham produzido o ácido acético e/ou propiônico, por meio de diferentes rotas metabólicas inerentes a cada espécie de BAL (Muck 2010). O teor de ácido butírico foi bem baixo, resultado de uma boa acidificação das silagens, onde o baixo pH inibiu o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* que é o principal grupo produtor desta substância (da Silva *et al.* 2017).

O elevado conteúdo de carboidratos solúveis residuais nas silagens contendo sorgo foram elevados, o que pode ser explicado pela alta acidificação da silagem levando a inibição das próprias bactérias ácido lácticas, impossibilitando assim a conversão dos carboidratos em ácido láctico (da Silva *et al.* 2017). Além disso, apenas algumas enzimas são tolerantes a acidez e permanecem ativas, causando a hidrólise de carboidratos estruturais e de reserva liberando continuamente carboidratos solúveis no interior do silo. Ao chegar neste ponto, a silagem tem alcançado a fase de estabilidade e pode ficar armazenada por longos períodos com perdas mínimas, já que há inatividade microbiana, desde que as condições de anaerobiose sejam mantidas (Pahlow *et al.* 2003).

Os valores de MS das silagens oscilaram de 214 a 254 g kg⁻¹ (Tabela V). A recomendação clássica de McDonald *et al.* (1991) com relação ao teor de MS é de 300 a 350 g kg⁻¹, entretanto, estes valores foram estabelecidos para silagens de milho e, para gramíneas tropicais, estes princípios não são estritamente aplicáveis devido ao alto teor de umidade das mesmas no período que tem melhor valor nutritivo. Corroborando com isso, Pinho *et al.* (2013) avaliando silagens de *Cenchrus ciliaris* (L.) com teor de MS de 190 a 220 g kg⁻¹ mostraram um bom padrão fermentativo com baixa produção de N-NH₃, RMS de 850 a 950 g kg⁻¹ e bom valor nutritivo.

Devido a minimização das perdas, a recuperação de matéria seca foi elevada (Tabela IV) uma vez que as primeiras perdas que ocorrem nos silos se dão pela produção de CO₂, devido à respiração da planta, o que representa perdas de 20 a 40 g kg⁻¹ MS. Além disso, a espécie de BAL tem efeito marcante sob a produção de gases, pois cepas homofermentativas produzem 2 mol de ácido láctico por mol de glicose (sem produção de CO₂ e perdas mínimas de MS) ao passo que as heterofermentativas podem produzir grandes quantidades de CO₂ conforme o substrato utilizado (glicose, frutose, citrato e malato) (Borreani *et al.* 2018).

As perdas por efluentes foram baixas em todos os tratamentos, entretanto, ainda diminuíram nos níveis mais altos de inclusão de sorgo pelo fato de haver maior teor de MS nestas silagens (Tabela V). O sorgo apresentou maior teor de MS do que o capim elefante antes da ensilagem (Tabela I) o que resultou numa relação inversa ao misturá-los, ou seja, quanto maior

a inclusão do sorgo (aumento na MS) menor a perda por efluentes. Vale salientar também que durante o período de crescimento destas plantas a precipitação pluvial foi abundante (Figura 1), levando as mesmas a apresentarem maior teor de umidade.

A composição bromatológica das silagens mostrou que as plantas apresentaram teor e proteína e fibra bem similar, evidenciando que no ponto ótimo de corte estas gramíneas apresentam pouca diferença quanto ao valor nutritivo. O baixo teor proteico dessas plantas acaba sendo um fator limitante para o fornecimento exclusivo aos ruminantes, pois para que haja o funcionamento adequado do rúmen são necessários no mínimo 70 g kg⁻¹ (Van Soest 1994). Assim, a suplementação proteica para animais alimentados com estas silagens deve ser considerada.

Ao se expor as silagens ao ar, iniciou-se o processo de deterioração aeróbia. Isto ocorre pelo fato de os produtos da fermentação da silagem ficarem disponíveis para os microrganismos aeróbios atuarem, pois estes utilizam os produtos da fermentação como substrato para se desenvolverem e, em função desta oxidação, ocorrem aumentos na temperatura da silagem (Pahlow *et al.* 2003). De acordo com Taylor e Kung (2002) a estabilidade aeróbia é o tempo que a silagem fica exposta ao ar e sua temperatura permanece até 2 °C abaixo da temperatura ambiente. Quando a temperatura ultrapassa este limite, diz-se que houve quebra da estabilidade aeróbia. Consequentemente, quanto maior o tempo de exposição ao ar sem elevação da temperatura melhor é a estabilidade da silagem.

Quando o silo é aberto, a silagem entra em contato com o oxigênio (O₂) tanto na superfície descoberta quanto em profundidade, por infiltração. Com isso, ocorre a atividade dos microrganismos inibidos pela acidificação do meio é retomada e as leveduras são os principais responsáveis pela colonização inicial, pois crescem em meio aeróbio e anaeróbio utilizando os carboidratos solúveis e o ácido láctico disponíveis. Com o passar do tempo os mofos e demais bactérias vão colonizando também a massa, pois são exclusivamente aeróbios. Por conta desta proliferação microbiana, as temperaturas se elevam devido a oxidação dos nutrientes presentes e dos ácidos produzidos na fermentação. Assim, o aumento do pH é resultado da utilização do ácido láctico pelos microrganismos e a diminuição da qualidade da silagem ocorre por conta do consumo dos nutrientes e da produção de compostos antiqualitativos (Muck 2010; Wilkinson & Davies 2013).

O aumento na produção de ácido butírico nas 48h pós-abertura pode ser atribuído a atividade de bactérias do gênero *Clostridium* as quais crescem na presença de ar, em meio úmido e com pH próximo da neutralidade (Tabela VIII) (Pahlow *et al.* 2003). Com relação ao teor proteico neste período, ao comparar os valores no momento da abertura e após 48 h de exposição ao ar percebe-se que os valores são bem próximos (Tabela VIII). Estes indícios reiteram a baixa proteólise do processo fermentativo nas silagens mistas, mostrando que apesar das gramíneas usadas terem teor de umidade de aproximadamente 250 g kg⁻¹, a atividade de enzimas

proteolíticas de origem vegetal e microbiana foi inibida graças a acidificação rápida da massa.

CONCLUSÃO

A produção de silagens mistas com 50% de sorgo forrageiro apresentou melhor qualidade, quando se considera as características do processo fermentativo, estabilidade aeróbia e a diminuição de perdas. Quando compara-se as silagens exclusivas de capim elefante e de sorgo forrageiro com as mistas, evidencia-se a complementariedade destas duas espécies.

Em situações práticas, estas plantas podem ser ensiladas em mistura para garantir a manutenção do valor nutritivo e melhorar a fermentação, diminuindo as perdas e a deterioração aeróbia. Além disso, o cultivo das mesmas em regiões Semiáridas pode ser adotado com intuito de assegurar a alimentação dos animais no período seco do ano, pois ambas têm ciclos rápidos de crescimento que podem ser sincronizados com o período chuvoso. No entanto, torna-se necessária a suplementação proteica ao se utilizar tais silagens, uma vez que o teor de proteína destas gramíneas é baixo.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

BIBLIOGRAFIA

- Alvares, CA, Stape, JL, Sentelhas, PC, de Moraes, G, Leonardo, J, & Sparovek, G 2013, 'Köppen's climate classification map for Brazil', *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 22, no. 6, pp. 711-728.
- AOAC 1990, *Official Methods of Analysis: Changes in Official Methods of Analysis Made at the Annual Meeting. Supplement*. Association of Official Analytical Chemists.
- Bolsen, KK, Lin, C, Brent, BE, Feyerherm, AM, Urban, JE, & Aimutis, WR 1992, 'Effect of Silage Additives on the Microbial Succession and Fermentation Process of Alfalfa and Corn Silages', *Journal of Dairy Science*, vol. 75, no. 11, pp. 3066-3083.
- Borreani, G, Tabacco, E, Schmidt, RJ, Holmes, BJ, & Muck, RE 2018, 'Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages', *Journal of Dairy Science*, vol. 101, no. 5, pp. 3952-3979.
- Corsato, CE, Scarpate Filho, JA, & Sales, ECJ 2008, 'Teores De Carboidratos Em Órgãos Lenhosos Do Caquizeiro', *Revista Brasileira de Fruticultura*, vol. 30, no. 2, pp. 414-418.
- Daniel, JLP, Bernardes, TF, Jobim, CC, Schmidt, P, & Nussio, LG 2019, 'Production and utilization of silages in tropical areas with focus on Brazil', *Grass and Forage Science*, no. February, pp. 1-13.
- Detmann, E, Souza, MA de, Valadares Filho, S de C, Queiroz, AC de, Berchielli, TT, Saliba, E de OS, Cabral, L da S, Pina, D dos S, Ladeira, MM, & Azevedo, JAG 2012, *Métodos para análise de alimentos - INCT - Ciência Animal*.
- Dias, ECB, Cândido, MJD, Furtado, RN, Pompeu, RCF, & Silva, LV da 2018, 'Nutritive value of elephant grass silage added with cottonseed cake in diet for sheep', *Revista Ciência Agronômica*, vol. 50, no. 2, pp. 321-328.
- FERREIRA, D & SISVAR, F 2008, 'Um programa para análise e ensino de estatística', in *Revista científica Symposium, Lavras*, pp.36-41.
- González, G & Rodríguez, AA 2010, 'Effect of Storage Method on Fermentation Characteristics, Aerobic Stability, and Forage Intake of Tropical Grasses Ensiled in Round Bales', *Journal of Dairy Science*, vol. 86, no. 3, pp. 926-933.
- Ítavo, LCV, Ítavo, CCBF, Morais, Maria da G, Dias, AM, Coelho, EM, Jeller, H, & Souza, ADV 2010, 'Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim-elefante e cana-de-açúcar tratadas com aditivos', *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, vol. 11, no. 3, pp. 606-617.
- Kung, L & Ranjit, NK 2001, 'The Effect of Lactobacillus buchneri and Other Additives on the Fermentation and Aerobic Stability of Barley Silage', *Journal of Dairy Science*, vol. 84, no. 5, pp. 1149-1155.
- McDonald, PJ, Henderson, AR, & Heron, SJE 1991, *The Biochemistry of Silage*, 2nd edn. Cambridge University Press, Marlow, Bucks, UK.
- Mertens, DR 2002, 'Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study', *Journal of AOAC international*, vol. 85, no. 6, pp. 1217-1240.
- Muck, RE 2010, 'Silage microbiology and its control through additives', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 39, no. suppl spe, pp. 183-191.
- Pahlow, G, Muck, RE, Driehuis, F, Elferink, SJWHO, & Spoelstra, SF 2003, 'Microbiology of Ensiling', *Agronomy*, vol. 42, pp. 31-94.
- Perazzo, AF, Carvalho, GGP, Santos, EM, Bezerra, HFC, Silva, TC, Pereira, GA, Ramos, RCS, & Rodrigues, JAS 2017, 'Agronomic Evaluation of Sorghum Hybrids for Silage Production Cultivated in Semiarid Conditions', *Frontiers in Plant Science*, vol. 8, no. June, pp. 1-8.
- Pinho, RMA, Santos, EM, Carvalho, GGP, Silva, APG, Silva, TC, Campos, FS, & Macedo, CHO 2013, 'Microbial and fermentation profiles, losses and chemical composition of silages of buffel grass harvested at different cutting heights', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 42, no. 12, pp. 850-856.
- Rodolfo, GR, Schmitt, D, Dias, KM, & Sbrissia, AF 2015, 'Levels of defoliation and regrowth dynamics in elephant grass swards', *Ciência Rural*, vol. 45, no. 7, pp. 1299-1304.
- Santos, APM dos, Santos, EM, Oliveira, JS de, Ribeiro, OL, Perazzo, AF, Martins Araújo Pinho, R, Macêdo, AJ da S, & Pereira, GA 2018, 'Effects of urea addition on the fermentation of sorghum (Sorghum bicolor) silage', *African Journal of Range and Forage Science*, vol. 35, no. 1, pp. 55-62.
- Schmitt, MR & Edwards, GE 1981, 'Photosynthetic Capacity and Nitrogen Use Efficiency of Maize, Wheat, and Rice : A Comparison Between C3 and C4 Photosynthesis', vol. 32, no. 128, pp. 459-466.
- da Silva, TC, da Silva, LD, Santos, EM, Oliveira, JS, & Perazzo, AF 2017, 'Importance of the Fermentation to Produce High-Quality Silage', in *Fermentation Processes*, pp.1-20.
- Van Soest, PJ 1994, *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.
- Taylor, CC & Kung, L 2002, 'The Effect of Lactobacillus buchneri 40788 on the Fermentation and Aerobic Stability of High Moisture Corn in Laboratory Silos', *Journal of Dairy Science*, vol. 85, no. 6, pp. 1526-1532.
- Viana, PT, Teixeira, FA, Pires, AJV, Carvalho, GGP de, Figueiredo, MP de, & Santana Junior, HA de 2013, 'Losses and nutritional value of elephant grass silage with inclusion levels of cottonseed meal', *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, vol. 35, no. 2, pp. 139-144.
- Voltoini, TV, Augusto, F, Santos, P, Martinez, JC, Luis, R, Penati, MA, & Imaizumi, H 2010, 'Características produtivas e qualitativas do capim-elefante pastejado em intervalo fixo ou variável de acordo com a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa', *Revista Brasileira De Zootecnia*, vol. 39, no. 5, pp. 1002-1010.
- Wilkinson, JM & Davies, DR 2013, 'The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments', *Grass and Forage Science*, vol. 68, no. 1, pp. 1-19.
- Zanine, ADM, Santos, EM, Dórea, JRR, Dantas, ADS, da Silva, TC, & Pereira, OG 2010, 'Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings', *Revista Brasileira de Zootecnia*, vol. 39, no. 12, pp. 2611-2616.