

TÂMARA CHAGAS DA SILVEIRA

**QUALIDADE DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE COLHIDO EM DOIS
HORÁRIOS E DUAS IDADES DE REBROTAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

S587q
2017
Silveira, Tâmara Chagas da, 1987-
Qualidade da silagem de capim-elefante colhido em dois
horários e duas idades de rebrotação / Tâmara Chagas da
Silveira. – Viçosa, MG, 2017.
viii, 25 f.: il.

Orientador: Karina Guimarães Ribeiro.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Zootecnia, 2017.
Referências bibliográficas: f. 22-25.

1. Capim-elefante. 2. Silagem. 3. Fermentação. I. Ribeiro,
Karina Guimarães, 1967-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em
Zootecnia. III. Título.

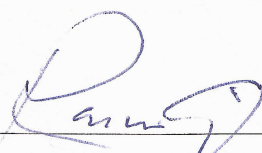
CDD 22 ed. 633.27

TÂMARA CHAGAS DA SILVEIRA

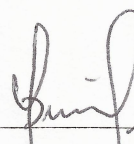
**QUALIDADE DA SILAGEM DE CAPIM-ELEFANTE COLHIDO EM DOIS
HORÁRIOS E DUAS IDADES DE REBROTAÇÃO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de julho de 2017.



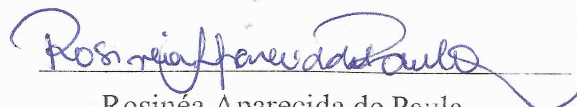
Rasmão Garcia
(Coorientador)



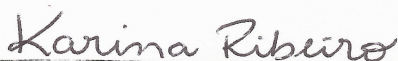
Odilon Gomes Pereira
(Coorientador)



Eliana dos Santos Leandro



Rosinéa Aparecida de Paula



Karina Guimarães Ribeiro
(Orientadora)

BIOGRAFIA

TÂMARA CHAGAS DA SILVEIRA, filha de José Olímpio Cardoso da Silveira e Gláucia Lima Chagas Cardoso da Silveira, nasceu em Vitória da Conquista, BA, em 5 de janeiro de 1987.

Em março de 2008, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, concluindo em abril de 2013.

Em agosto de 2015, ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, UFV, área de concentração Forragicultura e Pastagem, concluindo em julho de 2017.

AGRADECIMENTOS

A Deus por sempre guiar os meus caminhos, me dando saúde, força e paz.

Ao meu pai, pela confiança e pelo apoio em todos os momentos. À minha mãe e as minhas irmãs, pelas orações, amor e dedicação. Aos meus tios e primos, pela torcida e pelo apoio em todos os momentos.

Ao meu amigo, namorado e companheiro, João Paulo, por sempre caminhar junto comigo, tanto em casa como na condução do experimento, me dando força em todos os momentos. Sua contribuição foi muito importante para a realização desse sonho. Ao meu amado filho, Hugo, pelos abraços e sorrisos me encorajando a continuar.

À Universidade Federal de Viçosa, especialmente ao Departamento de Zootecnia e sua equipe docente, pela capacitação profissional e por disponibilizar suas instalações para condução do experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa.

À minha orientadora, Karina Guimarães Ribeiro, pela orientação.

Aos professores Odilon Gomes Pereira e Rasmô Garcia, pela coorientação.

Aos membros da banca, pelas sugestões para melhoria do trabalho.

À equipe do Laboratório de Forragicultura, pela amizade, ensinamentos e apoio na realização das análises laboratoriais, pela orientação e contribuição nas análises microbiológicas, sem vocês seria mais difícil.

À minha amiga, Cássia Aparecida pela dedicação em me ajudar a ingressar na pós-graduação. Sua contribuição foi essencial.

À Andrea Bastos, pela orientação na estatística do experimento.

Aos colegas da pós-graduação, pelo aprendizado e excelente convivência.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, Mário, Monteiro e Natanael, pela colaboração e auxílio sempre que necessário.

A todos que, de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vii
Introdução.....	1
Material e Métodos.....	3
Resultados.....	7
Discussão.....	18
Conclusões.....	22
Referências bibliográficas.....	22

RESUMO

SILVEIRA, Tâmara Chagas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Qualidade da silagem de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação.** Orientadora: Karina Guimarães Ribeiro. Coorientadores: Rasmão Garcia e Odilon Gomes Pereira.

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (DZO), UFV, *campus* de Viçosa. Foram realizados dois experimentos, em duas áreas experimentais (DZO, experimento 1 e UEPE GL, experimento 2), nas quais foi colhido o capim-elefante para ensilagem. Avaliou-se composição química, perfil fermentativo e população de micro-organismos de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários do dia e idades de rebrotação. Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2×2 , sendo dois horários de colheita do capim-elefante (8 e 14 horas) e duas idades de rebrotação (8 e 16 semanas), no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em ambos experimentos, totalizando 16 unidades experimentais por experimento. Após a colheita, o capim-elefante foi picado em máquina forrageira estacionária e ensilado em baldes com capacidade para 12 kg, os quais foram abertos 60 dias após a ensilagem. No experimento 1, as silagens produzidas às 14 horas ou com 8 semanas de rebrotação apresentaram menores valores ($P < 0,05$) de pH. O maior teor de ácido láctico ($P < 0,05$) foi observado na silagem produzida às 14 horas e com 8 semanas. Para o nitrogênio amoniacal (NH_3/NT), os menores valores ($P < 0,05$) foram obtidos nas silagens produzidas com plantas colhidas com 16 semanas e às 14 horas. As silagens produzidas às 14 horas, nas duas idades de rebrotação, e as produzidas com plantas com 16 semanas, nos dois horários de colheita, apresentaram maiores teores de MS. Foram verificados ($P < 0,05$) menores teores de proteína bruta (PB) nas silagens produzidas às 14 horas, nas duas idades de rebrotação. As silagens de capim-elefante colhido com 16 semanas apresentaram maiores teores de fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}) e menor digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em relação às silagens de plantas colhidas com 8 semanas. No experimento 2, as silagens produzidas às 14 horas apresentaram valores inferiores de pH, quando comparadas às silagens produzidas às 8 horas, independente do horário. Maiores teores de ácido láctico foram obtidos nas silagens de capim-elefante com 8 semanas de rebrotação. Com 16 semanas, o maior teor de ácido láctico foi observado nas silagens produzidas às 14 horas, relativamente às 8 horas. Observou-se

menor concentração de nitrogênio amoniacal nas silagens quando as plantas foram colhidas às 14 horas, relativamente àquelas colhidas às 8 horas. Maiores teores de PB foram obtidos com silagens de plantas colhidas às 14 horas, em ambas idades de rebrotação. O capim-elefante colhido às 14 h ou com 16 semanas produziu silagens com maiores teores de MS. Silagens produzidas às 8 horas ou com 16 semanas apresentaram os mais altos teores de FDNcp. Verificaram-se maiores coeficientes de DIVMS ($P < 0,05$) nas silagens produzidas às 14 horas, em ambas idades (Tabela 9). Silagens produzidas às 14 horas, no geral, foram classificadas pelo sistema de avaliação Flieg's Point como silagens de muito boa qualidade de fermentação. A ensilagem de capim-elefante com 8 semanas de rebrotação e às 14 horas melhora o perfil fermentativo e valor nutritivo de suas silagens.

ABSTRACT

SILVEIRA, Tâmara Chagas, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Quality of elephant grass silage harvested at different times and ages of regrowth.** Advisor: Karina Guimarães Ribeiro. Co-advisors: Rasmô Garcia and Odilon Gomes Pereira.

The experiment was conducted at the Animal Science Department of the Federal University of Viçosa (DZO), UFV, Viçosa campus. Two experiments were carried out in two experimental areas (DZO, experiment 1 and UEPE GL, experiment 2), in which elephantgrass was harvested for ensiling. Chemical composition, fermentative profile and population of elephantgrass silage microorganisms harvested at different time of day and at regrowth ages were evaluated. The treatments were arranged in a 2×2 factorial scheme, with two hours of elephantgrass (8 and 14 hours) and two regrowth ages (8 and 16 weeks) in the completely randomized design with four replications in both experiments, totaling 16 experimental units per experiment. After harvesting, elephantgrass was minced in a stationary forage machine and silage in buckets with a capacity of 12 kg, which were opened 60 days after silage. In experiment 1, the silages produced at 14 hours or at 8 weeks of regrowth presented lower values ($P < 0.05$) of pH. The highest content of lactic acid ($P < 0.05$) was observed in the silage produced at 14 hours and at 8 weeks. For the ammoniacal nitrogen (NH_3 / NT), the lowest values ($P < 0.05$) were obtained in the silages produced with plants harvested at 16 weeks and at 14 hours. The silages produced at 14 hours in the two regrowth ages and those produced with plants at 16 weeks in the two harvest times had higher DM contents. Lower levels of crude protein (CP) were observed in the silages produced at 14 hours, at both regrowth ages. The 16-week-old elephantgrass silages showed higher levels of neutral detergent fiber corrected for ash and protein (FDNcp) and lower dry matter in vitro digestibility (IVDMD) compared to 8-week-old plant silages. In experiment 2, the silages produced at 14 hours presented lower values of pH, when compared to the silages produced at 8 hours, regardless of the time. Higher levels of lactic acid were obtained in elephantgrass silages with 8 weeks of regrowth. At 16 weeks, the highest lactic acid content was observed in the silages produced at 14 hours, compared to 8 hours. A lower concentration of ammoniacal nitrogen was observed in the silages when the plants were harvested at 14 hours, compared to those harvested at 8 hours. Higher levels of PB were obtained with silages from plants harvested at 2 o'clock, at both regrowth ages. Elephant grass harvested at 2 pm or at 16 weeks produced silages with

higher DM contents. Silages produced at 8 hours or at 16 weeks showed the highest levels of NDFc. There were higher IVDMD coefficients ($P < 0.05$) in the silages produced at 14 hours, at both ages (Table 9). Silages produced at 14 hours were generally classified by the Flieg's Point evaluation system as very good quality fermentation silages. The ensiling of elephant grass with 8 weeks regrowth and at 14 hours improves the fermentative profile and nutritive value of its silages.

Introdução

O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) é considerada uma das gramíneas forrageiras mais importantes para utilização na nutrição de ruminantes, por apresentar alta produtividade, elevado valor nutritivo, boa aceitabilidade pelos animais, grande número de variedades e boa adaptabilidade.

O capim-elefante tem alto potencial para ensilagem devido à sua produtividade, em comparação com outras espécies, pois produz cerca de 45 toneladas de matéria seca por hectare por ano (Menegol et al., 2016). Além da elevada capacidade produtiva, o capim-elefante pode ser cultivado com menor custo e risco quando comparado a outras espécies, como milho e sorgo, constituindo, deste modo, uma alternativa às culturas anuais para produção de silagem (Pereira et al., 2013).

Vários fatores podem interferir na qualidade da silagem, como teor de carboidratos solúveis e de matéria seca da planta, compactação e fechamento do silo (Ferreira et al., 2013), além da capacidade tampão, os quais determinam a capacidade de fermentação da espécie forrageira (McDonald, 1981). Esses fatores contribuem para limitar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis no processo de fermentação, os quais comprometem a qualidade e o valor nutritivo da silagem.

As gramíneas de clima tropical apresentam algumas limitações para a produção de silagem, como baixo teor de carboidratos solúveis, alta capacidade tampão e alto teor de umidade no momento da colheita (Evangelista et al., 2004). Essas características influenciam negativamente o processo fermentativo, pois impedem o rápido decréscimo do pH e permitem a ocorrência de fermentações secundárias indesejáveis e, conseqüentemente, prejudicam a qualidade do produto preservado (McDonald, 1981).

Monteiro et al. (2011) recomendam 60 dias, após o corte de uniformização, como momento adequado para colheita do capim-elefante para a produção de silagem. Entretanto, o teor de matéria seca nesta idade é muito baixo, entre 15 a 20%, o que pode proporcionar perdas no processo de fermentação, principalmente pela produção de efluente, as quais, mesmo quantitativamente baixas, refletem de forma significativa na qualidade da silagem, devido à lixiviação de compostos solúveis como açúcares, nitrogênio, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais, com perdas de de 5 a 10% de matéria seca (Monteiro et al., 2011.; Woolford, 1984) Ademais, a umidade elevada dilui os ácidos produzidos pelas bactérias do ácido lático (BAL), dificultando a redução do pH do meio e o início da fase de estabilidade, além de desencadear fermentação

secundária por bactérias do gênero *Clostridium*, quando maior que 70% (Lima Junior et al., 2014).

O teor de matéria seca e o valor nutritivo das silagens podem ser modificados pela adição de aditivos (químicos, biológicos ou sequestrantes de umidade) à espécie forrageira no momento da ensilagem (Muck e Kung, 1997). O emurchecimento eleva o teor matéria seca da forragem, altera a concentração de substrato e reduz desenvolvimento de bactérias indesejáveis (Woolford, 1984), além de reduzir a produção de efluente. Contudo, essas práticas aumentam a necessidade de mão-de-obra e o custo na produção da silagem.

Recentemente, estudos tem indicado que o horário de colheita da gramínea pode influenciar positivamente no processo de fermentação, frente às variações observadas nas concentrações de metabólitos, principalmente açúcares solúveis em água produzidos durante o dia pela planta. A composição química da forragem pode variar de acordo com as variações de fotossíntese e respiração ao longo do dia. Do amanhecer ao anoitecer, a fotossíntese predomina e o teor de matéria seca da forragem e a concentração de carboidratos solúveis aumentam. O inverso acontece do pôr do sol ao amanhecer (Oliveira et al., 2014).

Os monossacarídeos e dissacarídeos são as principais fontes de energia para os microrganismos fermentadores na ensilagem. Os carboidratos solúveis são convertidos a ácido acético, ácido propiônico, ácido lático, álcool, dióxido de carbono, água e calor de acordo com o tipo de microrganismo (heterofermentativo e homofermentativo) atuante (Muck, 2010). Dentre os produtos da fermentação, o ácido lático é o mais importante, haja vista que é o ácido mais forte e responsável pela acidificação do meio e, conseqüentemente, na conservação da forragem ensilada.

Na forragem a ser ensilada, a concentração de carboidratos solúveis é afetada por fatores como radiação solar no dia de corte, horário de corte, extensão do período de emurchecimento, exposição à chuva no campo e velocidade de fechamento do silo (Gobetti et al., 2011). Estudos têm demonstrado que gramíneas e leguminosas apresentam variações diurnas na ordem de 20 a 30 g kg⁻¹ MS nas concentrações de carboidratos solúveis em água, com reduzida concentração no período da manhã e concentração máxima à tarde, como verifica-se nos resultados obtidos, respectivamente, para capim-gordura (*Melinis minutiflora.*, 30 e 65 g kg⁻¹ MS; Souza et al., 2005), azevém (*Lolium multiflorum* Lam., 101 e 131 g kg⁻¹ MS; Guo et al., 2014), capim-marandu (*Urochloa brizantha*, 69 e 104 g kg⁻¹ MS; Oliveira, 2014) e alfafa (*Medicago*

sativa L. 57 e 67 g kg⁻¹ MS; Tremblay et al., 2014). Deste modo, o horário de colheita da forrageira pode promover aumentos na concentração de substrato para as bactérias lácticas na fase de fermentação, o que pode proporcionar silagem de melhor qualidade.

Em estudo com ensilagem de capim-elefante, em três horários de colheita, Guo et al. (2015) observaram que a concentração de carboidratos solúveis de capim-elefante *in natura* foi 80,6; 103 e 107 g kg⁻¹ MS, quando colhido às 8; 13 e 18 horas, respectivamente. Com o aumento na concentração de carboidratos solúveis, houve maior quantidade de substrato fermentescível disponível às bactérias lácticas durante a ensilagem, o que proporcionou rápido abaixamento de pH, e, por conseguinte, melhor qualidade da silagem. Os autores constataram maiores concentrações de ácido láctico nas silagens produzidas com capim-elefante colhido às 13 e 18 h (52,0 e 57,8 g kg⁻¹MS), quando comparado com a silagem da forrageira colhida às 8 h (48,7 g kg⁻¹MS).

Semelhante aos teores de carboidratos solúveis, variações diurnas nos teores de matéria seca também tem sido observadas. Oliveira (2014) avaliou dois horários de colheita do capim-marandu, sob corte ou pastejo, e observou aumentos nas concentrações de matéria seca na lâmina foliar de 22,4% às 6 h, atingindo valor máximo de 28,0%, às 15:30 h.

Dessa forma, estima-se que, por meio do manejo do horário de colheita e da idade de rebrotação, seja possível associar elevados teores de carboidratos solúveis e matéria seca em gramíneas tropicais para ensilagem, produzindo silagem de boa qualidade, sem a necessidade de inclusão de aditivos.

Face ao exposto, objetivou-se avaliar os efeitos dos horários de colheita e duas idades de rebrotação do capim-elefante sobre a qualidade e o valor nutritivo de suas silagens.

Material e Métodos

Local do experimento e condições edafo-climáticas

O experimento foi conduzido em duas áreas distintas, com distância aproximada de 2 km entre elas, no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (DZO), UFV, no *Campus* de Viçosa, no período de setembro de 2015 a abril de 2016, sendo área 1 – localizada no Departamento de Zootecnia (experimento 1) e área 2 a Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Gado de Leite (UEPE GL) (experimento 2).

O município de Viçosa está localizado na Zona da Mata, estado de Minas Gerais, a 657 m de altitude, geograficamente definida pelas coordenadas 20°45'20'' de latitude sul e 42°52'40'' de longitude oeste. O clima é do tipo Cwa, segundo a classificação proposta por KÖPPEN, tendo duas estações definidas: seca, de abril a setembro e águas, de outubro a março. A precipitação média anual é de 1.341,2 mm.

As características químicas dos solos das duas áreas foram analisadas e os valores estão apresentados na Tabela 1. Verificaram-se elevados teores de P e K na área 2, possivelmente em razão da aplicação de chorume realizada nesta área.

Tabela 1- Análise química de amostras de solo coletadas de 0 – 20cm, nas duas áreas experimentais

Local	pH H ₂ O	P mg/ dm ³	K mg/ dm ³	Ca ²⁺ cmolc/ dm ³	Mg ²⁺ cmolc/ dm ³	Al ³⁺ cmolc/ dm ³	SB cmolc/ dm ³	t cmolc/ dm ³	T cmolc/ dm ³	V %
Área 1	5,60	19,9	73	5,78	1,11	0,00	7,08	7,08	11,58	61,1
Área 2	6,18	359	315	5,28	1,81	0,00	7,90	7,90	11,00	71,8

Ph (pH em água, KLC e CaCl – Relação 1:2,5); SB (Soma de bases trocáveis); t (Capacidade de troca catiônica efetiva); T (Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V (Índice de saturação por bases).

Ensilagem e delineamento experimental

Os tratamentos foram dispostos em esquema fatorial 2 × 2, sendo dois horários de colheita (8 e 14 h) e duas idades de rebrotação (8 e 16 semanas) do capim-elefante à ensilagem, no delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em ambos experimentos, totalizando 16 unidades experimentais por experimento.

Anteriormente à colheita do capim-elefante para a ensilagem, foram realizados dois cortes de uniformização, em ambas as áreas, para que no momento da ensilagem (27/01/2016) a cultura apresentasse as duas idades de rebrotação preconizadas. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum. cv. Napier) foi colhido manualmente, a 5 cm do solo, simultaneamente em ambas as áreas, e ensilado separadamente por área.

A forragem foi picada em máquina forrageira estacionária e acondicionada em montes de aproximadamente 8 kg, para enchimento de cada balde. Uma amostra de cada monte foi coletada para avaliação de capacidade tampão, pH, população de micro-organismos e composição química do capim-elefante antes da ensilagem.

Para confecção das silagens, foram utilizados baldes plásticos com capacidade de 12 kg, como silos experimentais. Após pesagem dos baldes e tampas, foi realizado o enchimento dos mesmos e, posteriormente, foi efetuada a compactação da forragem

com auxílio de soquetes de madeira. As densidades obtidas para as silagens variaram entre 141-182 kg/m³ de matéria seca, em ambas as áreas. Em seguida, os silos foram vedados, pesados e armazenados em área coberta, em temperatura média de 30°C, durante 60 dias.

Decorridos os 60 dias, os silos foram pesados e posteriormente abertos, a silagem dentro de cada silo foi homogeneizada e foi retirada uma alíquota do material, sendo esta dividida em duas sub-amostras: a primeira (25 g) foi utilizada para quantificar a população de bactérias ácido lácticas, enterobactérias, fungos (mofos e leveduras) e o perfil fermentativo (pH, ácidos orgânicos, amônia e etanol); a segunda (300 g), para análises de composição química.

Quantificação das populações microbianas

Para quantificação da população de micro-organismos, foi preparado extrato aquoso contendo amostra de 25 g da planta ou da silagem, que foi homogeneizada em liquidificador, juntamente com 225 mL de solução tampão (Ringer Solution® Oxoid), durante um minuto. Em seguida, uma porção (10 mL) do extrato aquoso foi submetida às diluições seriadas, variando de 10⁻² a 10⁻⁷. O cultivo de micro-organismos foi realizado em placas de Petri estéreis, em meio de cultura apropriado para os diferentes grupos de micro-organismos. Foi utilizado MRS Ágar para as bactérias do ácido láctico; Violet Red Bile Agar, para enterobactérias e PDA (Potato Dextrose Agar), acrescido com 1,5% de ácido tartárico a 10%, para mofos e leveduras, utilizando-se a técnica de plaqueamento *Pour-plate*. As placas foram incubadas em estufa BOD, com temperatura e período determinado, respectivamente, para cada grupo de micro-organismos: enterobactérias, 37°C durante 24 horas; bactérias do ácido láctico, 37°C durante 48 horas, leveduras e mofos a 25°C por 72 e 120 horas. Ao final do tempo de incubação, a contagem foi realizada com auxílio de um contador de colônia manual (Phoenix® Modelo CP 608). Foram passíveis de contagem as placas que apresentaram entre 30 e 300 unidades formadoras de colônias (UFC). Para avaliação e interpretação dos dados, os resultados obtidos foram convertidos para base logarítmica (Log UFC/g).

Composição química e perfil fermentativo

Uma amostra de aproximadamente 150 g do capim-elefante picado foi coletada antes da ensilagem, para análises de carboidratos solúveis, conforme descrito por Nelson (1944), e capacidade tampão, conforme descrito por Playne e McDonald (1966).

A capacidade fermentativa (CF) das forragens, antes da ensilagem, foi calculada de acordo com a equação proposta por Kaiser et al. (2002): $CF = MS + 8 \times (CS/CT)$, onde, MS = matéria seca (%), CS = carboidratos solúveis (%) e CT = capacidade tampão (e.mg de NaOH/100g MS).

A mensuração do pH das amostras foi realizada por meio de peagâmetro digital, utilizando o extrato aquoso inicial (25g silagem/225 mL de Ringer Solution), conforme descrito por Kung Jr. et al. (1996).

Do extrato aquoso obtido com as amostras e solução tampão, uma alíquota de 10 mL foi retirada e acondicionada em tubos de Falcon contendo solução de ácido sulfúrico (50%). Posteriormente, foi realizado o congelamento das mesmas, para posteriores análises dos ácidos orgânicos (ácido lático, acético, propiônico e butírico) e etanol, em HPLC, conforme descrito por Siegfried et al. (1984), e nitrogênio amoniacal (N-NH₃/N-Total), conforme descrito por Okuda et al. (1965).

Para avaliação da composição química das amostras, foi realizada a retirada parcial da umidade, em estufa com ventilação forçada de ar a 55 °C, até peso constante. Posteriormente, as amostras foram processadas em moinho de faca, tipo “Willey”, com peneira de crivo de 1 mm. Os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}), fibra em detergente ácido (FDA), matéria mineral (MM), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram estimados de acordo com metodologias descritas por Detmann et al. (2012).

Para o ensaio de digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), 0,5 g de amostras das silagens foram acondicionados em Filter bags ANKOM F57[®] e incubados, por 48 horas, em jarros contendo solução tampão e fluido ruminal, coletado de bovino fistulado, conforme metodologia proposta pela ANKOM Daisy Incubator (Ankom[®] Technology Corporation, Fairport, NY), descrita por Holden (1999).

A qualidade de todas as silagens de capim-elefante foi estimada pelo índice do ponto de Flieg, que foi calculado por meio de valores de pH e MS das silagens,

avaliados após abertura dos baldes, por meio da seguinte equação (Moselhy et al., 2015):

$$\text{Flieg's Point} = 220 + (2 \times \%MS - 15) - 40 \times \text{pH}$$

De acordo com esta classificação, a silagem foi considerada de qualidade "muito ruim", quando apresentou índice <20; "ruim", com índice entre 21 e 40; "média", com índice entre 41 e 60; "boa", com índice entre 61 e 80; e, "muito boa", quando apresentou índice entre 81 e 100.

Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste F, adotando-se 0,05 como o nível crítico de probabilidade para o erro tipo I, por meio do PROC MIXED do SAS versão 9.4 (SAS, 2016).

Resultados

Experimento 1

Capacidade tampão e fermentativa, pH, microflora autóctone e composição química de capim-elefante colhido em diferentes horários e idade de rebrotação

Na Tabela 2, são apresentados os resultados de capacidade tampão e fermentativa, pH e microflora autóctone de capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idade de rebrotação (IR). Destacam-se os mais altos valores para capacidade fermentativa de capim-elefante colhido às 14 horas quando comparado ao colhido às 8 horas, em ambas idades de rebrotação (Tabela 2). As variáveis de composição química do capim-elefante encontram-se na Tabela 3.

Tabela 2- Capacidade tampão e fermentativa, pH e microflora epifítica do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Item	8 semanas		16 semanas	
	08:00h	14:00h	08:00h	14:00h
CT ¹ (meq de NaOH/100 g de MS)	1,63	1,58	1,70	1,69
CF ² (%)	48,56	59,54	46,54	58,26
pH ³	6,11	6,03	6,04	5,99
BAL ⁴ (log ufc/g)	6,15	6,12	7,02	6,18
Enterobactéria ⁵ (log ufc/g)	6,24	6,67	5,87	6,15
Fungos ⁶ (log ufc/g)	5,07	5,10	6,07	5,50

¹CT, capacidade tampão. ²CF, capacidade fermentativa. ⁴BAL, bactérias do ácido lático. ⁵Mofos e leveduras.

Tabela 3- Composição química do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Itens	8 semanas		16 semanas	
	08:00h	14:00h	08:00h	14:00h
MS ¹ (%)	13,25	15,46	23,83	29,78
CHO ² (g/kg MS)	66,10	87,10	47,80	59,10
MM ³ (g/kg MS)	91,60	74,10	68,70	54,40
PB ⁴ (g/kg MS)	89,90	73,80	47,00	41,80
FNDcp ⁴ (g/kg MS)	723,20	662,80	769,10	746,90
FDA ⁵ (g/kg MS)	496,00	489,20	538,30	541,30
NIDN ⁶ (%NT)	27,55	30,62	32,33	31,74
NIDA ⁷ (%NT)	7,31	7,85	12,66	13,94

¹MS, matéria seca; CHO², carboidratos solúveis², PB³, proteína bruta³; ⁴FNDNcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁵FDA, fibra em detergente ácido; ⁶NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁷NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Perfil fermentativo e população microbiana de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação

Observaram-se que as variáveis pH, ácido lático e etanol não foram afetadas ($P < 0,05$) pela interação $H \times M$ (Tabela 4). As silagens produzidas com capim-elefante colhido às 14 horas ou com 8 semanas de rebrotação apresentaram os menores valores de pH ($P < 0,05$). Os mais altos teores de ácido lático ($P < 0,05$) foram observados nas silagens de capim-elefante colhido às 14 horas ou com 8 semanas (Tabela 4). Os mais baixos teores de etanol ($P < 0,05$) foram obtidos nas silagens de capim-elefante colhido às 8 horas ou com 16 semanas.

Tabela 4- Perfil fermentativo e população microbiana de silagens do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR)

Horário (H)	Idade de rebrotação (semanas)		Média	EPM ¹	P-valor		
	8	16			H	IR	H × IR
	pH			0,0471	0,0009	0,002	0,0522
08:00	3,64	3,95	3,80A				
14:00	3,53	3,62	3,57B				
Média	3,58b	3,78a					
	Ácido lático (g/kg MS)			0,2870	0,0124	<0,001	0,9437
08:00	36,05	14,60	25,33B				
14:00	39,70	18,07	28,89A				
Média	37,86a	16,34b					
	Ácido acético (g/kg MS)			0,0224	<0,001	0,9462	<0,001
08:00	5,37Ab	6,60Aa	5,99				
14:00	5,57Aa	4,32Bb	4,95				
Média	5,57	5,46					
	Ácido propiônico (g/kg MS)			0,0372	0,6008	<0,001	0,0052
08:00	5,00Aa	1,72Bb	3,36				
14:00	4,60Aa	2,27Ab	3,43				
Média	4,80	2,00					
	Ácido butírico (g/kg MS)			0,0125	0,1585	0,1048	0,0276
08:00	0,62Ab	1,47Aa	1,05				
14:00	0,82Aa	0,67Ba	0,75				
Média	0,72	1,07					
	Etanol (g/kg MS)			0,0653	<0,001	0,0052	0,0526
08:00	5,57	4,82	5,20B				
14:00	10,80	7,47	9,14A				
Média	8,19a	6,15b					
	NH ₃ /NT ² (%)			0,6481	0,1039	<0,001	<0,001
08:00	10,12Ba	9,08Aa	9,60				
14:00	13,70Aa	7,18Bb	10,44				
Média	11,91	8,13					
	BAL ³ (LogUFC/g)			0,1799	0,0391	<0,001	<0,001
08:00	6,58Bb	8,25Aa	7,41				
14:00	7,05Ab	8,06Ba	7,55				
Média	6,81	8,15					
	Enterobactérias (LogUFC/g)						
08:00	ND ⁴	ND	ND	-	-	-	-
14:00	ND	ND	ND				
Média	ND	ND					
	Fungos (LogUFC/g)			0,3293	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	ND	2,91A	1,45				
14:00	3,01a	2,87Aa	2,94				
Média	1,50	2,89					

¹EPM, erro padrão da média; ²NH₃/NT, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total; ³BAL, bactérias do ácido lático, ⁴ND, não determinado, contagem menor que a diluição 10¹. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna e minúscula, na linha não diferem (P>0,05) entre si pelo teste F.

Houve efeito da interação dupla ($P < 0,05$) para os teores de ácidos acético, propiônico e butírico (Tabela 4). De modo geral, silagens produzidas com plantas de 16 semanas colhidas às 14 horas apresentaram o mais baixo teor de ácido acético. Silagens produzidas com plantas de 16 semanas colhidas às 8 horas apresentaram o mais baixo teor de ácido propiônico. Para a silagem produzida com plantas com 16 semanas de rebrotação, a menor concentração de ácido butírico foi verificada com a colheita às 14 horas, enquanto que, para a silagem produzida às 8 horas, obteve-se o mais baixo teor de ácido butírico com plantas colhidas com 8 semanas.

Houve efeito da interação dupla ($P < 0,05$) para os teores de nitrogênio amoniacal (Tabela 4). De modo geral, mais baixa concentração de nitrogênio amoniacal (NH_3/NT) ($P < 0,05$) foi obtida na silagem produzida com plantas colhidas com 16 semanas e às 14 horas.

Houve efeito da interação dupla ($P < 0,05$) para a população de BAL (Tabela 4). Quando produzida às 8 horas, a silagem de capim-elefante com 16 semanas de rebrotação, apresentou população de BAL superior ($P < 0,05$) em relação às silagens de plantas com 8 semanas. Nas silagens de plantas com 16 semanas, a maior população de BAL foi obtida na silagem produzida às 8 horas, em relação à produzida às 14 horas. Não foi detectada população de enterobactérias nas silagens produzidas com capim-elefante colhido em diferentes horários e idades.

Houve efeito da interação dupla ($P < 0,05$) para a população de fungos (Tabela 4). Não foi observada população de fungos (mofos e leveduras) na silagem de capim-elefante colhido com 8 semanas e às 8 horas.

Valor nutritivo de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação

Tabela 5- Valor nutritivo de silagens do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Horário (H)	Idade de rebrotação (semanas)		Média	EPM ¹	P-valor		
	8	16			H	IR	H × IR
	MS (%)			1,6184	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	14,44Bb	24,60Ba	19,52				
14:00	16,29Ab	29,88Aa	23,08				
Média	15,37	27,24					
	MM ² (g/kg MS)			0,3114	0,0068	<0,001	0,2363
08:00	84,12	64,07	74,10A				
14:00	80,40	55,75	68,05B				
Média	82,26a	59,91b					
	PB ³ (g/kg MS)			0,4779	<0,001	<0,001	0,0003
08:00	84,92Aa	44,87Ab	64,90				
14:00	71,92Ba	40,75Bb	56,35				
Média	78,42	42,82					
	FDNcp ⁴ (g/kg MS)			1,1364	0,1269	<0,001	0,1189
08:00	694,12	763,17	728,65A				
14:00	668,62	763,47	716,05A				
Média	681,37b	763,32a					
	FDA ⁵ (g/kg MS)			0,7731	0,2659	<0,001	0,6334
08:00	488,00	543,10	515,55A				
14:00	480,30	539,95	510,12A				
Média	484,15b	541,52a					
	NIDN ⁶ (%NT)			0,8584	<0,001	<0,001	0,1336
08:00	11,95	17,44	14,70B				
14:00	13,83	20,43	17,13A				
Média	12,89b	18,94a					
	NIDA ⁷ (%NT)			0,6329	<0,001	<0,001	0,1011
08:00	7,19	12,30	9,75B				
14:00	8,35	12,79	10,57A				
Média	7,77b	12,55a					
	DIVMS ⁸ (g/kg MS)			1,7098	0,6832	<0,001	0,8675
08:00	597,35	463,35	532,35A				
14:00	600,67	468,75	534,71A				
Média	599,01a	468,05b					
	Flieg's Point						
08:00	88,29Ba	96,21Bb	92,25	3,2384	<0,001	<0,001	0,0051
14:00	96,49Aa	120,04Ab	108,28				
	92,39	108,14					

¹EPM, erro padrão da média; ²MM, matéria mineral; ³PB, proteína bruta; ⁴FDNcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁵FDA, fibra em detergente ácido; ⁶NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁷NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido; ⁸DIVMS, digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna e minúscula, na linha não diferem (P>0,05) entre si pelo teste F.

Apenas os teores de MS, PB e Flieg's Point foram afetados pela interação H × IR. (Tabela 5). As silagens produzidas às 14 horas apresentaram mais altos teores de MS em relação às produzidas às 8 horas, independentemente da idade de rebrotação, e, as silagens produzidas com plantas de 16 semanas de rebrotação apresentaram mais altos teores de MS que as de plantas colhidas com 8 semanas, independentemente do horário de colheita (Tabela 5). Foram verificados ($P < 0,05$) maiores teores de PB nas silagens de capim-elefante colhido com 8 semanas relativamente ao colhido com 16 semanas, independentemente do horário de colheita, assim como, os teores de PB foram mais elevados em plantas colhidas às 8 horas, independentemente da idade de colheita. As silagens produzidas às 14 horas apresentaram maiores valores de Flieg's Point, independentemente da idade de rebrotação. Silagens de capim-elefante colhido com idade de rebrotação de 16 semanas apresentaram maiores valores de Flieg's Point, em ambos horários de colheita.

Os teores de MM variaram com o horário de colheita e com a idade de rebrotação (Tabela 5), apresentando maior concentração nas plantas colhidas com 8 semanas ou às 8 horas. Os teores de FDNcp variaram com a idade de rebrotação, com mais alta concentração nas plantas colhidas com 16 semanas, mesmo comportamento observado para os teores de FDA. Os teores de NIDN e NIDA variaram com os horários de colheita e com as idades de rebrotação, obtendo-se mais altos valores em silagens de plantas colhidas às 16 semanas ou às 14 horas. Os coeficientes de DIVMS variaram com as idades de rebrotação, com mais altos valores obtidos para silagem de plantas colhidas com 8 semanas.

Experimento 2

Capacidade tampão e fermentativa, pH, microflora autóctone e composição química de capim-elefante colhido em diferentes horários e idade de rebrotação

Na Tabela 2, são apresentados os resultados de capacidade tampão e fermentativa, pH e microflora autóctone de capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idade de rebrotação (IR). Destacam-se que o valor médio de capacidade fermentativa foi mais baixo para capim-elefante colhido na área 2 (35,4%), relativamente a área 1 (53,2%), em razão dos mais baixos valores de matéria seca e de

carboidratos solúveis e da mais alta capacidade tampão, em plantas cultivadas na área 2. As variáveis de composição química do capim-elefante encontram-se na Tabela 3.

Tabela 6- Capacidade tampão e fermentativa, pH e microflora epifítica do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Item	8 semanas		16 semanas	
	08:00h	14:00h	08:00h	14:00h
CT ¹ (meq de NaOH/100 g de MS)	1,99	2,19	2,27	2,48
CF ² (%)	30,49	34,20	37,01	38,48
pH ³	6,41	6,29	6,04	6,18
BAL ⁴ (log ufc/g)	7,15	6,14	6,36	6,13
Enterobactéria ⁵ (log ufc/g)	7,05	6,98	6,07	6,74
Fungos ⁶ (log ufc/g)	5,47	5,06	5,80	5,17

¹CT, capacidade tampão. ²CF, capacidade fermentativa. ⁴BAL, bactérias do ácido lático. ⁵Mofos e leveduras.

Tabela 7- Composição química do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Itens	8 semanas		16 semanas	
	08:00h	14:00h	08:00h	14:00h
MS ¹ (g/kg)	105,3	119,4	204,0	215,0
CHO ² (g/kg MS)	49,2	60,4	45,9	51,80
PB ³ (g/kg MS)	106,52	112,32	81,80	83,10
FNDcp ⁴ (g/kg MS)	723,20	662,80	769,10	746,90
FDA ⁵ (g/kg MS)	645,52	613,52	699,07	686,92
NIDN ⁶ (%NT)	29,70	33,97	27,38	21,94
NIDA ⁷ (%NT)	7,13	6,95	8,16	8,20

¹MS, matéria seca; CHO², carboidratos solúveis², PB³, proteína bruta³; ⁴FNDcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁵FDA, fibra em detergente ácido; ⁶NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁷NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

Perfil fermentativo e população microbiana de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação

Apenas as variáveis etanol e BAL não apresentaram efeito ($P > 0,05$) para interação $H \times IR$ (Tabela 8). As concentrações de etanol foram mais altas nas silagens de plantas colhidas com 8 semanas, relativamente às colhidas com 16 semanas, enquanto que não houve diferenças entre as silagens de plantas colhidas às 8 e às 14 horas. Mais alta população de BAL foi obtida em silagens de plantas colhidas com 16 semanas, relativamente às colhidas com 8 semanas, não havendo diferença entre as silagens de plantas colhidas às 8 e às 14 horas.

Houve efeito da interação dupla para as variáveis pH, ácidos láctico, acético, propiônico e butírico e nitrogênio amoniacal (Tabela 8). Para a variável pH, as silagens produzidas às 14 horas apresentaram valores inferiores quando comparadas com as silagens produzidas às 8 horas. As silagens de capim-elefante colhido às 8 horas apresentou mais baixo pH quando colhido com 16 semanas de rebrotação, não havendo diferença entre as idades quando colhido às 14 horas.

Maiores teores de ácido láctico foram obtidos nas silagens de capim-elefante com 8 semanas de rebrotação, independente do horário de colheita. Plantas colhidas com 16 semanas proporcionaram silagem com maior teor de ácido láctico quando colhidas às 14 horas, relativamente às 8 horas.

A produção de ácido acético foi inferior ($P < 0,05$) nas silagens produzidas às 14 horas, quando comparadas àquelas produzidas às 8 horas, nas duas idades de rebrotação (Tabela 8). Menor teor de ácido acético foi observado na silagem de capim-elefante com 16 semanas, relativamente à silagem de plantas com 8 semanas, quando colhidas às 8 horas. Os mais baixos teores de ácido propiônico foram obtidos nas silagens de plantas com 8 semanas, colhidas às 8 horas (Tabela 8). Para o ácido butírico, destaca-se o alto valor obtido em silagem de plantas colhidas com 8 semanas e às 8 horas.

Em silagem de capim-elefante produzida com capim-elefante colhido com 8 semanas, verificou-se mais baixa concentração de nitrogênio amoniacal quando as plantas foram colhidas às 14 horas, relativamente àquelas colhidas às 8 horas. Por outro lado, as silagens de plantas colhidas às 8 horas apresentaram mais baixo N amoniacal quando produzidas com capim-elefante com 16 semanas, relativamente àquelas com 8 semanas de rebrotação (Tabela 8).

Tabela 8- Perfil fermentativo e população microbiana de silagens do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Horário (H)	Idades de rebrotação (semanas)		Média	EPM ¹	P-valor		
	8	16			H	IR	H × IR
	pH			0,1356	<0,001	0,0018	0,0039
08:00	5,02Aa	4,29Ab	4,66				
14:00	3,83Ba	3,79Ba	3,81				
Média	4,43	4,04					
	Ácido lático (g/kg MS)			0,2414	0,0012	<0,001	0,0034
08:00	34,52Aa	13,17Bb	23,85				
14:00	35,40Aa	25,05Ab	30,22				
Média	34,96	19,11					
	Ácido acético (g/kg MS)			0,2503	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	28,97Aa	10,17Ab	19,57				
14:00	7,22Ba	5,45Ba	6,33				
Média	18,10	7,81					
	Ácido propiônico (g/kg MS)			0,0641	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	0,60Bb	3,20Aa	1,90				
14:00	7,37Aa	2,60Bb	4,99				
Média	3,98	2,90					
	Ácido butírico (g/kg MS)			0,1368	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	12,35Aa	0,50Ab	6,42				
14:00	0,63Ba	0,45Aa	0,54				
Média	6,48	0,48					
	Etanol (g/kg MS)			0,0992	0,0641	<0,001	0,1375
08:00	16,45	11,97	14,21A				
14:00	15,97	8,12	12,05A				
Média	16,21a	10,05b					
	NH ₃ /NT ² (%)			3,1356	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	38,21Aa	11,48Ab	24,84				
14:00	8,92Ba	10,88Aa	9,89				
Média	23,56	11,18					
	BAL ³ (log UFC/g)			0,1802	0,5148	0,0038	0,9052
08:00	7,45	8,48	7,96A				
14:00	7,30	8,26	7,78A				
Média	7,38b	8,37a					
	Enterobactérias (log UFC/g)						
08:00	ND ⁴	ND	ND	-	-	-	-
14:00	ND	ND	ND				
Média	ND	ND					
	Fungos (log UFC/g)						
08:00	ND ⁴	ND	ND	-	-	-	-
14:00	ND	ND	ND				
Média	ND	ND					

¹EPM, erro padrão da média; ²NH₃/NT, nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total; ³BAL, bactérias do ácido lático, ⁴ND, não determinado, contagem menor que a diluição 10¹. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna e minúscula, na linha não diferem (P>0,05) entre si pelo teste F.

Valor nutritivo de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação

Observou-se que as variáveis MS e FDN_{cp} não foram afetadas ($P > 0,05$) pela interação $H \times IR$ (Tabela 9). O capim-elefante colhido às 14 horas ou com 16 semanas produziram silagens com mais altos teores de MS, enquanto aquelas colhidas às 8 horas ou com 16 semanas apresentaram os mais altos teores de FDN_{cp}.

Houve efeito da interação dupla sobre as variáveis MM, PB, FDA, NIDIN, NIDA, DIVMS e Flieg's Point. Mais altos teores de PB foram obtidos com silagens de plantas colhidas às 14 horas, em ambas idades de rebrotação. Silagens de plantas colhidas com 8 semanas apresentaram mais alto teor de PB somente quando colhidas às 14 horas. Mais baixo teor de FDA foi obtido em silagens de plantas colhidas às 14 horas, com plantas colhidas com 8 semanas apresentando mais baixo teor de FDA que plantas colhidas às 16 semanas. Os mais baixos valores de NIDIN e NIDA foram registrados em silagens de plantas colhidas com 8 semanas e às 8 horas.

Verificaram-se maiores coeficientes de DIVMS ($P < 0,05$) nas silagens produzidas às 14 horas, em ambas idades de rebrotação (Tabela 9). Às 8 horas, não foi observada diferença entre os coeficientes de DIVMS das silagens com 8 e 16 semanas, no entanto, às 14 horas, a silagem produzida com capim-elefante colhido com 8 semanas apresentou DIVMS superior àquela de plantas colhidas com 16 semanas.

Os valores para Flieg's Point foram mais altos nas silagens produzidas às 14 horas, em ambas idades de rebrotação. As silagens de capim-elefante colhido com 8 semanas de rebrotação apresentaram maior valor de Flieg's Point em relação às silagens produzidas com capim-elefante colhido com 16 semanas.

Tabela 9- Valor nutritivo de silagens do capim-elefante colhido em diferentes horários (H) e idades de rebrotação (IR).

Horário (H)	Idade de rebrotação (IR) (semanas)		Média	EPM ¹	P-valor		
	8	16			H	IR	H × IR
	MS (%)			1,2432	<0,001	<0,001	0,9114
08:00	10,85	20,19	15,52B				
14:00	12,76	22,17	17,47A				
Média	11,88B	21,18A					
	MM ² (g/kg MS)			0,4533	0,2817	<0,001	0,0133
08:00	117,27Aa	78,20Bb	97,73				
14:00	114,32Aa	84,90Ab	99,61				
Média	115,80	81,55					
	PB ³ (g/kg MS)			0,5737	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	54,75Bb	83,60Ba	69,17				
14:00	115,30Aa	98,00Ab	106,65				
Média	85,02	90,80					
	FDNcp ⁴ (g/kg MS)			1,0307	<0,001	<0,001	0,1191
08:00	698,15	730,45	714,30A				
14:00	625,62	681,72	653,67B				
Média	661,88B	706,08A					
	FDA ⁵ (g/kg MS)			0,6967	<0,001	0,3362	0,0239
08:00	515,02Aa	505,05Aa	510,03				
14:00	452,57Bb	475,17Ba	463,87				
Média	483,80	490,11					
	NIDN ⁶ (%NT)			1,6789	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	26,08Aa	12,22Ab	19,15				
14:00	10,06Bb	11,48Aa	10,75				
Média	18,07	11,85					
	NIDA ⁷ (%NT)			1,0094	<0,001	<0,001	<0,001
08:00	7,27Ab	15,55Aa	11,41				
14:00	5,80Bb	7,07Ba	6,44				
Média	6,54	11,31					
	DIVMS ⁸ (g/kg MS)			1,3351	<0,001	<0,001	0,0006
08:00	539,32Ba	526,17Ba	532,75				
14:00	653,15Aa	562,27Ab	607,71				
Média	596,23	544,22					
	Flieg's Point			7,0604	<0,001	<0,001	0,0052
08:00	25,60Bb	73,48Ba	49,54				
14:00	77,24Ab	97,75Aa	87,49				
Média	51,42	85,61					

¹EPM, erro padrão da média; ²MM, matéria mineral; ³PB, proteína bruta; ⁴FDNcp, fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas; ⁵FDA, fibra em detergente ácido; ⁶NIDN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁷NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido; ⁸DIVMS, digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Médias seguidas de mesma letra maiúscula, na coluna e minúscula, na linha não diferem (P>0,05) entre si pelo teste F.

Discussão

Perfil fermentativo e população microbiana de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação

Experimento 1

A redução no valor de pH das silagens produzidas com capim-elefante colhido às 14 horas pode ser explicada pela maior ($P < 0,05$) produção de ácido lático observada nestas silagens, o qual é responsável pelo rápido declínio do pH e por manter a estabilidade da forragem durante o armazenamento no silo (Tabela 4). A redução do pH é importante, uma vez que microrganismos deterioradores são menos resistentes à acidez do que as bactérias do ácido lático (Woolford, 1984; McDonald et al., 1991). Os valores de pH observados no presente ensaio encontram-se abaixo da faixa com valores de 3,8 a 4,0, preconizados por McCullough (1977) como adequados para silagem bem conservada.

A fermentação láctica deve predominar nas condições anaeróbicas para que as plantas forrageiras possam ser conservadas como silagem (Ferreira et al., 2013). O maior teor de ácido lático ($P < 0,05$) observado para a silagem de capim-elefante colhido às 14 horas, comparado às 8 horas, e com 8 semanas, comparado à 16 semanas, pode ser explicado pelo maior teor de carboidratos solúveis na forragem à ensilagem (Tabela 3), substrato utilizado pelas BAL's. Guo et al. (2015) observaram valores de pH de 4,07, nas silagens produzidas com capim-elefante colhido às 8 horas, e valor de 3,87, na silagem produzida às 13 horas, mas não foi observada diferença nos teores de ácido lático nos horários estudados.

Os valores de ácido acético, em todos os tratamentos (Tabela 4), foram menores que $10 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$, inferiores ao limite de $20 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$ que, de acordo com Roth e Undersander (1995), é o valor adequado para a silagem ser classificada como de boa qualidade. Valores próximos de ácido acético ($8,40 \text{ g/kg MS}$) foram encontrados por Silva et al. (2011), em silagem de capim-elefante com 15,78% de MS.

De acordo com Roth e Undersander (1995), o teor de ácido butírico deve ser de, no máximo, 0,1% na MS, em silagens de boa qualidade. Exceto na silagem produzida com capim-elefante colhido às 8 horas, com plantas de 16 semanas (Tabela 4), os teores de ácido butírico nas silagens estavam abaixo de 0,1%. Em silagem de capim-elefante

com teor de MS de 15,78%, Silva et al. (2011) encontraram teor de ácido butírico de 0,34%. No presente estudo, a redução do pH da silagem a valores abaixo de 4,0 provavelmente contribuiu para a preservação da silagem, em consequência da inibição da atividade das bactérias do gênero *Clostridium*, que são responsáveis pela produção de ácido butírico e pela deterioração da silagem (Mota et al., 2011).

As baixas concentrações de N-NH₃ observadas (Tabela 4) podem ser atribuídas ao declínio de pH, que inibe micro-organismos deterioradores e enzimas das plantas e resulta em redução na degradação da proteína durante a fermentação (Shah et al., 2017). Deste modo, altos teores de N-NH₃ indicam alta proteólise, conseqüentemente, redução do valor nutritivo da silagem devido à redução da concentração de proteína bruta (Ohshima e McDonald, 1978 citado por Muck, 1988). Os valores de NH₃-N da silagem podem ser usados para determinar a eficiência do processo de fermentação (McDonald, Henderson & Heron, 1991). A fermentação da silagem é considerada muito boa quando os teores de N-NH₃/NT são inferiores a 10%, adequada quando os teores encontram-se entre 15% a 20% e insatisfatória, quando os teores se situam acima de 20% (Benacchio, 1965).

Guo et al. (2015) observaram menor população (6,72 log UFC g de silagem) de BAL na silagem produzida às 18 horas, em comparação às silagens produzidas às 8 horas (7,22 log UFC/g de silagem) e 13 horas (7,33 log UFC/g de silagem), sem diferenças na população de bactérias do ácido lático nos horários mais tardios. No presente ensaio, população mais alta de BAL foi obtida às 14 horas em relação às 8 horas somente nas plantas colhidas com 8 semanas.

A ausência de enterobactérias nas silagens (Tabela 4) pode ser explicada pela produção adequada de ácido lático, o que ocasionou adequado declínio do pH (Silva et al., 2011). A ausência de enterobactérias nas silagens é desejável, uma vez que estas competem por substrato com as BAL's e os mecanismos de sua fermentação resultam em perdas de energia e matéria seca (Carvalho et al., 2016).

A contagem reduzida da população de fungos observada nas diferentes silagens (Tabelas 4) pode estar associada à alta compactação da massa no momento da ensilagem (141-182 kg/m³ de matéria seca), o que favoreceu a rápida exaustão do oxigênio no interior dos silos.

Experimento 2

O maior valor de pH (5,02) observado nas silagens de capim-elefante colhido com 8 semanas, às 8 horas, ocorreu, provavelmente, devido à maior produção de $\text{N-NH}_3/\text{N-Total}$, ácido butírico e ácido acético (Tabela 8), resultante de proteólise e consumo de carboidratos solúveis por bactérias do gênero *Clostridium*. A atividade de tais bactérias está relacionada às perdas no valor nutritivo, principalmente proteína, e consumo e redução de ácido láctico, provocando catabolismo de aminoácidos e elevação no pH (McDonald et al., 1991).

Os mais altos teores de ácido láctico observados na silagem de capim-elefante colhido com 8 semanas, às 8 e 14 horas, relativamente às plantas colhidas com 16 semanas (Tabela 8), são atribuídos às altas concentrações de carboidratos solúveis observadas na forragem antes da ensilagem (Tabela 7).

Os teores de ácido acético, exceto nas silagens produzidas às 8 horas com plantas de 8 semanas (Tabela 8), estão abaixo de $20 \text{ g kg}^{-1}\text{MS}$, preconizado por Mahanna (1994) como teor adequado em silagens bem fermentadas.

O mais alto teor de ácido butírico ($12,35 \text{ g kg}^{-1} \text{MS}$), observado na silagem de plantas colhidas com 8 semanas e às 8 horas, indica que houve fermentação indesejável durante o processo fermentativo, o que pode ter proporcionado perdas de nutrientes, principalmente com redução do teor de proteína bruta na silagem (Tabela 8), em função da maior produção de NH_3/NT por bactérias do gênero *Clostridium* (Muck, 1987) (Tabela 7). Os demais tratamentos apresentaram valores de ácido butírico abaixo de 0,1% na MS, indicando baixa fermentação clostrídica (Roth e Undersander, 1995).

Valor nutritivo de silagens de capim-elefante colhido em diferentes horários e idades de rebrotação

Experimento 1

Os teores de MS superiores observados nas silagens (Tabela 5), em comparação aos de capim-elefante *in natura* (Tabelas 3), provavelmente ocorreram devido às perdas por efluente, observadas após a abertura dos silos experimentais, mas não quantificadas no presente estudo. Apesar dos teores de MS das plantas colhidas com 8 semanas estarem abaixo do preconizado (28 a 34%) por McCullough (1977), para produção de

silagem, os resultados observados no presente estudo demonstraram que foi possível produzir silagens de qualidade e com adequado valor nutritivo (Tabela 5).

Todos os teores de PB observados nas diferentes silagens foram inferiores aos teores de PB nas plantas antes da ensilagem, possivelmente devido a hidrólise de PB pelos micro-organismos e produção de compostos nitrogenados, como amônia (Tabela 4). Durante a ensilagem, a proteólise extensiva determina que 40 a 60% do nitrogênio sejam solubilizados em compostos nitrogenados não proteicos. A extensão da proteólise diminui com o aumento no teor de MS da silagem e com a redução do pH (Muck, 1987).

A redução do teor de PB nas silagens quando as plantas foram colhidas com 16 semanas (Tabela 5), relativamente às colhidas com 8 semanas, ocorreu devido ao aumento no teor de fibras e de nitrogênio ligado às fibras, que ocorre com o avanço da idade da planta (Van Soest., 1994).

Silagens de capim-elefante colhido com 8 semanas apresentaram coeficiente de DIVMS de aproximadamente 60% (Tabela 5). Por outro lado, silagens de capim-elefante colhido com 16 semanas apresentaram coeficiente de DIVMS inferior a 50%, haja vista que, devido ao avanço da idade, a planta apresenta aumento nas concentrações de carboidratos fibrosos na parede celular (Machado et al., 2014), o que proporciona produção de silagens com mais altos teores de fibras e compostos nitrogenados complexados a esses constituintes (NIDN, NIDA), conseqüentemente, com mais baixa digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Com base no sistema de avaliação do Flieg's Point (Moselhy et al., 2015), a fermentação das silagens foi classificada como muito boa, o que indica silagem de qualidade adequada, uma vez que todas as silagens apresentaram Flieg's Point acima de 80. O ponto de Flieg, baseado no teor de MS e no valor de pH encontrado nas silagens, tem sido utilizado para avaliar a qualidade das silagens, embora existam algumas limitações desse sistema de pontuação, segundo Yuan et al. (2017), pois não leva em consideração os ácidos orgânicos, a extensão da degradação da proteína e a estabilidade aeróbia da silagem.

Experimento 2

Os coeficientes de DIVMS das silagens apresentaram-se superiores a 50% (Tabela 9). Os mais altos coeficientes de DIVMS na silagem de capim-elefante colhido

às 14 horas podem ser atribuídos aos mais baixos teores de fibras e de nitrogênio complexado às fibras, observados em silagens de plantas colhidas às 14 h.

A qualidade da silagem produzida com capim-elefante colhido às 14 horas com 16 semanas, é classificada como de muito boa qualidade de fermentação, de acordo com o Flieg's Point (Moselhy et al. (2015)). Aquelas produzidas com capim-elefante colhido com 8 semanas, às 14h, e com 16 semanas, às 8 h, são consideradas como silagem de boa qualidade. Já aquelas produzidas com capim-elefante colhido com 8 semanas e às 8 horas, são consideradas como silagem de qualidade ruim.

Conclusões

A silagem de capim-elefante colhido com 8 semanas de rebrotação e às 14 horas apresenta melhor perfil fermentativo e valor nutritivo.

Referências bibliográficas

- BENACCHIO, S. Niveles de melaza en silo experimental de milho criollo (Sorghum vulgare). *Agronomia Tropical*, v.14, n.4, p.651-658, 1965.
- CARVALHO, W. G.; COSTA, K. A. P.; EPIFANIO, P. S.; PERIM, R. C.; TEIXEIRA, D. A. A.; MEDEIROS, L. T. Silage quality of corn and sorghum added with forage peanuts. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 2, p. 465-472, 2016.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 214p, 2012.
- FERREIRA, D.; LANA, R.P.; ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; ALVES, G.R.; VELOSO, C.M. Silage fermentation and chemical composition of elephant grass inoculated with rumen strains of *Streptococcus bovis*. **Animal Feed Science and Technology** (Print), v.184, p.22-28, 2013.
- GOBETTI, S. T. C., NEUMANN, M., OLIVEIRA, M. R. & OLIBONI, R. (2011). Produção e utilização da silagem de planta inteira de soja (*Glycine max*) para ruminantes. **Ambiência**, Guarapuava (PR) v.7 n.3 p. 603-616 Set./Dez, 2011.
- GUO, G.; YUAN, X.; WEN, A.; LIU, Q.; ZHANG, S.; SHO, T. Silage Fermentation Characteristics of Napiergrass Harvested at Various Times on a Sunny Day. **Crop Science**, vol. 55, p 458- 464. January – February, 2015.
- GUO, G., C.Q. YU, Q. WANG, P.C. XIN, M. SHIMOJO, AND T. SHAO. Silage fermentation characteristics of Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) harvested at

various times on a sunnyday. **Crop Science**. 54:851–858. doi:10.2135/cropsci2012.12.0692. 2014.

KAISER, E., K. WEIB, L.V. POLIP. A new concept for the estimation of the ensiling potential of forages. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 13, **Proceedings...** Auchincruive, Scotland, p. 344-358. 2002.

KUNG JR., L. **Preparation of silage water extracts for chemical analyses**: standard operating procedure - 001 6.03.96. Worrlow: University of Delaware, Ruminant Nutrition Lab, p.309. 1996.

LIMA JR., D.M.; RANGEL, A.H.N.; URBANO, S.A.; OLIVEIRA, J.P.F. e MACIEL, M.V. Silagem de gramíneas tropicais não - graníferas. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 2, p. 01-11, abr - jun, 2014.

MACHADO, F. S., RODRIGUEZ, N. M., GONÇALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S., RIBAS, M. N., LOBATO, F. C. L., PEREIRA, L. G. R. Valor nutricional de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**, v.66, p.244-252, 2014.

MAHANNA WC. Silage fermentation and additive use in North America. Proceedings of the Silage Production from Seed to Animal, pp. 85-95. NRAES, New York., 1994.

MCCULLOUGH, M. E. **Silage and silage fermentation feedstuffs**. p.49-52, 1977.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A. R.; HERON; S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publication. p. 340, 1991.

MCDONALD, P. The biochemistry of silage. New York: John Willey & Sons, 226p., 1981.

MENEGOL, D.; FONTANA, R.C.; DILLON, A. J. P; CAMASSOLA, M. Second-generation ethanol production from elephant grass at high total solids. **Bioresource Technology**, 211, p.280–290, 2016.

MONTEIRO, I. J. G.; ABREU, J. G. de; CABRAL, L. da S.; RIBEIRO, M. D.; REIS, R. H. P. dos. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 4, dez. 2011.

MOSELHY, M. A., BORBA, J. P., & BORBA, A. E. S. Improving the nutritive value, in vitro digestibility and aerobic stability of *Hedychium gardnerianum* silage through application of additives at ensiling time. *Animal Feed Science and Technology*, 206,8–18., 2015.

MOTA, A. D.S.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; SOUZA, A. S. de.; REIS, S. T. dos.; TOMICH, T. R.; CALDEIRA, L. A.; MENEZES, G. C. de C.; COSTA, M. D. da. Perfil de fermentação e perdas na ensilagem de diferentes frações da parte aérea de quatro variedades de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1466-1473, 2011.

MUCK, R. E. Dry matter level effects on alfalfa silage quality. I. Nitrogen transformations. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.* 30:7, 1987.

MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of Dairy Science*, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.

MUCK, R. E., AND L. KUNG, JR. Effects of silage additives on ensiling. Pages 187–199 in *Silage: Field to Feedbunk*. NRAES- 99. NRAES, Ithaca, NY., 1997.

NELSON, N. A photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. *Biochemistry*, New York, v.153, p.375-380, 1944.

OLIVEIRA, F.C.L. **Manejo do horário da colheita do capim-marandu sob corte ou pastejo**. 2014. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

OKUDA, H.; FUGI, S.; KAWASHIMA. A direct colorimetric method for blood ammonia. **Journal of Experimental Medicine**. v.12, n.1, p.11-23, 1965.

OHSHIMA, M., and P. MCDONALD. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *J. Sci. Food Agric.* 29:497., 1978.

PEREIRA, A.V.; AUAD, A.M.; LÉDO, F.J.S.; BARBOSA, S. *Pennisetum purpureum*. In: FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. (Ed) **Plantas Forrageiras**. Viçosa, MG: Ed. UFV, P. 197-219, 2013.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal Science Food and Agriculture**, v.17, n.2, p.264-268, 1966.

ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: **Corn silage production management and feeding**. Madison American Society of Agronomy, p.27-29, 1995.

SAS. **Statistical Analysis System Institute**. SAS/STAT. User's guide, version 9.4. Cary, North Carolina, v.2, 842 p. 2016.

SHAH AA, YUAN X, ZHIHAO D, SIRAN W, TAO S. Effects of lactic acid bacteria on ensiling characteristics, chemical composition and aerobic stability of king grass. *J Anim Plant Sci* 3: 747-755. 2017.

SIEGRIFIELD, V.R., H. Ruckemann and G. Stumpf. Method for the determination of organic acids in silage by high performance liquid chromatography. **Landwirtschaft Forsch.** 37:298-304, 1984.

SILVA, T.C.; DANTAS, P.A.S.; DÓREA, J.R.R.; SANTOS, E.M.; ZANINE, A.M.; E PEREIRA, O.G. Populações microbianas, perfil fermentativo e composição de silagens de capim-elefante com jaca. **Arch. zootec.** vol.60 no.230 Córdoba jun. 2011.

TREMBLAY, G.F.; MORIN, C.; BELANGER, G.; BERTRAND, A.; CASTONGUAY.; BERTHIAUME, R.; ALLARD, G. Nonstructural carbohydrates and conservation attributes during silage fermentation of PM- and AM-cut alfalfa wilted in

wide and narrow swaths. **Crop Science**. 54:439–452 10.2135/cropsci2013.07.0443. doi:10.2135/cropsci2013.07.0443. 2014.

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

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York, Marcel Dekker. p.23-132, 1984.

YUAN X, WEN A, DONG Z, DESTA ST, SHAO T. Effects of formic acid and potassium diformate on the fermentation quality, chemical composition and aerobic stability of alfalfa silage. **Grass Forage Sci**;00:1–7., 2017.

ZHANG XQ, JIN YM, ZHANG YJ, YU Z, YAN WH. Silage quality and preservation of *Urtica cannabina* ensiled alone and with additive treatment. **Grass Forage Sci** 69: 405–414., 2013.