

Adição de inoculantes microbianos sobre a composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum)

Paulo Henrique Mazza Rodrigues*, Thomas Fernandes Teixeira Lopes, Stefano Juliano Tavares de Andrade, Laércio Melotti, Carlos de Sousa Lucci, Felix Ribeiro de Lima e Paula Marques Meyer

Departamento de Nutrição e Produção Animal, FMVZ, Universidade de São Paulo, Av. Duque de Caxias Norte, 225, 13.635-900, Pirassununga, São Paulo, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: pmazza@usp.br

RESUMO. Foram estudados os efeitos de dois inoculantes microbianos e 1 inoculante enzimo-microbiano no capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), ensilado em 16 silos experimentais e confeccionados a partir de baldes plásticos portando válvulas. O capim foi cortado aos 97 dias de crescimento, homogeneizado e submetido a tratamentos com 4 repetições: controle, Sil-All® (*Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum*, amilase, hemicelulase e celulase), Silobac® (*L. plantarum*, *S. faecium* e *Lactobacillus* sp.) e Pioneer 1174® (*S. faecium* e *L. plantarum*). Os silos foram abertos após 120 dias para análise da composição bromatológica, perfil fermentativo e estabilidade aeróbia. Embora de magnitude pequena, o Sil-All® aumentou a MS, o Pioneer aumentou as concentrações de NIDA e o Silobac® aumentou a FDA e a celulose. Em comparação com o tratamento-controle, o Pioneer e o Silobac melhoraram consideravelmente a relação láctico:acético, o Pioneer baixou o pH e melhorou a estabilidade aeróbia.

Palavras-chave: bactérias lácticas, ensilagem, fermentação, *Pennisetum purpureum*.

ABSTRACT. Microbial inoculants addition on chemical composition and fermentation characteristics of elephant grass (*Pennisetum purpureum*, Schum) silage. Elephant grass was harvested at 97th day and ensiled in 16 plastic experimental silos, consisting of 4 treatments: control, Sil-All® (*Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus plantarum*, amylase, hemicellulase, and cellulase), Silobac® (*L. plantarum*, *S. faecium*, and *Lactobacillus* sp.), and Pioneer 1174® (*S. faecium* and *L. plantarum*). Silos were opened 120 days after ensiling and sampled to proceede chemical analyses. Sil-All increased DM, Pioneer increased ADIN concentration and Silobac increased ADF and cellulose contents of silage. Comparing to control Pioneer and Silobac improved consistently the lactic:acetic ratio, Pioneer decreased pH and improved aerobic stability.

Key words: lactic acid bacteria, ensiling, fermentation, *Pennisetum purpureum*.

Introdução

Apesar da elevada produção de massa por unidade de área (Vilela, 1990), com boa produção em diferentes tipos de solo e temperatura ambiente, bem como teores protéicos superiores à de outras forrageiras tropicais, o capim-elefante apresenta algumas características limitantes para o processo de ensilagem (Lavezzo, 1985). Uma delas é o baixo teor de matéria seca, na qual a baixa pressão osmótica no silo favorece o desenvolvimento de bactérias do gênero *Clostridium* sp. Estes desdobram açúcares, ácido láctico, proteínas e aminoácidos em ácido butírico, acético, amônia, gás carbônico e aminas, com conseqüentes perdas qualitativa e quantitativamente significativas (Lavezzo, 1985). Outra limitação é o baixo teor de carboidratos

solúveis, uma vez que estes constituem o substrato ótimo, prontamente disponível para a ação das bactérias lácticas no processo fermentativo. Essas bactérias são responsáveis pela produção de ácido láctico, o qual, em níveis adequados, provoca uma rápida queda no pH da silagem, o que inibe a atividade proteolítica das enzimas vegetais e o desenvolvimento das bactérias indesejáveis (Muck, 1988).

Catchpoole e Williams (1969) sugerem que uma deficiência de bactérias lácticas seria o fator responsável pelo alto teor de ácido acético encontrado em silagens feitas a partir de forrageiras tropicais ou subtropicais. Embora muitos inoculantes comerciais estejam disponíveis no mercado, o ideal seria que esses aditivos tivessem comprovada capacidade de

reduzir as perdas de matéria seca, aumentar a qualidade higiênica, limitar fermentações secundárias, aumentar a estabilidade aeróbia (Wardynski *et al.*, 1993), incrementar o valor nutritivo da silagem e, finalmente, oferecer ao produtor ganhos financeiros consideráveis ao investimento inicial dessa tecnologia (Henderson, 1993).

Os efeitos sobre a fermentação, composição da silagem e desempenho animal, com o uso de aditivos, depende do tipo de inoculante usado, quantidade aplicada, sua atividade biológica, tipo da forragem, conteúdo de matéria seca e composição química da forragem (Harrison e Blauwiekel, 1994).

Foram objetivos do presente trabalho estudar os efeitos de 3 inoculantes comercializados no mercado brasileiro sobre a composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante.

Material e métodos

O trabalho foi conduzido nas dependências do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, Estado de São Paulo.

A cultura de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum), cultivar Napier, foi cortada com 97 dias de crescimento, com altura aproximada de 1,8-2,0m. Após colhido e picado em fragmentos de tamanho aproximado de 2,0cm, o material original foi homogeneizado e tratado com os inoculantes, segundo recomendações dos fabricantes. O material foi, então, colocado em 16 silos experimentais, confeccionados a partir de baldes plásticos com 25,2cm de altura e 24,5cm de diâmetro (aproximadamente 12 litros de capacidade), com tampa superior portando válvulas do tipo “bunsen” para o livre escape dos gases. Os silos receberam 6kg de massa úmida e foram compactados manualmente, o que correspondeu à compactação de 500kg de silagem/m³.

Os tratamentos foram compostos pelos seguintes inoculantes comerciais:

- Sil-All®: produto enzimo-microbiano à base de *Streptococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici* e *Lactobacillus plantarum*, bem como amilase, hemicelulase e celulase, na dose de 10,0mg por kg de forragem; o produto possui $8,0 \times 10^{10}$ unidades formadoras de colônia/g;
- SiloBac®: produto à base de *L. plantarum*, *S. faecium* e *Lactobacillus* sp. na dose de 2,0mg por kg de forragem; o produto possui $5,26 \times 10^{10}$ unidades formadoras de colônia/g;
- Pioneer 1174®: produto à base de *S. faecium* e *L. plantarum* na dose de 1,11mg por kg de forragem; o produto possui $9,0 \times 10^{10}$ unidades formadoras de colônia/g.

Os silos foram mantidos fechados por 120 dias em local abrigado. Uma vez abertos, todo o material retirado de cada silo experimental foi homogeneizado. Uma parcela foi separada para a determinação da matéria seca em estufa de circulação de ar forçado e proteína bruta (AOAC, 1980), componentes da parede celular (FDN, FDA e lignina), segundo Van Soest (1967), carboidratos solúveis (Johnson *et al.*, 1966), amido (Pereira e Rossi, 1995), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (Van Soest e Robertson, 1985), capacidade tampão (Tosi, 1973) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (Tilley e Terry, 1963). Outra parcela foi colocada em prensa manual para extração dos sucos e imediata determinação do pH (medição em potenciômetro) e do nitrogênio amoniacal (Foldager, 1977). Parte do suco foi fixada (0,2mL de ácido fórmico para cada 1,0ml de suco de silagem) e congelada para posterior determinação dos ácidos orgânicos por cromatografia gasosa (Erwin *et al.*, 1961).

Para a determinação da estabilidade aeróbia da silagem, aproximadamente 2kg de massa úmida foram retirados de cada balde, transferidos para caixas de isopor, com capacidade de 5 litros, e armazenados em local coberto e à temperatura ambiente a fim de permitir tomadas de temperatura ambiental e da silagem às 0, 12, 24, 48, 72, 96 e 120 horas após a abertura dos silos, por meio de um termômetro inserido 10cm dentro da massa contida na caixa de isopor. A estabilidade aeróbia foi calculada como uma taxa de elevação da temperatura, usando o máximo da temperatura observada dividida pelo tempo necessário para alcançar a máxima temperatura (Ruppel *et al.*, 1995). Adicionalmente, foram avaliados a máxima temperatura alcançada (em °C) e o tempo para a obtenção da máxima temperatura (em horas).

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, com 4 repetições. As diversas variáveis foram submetidas à análise de variância pelo procedimento GLM do Statistical Analysis System (SAS Institute, 1985), sendo as médias comparadas pelo teste Tukey. Para todas as análises realizadas foi utilizado um nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

Os dados de composição químico-bromatológica do capim-elefante antes da ensilagem encontram-se na Tabela 1. Excetuando os valores de NIDA e amido, os dados de composição química (MS, PB, FDN e FDA) e capacidade tampão são compatíveis aos esperados para essa forrageira, segundo NRC (1989) e McDonald *et al.* (1991), respectivamente. O teor de NIDA encontra-se relativamente superior ao nível de referência de 8% do N total comumente registrado na literatura, como limite para indicar superaquecimento dos alimentos (Van Soest, 1994). É possível que a

complexação do nitrogênio à fibra tenha ocorrido durante a secagem da cultura na estufa, ou, ainda, que essa alta concentração seja inerente a forrageiras cultivadas em clima tropical. Com relação aos valores de amido, também se encontram bem acima dos 0,8% esperados (NRC, 1996). É possível que a metodologia descrita por Pereira e Rossi (1995) superestime a concentração desse tipo de carboidrato, uma vez que esses autores não fazem menção à necessidade de se proceder à prévia extração dos carboidratos solúveis antes da determinação da glicose.

Tabela 1. Composição bromatológica do material original e das silagens submetidas a aplicação de inoculantes¹

| Variável | Material | | Tratamentos | | | Média | CV | Prob. |
|----------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|-------|--------|
| | Original | Controle | Sil-All | Silobac | Pioneer | | | |
| MS | 17,82 | 15,56 ^b | 16,91 ^a | 16,23 ^{ab} | 15,89 ^{ab} | 16,16 | 4,36 | 0,0244 |
| PB | 9,21 | 9,38 | 9,27 | 8,81 | 8,87 | 9,10 | 5,63 | NS |
| NIDA | 9,22 | 12,56 ^b | 14,76 ^{ab} | 14,73 ^{ab} | 17,68 ^a | 14,75 | 17,90 | 0,0697 |
| CHOs | 2,30 | 1,48 | 1,56 | 1,43 | 1,46 | 1,47 | 6,97 | NS |
| Amido | 14,44 | 17,06 | 17,66 | 18,59 | 17,43 | 17,70 | 5,60 | NS |
| FDN | 71,22 | 69,18 | 69,20 | 70,62 | 69,72 | 69,61 | 1,62 | NS |
| FDA | 47,83 | 45,51 ^{bc} | 44,56 ^c | 48,35 ^a | 47,22 ^{ab} | 46,36 | 3,84 | 0,0008 |
| Lig | 11,44 | 12,47 | 11,80 | 11,82 | 11,08 | 11,84 | 12,20 | NS |
| Hemi | 24,22 | 23,67 ^{ab} | 24,64 ^a | 22,20 ^b | 22,50 ^b | 23,38 | 5,02 | 0,0030 |
| Cel | 35,03 | 33,05 ^{bc} | 32,76 ^c | 36,53 ^a | 36,14 ^{ab} | 34,52 | 6,50 | 0,0083 |
| DIVMS | - | 49,20 | 50,33 | 47,79 | 46,37 | 48,56 | 6,10 | NS |
| CT | 34,32 | 40,88 | 40,06 | 39,73 | 39,86 | 40,15 | 3,14 | NS |

¹MS: matéria seca total (%); PB: proteína bruta (% MS); NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido (% do N total); CHOs: carboidratos solúveis (% MS); Amido (% MS); FDN: fibra em detergente neutro (% MS); FDA: fibra em detergente ácido (% MS); Lig: lignina (% MS); Hemi: hemicelulose (% MS); Cel: celulose (% MS); DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca (% MS); CT: capacidade tampão (meq./100g MS de forragem); CV: coeficientes de variação (%); Prob: probabilidades estatísticas; NS: não significativo; Linhas com letras sobrescritas diferentes diferem pelo teste de Tukey (5%)

Quanto aos efeitos dos inoculantes sobre a composição das silagens, não foram observados efeitos significativos dos inoculantes sobre os valores de PB, carboidratos solúveis, amido, FDN, lignina, DIVMS e capacidade tampão (Tabela 1). Entretanto, observou-se que o Sil-All aumentou o conteúdo de matéria seca da silagem resultante desse tratamento. Embora esse seja o único inoculante contendo enzimas celulolíticas, hemicelulolíticas e amilolíticas, não foi observado nenhum efeito adicional desse inoculante sobre as concentrações de amido, FDN, FDA, celulose e hemicelulose, embora a metodologia para a determinação de amido deixasse a desejar. O aumento dos teores de MS é compatível com os achados de Eichelberg *et al.* (1997), nos quais o uso de inoculantes provocou elevação nas silagens com teores de matéria seca mais baixos. Entretanto, Zago (1991) afirmou que o mais comum era observar diminuição da MS toda vez que ocorriam modificações no processo fermentativo, como, por exemplo, maior produção de compostos voláteis, como o etanol. O inoculante Sil-All não causou nenhuma alteração nos produtos finais da fermentação no presente experimento. Tal variedade de respostas talvez ajude a confirmar a afirmação de que os efeitos do uso de aditivos microbianos sobre a fermentação estão condicionados ao tipo de inoculante e sua

atividade biológica, à quantidade aplicada e ao tipo de forragem em conteúdo de matéria seca e composição química (Harrison e Blauwiel, 1994).

O Pioneer aumentou significativamente os teores de NIDA, quando comparado à silagem-controle. Esses dados discordam dos obtidos por Mader *et al.* (1985) e Kung *et al.* (1991), uma vez que esses pesquisadores observaram não haver qualquer efeito dos inoculantes sobre os teores de NIDA, bem como de PB. Segundo Mir *et al.* (1995), altas concentrações de NIDA indicam elevada perda por calor durante a fermentação da silagem. Como o inoculante Pioneer aumentou o tempo para a obtenção da máxima temperatura, quando a silagem foi exposta ao meio aeróbio (Tabela 3), é possível suspeitar que a silagem obtida com esse inoculante já tivesse sofrido aquecimento ainda durante o processo fermentativo no silo. Nesse caso, seria necessário postular que silagens que já tivessem sofrido um certo aquecimento ainda durante o processo fermentativo seriam mais estáveis ao ambiente aeróbio. Tal hipótese ainda não foi encontrada na literatura.

O inoculante Silobac aumentou os teores de FDA, assim como de celulose, em relação ao tratamento-controle. Tal resultado discorda do observado por Harrison *et al.* (1989), que perceberam queda dos teores de FDA com a inoculação de silagem mista de gramínea e leguminosa. Discordam também dos dados de Kung *et al.* (1991), que não observaram qualquer efeito da inoculação sobre essa variável. Jones *et al.* (1992) explicaram que poderia haver redução dos teores de FDN, entre a planta original e a silagem, pela degradação da hemicelulose, através da ação de enzimas da própria planta ou da hidrólise ácida. Para explicar o aumento nos níveis de FDA, observado no presente experimento, haveria que se admitir a diminuição da hidrólise da celulose com o processo de inoculação, fato que não encontra respaldo científico na literatura.

Os dados de avaliação do perfil fermentativo das silagens encontram-se na Tabela 2. De forma geral, os dados fermentativos da silagem-controle são compatíveis, segundo Mahanna (1997), com uma silagem de boa qualidade, especialmente quando se trata de uma forrageira de difícil fermentação, como é o caso do capim-elefante. Entretanto, segundo Chen *et al.* (1994), existem grandes diferenças entre as silagens obtidas de silos de laboratório e os silos usados na prática, como o trincheira ou superfície, criando, então, uma dificuldade para se avaliar adequadamente os resultados decorrentes de um tratamento, uma vez que silagens confeccionadas em mini-silos recebem, muito provavelmente, compactação bem superior a de um silo comercial. Entretanto esse não foi o caso observado no presente experimento.

Tabela 2. Perfil fermentativo das silagens submetidas aos diversos tratamentos¹

| Variável | Tratamentos | | | | Média | CV | Prob. |
|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|--------|--------|
| | Controle | Sil-All | Silobac | Pioneer | | | |
| Etanol | 1,036 | 0,954 | 0,888 | 0,918 | 0,950 | 20,05 | NS |
| Acético | 1,150 | 1,099 | 1,013 | 0,912 | 1,052 | 17,49 | NS |
| Propiônico | 0,172 | 0,191 | 0,174 | 0,168 | 0,177 | 14,42 | NS |
| Butírico | 0,067 | 0,036 | 0,102 | 0,014 | 0,058 | 120,46 | NS |
| Lático | 7,496 | 7,568 | 8,513 | 9,260 | 8,139 | 18,19 | NS |
| Relação | 6,518 ^a | 6,886 ^a | 8,403 ^b | 10,153 ^c | 8,325 | 15,53 | 0,0430 |
| N-NH ₃ | 7,80 | 7,11 | 7,09 | 6,87 | 7,24 | 13,74 | NS |
| pH | 3,57 ^a | 3,56 ^{ab} | 3,56 ^{ab} | 3,46 ^b | 3,54 | 1,57 | 0,0453 |

¹Etanol (% MS); Acético (% MS); Propiônico (% MS); Butírico (% MS); Lático (% MS); Relação: relação lático:acético; N-NH₃: nitrogênio amoniacal (% do N total); CV: coeficientes de variação (%); Prob: probabilidades estatísticas; NS: não significativo; Linhas com letras sobrescritas diferentes diferem pelo teste de Tukey (5%)

Tabela 3. Estabilidade aeróbia das silagens submetidas à aplicação de inoculantes¹

| Variável | Tratamentos | | | | Média | CV | Prob. |
|----------|-------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| | Controle | Sil-All | Silobac | Pioneer | | | |
| Tempo | 96,0 ^b | 108,0 ^{ab} | 114,0 ^{ab} | 120,0 ^a | 108,0 | 11,39 | 0,0339 |
| Max. | 30,50 | 30,75 | 30,50 | 30,37 | 30,60 | 2,71 | NS |
| Taxa | 0,074 | 0,072 | 0,061 | 0,056 | 0,066 | 17,29 | NS |

¹Tempo: tempo decorrido para alcançar a máxima temperatura (horas); Max.: máxima temperatura alcançada (°C); Taxa: taxa de elevação da temperatura (°C/hora); CV: coeficientes de variação (%); Prob: probabilidades estatísticas; NS: não significativo; Linhas com letras sobrescritas diferentes diferem pelo teste de Tukey (5%)

Resultados obtidos por Rodrigues *et al.* (2002) mostraram que essas diferenças são ainda maiores no caso de forrageiras que apresentam difícil fermentação, como é caso do presente experimento. Foi demonstrado, também, que seria muito difícil simular as condições de um silo de dimensões comerciais através de silos experimentais, uma vez que os silos comerciais não eram passíveis de representação, dada sua grande heterogeneidade entre os diferentes níveis ao longo do plano vertical.

A não ser pela relação lactato/acetato e pH, nenhuma das variáveis fermentativas analisadas apresentou alterações significativas por efeito dos inoculantes. No entanto, a relação apontada parece indicar ligeira melhora no perfil de fermentação dos inoculantes Silobac e Pioneer, sendo melhor neste último. Observou-se que a silagem-controle já apresentava um perfil fermentativo no qual ocorreu a predominância do ácido lático e níveis baixos de ácidos acético e butírico. Nessas condições, era de esperar efeitos de pequena magnitude dos inoculantes, achados esses que foram confirmados por Henrique e Vieira-Bose (1992). No entanto, Luis *et al.* (1992) ainda identificaram reduções nos teores de nitrogênio amoniacal, ácidos acético e butírico com o uso de *Pediococcus acidilactici* na ensilagem do capim-elefante. Entretanto, Luis *et al.* (1986) e Ojeda *et al.* (1987) só observaram efeitos significativos do inoculante (*Streptococcus faecium*) quando este foi associado ao melaço como fonte de carboidratos. Segundo Henrique e Vieira-Bose (1992), a adição de bactérias durante a ensilagem de forrageiras temperadas leva a resultados controversos, com grande variação de um experimento para outro. Alguns dos fatores levantados para tal variação

seriam as diferenças quanto ao tipo e ao número de bactérias presentes na forragem no momento do corte, às condições de ensilagem e ao tipo e à viabilidade dos inóculos usados. Ainda quanto às condições experimentais, ao comparar os mini-silos com silos comerciais para ensilar capim-elefante ou milho, Rodrigues *et al.* (2002) observaram que silagens produzidas em silos laboratoriais proporcionam fermentação semelhante àquelas obtidas em silos comerciais, quando a forrageira apresenta fácil fermentação, como é o caso do milho. Mas a mesma situação não é observada quando a forragem apresenta difícil fermentação, como é o caso do capim-elefante.

Como pode ser observado na Tabela 3, nenhum inoculante alterou a máxima temperatura alcançada ou a taxa de elevação da temperatura, quando a silagem foi exposta ao meio aeróbio. Entretanto, o Pioneer aumentou o tempo para a obtenção da máxima temperatura, indicando aumento da estabilidade aeróbia, pelo menos no momento da abertura do silo. Rust *et al.* (1989) postularam que o aumento das concentrações de ácido lático, resultado do aumento da fermentação do tipo homofermentativa, poderia resultar em silagens menos estáveis à deterioração aeróbia, quando da abertura do silo. Essa hipótese não foi confirmada no presente experimento, uma vez que o Pioneer aumentou aparentemente a estabilidade aeróbia, mesmo aumentando a relação lático:acético.

Chamberlain (1987) postulou que a rápida acidificação da silagem, como aquela causada pelos inoculantes, poderia favorecer o desenvolvimento de leveduras não-sensíveis ao baixo pH e promover, portanto, a fermentação de açúcares residuais a etanol. Ao invés da associação entre aumento da concentração de lático e diminuição da estabilidade aeróbia, propõe-se uma relação mais direta entre concentração de etanol e a estabilidade aeróbia. Nesse caso, é possível que a rápida produção do ácido lático favoreça a preservação de maior quantidade de carboidratos solúveis, que, juntamente com o baixo pH, favoreçam o desenvolvimento de leveduras, direcionando a produção de etanol. Maior concentração de etanol indicaria que um maior número de leveduras estaria apto a iniciar o processo de fermentação secundária, quando da abertura do silo. Essa condição poderia ser a responsável pela diminuição da estabilidade aeróbia das silagens inoculadas e não o ácido lático, propriamente dito. Tal hipótese é sustentada, no presente experimento, pelo fato de a estabilidade aeróbia ter sido melhorada mesmo na presença de maior concentração de ácido lático, além das concentrações de etanol não terem sido aumentadas com a inoculação.

Conclusão

Embora com efeitos menores sobre a composição químico-bromatológica, os inoculantes podem melhorar a relação lactato:acetato da silagem de capim-elefante, sem piorar sua estabilidade aeróbia.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pelo financiamento do projeto, aos funcionários Everson Lázaro e Gilmar Botteon pelo cuidado com a cultura e aos técnicos Ari de Castro, Gilson de Godoy e Simi Robassini pelas análises laboratoriais.

Referências

- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. Washington, DC: AOAC, 1980.
- CATCHPOOLE, V. R.; WILLIAMS, W. T. The general pattern in silage fermentation in two subtropical grasses. *J. Br. Grassl. Soc.*, Oxford, v.24, n.3, p.317-322, 1969.
- CHAMBERLAIN, D. G. The silage fermentation in relation to the utilization of nutrients in the rumen. *Proc. Biochem.*, Edinburgh, v.4, n.1, p.60-63, 1987.
- CHEN, J. *et al.* Effects of enzyme-inoculant systems on preservation and nutritive value of hay crop and corn silage. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.77, n.1, p.501-512, 1994.
- EICHELBERGER, L. *et al.* Efeitos da inclusão de níveis crescentes de forragem de soja e uso de inoculantes na qualidade da silagem de milho. *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.26, n.5, p.867-874, 1997.
- ERWIN, E. S. *et al.* Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.
- FOLDAGER, J. *Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation*. 1977. Theses (Doctoral) - Michigan State University, East Lansing, 1977.
- HARRISON, J. H.; BLAUWIEKEL, R. Fermentation and utilization of grass silage. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.77, n.10, p.3209-3235, 1994.
- HARRISON, J.H. *et al.* Effect of inoculation rate of selected strains of lactic acid bacteria on fermentation and *in vitro* digestibility of grass-legume forage. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.72, n.9, p.2421-2426, 1989.
- HENDERSON, N. Silage additives. *Anim. Feed Sci. Technol.*, Amsterdam, v.45, n.1, p.35-56, 1993.
- HENRIQUE, W.; VIEIRA-BOSE, M. L. Efeito de aditivos enzimo-bacterianos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.21, n.3, p.429-437, 1992.
- JOHNSON, R. R. *et al.* Corn plant maturity. II. Effect on *in vitro* cellulose digestibility and soluble carbohydrate content. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.25, n.3, p.617-623, 1966.
- JONES, B. A. *et al.* Effects of fermentation and bacterial inoculation on lucerne cell walls. *J. Sci. Food Agric.*, London, v.60, n.2, p.147, 1992.
- KUNG JR., L. *et al.* Effects of plant cell-wall-degrading enzymes and lactic acid bacteria on silage fermentation and composition. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.74, n.12, p.4284-4296, 1991.
- LAVEZZO, W. Silagem de capim-elefante. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.11, n.132, p.50-57, 1985.
- LUIS, L. *et al.* Fermentacion de ensilajes tropicales com las utilizacion de bacterias acido lacticas aisladas en Cuba *Pastos y Forrages*, Matanzas, v.15, n.1, p.63-69, 1992.
- LUIS, L. *et al.* Efecto de la adiccion de lactisil sobre *Pennisetum purpureum* conservado como ensilage. *Pastos y Forrages*, Matanzas, v.9, n.3, p.278-283, 1986.
- MADER, T. L. *et al.* Effect of additive on alfalfa silage fermentation characteristics and feedlot performance of steers. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.68, n.7, p.1744-1747, 1985.
- MAHANNA, B. *Troubleshooting silage problems*. [S.l.: s.n.], 1997. Disponível em: <<http://www.pioneer.com/xweb>>. Acesso em: 20 out. 1997.
- MCDONALD, P. *et al.* *The Biochemistry of silage*. Marlow, UK: Chalcombe Publications, 1991.
- MIR, Z. *et al.* Effects of microbial inoculant and moisture content on preservation and quality of round baled alfalfa. *Can. J. Anim. Sci.*, Ottawa, v.75, n.1, p.15-23, 1995.
- MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.71, n.11, p.2992-3002, 1988.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 6.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1989.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996.
- OJEDA, F. *et al.* Efecto de la adiccion de un aditivo biologico sobre el valor nutritivo de los ensilajes. *Pastos y Forrages*, Matanzas, v.10, n.3, p.256-262, 1987.
- PEREIRA, J. R. A.; ROSSI, P. *Manual prático de avaliação nutricional de alimentos*. Piracicaba: Fealq, 1995.
- RODRIGUES, P. H. M. *et al.* Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.31, n.6, p.2386-2392, 2002.
- RUPPEL, K. A. *et al.* Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *J. Dairy Sci.*, Savoy, v.78, n.1, p.141-153, 1995.
- RUST, S. R. *et al.* Effects of microbial inoculant on fermentation characteristics and nutritive value of corn silage. *J. Prod. Agric.*, London, v.2, n.1, p.235-241, 1989.
- SAS INSTITUTE INC. *SAS user's guide: statistics*. 5.ed. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1985.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.*, Oxford, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- TOSI, H. *Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos*. 1973. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Jaboticabal, 1973.
- VAN SOEST, P. J. Development of a comprehensive system for analysis and its application to forage. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.26, n.1, p.119-128, 1967.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. *Analysis of forages and fibrous foods*. Ithaca: Cornell University, 1985.

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

VILELA, D. Utilização do capim-elefante na forma de forragem conservada. *In: SIMPÓSIO SOBRE CAPIM ELEFANTE*, 1., 1990, Coronel Pacheco, MG. *Anais...* Juiz de Fora, MG, Embrapa-Cnpq, 1990. p.89-131.

WARDYNSKI, F. A. *et al.* Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics,

aerobic stability, and cattle performance. *J. Anim. Sci.*, Savoy, v.71, n.8, p.2246-2252, 1993.

ZAGO, C. P. Cultura de sorgo para a produção de silagem de alto valor nutritivo. *In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS*, 4., 1991, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: Fealq, 1991. p.169-213.

Received on January 30, 2003.

Accepted on October 31, 2003.