



Potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem: Revisão de Literatura

Potentialities and limitations of forage plants for silage: Review

**Alberto Jefferson da Silva Macêdo¹, José Maria César Neto², Michel Alves da Silva²,
Edson Mauro Santos³**

Resumo: O processo de ensilagem depende de inúmeros fatores, desde a escolha da forrageira para o plantio, passando-se pela colheita, ensilagem e abertura do silo, frisando-se sempre na qualidade da forragem conservada. O meio deve ser anaeróbio, ideal para o crescimento de bactérias ácido lácticas, que produzem ácidos orgânicos a partir do consumo de carboidratos solúveis, reduzindo o potencial hidrogeniônico (pH) do meio e promovendo a conservação do material. Pois a qualidade do material ensilado depende diretamente da permanência desse pH suficientemente baixo e ausência de oxigênio, a fim de inibir a atuação de microrganismos indesejáveis que remontam as fermentações secundárias. As culturas forrageiras destinadas a ensilagem devem possuir características desejáveis que se adequem ao processo fermentativo, como os teores de matéria seca, carboidratos solúveis, nitrato e capacidade tampão aceitáveis, pois forrageiras que não apresentam essas características podem causar dificuldade de acidificação do meio, dificultando o processo de ensilagem, apesar disso, algumas técnicas podem ser utilizadas visando minimizar essas deficiências, como emurchecimento e o uso de aditivos podem ser aplicadas definindo o sucesso na produção de silagens. Diante do exposto, o objetivo desta revisão deu-se em compilar informações quanto as potencialidades e limitações de plantas forrageiras para ensilagem, a fim de garantir um alimento conservado de qualidade que atenda às necessidades nutricionais dos animais, bem como apresentar dados para o embasamento do valor nutritivo das mesmas.

Palavras-chave: acidificação, ensilagem, fermentações secundárias, microrganismos.

Abstract: The silage process depends on many factors, from the choice of the forage to the planting, through the harvesting, silage and silo opening, always emphasizing the quality of the forage preserved. The medium must be anaerobic, ideal for the growth of lactic acid bacteria, which produce organic acids from the consumption of soluble carbohydrates, reducing the hydrogen ionic potential (pH) of the medium and promoting the conservation of the material. For the quality of the ensiled material depends directly on the permanence of this pH low enough and absence of oxygen, in order to inhibit the performance of undesirable microorganisms that go back to the secondary fermentations. Forage crops intended for silage must possess desirable characteristics that are adequate to the fermentation process, such as dry matter, soluble carbohydrates, nitrate and buffer capacity, since forages that do not have these characteristics can cause difficulties of acidification of the environment, making it difficult to However, some techniques can be used to minimize these deficiencies, such as wilting and the use of additives can be applied by defining success in silage production. Considering the above, the objective of this review was to compile information about the potentialities and limitations of forage plants for silage, in order to guarantee a quality preserved food that meets the nutritional needs of the animals, as well as to present data for the basement of the nutritive value.

Keywords: acidification, silage, secondary fermentations, microorganisms.

[http://dx.doi.org/ 10.5935/1981-2965.20210010](http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20210010)

*Author for correspondence: E-mail: carlos.ramos@uffs.edu.br

Received for publication 10.01.2020; approved on 30.012.2020

Mestre em Zootecnia, aluno de doutorado em Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa – UFV. E-mail: macedoajs@gmail.com

Zootecnista, aluno de mestrado em Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB. E-mail: netocesar2511@hotmail.com; michel.alves617@gmail.com

Doutor em Zootecnia, Professor Adjunto Departamento de Zootecnia, Universidade Federal da Paraíba – UFPB. E-mail: edsonzootecnista@yahoo.com.br

Introdução

A adoção do manejo de conservação de forragem é uma prática bastante difundida em inúmeras propriedades em todo o mundo, visando atender as necessidades dos animais durante todo o ano, principalmente no período de déficit de produção de forragem, sendo necessário que se faça um planejamento forrageiro dentro das propriedades a fim de garantir a oferta quali-quantitativa alimentar ao requerimento animal e ao mesmo tempo aumentar a eficiência da utilização das pastagens.

Entre as técnicas de conservação de forragem a ensilagem destaca-se como um dos métodos tradicionais mais difundidos, principalmente pela intensificação dos processos produtivos na pecuária de animais ruminantes domésticos. Neste sentido, torna-se viável a intensificação dos sistemas de forrageamento visando um aumento na produção de silagem de alta

qualidade, por atender as os requerimentos alimentares e contribuírem para a melhoria dos índices zootécnicos dos rebanhos (MACHADO et al., 2011).

Atentar-se quanto a escolha da espécie forrageira para ensilagem é fundamental para confecção de uma silagem de qualidade, bem como todos os cuidados exigidos pela cultura desde a sua implantação, tratos culturais, fertilidade do solo, composição químico-bromatológica, estágio de maturação da forrageira (ponto de ensilagem), manejo de colheita, grau de processamento do material, higiene de silo, tipo, tempo de fechamento, compactação e vedação do silo, considerando-se também quanto aos aspectos técnicos e econômicos, não sendo menos importante algumas estratégias no pós a abertura do silo, para que a silagem seja fornecida aos animais com qualidade nutricional bem próxima a forrageira de origem, uma vez que o valor nutritivo da silagem está diretamente relacionado à

composição e à digestibilidade da forrageira de origem, por isto, é de fundamental importância que ocorra de maneira eficiente o processo fermentativo (Mousquer et al., 2013; Silva et al., 2015; Neumann et al., 2010). Estes e outros diversos fatores que influenciam a qualidade da forragem podem atuar de forma conjunta ou isolada, incidindo em diferentes efeitos e diferentes formas sobre o processo fermentativo, conforme à espécie forrageira utilizada e condições ambientais (SANTOS et al., 2010).

No Brasil a conservação de volumosos na forma de silagem se dá em sua grande maioria em silos tipo trincheira e de superfície em razão de seu baixo custo de confecção, destacando-se entre as principais culturas ensiladas, o sorgo (*Sorghum bicolor*), a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*), o capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) mais recentemente o girassol (*Helianthus annuus*) e em menor escala os capins tropicais, sendo o milho (*Zea mays*), a cultura mais utilizada no processo de ensilagem (Oliveira et al., 2010; Viana et al., 2012). Entretanto, as gramíneas não-graníferas apresentam algumas limitações para ensilagem, inerentes a planta e a tecnologia de produção.

Na produção de silagens com cana-de-açúcar por exemplo, indica-se a

introdução de aditivos para evitar perdas de matéria seca (MS) derivadas da fermentação alcoólica de fungos e leveduras, enquanto que para ensilagem do capim-elefante, sua maior limitação para ensilagem é devido ao excesso de umidade no ponto de corte (Lima Júnior et al., 2014), pois, a alta umidade conduz a multiplicação de bactérias indesejáveis e à produção de efluentes, prejudicando qualitativamente o processo fermentativo. Quanto as silagens de milho e sorgo, devido ao fato de as mesmas serem mais versáteis e apresentarem menores exigências de tratos culturais, de fertilidade do solo e proporcionarem maior número de cortes, estão no topo das forrageiras tropicais mais empregadas na produção de silagem (QUARESMA et al., 2010).

Diversas são as gramíneas que possuem viabilidade para a produção de silagem, por sua vez, faz-se necessário conhecer outras culturas alternativas com potencial utilização para ensilagem, que sejam aptas e produtivas à produção de silagem de boa qualidade. Uma vez que compete ao meio científico encontrar novas forrageiras ou mesmo através do emprego das revolucionárias técnicas de melhoramento genético, aliando-se as metodologias de manejo e plantio que sejam mais eficientes e com flexibilidade para se adequar às exigências distintas em

diversas regiões e climas, e venham a assegurar sustentabilidade e competitividade aos produtores.

Em razão as características intrínsecas das gramíneas tropicais diante do processo de ensilagem, objetivou-se revisar quanto às suas potencialidades e forma de silagem envolve inúmeros processos bioquímicos, onde os constituintes da planta como minerais, proteínas, vitaminas, carboidratos podem e conseqüentemente no desempenho animal ao serem alimentados com a silagem (CARVALHO et al., 2008). Assim, para que se pretenda produzir silagem de qualidade é necessário conhecer as particularidades da forragem que se pretendendo ensilar em busca de utilizar mecanismos, ou intervenções para melhorar o processo de conservação (ÁVILA et al., 2009).

A planta forrageira que é considerada a rainha das forrageiras para produção de silagem é o milho, principalmente por apresentar elevado valor nutritivo, teor de matéria seca (MS) próximo de 30% na fase de colheita, de forma em geral, nem sempre atendem todas as exigências necessárias para produção de silagens de qualidade, apresentando limitações que podem prejudicar o processo fermentativo (DEMINICIS et al., 2009).

limitações, a fim de garantir um alimento conservado de qualidade a necessidade animal, bem como levantar dados para o embasamento do valor nutritivo das mesmas.

Desenvolvimento

A conservação de forragens na ser modificados em função do tipo de fermentação, esses processos podem gerar silagens de boa ou má qualidade, interferindo diretamente no valor nutritivo adequado teor de carboidratos solúveis (CS), baixa capacidade tampão (CT) e população microbiana epifítica equilibrada (RABELO et al., 2017).

Seguindo o mesmo princípio para produção de silagem a partir da cultura do milho, em teoria as demais culturas forrageiras também deveriam apresentar características semelhantes às do milho para serem ensiladas, porém na maioria das vezes, as demais culturas forrageiras apresentam limitações, como por exemplo: baixo ou elevado teor de MS, elevada CT, baixo ou elevado teor de CS. Essas condições implicam em dizer que na maioria das vezes as espécies forrageiras

Em geral, espécies forrageiras quando colhidas jovens apresentam baixos teores de MS o que pode prejudicar o processo fermentativo da ensilagem, logo que materiais que apresentem elevada atividade de água podem proporcionar o

desenvolvimento de microrganismos deletérios (ZANINE et al., 2010). Assim, para que as silagens apresentem padrão de fermentação satisfatório devem possuir em torno de 20 a 25% MS segundo recomendações de MCDONALD et al. (1991). Corroborando esse autor, Van Soest (1994) recomenda ensilar forrageiras que apresentem média de 30% MS.

Dessa forma, silagens que apresentem baixos teores de MS podem ter problemas fermentativos, causando elevadas perdas por gases e efluentes, que acabam carreando vários nutrientes solúveis em água, como açúcares, proteínas, minerais e vitaminas, consequentemente diminuindo o valor nutritivo do material e elevando a fração fibrosa (MONTEIRO et al., 2011).

Também silagens desse tipo podem predispor a ocorrência de fermentações secundárias que utilizam das fontes disponíveis de substratos em ácidos de baixo poder de acidificação e com elevadas perdas de MS e energia, até mesmo o ácido láctico, podendo também degradar frações proteicas do material (PIRES et al., 2006).

Silagens com alto teor de umidade além de possuírem desvantagens de ordem nutricional também causam prejuízos ao produtor devido ao aumento do custo de

produção, pois como a quantidade de forragem colhida difere significativamente da quantidade do produto final (silagem), os gastos que o produtor teve com preparo de área, plantio, adubação, tratos culturais, colheita, transporte, confecção do silo, compactação e vedação serão maiores pois no decorrer dessas etapas estará ocorrendo perdas de nutrientes e reduzindo a quantidade e a qualidade final do material (SANTOS et al., 2008).

Forragens com elevado teor de MS (acima de 40%), apresentam dificuldades em compactação, permanecendo altas taxas de O₂ residual o que pode prolongar a fase aeróbia e causar fermentações indesejáveis e diminuição do valor nutritivo do material.

Assim, as variações de conteúdo de MS variam dentro de cada espécie forrageira principalmente em função do estágio de maturação. Pires et al. (2006), ao avaliarem três híbridos de sorgo verificaram variação do teor de MS em função do estágio de maturação, com acréscimos de MS conforme o estágio de maturação aumentava (Tabela 1).

A composição química da forragem também varia em função do estágio de maturação, pois em forrageiras de clima tropical é comum visualizar rápido crescimento, com elevadas taxas de produção de biomassa, e devido a isso a

planta lignifica mais rápido que forragens de clima temperado, assim, em climas tropicais deve-se conhecer a forrageira a ser utilizada e buscar aliar produção de biomassa e valor nutricional.

Tabela 1. Teor de matéria seca (%) das silagens de três híbridos de sorgo colhidos em oito estádios de maturação.

Híbrido	Estádio de Maturação (E1-8) ¹							
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8
AG2006	22,34Da	22,97Da	23,93Da	30,02Ca	33,33Ca	38,82Ba	43,45Aa	47,38Aa
BR700	22,22Da	22,60Da	25,31Da	27,87Da	35,52Ca	39,74Ba	44,06Ba	51,38Aa
BR601	17,80Ea	20,30DEa	21,92CDEa	24,80DCDa	28,80Ba	29,46Bb	35,52Ab	26,93BCb

¹Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha ou minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste SNK (P<0,05).

Fonte: Adaptado de Pires et al. (2006).

Na Tabela 2, é possível observar como a composição química da planta do sorgo varia em função do estágio de maturação, conforme resultados relatados por MACHADO et al. (2012).

Tabela 2. Teores de matéria seca, proteína bruta e fibra insolúvel em detergente neutro das silagens dos híbridos de sorgo, de acordo com os estádios de maturação.

Híbridos	Estádio de maturação		
	Leitoso	Pastoso	Farináceo
	Matéria seca ¹		
BRS 610	22,86Cc	27,34Bb	29,52Ba
BR 700	28,06Ac	38,66Ab	41,27Aa
BRS 655	25,67Bb	25,54Cb	30,29Ba
	Proteína bruta ²		
BRS 610	6,15Aa	6,13Aba	5,71Aa
BR 700	6,49Aa	5,96Aab	5,81Aab
BRS 655	6,81Aa	6,66Aa	6,10Ab
	Fibra insolúvel em detergente neutro ³		
BRS 610	59,32Aa	54,94ABb	54,89Ab
BR 700	59,69Aa	57,26Aab	55,80Ab
BRS 655	58,37Aa	52,85Bb	52,85Ab
	Lignina ⁴		
BRS 610	5,58Ba	5,66Aa	6,08Aa
BR 700	7,07Aa	6,05Aa	6,07Aa
BRS 655	6,01Ba	6,46Aa	5,99Aa

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais, na mesma coluna e no mesmo estágio de maturação, indicam igualdade estatística entre os híbridos pelo teste SNK (P>0,05). Letras minúsculas na mesma coluna comparam o mesmo híbrido entre os estádios de maturação, sendo que letras minúsculas iguais indicam igualdade estatística pelo teste SNK (P>0,05); ¹CV=10,01%; ²CV=6,09%; ³CV=3,77%; ⁴CV=11,10%.

Fonte: Adaptado de Machado et al. (2012).

Conforme pode-se observar na Figura 1, à medida que o estágio de maturação da planta de sorgo aumentava, aumentava-se também o teor de MS juntamente com elevação dos teores de lignina e diminuição dos teores proteicos.

Esses resultados enfatizam a importância de conhecer a forrageira que

se pretende ensilar para evitar perdas de ordem nutricional e, ou econômica.

Como as forrageiras apresentam diferentes concentrações de MS, CT, CS, a produção de silagens advindos de uma gama de forragens com características diferentes apresentam perfil fermentativo diversificado.

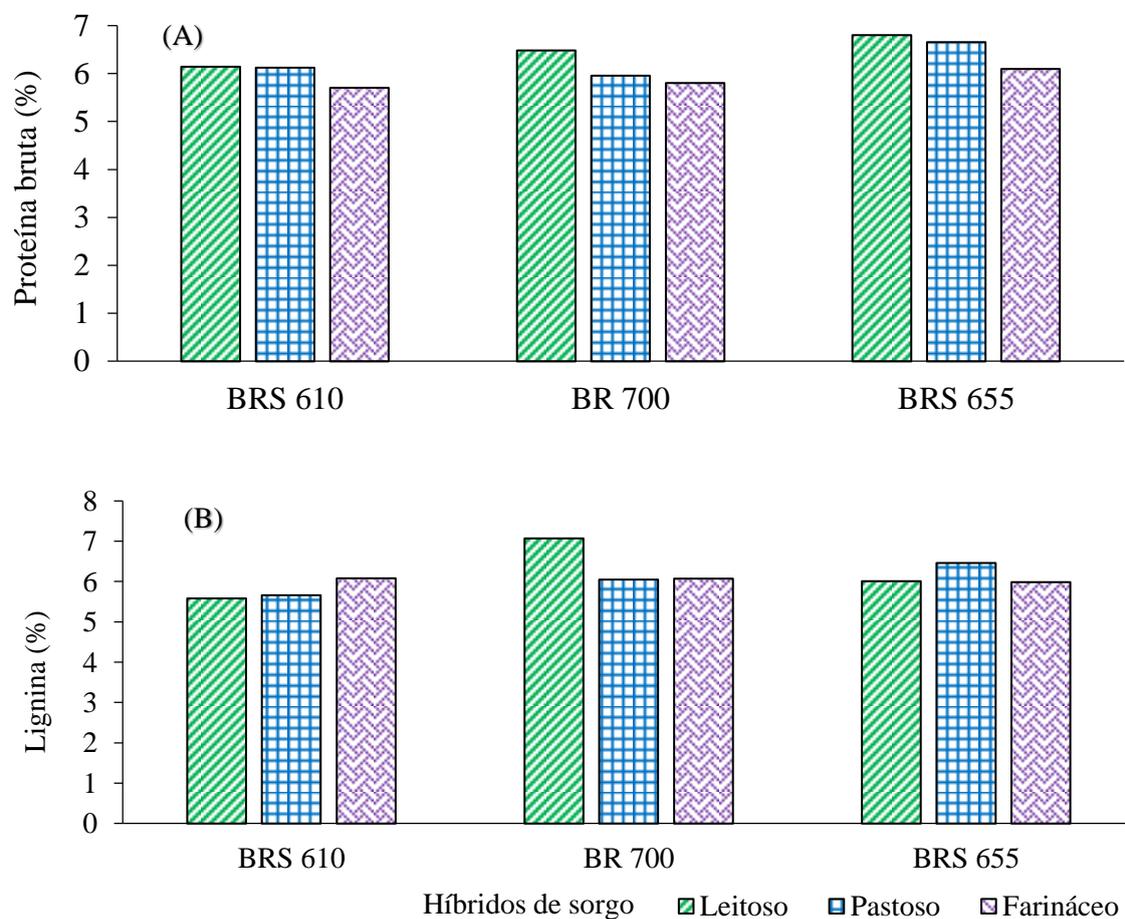


Figura 1. Variação da proteína bruta (A) e lignina (B) em função dos estádios de maturação em silagens de híbridos de sorgo.

Fonte: Adaptado de Machado et al. (2012).

Köhler et al. (2013) analisaram o perfil fermentativo de diferentes espécies forrageiras com distintos teores de MS (Tabela 3) e verificaram efeito na produção de ácidos orgânicos.

Verifica-se que a amplitude de valores (min-máx) para o conteúdo de MS apresenta variações para os três tipos de forrageiras ensiladas, sendo o milho a cultura com valores mais elevados, enquanto silagens de capins tiveram os menores valores de MS. O teor de matéria seca das forrageiras pode interferir diretamente no processo fermentativo,

permitindo ou não a maior expressividade de fermentações indesejáveis, como a propiônica e butírica. As silagens de alfafa e milho apresentaram maiores proporções de ácido lático comparativamente as silagens de capins. As silagens de capins apresentaram maior proporção de ácido butírico e propiônico quando comparados com a silagem de milho, que apresentou apenas traços de ácido propiônico e butírico, não sendo considerados estes valores. Os valores de pH foram maiores para as silagens de alfafa e de capins e menores para a silagem de milho.

Tabela 3. Valores médios e amplitude de matéria seca (MS), ácido lático (AL), ácido acético (AA), ácido propiônico (AP), ácido butírico (AB) e pH de três diferentes tipos de materiais ensilados.

	Capins		Milho		Alfalfa	
	Média	Min-máx ²	Média	Min-máx	Média	Min-máx
MS (g/kg MO ¹)	293	223-419	356	286-441	352	268-409
AL (g/kg MS)	55	23-129	48	26-69	72	46-94
AA (g/kg MS)	22	7-50	17	7-38	30	18-50
AP (g/kg MS)	3	2-5	-	-	4	2-5
AB (g/kg MS)	10	3-23	-	-	8	2-14
pH	4,4	3,8-4,8	3,9	3,7-4,3	4,7	4,4-5,3

¹MO= Matéria orgânica.

²Min-máx= mínimo e máximo.

Fonte: Adaptado de Köhler et al. (2013).

Como estratégia para utilizar forrageiras que possuem baixos teores de MS foi desenvolvido algumas tecnologias, como a adição de aditivos absorventes de umidade que podem ser grãos, farelos e resíduos agroindustriais regionais que apresentem elevada MS para que quando misturados com a forragem de elevada umidade, que proporcione elevar o teor de MS dessa mistura e resulte em silagens de melhor qualidade (PINHO et al., 2008). Outra alternativa é a técnica do emurchecimento, que consiste no corte e exposição ao sol para desidratação do material antes de ensilar, visando aumentar o teor de matéria seca, pois durante o emurchecimento parte da fração líquida presente na planta é lixiviada (CARVALHO et al., 2008).

Fato bastante comum quando se pretende ensilar o capim-elefante, pois esta forrageira quando apresenta-se em equilíbrio entre valor nutricional e produção de biomassa possui baixo teor de

MS, se ensilado sem nenhum aditivo ou emurchecimento pode resultar em silagens de baixa qualidade e com elevadas perdas por efluentes, uma das alternativas é adicionar ao capim-elefante aditivos absorventes de umidade (Monteiro et al., 2011).

Andrade et al. (2012), ao avaliarem diferentes aditivos absorventes de umidade e em diferentes proporções (CE100= capim-elefante (testemunha); CS5= 95% de capim-elefante + 5% de casquinha de soja; CS10= 90% de capim-elefante + 10% de casquinha de soja; FM5= 95% de capim-elefante + 5% de fubá de milho; FM10= 90% de capim-elefante + 10% de fubá de milho; CSFM5= 95% de capim-elefante + 2,5% de casquinha de soja + 2,5% de fubá de milho) na ensilagem de capim-elefante, os autores verificaram que conforme aumentava-se a concentração dos aditivos, as perdas por efluentes diminuía e a MS aumentava (Figura 2).

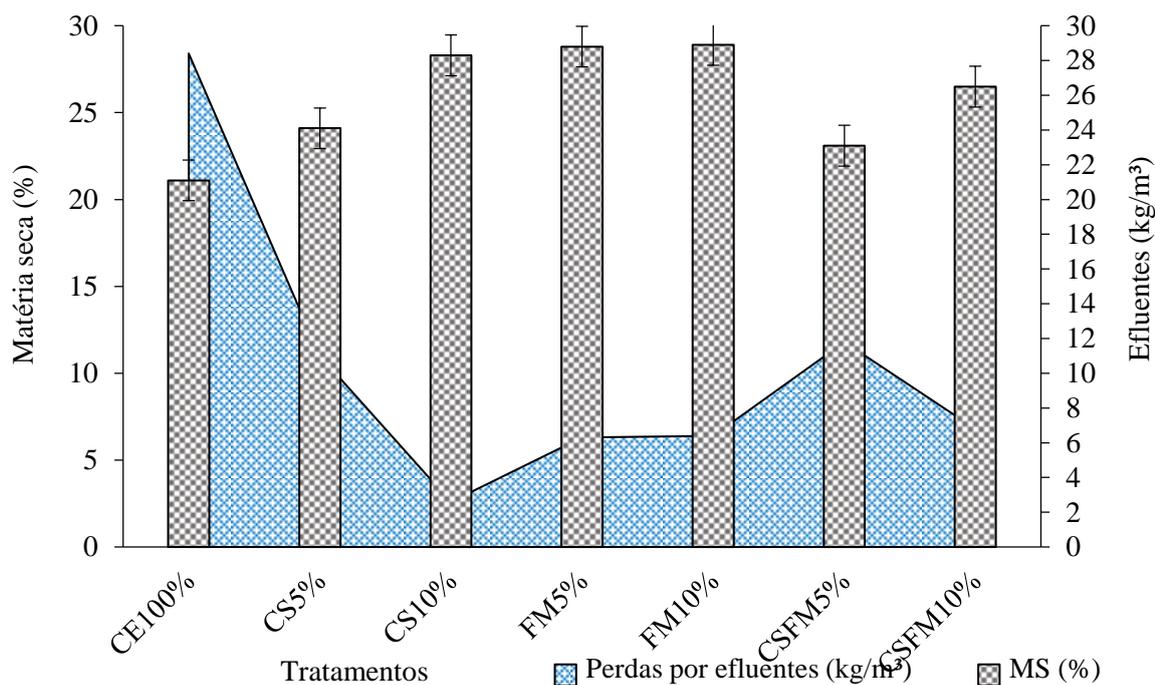


Figura 2. Perdas por efluentes e teor de matéria seca (%MS) na silagem de capim-elefante (CE) com proporções, na matéria natural, de casca de soja (CS) e fubá de milho (FM), sendo CE100= capim-elefante (testemunha); CS5= 95% de capim-elefante + 5% de casquinha de soja; CS10= 90% de capim-elefante + 10% de casquinha de soja; FM5= 95% de capim-elefante + 5% de fubá de milho; FM10= 90% de capim-elefante + 10% de fubá de milho; CSFM5= 95% de capim-elefante + 2,5% de casquinha de soja + 2,5% de fubá de milho e CSM10= 90% de capim-elefante + 5% de casquinha de soja + 5% de fubá de milho.

Fonte: Andrade et al. (2012).

A técnica de emurchecimento consiste na retirada parcial de água da planta a partir do momento que após o corte o material pode ser exposto ao sol durante um curto período de tempo para que ocorra a desidratação, durante essa fase ocorre liberação de líquidos da própria planta que são drenados conforme sua densidade, tal técnica pode promover melhorias do processo fermentativo no

silo, uma vez que por desidratação parcial elevou-se o teor de MS antes da ensilagem (BERGAMASCHINE et al., 2006).

As modificações decorrentes do emurchecimento à forragem podem implicar em perdas de CS, PB e até a porção fibrosa da planta (Tabela 4). Contudo, verifica-se maior concentração de MS devido à perda de água da forrageira (CARVALHO et al., 2008).

Tabela 4. Composição bromatológica de forrageiras e silagens sem tratamento e emurchecidas.

Material	MS¹ (%)	PB² (%MS)	CT³ (%MS)	CHOS⁴ (%MS)	FDN⁵ (%MS)
Capim elefante	20,1	8,6	-	10,9	67,5
Capim elefante emurchecido	27,8	8,5	-	10,2	65,2
Silagem de capim marandu	24,71	8,99	28,05	2,67	72,98
Silagem de capim marandu emurchecido	43,78	7,18	24,40	2,50	73,95

¹MS= matéria seca; ²PB= proteína bruta; ³CT= capacidade tamponante; ⁴CHOS= carboidratos solúveis; ⁵FDN= fibra insolúvel em detergente neutro.

Fonte: Adaptado de Carvalho et al. (2008); Bergamaschine et al. (2006).

Em estudos realizados com o capim-marandu, Bergamaschine et al. (2006) encontraram aumento considerável no teor de MS de silagens do capim colhido aos 60 dias de rebrota (Tabela 5). Ainda, o emurchecimento do capim promoveu redução da CT da forragem, o que pode influenciar positivamente à qualidade da fermentação no silo. Entretanto, as silagens com capim previamente emurchecido apresentaram menores valores de PB, o que implica, possivelmente, em perdas devido a reações proteolíticas durante o emurchecimento. Outro fator que influencia na qualidade da fermentação são os teores de CS, pois estes são a principal fonte de substrato que os microrganismos (especialmente bactérias

do ácido láctico) utilizam convertendo em ácidos e conservando o material ensilado (MCDONALD et al., 1991). A maior parte dos capins tropicais apresentam baixos teores de CS (menos de 5%) (Carvalho et al., 2008), enquanto algumas forrageiras como a cana de açúcar e o sorgo forrageiro possuem elevados teores de açúcares (FERNANDES et al., 2009; RIBEIRO et al., 2010).

É comum em silagens de capins tropicais apresentarem valores de pH elevado e menores concentrações de ácido láctico, predispondo a maior concentração de ácido butírico, pois além dessas forrageiras apresentarem seu ponto de equilíbrio entre valor nutricional e produção de biomassa, também apresentam presença de substâncias

tamponantes e baixos teores de CS, esses dois fatores podem comprometer todo o processo fermentativo (TOMAZ et al., 2017).

Forrageiras que apresentam elevados teores de CS também podem ser um problema, como exemplo da cana-de-açúcar ensilada sem uso de aditivos e alguns genótipos de sorgo forrageiro e sacarino, pois quando ensiladas devido à grande quantidade de substrato disponível ocorre uma fermentação intensa, promovendo uma queda rápida e acentuada do pH, podendo chegar a valores de pH abaixo de 4,0 o que predispõe ao desenvolvimento de leveduras que podem utilizar tanto dos açúcares disponíveis no meio como também a conversão de ácido lático em etanol e CO₂, ocasionando perdas fermentativas consideráveis, tanto de MS como de outros nutrientes da planta (RIBEIRO et al., 2010; BEHLING NETO

et al., 2017). Uma alternativa para impedir a queda abrupta do pH em forrageiras que apresentam predisposição a fermentação alcoólica seria a inclusão de aditivos químicos ou microbianos.

Amaral et al. (2009), ao avaliarem as características fermentativas e composição química de silagens de cana-de-açúcar aditivadas sem e com aditivos químicos, verificaram que a cal virgem ou o calcário melhoraram as características fermentativas das silagens, diminuindo a fermentação alcoólica, maior conservação de CS e diminuição das perdas por gases (Tabela 5).

Os resultados na Tabela 5, demonstram que as silagens que receberam os aditivos químicos foram melhores preservadas, enquanto que a silagem controle, além de apresentar elevadas perdas gasosas também apresentou uma fermentação predominantemente alcoólica.

Tabela 5. Perdas e dinâmica fermentativa das silagens de cana-de-açúcar tratadas com aditivos químicos no momento da abertura dos silos experimentais (% MS).

Variável	Tratamento			EPM ²	P > F
	Controle ¹	Cal virgem 1%	Calcário 1%		
Perdas gasosas	21,4a	13,2b	7,9c	1,58	<0,001
pH	3,4c	4,0a	3,6b	0,07	<0,001
Carboidratos solúveis	2,9c	4,4b	6,0a	0,37	<0,001
Etanol	4,3a	1,2b	1,2b	0,42	<0,001
Ácido acético	1,3b	1,6a	1,5a	0,40	0,005
Ácido butírico	0,2b	3,1a	0,4b	0,37	<0,001

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si (P>0,05).

¹ Controle= silagem de cana-de-açúcar sem aditivo.

² EPM= erro padrão da média.

Fonte: Adaptado de Amaral et al. (2009).

Ao estudarem perdas fermentativas de silagens de cana de açúcar, Santos et al. (2008) e Ribeiro et al. (2010) encontraram

valores consideráveis para perdas por gases e perdas por efluentes (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios de pH, perdas por gases (PG), perdas por efluentes (PE), teor de carboidratos solúveis (CHOS) e etanol em silagens de cana de açúcar em dois diferentes estudos.

Genótipo	pH	PG (% MS ¹)	PE (kg/ton MV ²)	CHOS (%MS)	Etanol (% MS)	Autor
RB72-454	3,46	32,11	31,26	2,98	4,78	Santos et al. (2008)
RB72-454	3,52	10,30	74,00	7,5*	-	Ribeiro et al. (2010)
CB 45-3	3,49	18,10	70,00	9,5*	-	Ribeiro et al. (2010)

*Grau brix.

¹MS= matéria seca.

²MV= matéria verde.

A forrageira estudada por Santos et al. (2008), apresentava teor de 20,45% de CS (base na MS), enquanto os híbridos de cana de açúcar investigados por Ribeiro et al. (2010) possuíam valores grau brix de 15,1 a 17,9. O grau brix quantifica o valor total de CS por meio de escala numérica, por isso, não é um bom indicativo de qualidade fermentativa quando analisado isoladamente, mas pode ser usado como referência para o momento de corte da cana-de-açúcar (RIBEIRO et al., 2010). Os maiores valores de carboidratos solúveis das silagens promoveram altos índices de perdas fermentativas devido a conversão dos substratos fermentescíveis em etanol.

As substâncias tamponantes presentes numa forrageira para ensilagem, constituem o poder tampão, que é a capacidade de resistência às variações de pH. As substâncias com poder de tamponamento das forragens correspondem aos ânions (sais ácidos orgânicos, sulfatos, ortofosfatos, nitratos e cloretos) e proteína vegetais, sendo que apenas 10 a 20% da capacidade tamponante das silagens é influenciada pelo valor proteico das forrageiras (ÁVILA et al., 2006).

A razão entre as concentrações de carboidratos e capacidade tamponante é importante para o processo de ensilagem, sendo que, a redução nesta relação implica em maior conteúdo de MS para se evitar fermentações indesejáveis (ÁVILA et al., 2006).

As leguminosas apresentam elevado valor nutritivo, consistindo em fonte de proteínas e minerais aos animais. O alto teor proteico e mineral reflete no perfil fermentativo dessas forrageiras que possuem alta capacidade tamponante, com o risco de ocorrência de fermentação butírica (HEINRITZ et al., 2012; COBLENTZ et al., 2014).

Ao avaliar silagens de leguminosas tropicais, Heinritz et al. (2012) encontraram efeito da capacidade tampão sobre a produção de ácidos orgânicos (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios de matéria seca (MS), carboidratos solúveis (CS), capacidade tampão (CT), nitrato (NO₃), ácido láctico (AL), ácido acético + ácido propiônico (AA+AP), ácido butírico (AB), proteína bruta da planta (PBP) e proteína bruta da silagem (PBS).

(g/kg MS)	Espécies						
	<i>Cratylia argentea</i>	<i>Desmodium velutinum</i>	<i>Leucaena diversifolia</i>	<i>Centrosema brasiliensis</i>	<i>Stylosanthes guianensis</i>	<i>Mulato II</i>	<i>Vigna unguiculata</i>
MS	271	410	310	259	269	384	339
CS	34,8	53,5	36,2	51,0	32,8	37,8	110,4
CT ¹	9,27	4,81	6,08	4,72	5,48	2,22	13,56
CS/CT	0,4	1,1	0,6	1,1	0,6	1,7	0,8
NO ₃	0,52	0,13	0,09	0,40	1,01	0,02	2,07
AL	18,3	15,7	7,1	17,1	17,4	14,0	53,0
AA+A	3,9	0,0	8,4	0,0	0,0	11,7	52,7
P							
AB	15,4	12,9	0,0	30,5	14,7	16,9	9,6
PBP	257,4	160,2	236,5	157,3	140,8	51,6	243,0
PBS	145,0	116,1	55,4	287,6	131,2	132,7	117,5

¹(g/AL/100g MS).

Fonte: Adaptado de Heinritz et al. (2012).

As silagens que apresentaram maiores índices de tamponamento também tiveram menores valores de ácido láctico, exceto *Vigna unguiculata* (53,0 g/kg MS de ácido láctico).

A relação entre carboidratos solúveis e capacidade tampão das silagens de leguminosas influenciou o processo fermentativo, embora silagens de *Centrosema brasiliensis* tivessem elevado conteúdo de ácido butírico devido ao menor teor de MS. Além de leguminosas, gramíneas como o capim mombaça possuem capacidade tamponante elevada e que pode afetar o perfil fermentativo das

silagens. Ávila et al. (2009), verificaram valores de 78 g/kg de PB, 25,3g/kg de carboidratos solúveis e capacidade tampão de 24,3 (Emg NaOH/100g MS) em capim mombaça antes da ensilagem. Após 90 dias de armazenamento, as silagens apresentaram pH 4,73, conteúdo de 68,7 g/kg de PB, 3,80 g/kg de carboidratos solúveis e 39,95 % de nitrogênio amoniacal.

Os valores da relação carboidratos solúveis e capacidade tampão foram próximos a 1,0, valor relativamente baixo para resultar em rápida diminuição do pH

das silagens durante o processo

Assim, ressalta-se a importância de se conhecer as particularidades que cada espécie forrageira possui. Pois a depender da escolha é possível utilizar de estratégias que possam melhorar o processo fermentativo, visando maior conservação dos nutrientes e menores perdas. A análise das características bromatológicas das forrageiras para ensilagem não deve considerar apenas um ou outro fator isolado, mas de forma conjunta avaliar as relações existentes entre as concentrações de matéria seca, carboidratos solúveis e capacidade tamponante nas silagens.

Considerações finais

Considerando-se os benefícios gerados a partir da adoção de técnicas de manejo de espécies forrageiras destinadas à produção de silagem, como: emurchecimento, utilização de aditivos (químicos, nutricionais/absorventes) ou de culturas naturalmente mais secas misturadas as culturas úmidas na ensilagem com forrageiras de elevada umidade ou baixos teores de carboidratos solúveis, além de poderem diminuir as concentrações elevadas de ácido butírico, N-amoniaco e pH da silagem, seu potencial de produção aparece largamente ampliado e benefícios relativos ao barateamento nos custos de produção são

fermentativo (ÁVILA et al., 2006).

observados, interligados a isto, o aumento na produtividade das culturas e condições satisfatórias de fermentação, possibilitam explorar ainda mais uma gama de espécies forrageiras. Por esta razão pesquisas embasadas nas forrageiras em si e ao manejo aplicado são fundamentais para aperfeiçoar as tecnologias de produção.

Referências bibliográficas

AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I.; NUSSIO, L.G.; MENDES, C.Q.; GASTALDELLO JUNIOR, A.L. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009.

ANDRADE, A.P.; QUADROS, D.G.; BEZERRA, A.R.G.; ALMEIDA, J.A.R.; SILVA, P.H.S.; ARAÚJO, J.A.M. Aspectos qualitativos da silagem de capim-elefante com fubá de milho e casca de soja. **Semina: Ciênc. Agrár.**, v.33, n.3, p.1209-1218, 2012.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; FIGUEIREDO, H.C.P.; MORAIS, A.R.; PEREIRA, O.G.; SCHWAN, R.F. Estabilidade aeróbia de silagens de capim-mombaça tratadas com *Lactobacillus buchneri*. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.5, p.779-787, 2009.

ÁVILA, C.L.S.; PINTO, J.C.; TAVARES, V.B.; SANTOS, I.P.A. Avaliação dos conteúdos de carboidratos solúveis do capim Tanzânia ensilado com aditivos. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.648-654, 2006.

BEHLING NETO, A.; REIS, R.H.P.; CABRAL, L.S.; ABREU, J.G.; SOUSA, D.P.; PEDREIRA, B.C.; MOMBARCH, M.A.; BALBINOT, E.; CARVALHO, P.; CARVALHO, A.P.S. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. **Semina: Ciênc. Agrár.**, v.38, n.4, p.2607-2618, 2017.

BERGAMASCHINE, A.F.; PASSIPIÉRI, M.; VERIANO FILHO, W.V.; ISEPON, O.J.; CORREA, L.A. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurhecida. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.

CARVALHO, G.G.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; FERNANDES, F.E.P.; CARVALHO, B.M.A. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurhecido ou com adição de farelo de cacau. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.60, n.1, p.234-242, 2008.

COBLENTZ, W.K.; MUCK, R.E.; BORCHARDT, M.A.; SPENCER, S.K.; JOKELA, W.E.; BERTRAM, M.G.; COFFEY, K.P. Effects of dairy slurry on silage fermentation characteristics and nutritive value of alfalfa. **J Dairy Sci.**, v.97, n.11, p.7197-7211, 2014.

DEMNICIS, B.B.; VIEIRA, H.D.; JARDIM, J.G.; ARAÚJO, S.A.C.; NETO, A.C.; OLIVEIRA, V.C.; LIMA, E.S. Silagem de milho - características agrônômicas e considerações (silage corn – agronomic characteristics and considerations). **REDVET**, v.10, n.2, p.1-6, 2009.

FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G.; CARVALHO, G.G.P.; OLIVINDO, C.S. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **R. Bras. Zootec.**, v.38, n.11, p.2111-2115, 2009.

HEINRITZ, S.N.; MARTENSA, S.D.; AVILAA, P.; HOEDTKEB S. The effect of inoculant and sucrose addition on the silage quality of tropical forage legumes with varying ensilability. **Anim. Feed Sci. Tech.**, v.174, p.201-210, 2012.

KÖHLER, B.; DIEPOLDER, M.; OSTERTAG, J.; THURNER, S.; SPIEKERS, H. Dry matter losses of grass, lucerne and maize silages in bunker silos. **Agr Food Sci.**, v.22, n.1, p.145-150, 2013.

LIMA JÚNIOR, D.M.; RANGEL, A.H.N.; URBANO, S.A.; OLIVEIRA, J.P.F.; MACIEL, M.V. Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas. **ACSA**, v.10, n.2, p.1-11, 2014.

MACHADO, F.S.; RODRÍGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C. et al. Consumo e digestibilidade aparente de silagens de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.63, p.1470-1478, 2011.

MACHADO, F.S.; RODRIGUEZ, N.M.; RIBAS, M.N.; TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; VELASCO, F.O.; GONÇALVES, L.C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; PEREIRA, L.G.R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.64, n.3, p.711-720, 2012.

McDONALD, P., HENDERSON, A.R., HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2ed. Marlow: Chalcombe Publicatins, 1991. 340p. MONTEIRO, I.J.; ABREU, J.G.; CABRAL, L.S.; RIBEIRO, M.D.; REIS, H.P. Silagem de capim-elefante aditivada com produtos alternativos. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.33, n.4, p.347-352, 2011.

MOUSQUER, C.J.; SILVA, M.R.; CASTRO, W.J.R.; FERNANDES, G.A.; FERNANDES, F.F.D.; SILVA FILHO, A.S.; FEIJÓ, L.C.; FERREIRA, V.B. Potencial de utilização de silagem de gramíneas tropicais não convencionais e cana-de-açúcar. **PUBVET**, v.7, n.22, p.2189-2326, 2013.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Appl. Res. & Agrotec.**, v.3, n.2, p.187-195, 2010.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; ALMEIDA, V.V.; PEIXOTO, C.A.M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **R. Bras. Zootec.**, v.39, p.61-67, 2010.

PINHO, B.D.; PIRES, A.J.V.; RIBEIRO, L.S.O.; CARVALHO, G.G.P. Ensilagem de capim elefante com farelo de mandioca. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.**, v.9, p.641-645, 2008.

PIRES, D.A.A.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; JAYME, D.G.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C.; JAYME, C.G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) colhidos em diferentes estádios de maturação. **RBMS**, v.5, n.2, p.241-256, 2006.

QUARESMA, J.P.S.; ABREU, J.G.; ALMEIDA, R.G.; CABRAL, L.S.; OLIVEIRA, M.A.; RODRIGUES, R.C. Recuperação de matéria seca e composição química de silagens de gramíneas do gênero *Cynodon* submetidas a períodos de pré-emurchecimento. **Ciênc. Agrotec.**, v.34, n.5, p.1232-1237, 2010.

RABELO, C.H.S.; BASSO, F.C.; LARA, E.C.; JORGE, L.G.O.; HARTER, C.J.; MESQUITA, L.G.; SILVA, L.F.; REIS, R.A. Effects of *Lactobacillus buchneri* as a silage inoculant and as a probiotic on feed intake, apparent digestibility and ruminal fermentation and microbiology in wethers fed low-dry-matter whole-crop maize silage. **Grass Forage Sci.**, v.73, n.1, p.67-77, 2017.

RIBEIRO, L.S.O.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; SANTOS, A.B.; FERREIRA, A.R.; BONOMO, P.; SILVA, F.F. Composição química e perdas fermentativas de silagens de cana de açúcar tratadas com ureia ou hidróxido de sódio. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.9, p.1911-1918, 2010.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana de açúcar. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Arch Zootec**, v.59, p.25-43, 2010.

SILVA, G.M.; SILVA, F.F.; SCHIO, A.R.; MENESES, M.A.; BALISA, D.L.; SOUZA, D.D.; SILVA, L. G.; SOARES, M. S. Fatores anti-qualitativos em silagens. **Revista Eletrônica Nutri-Time**, v.12, n.6, p.4359-4367, 2015.

TOMAZ, P.K.; ARAUJO, L.C.; SANCHES, L.A.; SANTOS-ARAUJO, S.N.; LIMA, T.O.; LINO, A.A.; FERREIRA, E.M. Effect of sward height on the fermentability coefficient and chemical composition of Guinea grass silage. **Grass Forage Sci.**, v.1, n.1, p.1-11, 2017.

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

VIANA, P.T.; PIRES, A.J.V.; OLIVEIRA, L.B.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L.S.O.; CHAGAS, D.M.T.; NASCIMENTO FILHO, C.S.; CARVALHO, A.O. Fracionamento de carboidratos e de proteína das silagens de diferentes forrageiras. **R. Bras. Zootec**, v. 41, n. 2, p.292-297, 2012.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DÓREA, J.R.R.; DANTAS, P.A.S.; SILVA, T.C.; PEREIRA, O.G. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.