

Dorgival M. Lima Júnior^{1*}

Adriano H. N. Rangel²

Stela A. Urbano³

Juliana P. F. Oliveira³

Michel do V. Maciel³

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 12/01/13. Aprovado em 23/05/2014.

¹ Universidade Federal de Alagoas - UFAL, Campos Arapiraca, Arapiraca - AL, Brasil. e-mail: juniorzootec@yahoo.com.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Departamento de Agropecuária, Macaíba - RN, Brasil.

³ Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE, Departamento de Zootecnia, Recife - PE, Brasil.



Silagem de gramíneas tropicais não-graníferas

RESUMO

O processo de ensilagem é um importante método de conservação de forragem. A fermentação anaeróbica do volumoso úmido resulta em produção de ácidos orgânicos e queda do potencial hidrogeniônico (pH) do meio. A ensilagem de gramíneas tropicais encontra entraves na queda do pH do meio devido a quantidade reduzida de carboidratos solúveis e elevados teores de umidade, principalmente. Fatores inerentes a planta (teor de umidade, teor de carboidratos solúveis e capacidade tampão) e ao manejo (colheita, tamanho de partícula, compactação, emuchecimento, exposição ao ar e uso de aditivos) são os principais responsáveis pelo sucesso da ensilagem de gramíneas tropicais. O capim-elefante, a cana-de-açúcar e os capins tropicais de gêneros diversos são as principais alternativas não-graníferas para produção de silagem. Diante do exposto, objetivou-se revisar os aspectos fermentativos, perdas no processo e estratégias de redução de perdas na ensilagem de gramíneas tropicais bem como levantar dados sobre o valor nutritivo desse alimento para ruminantes.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar, capim-elefante, conservação de volumosos.

Silage grasses tropical non-graníferas

ABSTRACT

The ensiling process is an important method of forage conservation. The anaerobic fermentation of wet forage results in production of organic acids and decrease the hydrogen potential (pH) of the medium. The tropical grass silage find barriers in the fall of pH due to the reduced amount of soluble carbohydrates and high moisture content, mainly. Factors inherent in the plant (moisture content, soluble carbohydrates and buffering capacity) and management (collection, particle size, compaction, emuchecimento, air exposure and use of additives) are primarily responsible for the success of tropical grass silage. The elephant grass, the cane sugar and tropical grasses of various genres are the main alternative non-graníferas for silage production. Given the above, it was aimed to review aspects fermentation, process losses and loss reduction strategies in tropical grass silage and collect data on the nutritional value of the feed for ruminants.

Keywords: Sugar cane, elephant grass, forage conservation.

INTRODUÇÃO

A tecnologia de produção de silagem de gramíneas tropicais encontra-se bastante sedimentada, principalmente nas gramíneas graníferas como milho e sorgo (DIAS et al., 2001; PEREIRA et al., 2007; GUARESCHI et al., 2010). No tocante as gramíneas não-graníferas, a ensilagem ainda apresenta algumas limitações inerentes a planta e a tecnologia de produção. O capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) apresenta alguns limitantes técnicos referentes aos baixos teores de matéria seca (MS) encontrados na planta (LOURES et al., 2003). Enquanto a ensilagem de cana-de-açúcar exige aditivos para evitar perdas de MS derivadas da fermentação alcoólica de fungos e levedos.

Ainda no contexto das gramíneas não-graníferas, as estatísticas mostram que a pecuária brasileira é fundamentada em pastos de gramíneas C₄ dos gêneros *Brachiaria*, *Panicum* e *Cynodon* que apresentam potencial de produção próximo de 17 toneladas de MS/ha/ano. A conveniência de colheita associado à elevada disponibilidade de massa verde sazonal torna a ensilagem desses vegetais bastante promissora. Além disso, o teor mais elevado de MS dessas gramíneas, no estágio de maturidade em que são colhidas, em relação ao capim-elefante tem mostrado a possibilidade de confecção de silagens (CORRÊA et al., 2000; CASTRO et al., 2006; AMARAL et al., 2007; MURARO et al., 2008).

Devido às características intrínsecas das gramíneas tropicais as perdas na ensilagem são frequentes. A quantificação dessas perdas e tecnologias que visem diminuir-las são metas, principalmente em sistemas em que as elevadas produções de MS não são suficientes para garantir alimento conservado de qualidade para o rebanho (RIBEIRO et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2010).

Diante do exposto, objetivou-se revisar os aspectos fermentativos, perdas no processo e estratégias de redução de perdas na ensilagem de gramíneas tropicais bem como levantar dados sobre o valor nutritivo desse alimento para ruminantes.

ENSILAGEM

Entende-se por ensilagem o processo de fermentação anaeróbia da massa volumosa úmida acondicionada em silos. Os micro-organismos epifíticos das plantas desenvolvem-se as expensas dos carboidratos solúveis encontrado no conteúdo celular da matéria vegetal liberando, como produto de excreção, ácidos orgânicos que reduzem o pH da massa ensilada e promovem conservação do material por controle estrito do ecossistema microbiano (JOBIM et al., 2007; SANTOS et al., 2011).

Didaticamente, o processo é dividido em quatro fases, a saber: fase aeróbia, fase de fermentação ativa, fase de estabilidade e fase de descarga (SANTOS & ZANINE,

2006; SANTOS et al., 2010).

A *fase aeróbia* ocorre durante o enchimento e se estende até o esgotamento do oxigênio presente na massa ensilada. A presença de O₂ favorece o crescimento de micro-organismos aeróbicos, como fungos, leveduras e algumas bactérias aeróbicas estritas e facultativas. Esses componentes bióticos oxidam os carboidratos graças a presença de bolsões de oxigênio e umidade na massa ensilada. A duração dessa fase varia com o tamanho de partícula e pressão de compactação, mas geralmente fica entre quatro e seis horas. Além da compactação, se a vedação do material não for bem feita haverá excesso de oxigênio, que induzirá maior taxa de fermentação aeróbia (NEUMANN et al., 2007). Isso causará uma temperatura inicial acima de 44° C, fato que irá reduzir as chances de uma fermentação desejável. Como consequência, haverá uma redução no valor nutritivo da forragem, devido, principalmente às perdas de digestibilidade de proteína resultantes da reação de Maillard.

Na *fase de fermentação ativa* há queda acentuada do pH da silagem devido à formação de ácidos orgânicos, a partir de carboidratos solúveis. Após a fase aeróbia, o ambiente livre de oxigênio torna-se favorável ao crescimento das bactérias anaeróbicas facultativas e estritas. Inicialmente, atuam enterobactérias e bactérias heterofermentativas, que produzem quantidades razoáveis de ácidos orgânicos, com predominância do ácido acético. Normalmente, os gêneros *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* e *Lactobacilos* são característicos da fase de fermentação ativa. Posteriormente, com a queda mais acentuada do pH tornam-se dominantes as homofermentativas, representadas principalmente pelo gênero *Lactobacilos*, principais representantes das bactérias ácido-láticas (BAL) (PEREIRA et al., 2007; SANTOS et al., 2011). Esta fase se prolonga até que o pH caia à valores abaixo de 5,0. A fermentação anaeróbia será interrompida quando o suprimento de carboidratos solúveis for todo consumido e/ou quando os micro-organismos tiverem seu crescimento inibido face à presença de ácidos que eles mesmos produzem. A duração do processo fermentativo é crítico para qualidade nutricional da silagem grandes períodos de fermentação ativa exaurem os carboidratos solúveis e, dependendo das condições do ecossistema, podem utilizar outros componentes da planta (MUCK, 2010).

Na *fase de estabilidade* o baixo pH da massa ensilada e a condição de anaerobiose conservam a silagem até o momento da abertura do silo. Nesta fase, apenas bactérias resistentes à acidez (BAL) se encontram em atividade, porém muito reduzida. O gênero *Lactobacilos* é comumente referido como predominante nesta fase devido sua tolerância à acidez. Todavia, os *Lactococcus* podem está predominantes no perfil microbiano de silagens em estabilidade.

Na *fase de descarga* do silo o oxigênio ativa os esporos de fungos e bactérias aeróbicas desencadeando uma cascata de reações que oxidam a massa ensilada através do consumo de carboidratos residuais do processo de conservação e produzem calor e dióxido de carbono (BERNARDES et al., 2009). O aspecto sanitário da

silagem no descarregamento é bastante importante devido à frequência dos gêneros *Clostridium* e *Listeria* que podem causar toxinfecções nos animais e no manejador.

FATORES QUE AFETAM A ENSILAGEM DE GRAMÍNEAS TROPICAIS

A literatura destaca dois grandes grupos de fatores responsáveis pelo processo de conservação da forragem úmida em pH reduzido e ausência de oxigênio. Fatores inerentes à planta, a saber: umidade, teor de carboidratos solúveis e capacidade tampão. Enquanto outro grupo, denominado fatores de manejo, responde por variações nas práticas de colheita da planta, tamanho de partícula, compactação, emurchecimento, exposição ao ar e uso de aditivos (PEREIRA et al., 2007; SANTOS et al. 2010).

FATORES INERENTES À PLANTA

Na ensilagem de forrageiras tropicais não-graníferas, as limitações enfrentadas são os elevados teores de umidade e baixo teor de carboidratos solúveis que condicionam elevadas perdas provenientes da conversão secundária da matéria seca residual em ácidos orgânicos não desejáveis, nitrogênio não proteico em excesso, aminas e gases (CASTRO et al., 2006; SANTOS & ZANINE et al., 2006; OLIVEIRA et al., 2010).

Umidade

A umidade da planta forrageira influencia no perfil de micro-organismos presentes no ecossistema do silo. Umidade inferior a 60% favorece fermentações por fungos unicelulares e multicelulares, enquanto umidade superior a 70% pode desencadear fermentação secundária. Assim, uma decisão importante é determinar o teor de matéria seca da planta ensilada (TOSI et al., 1999).

A umidade elevada dilui os ácidos produzidos pelas bactérias heterofermentativas, dificultando a queda do pH do meio e o início da fase de estabilidade. Ainda, devido a elevada atividade de água (Aw), bactérias do gênero *Clostridium* desenvolvem-se as expensas de carboidratos e proteínas da massa ensilada gerando perdas sensíveis do valor nutritivo (CASTRO et al., 2006; JOBIM et al., 2007). Quantidades apreciáveis de ácido butírico e nitrogênio não proteico são geradas e influenciam as características bioquímicas, sensoriais e bromatológica da silagem. Esse tipo de fermentação é convencionalmente conhecida como secundária e sua duração determina a qualidade do volumoso conservado.

Yan & Agney (2004) relataram extensa variação no teor de matéria seca da silagem de gramíneas temperadas com mínimo de 15,5% MS e máximo de 41,3% MS. Apesar da elevada variação, as silagens apresentaram-se dentro dos padrões aceitáveis de qualidade e valor nutritivo. Os autores então inferiram que o teor de matéria seca parece não ser limitante quando associado a elevado teor de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão.

No verão, o estágio de maturação para gramíneas tropicais como as do gênero *Panicum* e *Brachiaria* deve ocorrer entre os 45 e 60 dias de crescimento vegetativo, e,

de 65 dias para capim-elefante, colher nesses estádios significa maximizar a produção de MS por hectare (NOVAES et al., 2004).

Castro et al. (2006) indicaram 45% MS como o teor mais adequado ao processo de conservação de capim Tifton 85, obtido com o emurchecimento da forragem. Esse valor propiciou melhores características qualitativas de fermentação e de composição química das silagens.

Teor de carboidratos solúveis

Os monossacarídeos e dissacarídeos vegetais são as principais fontes de energia para os micro-organismos fermentadores na ensilagem. A colonização e formação do biofilme sobre a partícula de forragem é mediada pela abundância dos açúcares, tamanho da partícula e perfil microbiano epifítico inicial (PEREIRA et al., 2007).

Os carboidratos solúveis são fermentados a ácidos graxos voláteis, ácido láctico, álcool, dióxido de carbono, água e calor na dependência do tipo de micro-organismo (heterofermentativas e homofermentativas) atuante (MUCK, 2010). Dessa forma, a abundância de carboidratos é essencial para formação do ácido láctico principal promotor da conservação anaeróbia (SENGER et al., 2005). Uma correlação alta e positiva foi encontrada entre o teor de ácido láctico das silagens e o teor de carboidratos solúveis das forrageiras ($r = 0,81$), indicando que a fermentação láctica está na dependência da presença dessa substâncias (PEREIRA et al., 2007; RIBEIRO et al., 2007).

Apesar de destoantes, níveis entre 6 e 16% de carboidratos solúveis vem sendo documentados como promotores de fermentação láctica na ensilagem. Em gramíneas tropicais, excetuando-se as graníferas e a cana-de-açúcar, os níveis de carboidratos solúveis são descritos como moderados ou baixos.

Capacidade tampão

Tampões são sistemas (ácidos fracos e seus sais), cuja presença no meio torna-o resistente à variação na concentração hidrogeniônica, ou seja, variações no pH. Em sistemas tamponados, a adição de um ácido ou uma base ao meio, mesmo que com elevados coeficientes de dissociação, não afetarão o pH (NEUMANN et al., 2010).

Nas forrageiras, os ácidos cítrico, fosfórico, glicérico e málico compõem os principais sistemas de tampões e sua concentrações determinam o sucesso do abaixamento do pH na fase de fermentação ativa na ensilagem.

O problema de ensilar forrageiras com poder tampão elevado resulta da necessidade de um aumento no teor de ácidos orgânicos, de modo a reduzir o pH para valores adequados, ou seja, existe uma maior necessidade de carboidratos solúveis conversíveis. Associado a este problema, a elevada umidade também interfere na capacidade tampão das plantas forrageiras; massas ensiladas com maior atividade de água apresentam maior capacidade tampão (PEREIRA et al., 2007).

Em plantas forrageiras tropicais não-graníferas frequentemente elevado teor de umidade está associado a elevado poder tampão. Isto, quando conjugado a baixos

teor de carboidratos solúveis dificultam sobremaneira o processo de ensilagem.

FATORES INERENTES AO MANEJO

As limitações referentes aos fatores de manejo na ensilagem de gramíneas tropicais referem-se a inadequação da tecnologia de conservação produzida em outros países e aplicada sem ajustes às plantas tropicais

(TOSI et al., 1999; SANTOS & ZANINE, 2006).

Colheita

Apesar das elevadas produção de matéria seca relatadas (Tabela 1), os rendimentos de capins tropicais a campo são baixos e erráticos, dificultando a tomada de decisão (Santos et al., 2010).

Tabela 1. Produtividade média anual das plantas forrageiras destinadas ao processo de ensilagem

Forrageiras	Produção de matéria seca (t/ha/ano)
Milho	10-16
Sorgo	11-18
<i>Braquiaria</i>	20,3-33,5
<i>Panicum</i>	25,8
Capim-elefante	20-50
Cana-de-açúcar	30-150
<i>Cynodon</i>	28,3

Fonte: Adaptada de Mello (2004)

Dentre os fatores que estão relacionados com rendimentos reduzidos, encontram-se a mecanização do corte. As máquinas nacionais utilizadas para essas atividades ainda apresentam falhas, com rendimentos irregulares, manutenção constante e principalmente a inadequação do tamanho de corte das partículas para a ensilagem (NEUMANN et al., 2007).

O corte mecanizado de capins tropicais apresenta frequentes problemas de manutenção, rendimento e longevidade dos conjuntos mecanizados, limitando o desenvolvimento de sistemas com base na utilização dessas culturas.

As recomendações de afiar o conjunto de facas a cada 100 t/MV colhida e regular o posicionamento das facas e contrafacas a cada 500 t/MV podem ser adotadas conjuntamente. Além disso, a orientação de velocidade média de colheita entre 3-5 km/h pode proporcionando perdas reduzidas (10% - 15%) no processo de colheita (NOVAES et al., 2004).

A indústria brasileira retomou a mecanização como prioridade na ensilagem de capins tropicais em épocas recentes, todavia a variabilidade de altura, hábito de crescimento, fenologia e outros fatores de manejo dificultam o estabelecimento de implementos mecanizados para ensilagem de gramíneas tropicais não-graníferas.

Tamanho de partícula

O processamento físico de picagem da massa verde promove melhor acomodação do material no interior do silo e diminuição da fase aeróbia. Entretanto, vale salientar que em silagens de gramíneas tropicais sem emurchecimento, a redução do tamanho da partícula pode promover maiores perdas por efluentes, devido ao rompimento da parede celular e consequente perda do conteúdo celular (LOURES et al., 2003; NEUMANN et al., 2007; SANTOS et al., 2010).

Igarasi (2002) e Wascheck et al. (2008) observaram uma relação inversa entre o tamanho das partículas e a densidade de silagem, sugerindo que quanto menor o tamanho das partículas maior a densidade. Todavia, também foi observado que partículas muito pequenas aumentam a perda por efluentes, observadas por meio da elevação da condutividade elétrica.

A redução do tamanho de partícula poderia ser favorável ao processo de fermentação, por facilitar a compactação da massa ensilada. De acordo com McDonald et al. (1991), o tamanho de partícula inferior a 20-30 mm pode favorecer a disponibilidade de carboidratos solúveis (CS) e, conseqüentemente, estimular o crescimento das bactérias lácticas. No entanto, a redução do tamanho de partícula da forragem, associada ao maior grau de compactação, pode contribuir para aumentar as perdas por efluentes em forragens com menor teor de MS, lixiviando nutrientes e reduzindo o valor nutritivo da massa ensilada (SANTOS et al., 2010).

Apesar de toda recomendação, as colheitadeiras trabalharam com tamanho de corte superior a indicação para boa compactação. Na colheita mecanizada, as máquinas que passaram a desenvolver tamanho de partícula menor, apresentaram redução na capacidade de colheita, que em geral os números obtidos a campo, apontam para 1/3 do rendimento dos modelos que cortam partículas maiores (modelos antigos), ou seja, se a capacidade de colheita era de 30 t/h, esse rendimento para os modelos que picam menor passou a ser de 10-12 t/h (BERNARDES, 2004).

Compactação

No processo de ensilagem, para obtenção de fermentação desejada é fundamental a condição de anaerobiose no interior do silo, dependente principalmente da boa compactação. A facilidade de compactação do material é dependente do teor de matéria seca na

forragem, bem como do tamanho da partícula, no momento da ensilagem (WASCHECK et al., 2008).

Um dos principais objetivos de uma boa compactação é eliminar o máximo de oxigênio presente na massa ensilada. Além de estimular fermentações indesejáveis, a presença de oxigênio em silagens acarreta aumento da temperatura. Em temperaturas acima de 30 °C há um estímulo à ação de bactérias produtoras de ácido butírico. Elevadas temperaturas no interior do silo também promovem indisponibilização de proteínas; complexada à carboidratos da parede celular pela reação de Maillard (AMARAL et al., 2007; SANTOS et al., 2010).

Senger et al. (2005) observaram que silagens de milho muito úmidas produzem efluentes, os quais levam consigo nutrientes solúveis (N e açúcares), e transformam uma parte maior do N em N indigestível. Por outro lado, silagens com maior teor MS e bem compactadas, preservam uma maior quantidade de açúcares residuais que podem ser usados como fonte de energia pelos micro-organismos ruminais.

No processo de compactação, gramíneas graníferas como milho e sorgo podem ser dispostas em camadas de até 40 cm e compactadas em seguida. No caso das gramíneas dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* camadas não superiores a 30 cm são mais indicadas. Amaral et al. (2007) observaram para o gênero *Brachiaria* que maiores densidades favoreceram a redução no pH, aumentam a

taxa de recuperação de MS da silagem e proporcionaram maiores coeficientes de digestibilidade *in vitro* da MS.

Para silagens de capim-elefante com baixos teores de MS, Loures et al. (2003) recomendaram densidades próximas a 550 kg/m³, com objetivo de manter alta a concentração de nutrientes do material ensilado.

Emurchecimento

As silagens com maior conteúdo de MS estabilizam em pH mais alto devido a menor atividade de bactérias do gênero *Clostridium* que são sensíveis à pressão osmótica. Assim, o ideal para o processo de ensilagem de gramíneas tropicais é que a forragem apresente teores de MS entre 35 e 45% (PEREIRA & REIS, 2001). Entretanto, os teores de MS das gramíneas tropicais não-graníferas apresentam-se aquém do indicado para boa fermentação da massa ensilada (Tabela 2). Uma alternativa para o ajuste dos teores de MS seria o emurchecimento (TOSI et al., 1999; BERGAMASCHINE et al., 2006).

O emurchecimento promove maior concentração de substrato fermentáveis, dificultando o desenvolvimento de bactérias indesejáveis devido à diminuição da atividade da água (Aw), além de contribuir para diminuição de perdas por efluentes (CASTRO et al., 2006; WASCHECK et al., 2008).

Tabela 2. Parâmetros de qualidade fermentativa de silagem de gramíneas tropicais

Silagens	MS (%) ¹	CS (%) ²	pH	N-NH ₃ %/PB ³
Milho	30 – 35	20 – 30	3,8 – 4,0	4 – 8
Sorgo	28 – 32	15 – 25	3,8 – 4,2	6 – 8
<i>Braquiaria</i>	18 – 24	6 – 8	4,4 – 5,0	15 – 30
<i>Panicum</i>	18 – 26	6 – 8	4,2 – 4,8	15 – 30
Capim-elefante	20 – 28	11 – 18	4,2 – 4,5	10 – 15
Cana-de-açúcar	24 – 30	30 – 40	4,0 – 4,4	10 – 15
<i>Cynodon</i>	23 – 27	8 – 9	4,4 – 4,7	8 – 12

¹ Matéria seca (%); ² Carboidratos solúveis (%); ³ Nitrogênio amoniacal em % de proteína bruta.

Fonte: Adaptado de Mello (2004)

O tempo médio de secagem do material no campo é de 6 horas, mas é dependente das condições climáticas da região, principalmente intensidade de radiação solar, velocidade do vento, umidade relativa do ar e temperatura. Por exemplo, Tosi et al. (1999) encontraram redução no teor de umidade do capim-elefante com períodos de emurchecimento superiores a 24 horas.

Períodos elevados de emurchecimento podem acarretar em consumo de carboidratos solúveis da forragem por micro-organismos oxidativos, diminuindo a qualidade do material a ser ensilado, além de aumentar drasticamente o número de fungos e leveduras (BATISTA et al., 2006). A presença desses micro-organismos pode comprometer a qualidade da fermentação do processo e influenciar na estabilidade aeróbica da silagem (PEREIRA & REIS, 2001).

Exposição ao ar

Na ocasião de abertura do silo e descarregamento da silagem ocorre oxigenação do meio e estímulo para crescimento dos micro-organismos aeróbios presentes na massa ensilada na forma de esporos ou quiescentes. Os processos de oxidação de nutrientes pelos microrganismos aeróbios, e a consequente deterioração da silagem após a abertura do silo tem tido pouca importância. Mas, quando as silagens são expostas ao ar, microrganismos oportunistas iniciam atividade metabólica produzindo calor e consumindo nutrientes, revelando o descarregamento do silo e o fornecimento da silagem aos animais como um importante dreno de matéria seca e energia durante o processo de ensilagem (NEUMANN et al., 2007; BERNARDES et al., 2009; NEUMANN et al., 2010; MUCK, 2010).

Na academia este assunto é denominado estabilidade aeróbia da silagem e é definido por alguns pesquisadores como sendo o tempo observado para que a massa de silagem, após a abertura do silo, apresente elevação na temperatura (1 a 3°C) em relação a temperatura ambiente (JOBIM et al., 2007).

Observa-se em alguns trabalhos de pesquisa (BERNARDES, 2003) que as silagens de capins tropicais aditivadas ou não, produzidas com valores de MS próximos de 20%, não ultrapassam os valores de temperatura do ambiente quando expostas ao ar em condições experimentais.

Silagens de gramíneas tropicais não-graníferas apresentam deterioração aeróbia prioritariamente por bactérias aeróbias, devido as suas particularidades como, alta umidade, estabilidade de fermentação em pH acima de 4,5 e ausência de carboidratos residuais para o crescimento de micro-organismos (JOBIM et al., 2007; BERNARDES et al., 2009). O inverso ocorre com silagens de alta qualidade como as de milho e de sorgo, que são deterioradas principalmente por leveduras e fungos (BERNARDES, 2003). Dessa forma, as silagens de capim não acumulam temperatura durante a exposição aeróbia, pois as bactérias aeróbias não produzem calor durante o seu metabolismo como os fungos e leveduras.

Em condições de fazenda (silos de grande escala) não se tem observado aquecimento da massa de silagem de capins do gênero *Panicum* e *Brachiaria* com 20% MS após a quebra da vedação. Apesar de não haver elevação da temperatura das silagens, isto não significa que elas sejam estáveis. Possivelmente, outras estratégias metabólicas como o consumo de ácidos orgânicos e oxidação de outros metabólitos sejam utilizadas pelos micro-organismos aeróbios fermentadores de silagens de capins tropicais.

Uso de aditivos

Aditivos são produtos adicionados intencionalmente à forrageira que não apresenta condições ideais para ser ensilada (baixo teor de MS e/ou baixo teor de carboidratos solúveis), com objetivo de melhorar a fermentação e reduzir as perdas. Os aditivos têm dois propósitos principais na silagem: favorecer a conservação e melhorar o valor nutritivo da massa ensilada (BERGAMASCHINE et al., 2006; SANTOS et al., 2010).

Uma ampla variedade de aditivos podem ser utilizados na ensilagem, incluindo os inoculantes bacterianos, enzimas e estimulantes da fermentação. No caso da ensilagem de gramíneas tropicais não-graníferas os aditivos estimulantes de fermentação e absorventes são os mais utilizados (NEUMANN et al., 2010).

Os aditivos estimulantes da fermentação são aqueles que elevam os conteúdos de MS e de CS e aumentam a produção de ácido lático, minimizando as perdas de MS, resultando em pH final baixo (BATISTA et al., 2006; BERGAMASCHINE et al., 2006).

A casca de soja e a polpa cítrica foram estudadas por Ribeiro et al. (2009) como aditivos na silagem de *Brachiaria* e consistem, segundo os autores, em opções

interessantes, pois sua adição na ensilagem aumenta o valor nutritivo e reduz a produção de efluente da silagem.

A utilização de subprodutos agrícolas como aditivos na ensilagem de capim-elefante foi estudada por Andrade et al. (2010); os farelos de mandioca e de cacau e a casca de café são eficientes como aditivos absorventes, pois reduzem o teor de umidade das silagens de capim-elefante e eliminam totalmente as perdas por efluente a partir das doses de 14,2, 26,3 e 30%, respectivamente. Esses aditivos melhoram as características fermentativas das silagens, diminuindo os valores de pH e os teores de nitrogênio amoniacal.

Um ponto fundamental, quando se utiliza um aditivo, é conhecer o quanto ele pode melhorar o padrão de fermentação, o consumo, a digestibilidade e a produção animal, e se é economicamente viável. Infelizmente, são poucos os trabalhos na literatura que abordam todos estes parâmetros; normalmente, os estudos se detêm apenas aos aspectos bromatológicos das silagens resultantes e dessa forma, não permitem ainda uma posição segura quanto à sua utilização ou não em larga escala.

A análise dos trabalhos referentes ao uso de aditivos que estimulam a fermentação evidencia a ocorrência de melhora no padrão de fermentação das silagens, contudo há que se considerar os aspectos relacionados com a disponibilidade, custo de transporte, armazenamento e métodos de aplicação do aditivo. A escolha de um determinado aditivo e sua adoção deve ser embasada na sua disponibilidade e custo na época de ensilagem e não na sua eficiência em melhorar o padrão de fermentação.

TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SILAGEM DE GRAMÍNEAS TROPICAIS NÃO-GRANÍFERAS

Capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.)

Desde a década de 1960, o capim-elefante vem sendo difundido nas fazendas brasileiras, inicialmente utilizado como capineira para corte e fornecimento na época seca do ano.

Devido a produtividades excepcionais (270 t matéria verde/ha/ano) o capim-elefante recebeu bastante fomento por órgão de pesquisa e universidades, que lançaram diversas variedades e delinearão a tecnologia de produção dessa forrageira. Entretanto, a estacionalidade pluvial ainda é o principal limitante da produtividade e qualidade da gramínea.

Com objetivo de reduzir o efeito da estacionalidade na qualidade bromatológica do capim-elefante, a confecção de silagem surge como alternativa. A ensilagem apresenta exigências (teor de MS, teor de carboidratos solúveis e capacidade tampão) que não são contempladas pela gramínea em seu estágio fenológico de equilíbrio entre produção e qualidade (com idade cronológica de 60 dias).

Aos 60 dias de idade, o capim-elefante apresenta teor de MS inferior a 20%, muito aquém do recomendado (30 a 35% MS). Teores de MS inferiores a 30% favorecem fermentação das bactérias do gênero *Clostridium*, que podem comprometer a qualidade da silagem (TOSI et al., 1999).

Outro fator a ser considerado é a capacidade tampão quando apresenta teores de MS inferiores a 20%. A capacidade tampão do capim-elefante é de 38 a 40 e.mg HCL/100g de MS aos 37 dias de idade e cai para 13 a 17 e.mg HCL/100g de MS aos 67 dias de idade (Gutierrez, 1975). Portanto, o corte em idades mais precoces implica em maior demanda de carboidratos solúveis para produção de ácido láctico para superar a elevada capacidade tampão do material e provocar queda do pH para níveis de 3,8 a 4,2.

Atualmente, vários estudos têm comprovado que o capim-elefante, mesmo com níveis de carboidratos solúveis inferiores a 15% permite bom processo fermentativo, resultando em boas silagens (FERREIRA et al., 2004; ZOPOLLATTO et al., 2009).

A aditivagem das silagens de capim-elefante vem apresentando resultados satisfatórios principalmente com uso de aditivos absorventes que aumentam os teores de MS e/ou promovem maior teor de carboidratos solúveis.

Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*, L.)

A cana-de-açúcar é uma gramínea de grande importância, em todo o Brasil, devido à suas características agrônomicas, dentre elas a tolerância a períodos de estiagem e o alto potencial de produção de matéria seca e carboidratos por hectare (SILVA et al., 2008).

A confecção de silagem de cana-de-açúcar tem sido pouco usual, mas pode ser recomendada quando ocorrem incêndios acidentais e situações onde o corte da cana deve ser realizado imediatamente para a liberação de área para um novo plantio de cana ou outras culturas e até quando o volume de cana cortado diariamente se torna tão alto que supera a capacidade operacional da usina.

A ensilagem de cana-de-açúcar, ao contrário das demais gramíneas tropicais não-graníferas, apresenta limitações quanto ao teor de MS. A quantidade de carboidratos solúveis em excesso é que limita o processo de conservação; altos teores de açúcares levam a formação de etanol, o que é extremamente indesejável e resulta em silagem de baixa qualidade (ZOPOLLATTO et al., 2009).

Teores de etanol em torno de 8 a 17% da MS têm sido relatada para cana-de-açúcar ensilada, sem o uso de

aditivos, acompanhado perdas gasosas de até 15% de MS e perdas totais de 30% da MS. Esse tipo de fermentação pode causar reduções de 44 a 68% no teor de açúcares, aumento relativo nos componentes da parede celular e redução de 28% na digestibilidade da cana-de-açúcar conservada segundo essa técnica (SILVA et al., 2008).

Capins tropicais de gêneros diversos

Existe um grande número de trabalhos dando ênfase às ensilagens de milho e sorgo, indicadas como as forrageiras mais adequadas para a ensilagem (DIAS et al., 2001; ZOPOLLATTO et al., 2009). Entretanto, poucas são as observações relativas a ensilagem de outras gramíneas tropicais, com exceção dos capins do grupo elefante, que já foram razoavelmente estudados em nosso meio.

Não obstante, como já visto, capins possuem um baixo teor de matéria seca e quantidades variáveis de carboidratos solúveis e capacidade tampão (Tabela 3), de modo que sua utilização requer o emprego de técnicas que possibilitem o aumento do teor de matéria seca e o favorecimento de fermentações lácticas.

Se o conteúdo de carboidratos solúveis estiver abaixo de 15% na matéria seca, a produção de ácido láctico é muito limitada. Evidencia-se grande variação na qualidade das silagens de gramíneas tropicais, quando se avalia o pH, N amoniacal e conteúdos de ácidos orgânicos, os quais são indicativos precisos para avaliação do padrão de fermentação (Tabela 4). É importante destacar os valores de N amoniacal, em alguns casos superiores a 15 % NH₃/NT, considerado indicativo de fermentação butírica os quais são comumente observados em silagens de capins.

VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE GRAMÍNEAS TROPICAIS

Conceitualmente, o valor nutritivo corresponde à composição química, consumo e digestibilidade de um alimento. Em silagens, além dos mecanismos de digestão e metabolismo, outros fatores como as interações entre as características químicas, fermentativas, microbiológicas e físicas da forragem devem ser consideradas na determinação desse conceito (VIANA et al., 2012).

Tabela 3. Parâmetros de qualidade fermentativa de silagem de gramíneas tropicais

Silagens	MS (%) ¹	CS (%) ²	pH	N-NH ₃ %/PB ³
Milho	30 – 35	20 – 30	3,8 – 4,0	4 – 8
Sorgo	28 – 32	15 – 25	3,8 – 4,2	6 – 8
<i>Braquiaria</i>	18 – 24	6 – 8	4,4 – 5,0	15 – 30
<i>Panicum</i>	18 – 26	6 – 8	4,2 – 4,8	15 – 30
Capim-elefante	20 – 28	11 – 18	4,2 – 4,5	10 – 15
Cana-de-açúcar	24 – 30	30 – 40	4,0 – 4,4	10 – 15
<i>Cynodon</i>	23 – 27	8 – 9	4,4 – 4,7	8 – 12

¹ Matéria seca (%); ² Carboidratos solúveis (%); ³ Nitrogênio amoniacal em % de proteína bruta.

Fonte: Adaptado de Mello (2004)

Tabela 4. Características químicas de silagens de gramíneas forrageiras tropicais

Espécie	pH	NH ₃ /NT	Ácidos orgânicos (% MS) ¹		
			Lático	Acético	Butírico
Taiwan A-148 (maduro)	3,9	17,9	19,9	3,7	0,0105
Taiwan A-148 (imaturo)	3,7	25,2	14,9	6,7	0,019
Cameroon (maduro)	4,3	19,6	5,1	2,1	0,18
Tanzânia (45 dias de rebrota)	4,9	6,02			
Tanzânia (60 dias de rebrota)	4,9	5,6			
Mombaça (45 dias de rebrota)	4,9	7,1			
Mombaça (60 dias de rebrota)	4,9	7,5			

¹ Ácidos orgânicos expressos em % de matéria seca
Fonte: Reis et al. (2001)

A menor ingestão de silagens pode ser resultado de uma baixa aceitabilidade, reduzida taxa de passagem pelo rúmen e desbalanceamento no suprimento de nitrogênio e de energia no ambiente ruminal para a efetiva síntese de proteína microbiana (OLIVEIRA et al., 2010; PIRES et al., 2010). No caso de silagens mal preservadas, Van Soest (1994) destaca: a provável síntese de amins tóxicas, os altos teores de ácidos orgânicos decorrentes de fermentações muito extensas, o que propiciaria redução da aceitabilidade; e o decréscimo de substâncias prontamente fermentescíveis, privando os microrganismos do rúmen de energia, substrato necessário para seu crescimento.

O aumento nos teores de amônia ruminal, nitrogênio uréico no sangue e no leite são muitas vezes indicadores da falta de balanceamento entre proteína solúvel e carboidrato solúvel, responsáveis pela menor ingestão da silagem. A assincronia entre nitrogênio solúvel e carboidratos solúveis é o principal fator responsável pela redução de eficiência de utilização de proteína da silagem (VIANA et al., 2012).

Como parte da fração nitrogenada é degradada a frações solúveis no processo de ensilagem, ocorre baixa eficiência de síntese de proteína microbiana em relação a dietas contendo forragens frescas ou feno, o que resulta em menor fluxo pós-ruminal de proteína microbiana (PIRES et al., 2010). Segundo Givens & Rulquin (2002) a eficiente síntese de proteína microbiana em animais alimentados com silagens de alta qualidade deve estar entre 30-45 g N microbiano/kg de matéria orgânica aparentemente degradada no rúmen (MOADR). Animais alimentados com dietas baseadas em silagens de milho apresentaram valores médios de síntese de proteína da ordem de 48,4 g N microbiano/MOADR (n=86) e com as silagens de gramíneas este valor foi de 30,1 g N microbiano/MOADR (n=17), mostrando que a eficiência na utilização do N varia de acordo com as culturas, devido as suas particularidades durante o processo fermentativo. Nas condições tropicais, devido às diferenças na composição dos alimentos normalmente valores inferiores de síntese de proteína microbiana a partir de dieta com silagem são mais comuns. Cabral et al. (2008) relataram valor de 21,59 g N microbiano/MOADR para silagem de milho e 30,39 g N microbiano/MOADR para silagem de capim-elefante.

Em uma série de artigos, Cabral et al. (2004; 2006; 2008) avaliaram taxas de digestão, consumo, digestibilidade, fluxo de N, eficiência microbiana de dietas contendo 90%, na matéria seca, de silagem de milho, silagem de capim-elefante ou feno de capim Tifton-85. Foram verificadas maiores taxas de digestão para carboidratos e proteína na silagem de milho quando comparadas a silagem de capim-elefante. Associado a isto, houve menores consumos e digestibilidades da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não fibrosos para silagem da gramínea não-granífera. Os autores inferiram que os maiores teores de fibra em detergente neutro, os menores teores de carboidratos não fibrosos e as fermentações secundárias sofridas pela silagem de capim-elefante podem explicar o decréscimo no valor nutritivo da silagem. Quando avaliaram o fluxo de N, o autores confirmaram o maior efluxo do N do rúmen para as dietas com silagem de capim-elefante, e atribuíram essa resposta a falta de sincronização entre carbono e nitrogênio no rúmen, resultando em menor síntese de proteína e menor eficiência microbiana.

CONCLUSÕES

A tecnologia da confecção de silagens de gramíneas tropicais não-graníferas ainda não está estabelecida totalmente. Fatores inerentes a planta e ao manejo podem ser direcionados para melhorar a qualidade de silagens de gramíneas tropicais. Estudos avaliando os fatores de planta e manejo são necessários para aprimorar a tecnologia de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amaral, R. C.; Bernardes, T. F.; Siqueira, G. R.; Reis, R. A. Características fermentativas e químicas de silagens de capim-marandu produzidas com quatro pressões de compactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.3, p.532-539, 2007.
- Andrade, I. V. O.; Pires, A. J. V.; Carvalho, G. G. P.; Veloso, C. M.; Bonomo, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capim-

- elefante contendo subprodutos agrícolas. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.12, p.2578-2588, 2010.
- Batista, A. M. V.; Guim, A.; Souza, I. S.; Lira, K. G.; Santos, M. V. F.; Dubeux Júnior, J. C. B. Efeitos da adição de vagens de algaroba sobre a composição química e a microbiota fúngica de silagens de capim-elefante. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.1, p.1-6, 2006.
- 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 emurchecida. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.4, p.1454-1462, 2006.
- Bernardes, T. F. Características fermentativas, microbiológicas e químicas do Capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex. a. Rich) Stapf cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada. Dissertação de mestrado - FCAV/UNESP, 2003, 108p.
- Bernardes, T. F.; Reis, R. A.; Amaral, R. C. Chemical and microbiological changes and aerobic stability of marandu grass silages after silo opening. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.1, p.1-8, 2009.
- Cabral, L. S.; Valadares Filho, S. C.; Detmann, E.; Malafaia, P. A. M.; Zervoudakis, J. T.; Souza, A. L.; Veloso, R. G.; Nunes, P. M. M. Consumo e digestibilidade dos nutrientes em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.6, p.2406-2412, 2006.
- Cabral, L.S.; Valadares Filho, S.C.; Detmann, E. Malafaia, P. A. M.; Zervoudakis, J. T.; Souza, A. L.; Veloso, R. G.; Nunes, P. M. M. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim tifton- 85 e o farelo de soja. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- Cabral, L.S.; Valadares Filho, S.C.; Detmann, E.; Zervoudakis, J. T.; Souza, A. L.; Veloso, R. G. Eficiência microbiana e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas à base de volumosos tropicais. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.5, p.919-925, 2008.
- Castro, F. G. F.; Nussio, L. G.; Haddad, C. M.; Campos, F. P.; Coelho, R. M.; Mari, L. J.; Toledo, P. A. Características de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de capim-tifton 85 confeccionadas com cinco teores de matéria seca. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.1, p.7-20, 2006a.
- Castro, F. G. F.; Nussio, L. G.; Haddad, C. M.; Campos, F. P.; Coelho, R. M.; Mari, L. J.; Toledo, P. A. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim tifton-85 (*Cynodon* sp.) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.2, p.358-371, 2006b.
- Corrêa, L.A.; Pott, E.B.; Cordeiro, C.A. Integração de pastejo e uso de silagem de capim na produção de bovinos de corte. In: II Simpósio de produção de gado de Corte, Viçosa. Anais... v.1, p.1-20, 2000.
- Dias, A. M. A.; Batista, A. M. V.; Ferreira, M. A.; Lira, M. A.; Sampaio, I. B. M. Efeito do estágio vegetativo do sorgo (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) sobre a composição química da silagem, consumo, produção e teor de gordura do leite para vacas em lactação, em comparação à silagem de milho (*Zea mays* (L.)). Revista Brasileira de Zootecnia, v.30, n.6, p.2086-2092, 2001.
- Ferreira, A.C.H.; Neiva, J. N. M.; Rodriguez, N. M.; Lôbo, R. N. B.; Vasconcelos, V. R. Valor nutritivo das silagens de capim elefante com diferentes níveis de subprodutos da indústria do suco de caju. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.6, p.1380-1385, 2004.
- Givens, D. I., Rulquin, H. Utilisation of protein from silage-based diets. In: The International Silage Conference, 13th, 2002, Auchincruive. Proceedings... Auchincruive, 2002, p. 268-283.
- Guareschi, R. F.; Brasil, R. B.; Perin, A.; Ribeiro, J. M. M. Produção de silagem de híbridos de milho e sorgo sem nitrogênio de cobertura em safra de verão. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.40, n.4, p.541-546, 2010.
- Gutierrez, I.E. Identificação de carboidratos e ácidos orgânicos em quatro variedades de capim-elefante *Pennisetum purpureum* Schum., colhidos em três estágios de maturidade. Piracicaba, ESALQ, 1975. 103p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1975.
- Igarasi, M. S. Controle de perdas na ensilagem de capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. Dissertação de Mestrado - ESALQ/USP, 2002, 132p.
- Jobim, C. C.; Nussio, L. G.; Reis, R. A.; Schmidt, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, p.101-119, 2007. (supl. especial)
- Loures, D. R. S.; Garcia, R.; Pereira, O. G.; Cecon, P. R.; Souza, A. L. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. Revista Brasileira de Zootecnia, v.32, n.6, p.1851-1858, 2003.
- McDonald, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. The biochemistry of silage. Marlow Bucks: Chalcombe Publications, 1991. 340p.

- Mello, R. Silagem de milho, sorgo e gramíneas tropicais. Revista Eletrônica Nutritime, v.1, n.1, p.48-58, 2004.
- Muck, R. E. Silage microbiology and its control through additives. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, p.183-191, 2010 (supl. especial)
- Muraro, G. B.; Sarturi, J. O.; Ribeiro, J. L.; Nussio, L. G. Otimização de rações a base de silagens de capins tropicais. In: VI Simpósio de produção de gado de corte e III Simpósio Internacional de Produção de Gado de Corte. Anais..., 2008, p. -183-211.
- Neumann, M.; Mühlbach, P. R. F.; Nörnberg, J. L.; Restle, J.; Ost, P. R. R. Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre as perdas durante o processo fermentativo e o período de utilização das silagens. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.5, p.1395-1405, 2007.
- Neumann, M.; Oliboni, R.; Oliveira, M. R.; Faria, M. V.; Ueno, R. K.; Reinerh, L. L.; Durman, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v.3, n.2, p.187-195, 2010.
- Novaes, L. P.; Lopes, F. C. F.; Carneiro, J. C. Silagens: oportunidades e pontos críticos. EMBRAPA-CNPGL, Juiz de Fora, MG. 10p. (Comunicado Técnico, 43)
- 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. Revista Brasileira de Zootecnia, v.39, n.1, p.61-67, 2010.
- Oude Elferink, S.J.W.H.; Driehuis, F.; Gottschal, J.C.; Silage fermentation processes and their manipulation. In: FAO Electronic Conference On Tropical Silage, Rome, 1999. Silage making in the tropics with emphasis on smallholders; Proceedings...Rome: FAO, 200.p.17-30.
- Pereira, E. S.; Mizubuti, I. Y.; Pinheiro, S. M.; Villarroel, A. B. S.; Clementino, R. H. Avaliação da qualidade nutricional de silagens de milho (*Zea mays*, L). Revista Caatinga, v.20, n.3, p.08-12, 2007.
- Pereira, J.R.; Reis, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: Jobim, C.C.; Cecato, U.; Damasceno, J. C.; Santos, G. T. (Org) Simpósio Sobre Produção e Utilização de Forragens Conservadas- Maringá : UEM/CCA/DZO, Anais..., 2001. 319P., P. 64 – 86.
- Pereira, O. G.; Rocha, K. D.; Ferreira, C. L. L. F. Composição química, caracterização e quantificação da população de microrganismos em capim-elefante cv. Cameroon (*Pennisetum purpureum*, Schum.) e suas silagens. Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.6, p.1742-1750, 2007.
- Pires, A.J.V.; Reis, R.A.; Carvalho, G.G.P.; Siqueira, G.R.; Bernardes, T.F.; Ruggieri, A.C.; Roth, M.T.P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, de sorgo e de *Brachiaria brizantha*. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.62, n.2, p.391-400, 2010
- Reis, R.A.; Bernardes, T.F.; Siqueira, G.R. Tecnologia de produção e valor alimentício de silagens de capins tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 1., 2001, Maringá. Anais... Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p.34-74.
- Ribeiro, C.G.M.; Gonçalves, L.C.; Rodrigues, J.A.S.; Rodriguez, N.M.; Borges, I.; Borges, A.L.C.C.; Saliba, E.O.S.; Castro, G.H.F.; Ribeiro Junior, G.O. Padrão de fermentação da silagem de cinco genótipos de sorgo. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.59, n.6, p.1531-1537, 2007.
- Ribeiro, J. L.; Nussio, L. G.; Mourão, G. B.; Queiroz, O. C. M.; Santos, M. C.; Schmidt, P. Efeitos de absorventes de umidade e de aditivos químicos e microbianos sobre o valor nutritivo, o perfil fermentativo e as perdas em silagens de capim-marandu. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.2, p.230-239, 2009.
- Santos, E. M.; Pereira, O. G.; Garcia, R.; Ferreira, C. L. L. F.; Oliveira, J. S.; Silva, T. C.; Rosa, L. O. Microbial populations, fermentative profile and chemical composition of signalgrass silages at different regrowth ages. Revista Brasileira de Zootecnia, v.40, n.4, p.747-755, 2011.
- Santos, E. M.; Zanine, A. M. Silagem de gramíneas tropicais. Colloquium Agrariae, v.2, n.1, p.32-45, 2006.
- Santos, M.V.F.; Castro, A.G.G.; Perea, J.M.; García, A., Guim, A.; Hernández, M. P. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. Archivos de Zootecnia, v.59, p. 25-43, 2010.
- Senger, C. C. D.; Mühlbach, P. R. F.; Sánchez, L. M. B.; Peres Netto, D.; Lima, L.D. Composição química e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. Ciência Rural, v.35, n.6, p.1393-1399, 2005.
- Silva, E. J. A.; Borgatti, L. M. O.; Meyer, P. M.; Marino, C. T.; Rodrigues, P. H. M. Efeitos do teor de carboidratos solúveis sobre as características da silagem de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Zootecnia, v.37, n.8, p.1375-1382, 2008.
- Tosi, P.; Mattos, W. R. S.; Tosi, H.; Jobim, C. C.; Lavezzo, W. Avaliação do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cultivar Taiwan A-148, ensilado com diferentes técnicas de redução de umidade. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.5, p.947-954, 1999.

- Van Soest, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca. Comstock Publishing Associates. 1994. 476 p.
- 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. Revista Brasileira de Zootecnia, v.41, n.2, p.292-297, 2012.
- Wascheck, R. C.; Moreira, P. C.; Costa, D. S.; Dutra, A. R.; Ferreira Neto, J. F.; Moreira, L.; Campos, R. M.; Laforga, C. S.; Rezende, P. L. P.; Rabelo, N. A. Características da silagem de capim colômbio (*Panicum maximum*, jacq) submetido a quatro tempos de emurchecimento pré-ensilagem. Estudos, v. 35, n. 3, p. 385-399, 2008.
- Yan, T.; Agnew, R.E. Concentrations using nutrient compositions and fermentation characteristics Prediction of nutritive values in grass silages: I. Nutrient digestibility and energy. Journal of Animal Science, v.82, p.1367-1379, 2004.
- Zopollatto, M.; Daniel, J. L. P.; Nussio, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, p.170-189, 2009. (supl. especial).