



ENSILAGEM DE CAPINS TROPICAIS

31

LUIZ GUSTAVO NUSSIO¹; SOLIDETE DE FÁTIMA PAZIANI²;
CARLA MARIS BITTAR NUSSIO³

¹Professor-Depto. Produção Animal - USP/ESALQ - Piracicaba, SP - nussio@esalq.usp.br; ²Aluna Doutorado - Depto de Produção Animal-USP/ESALQ, Bolsista FAPESP; ³Pesquisadora EMBRAPA - Pecuária Sudeste - São Carlos, SP - carla@cppse.embrapa.br

Introdução

Em algumas partes do mundo a produção de silagens contribui com 10-25% dos alimentos destinados para ruminantes, representando 2% do suprimento de alimentos suplementares, como média global. A dificuldade de obtenção de condições climáticas ideais para a produção de feno vem determinando o crescente interesse pela ensilagem. As culturas que predominam na confecção da silagem na Europa são gramíneas temperadas (54%) e milho (32%), enquanto que na América do Norte, são representadas por milho (53%) e leguminosas (27%). O objetivo da produção de silagem é o de fornecer alimento durante o inverno, quando a taxa de crescimento das plantas forrageiras não atende a demanda imposta pelo requerimento dos animais, naquele momento (Wilkins et al., 1999).

A produção de silagem de capins tropicais apresenta algumas vantagens, como o alto teor de umidade, além de exigir condição de anaerobiose na sua estocagem. Trata-se de um alimento volumoso que requer maior espaço para armazenamento e transporte, necessitando portanto ser confeccionado próximo ao local de utilização. A adequação da cultura à ensilagem envolve características como os teores de MS, de carboidratos solúveis, de nitrato e poder tampão, entre outros (Rammer, 1996).

Embora o processo de ensilagem seja relativamente simples, existem muitos fatores que afetam a qualidade da silagem e a segurança no seu uso. O crescimento não controlado de microrganismos, provocando aquecimento

na massa ensilada, pode causar perdas nutricionais e afetar a saúde dos animais. Pouco frequentemente são encontradas recomendações sistemáticas referentes as opções de manejo a serem adotadas, afim de melhorar a segurança da confecção e do uso da silagem. As precauções baseiam-se, geralmente, em tratamentos mecânicos e aplicação de diferentes aditivos (Lindgren, 1999), além de cuidados associados a cada fase do processo.

A ensilagem de gramíneas favorece a ocorrência de perdas durante as várias fases do processo, de forma que nem todo o potencial produtivo da planta possa ser convertido em silagem de qualidade satisfatória e disponível para os animais. A identificação das fontes de perdas observadas na produção de silagem de gramíneas tropicais, bem como a estimativa de eficiência do sistema de produção, vêm despertando o interesse dos segmentos de pesquisa e de produção animal. A quantificação dessas perdas e a busca por técnicas que as minimizem, devem ser priorizadas em gramíneas tropicais, uma vez que as perdas ocorridas a campo são frequentemente subestimadas e pouco exploradas. Em geral, tem havido maior ênfase em relação às perdas associadas ao processo fermentativo, referentes às alterações químico-bromatológicas do material ensilado, vinculadas as perdas geradas por gases e por efluentes (Balsalobre et al. 2001). A tentativa de parametrizar os coeficientes técnicos associados à ensilagem permitiria a homogeneização de critérios de avaliação da qualidade do sistema de produção de silagem. A revisão que se segue procurou caracterizar as etapas do processo de ensilagem com vistas a adoção de uma avaliação integrada do sistema de produção de silagem de gramíneas tropicais, com vistas ao estabelecimento do conceito de qualidade total.

Potencial dos Capins tropicais

O potencial de produção animal cresce num ritmo muito acelerado e a produção de alimentos está sempre sendo desafiada a suprir essa necessidade. Com a melhoria nas práticas de manejo das espécies forrageiras tropicais, o potencial de produção vem sendo ampliado largamente e reputado mundialmente. Dados compilados da literatura comparam composição bromatológica, valor nutritivo e digestibilidade de gramíneas e silagens (Nussio et al., 2000). Reis e Coan (2001) apresentaram ampla revisão sobre valor nutritivo de capins tropicais, características químicas das silagens de gramíneas tropicais. Entretanto, a conservação de gramíneas tropicais, sob a forma de silagem, apresenta algumas limitações como: maior concentração de compo-

nentes de parede celular e menores teores de carboidratos fermentáveis, quando comparadas as temperadas (Wilkins et al, 1999); baixos níveis de mecanização associados à colheita e ensilagem da planta e condições insatisfatórias para a fermentação da silagem e vedação do silo.

O capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum), originário da África e introduzido no Brasil por volta de 1920, chamou a atenção pela elevada capacidade de produção, despertando o rápido interesse dos pecuaristas (de Faria, 1994). Na década de 60 houve sua grande difusão, a princípio utilizado em capineiras como fonte de forragem para a época da seca, e em seguida utilizado para ensilagem da elevada produção de verão para o inverno (Boin, 1968). Em culturas bem manejadas, a produção de capim elefante atingiu 60 t MS/ha, com 9-12%PB, 57-62% FDN, 55-59% de digestibilidade da MS, de forma que a silagem obtida desse capim colhido em estágio adequado foi considerada satisfatória (Silveira, 1976). Entretanto, Gomide et al. (1976) obtiveram produções mínimas e máximas de 34 e 46 t MS/ha, com queda no valor nutritivo acentuada com o avanço da idade (Pedreira e Boin, 1969; Vieira e Gomide, 1968). A possibilidade de explorar essa elevada produção de massa, contrasta com baixos teores de MS e de carboidratos solúveis associados a elevado poder tampão (Lavezzo, 1994). Os estudos com capim elefante intensificaram-se quando surgiram ensaios sobre alimentação (Luccio et al., 1969; Lucci e Boin, 1971; Naufel et al., 1969) e as primeiras informações sobre o uso de aditivos e os processos fermentativos ocorridos no silo (Condé, 1970). Mais tarde outros dados sobre processos fermentativos foram publicados (de Faria, 1971), o uso de aditivos e preservativos (Silveira, 1976 e Tosi, 1974), características químicas relacionadas aqueles processos (Gutierrez, 1975) e métodos de alteração de fermentação através do emurchecimento ou adição de material seco à massa ensilada (Corsi et al., 1971; de Faria et al., 1972 e Lavezzo e Campos., 1978). Alguns estudos indicaram que silagens de qualidade razoável, sob o ponto de vista da fermentação, poderiam ser obtidas mesmo sem o uso de aditivos ou preservativos (Silveira et al., 1979; Tosi et al., 1983a e b). Todavia, houveram relatos de baixo consumo dessas silagens (Lucci et al., 1969) atribuída ao baixo valor da MS (15-18% MS), daí o surgimento de diminuição da umidade pelo emurchecimento, que melhora o padrão da fermentação, desde que atinja pelo menos 30% de MS, nível crítico para a ensilagem (Wooford, 1984). O emurchecimento é recomendado para plantas com teor de MS abaixo de 20%. Os benefícios da redução de umidade na massa de forragem, podem

entretanto, ser negativamente compensados pela elevação do poder tampão, como resultado da desidratação da forragem (Narciso Sobrinho, 1998). Contudo, à maioria dos trabalhos realizados com ensilagem de gramíneas (Playne e McDonald, 1966; McDonald et al., 1965; de Faria, 1971; Tosi, 1973; Gutierrez, 1975; Vilela et al., 2001; Igarasi, 2002) vem determinando redução ou manutenção do poder tampão em resposta ao prévio emurchecimento da forragem. A elevada correlação (0.97) entre o teor de ácidos orgânicos resultantes da fermentação e o poder tampão indica que, ao desidratar a planta, a produção de ácidos orgânicos seria reduzida, com conseqüente diminuição no poder tampão, podendo atingir pH de estabilidade mais elevado (McDonald, et al. 1991), ou inferior (Aguiar et al, 2001; Igarasi, 2002) dependendo do impacto da desidratação sobre o teor de carboidratos solúveis da forragem. Em recente revisão, Giger-Reverdin et al, (2002), demonstraram que o poder tampão é influenciado pelo conteúdo de proteína, de amido, da capacidade de absorção de água e da pressão osmótica intrínseca da amostra. Assim, o poder tampão poderia ser alterado em resposta à mudanças nos teores de constituintes do conteúdo celular, associados com a pressão osmótica, e não necessariamente decorrentes de variações na composição química proximal.

Considerando o benefício relativo e, sobretudo, as dificuldades práticas para a aplicação do emurchecimento na colheita mecânica, outras técnicas de elevação de MS, como adição de substratos absorventes e supridores de carboidratos, foram testadas com sucesso como fenos e palhadas (Corsi et al., 1971), polpa cítrica e cama de frango (de Faria et al., 1972 e Lavezzo e Campos, 1977), bagaço de cana de açúcar (Tosi et al., 1989; Lavezzo et al., 1992 a e b), assim como aditivos estimulantes da fermentação (bacterianos, melação) e inibidores de fermentações indesejáveis (ácido fórmico) (Lavezzo, 1994). A insuficiência de carboidratos solúveis e/ou umidade excessiva, podem induzir a fermentação clostrídica por não atingir pH de estabilidade na massa, havendo condições favoráveis para o catabolismo do ácido láctico a butírico e, de amino ácidos até compostos como amônia, dióxido de carbono e aminas (Ohshima e McDonald, 1978). A produção de ácido butírico resulta em grande perda de MS devido à produção de dióxido de carbono e perda expressiva de energia (McCullough, 1977), além de intensa proteólise, o que resulta em elevação do poder tampão.

Segundo Jaakkola et al. (1999), o aumento da dose de fertilização nitrogenada diminui o teor de MS e de carboidratos solúveis em água e, aumenta os teores de proteína e de nitrato na planta, demonstrando o impacto

do histórico agrônomo da cultura na alteração do processo. Ao tratar esse capim com ácido fórmico, os autores observaram menor produção de gases e menores perdas por fermentação. O pH das silagens sofreu aumento com a elevação da dose de fertilizante N, permanecendo próximo de 4 para todos os tratamentos contendo ácido fórmico. Concluiu-se que a fertilização nitrogenada modificou o processo de fermentação em silagens de gramíneas, evitando a fermentação clostrídica devido à presença de nitrato e induziu a fermentação heterofermentativa, decorrente da menor concentração de carboidratos solúveis em água e da maior capacidade tampão da gramínea.

Mais recentemente, plantas do gênero *Panicum* e *Brachiaria* vem tomando espaço nas pastagens e também mostrando adequação e plasticidade para a ensilagem. O maior teor de MS relativo dessas plantas, no estágio de maturidade em que são colhidas, em relação as plantas do gênero *Pennisetum*, e a larga utilização em pastagens no território nacional tem apontado para conveniências logísticas da utilização dessas, para a confecção de silagens. O gênero *Panicum*, que por muito tempo teve como maior representante o capim colômbio, agora conta com novos e mais produtivos cultivares, como os capins Tobiatã, Mombaça e Tanzânia atingindo produções de 6 a 5 t MS/ha/corte, com potencial médio de 21 t MS/ha/ano (Jank, 1994). No caso do gênero *Brachiaria*, áreas de pastagens formadas principalmente por *B. decumbens* e *B. brizantha* vem sendo, alternativamente, utilizadas para a produção de silagens, com produção semelhante aos *Panicum*, e valor nutritivo ligeiramente superior (Nussio et al, 2000). Apesar do elevado potencial de produção, o levantamento de índices técnicos associados à produção de silagens de gramíneas tropicais, apresentado por Igarassi (2002), obtido de propriedades explorando plantas dos gêneros *Panicum* e *Brachiaria* indica que, a produção de forragem variou entre 2,7 à 8,1 t MS/ha/corte, resultando em produção média anual acumulada de 17 t MS/ha, conforme apresentado nas Tabelas 1 e 2. Esse índice é significativamente inferior ao potencial dessas culturas, se assemelhando àqueles observados com a utilização de culturas anuais como milho e sorgo, gerando o questionamento sobre a justificativa em explorar capins tropicais perenes, sob tais condições. Em geral, as dificuldades encontradas no manejo da ensilagem durante o período de incidência de chuvas no verão, respondem parcialmente pela perda de produtividade.

Perdas Ocorridas na Colheita da Forragem

O custo da ensilagem é uma limitação da adoção dessa tecnologia no sistema de produção animal. Nesse sentido, uma forma de baratear o custo é aumentar a produtividade da cultura, com espécies mais produtivas ou um sistema de produção mais intensivo, uma vez que, segundo Wilkins et al. (1999) o custo fixo da terra e os insumos envolvidos na produção da gramínea representam cerca de 48-52% do custo total, seguido pela incidência dos custos associados à colheita e vedação do silo (30-38%). As perdas iniciais no processo de ensilagem ocorrem durante a captação e picagem da forragem à campo. Igarassi (2002) utilizando colhedora de forragem nacional, com rotor colhedor e repicador, observou perdas de colheita 3,2 no inverno e 5,3% no verão, do total de forragem disponível, na ensilagem de capim Tanzânia com umidade original. Ao adotar o pré-emurchecimento da forragem por 5 horas, os índices de perdas na colheita da forragem foram elevados para 12,2% no inverno e 20% no verão, gerando dúvidas sobre o benefício da prévia desidratação da forragem. Para avaliar as perdas no processo de ensilagem de Tifton 85, Castro (2002) utilizou colhedora automotriz importada, com segadora de rolos com facas, providas de condicionamento mecânico e repicagem. A planta foi colhida com umidade original (25% MS) e submetida ao pré-emurchecimento para atingir teores de MS de 34, 45, 55 e 65%. As perdas na colheita foram reduzidas de 6 para 3% com a elevação do teor de MS da planta. A sensível redução nas perdas por colheita, sob o efeito do pré-emurchecimento, em comparação ao observado por IGARASI (2001) se deve aos efeitos combinados da espécie forrageira, mas principalmente ao sistema de colheita do equipamento utilizado.

Aguiar et al. (2001) ilustraram nas Tabelas 3 e 4 os índices de recuperação de MS observados durante a colheita de forragem à campo e na fermentação, além do custo estimado de produção de silagem de capim tanzânia.

Perdas no Silo

Controle da umidade e disponibilidade de substrato para fermentação

As perdas de um alimento ensilado podem ser quantificadas através do desaparecimento de MS ou energia durante o processo de ensilagem. As perdas de energia são proporcionalmente menores que as perdas de MS. As principais fontes de perda de energia são originadas pela respiração residual durante o enchimento do silo e imediatamente após a sua vedação; tipo de

fermentação no interior do silo; produção de efluente; “fermentação” secundária durante o período de armazenagem; e a deterioração aeróbica durante a retirada de forragem do silo. Essas perdas em conjunto podem atingir valores de 7 a 40% (McDonald et al., 1991). As maiores perdas por fermentação, tanto em relação ao teor de MS como de energia, são promovidas pela atuação de microrganismos do gênero *Clostridium*. Os principais produtos finais deste tipo de fermentação são o ácido butírico, a água e o dióxido de carbono (CO₂) que, em conjunto podem assinalar perdas da ordem de 50 e 18% para MS e energia, respectivamente (McDonald et al., 1991). Microrganismos do gênero *Clostridium* têm sua máxima eficiência em ambientes com elevada atividade de água, elevado pH (>5,0) e alta temperatura. Assim, práticas de manejo que reduzam o teor de umidade e a rápida queda do pH, reduzem os efeitos negativos da ação dessas bactérias na massa ensilada (Martha JR et al, 2000). Como as gramíneas tropicais apresentam baixos teores de MS e carboidratos solúveis no momento do corte para ensilagem (Vilela, 1998), a adoção de técnicas que reduzam a atividade de água, como pré-emurchecimento ou o uso de aditivos podem beneficiar o processo, promovendo a absorção de água livre e a elevação do teor de açúcares na massa ensilada, reduzindo as perdas resultantes de fermentações indesejáveis. Contudo, em recente avaliação realizada por Igarasi (2002) sugerido que em gramíneas tropicais, para um mesmo teor de umidade na massa, haveria menor atividade de água relativa às observadas para plantas temperadas, como resultado de uma possível maior carga iônica no conteúdo celular. Esse fato permitiria obter-se sucesso no controle de crescimento de microrganismos indesejáveis, como *Clostridium*, mesmo sob teores de MS mais reduzidos na massa de forragem ensilada (< 30%MS).

Diversos aditivos elevam o teor de açúcares solúveis e o teor de MS da massa ensilada (grãos de cereais, polpa cítrica, etc), no entanto, esses atuam de diferentes formas no controle da água livre do material ensilado. Os aditivos com maiores teores de FDN apresentam maior capacidade de retenção de água da massa, apesar de provocarem redução na densidade da silagem armazenada. (Jones e Jones, 1996, Giger-Reverdin et al, 2000).

Aguiar et al. (2001) adicionando 10% de polpa cítrica na ensilagem de capim Tanzânia observaram menor teor de N-amoniaco em relação à silagem sem aditivo, o que pode ser explicado pela redução da atividade de enzimas proteolíticas, através do rápido abaixamento de pH (Tabelas 5 e 6) promovido pelo maior teor de MS e maiores níveis de carboidratos solúveis. Da mesma

forma, a redução no teor de umidade promovida pela adição da polpa cítrica também melhorou o padrão de fermentação, segundo Crestana et al. (2000). Por outro lado, no tratamento pré-emurchecido, onde o teor de MS foi semelhante ao tratamento contendo 10% de polpa cítrica, o pH apresentou-se superior, mostrando que a adição de açúcares solúveis promoveu alterações na fermentação, prioritariamente ao teor de MS da forragem. Avaliando silagens de capim Tanzânia adicionadas de polpa cítrica (5-10%) Igarasi (2002) identificou melhores características fermentativas (pH, N-amoniaco), maiores taxas de recuperação de MS e de NDT, decorrentes de menores perdas (gases e efluente), que contrastaram com uma menor estabilidade após a abertura e um maior custo relativo da unidade de NDT, principalmente de forragem colhida no verão.

Evangelista et al. (2001) adicionaram 0, 5, 10 e 15% de farelo de trigo ou polpa cítrica, no momento da ensilagem, ao capim Coast-cross (*Cynodon spp*), às sete ou nove semanas de rebrota, e observaram que não houve efeito dos aditivos no valores de pH das silagens às sete semanas de rebrota. No entanto, todos os níveis de farelo de trigo e polpa cítrica proporcionaram redução no pH das silagens provenientes do capim colhido com nove semanas de rebrota. Como esperado, à medida que se elevaram as participações dos aditivos na massa ensilada, elevaram-se os teores de MS das silagens, com efeito mais pronunciado para a forragem colhida com nove semanas de rebrota. Nas duas idades de rebrota do capim Coast-cross, a adição de sacarina ou fubá, nos mesmos níveis anteriormente mencionados, contribuiu para o aumento no teor de N amoniaco, evidenciando maior degradação protéica na forragem aditivada (Lima et al., 2001).

Pedreira et al. (2001) observaram maior quantidade de N amoniaco em forragem ensilada sem pré-emurchecimento e sem a adição de polpa cítrica, provavelmente devido à maior proteólise proveniente da atividade das enzimas da planta ou mesmo produzidas pelos *Clostrídios*. Com a adição de polpa cítrica foram observados menores valores de pH e de N-amoniaco, provavelmente em função da redução na atividade de *Clostrídios*, embora os teores de PB e dos constituintes de parede celular tenham diminuído com a adição de polpa cítrica, devido aos baixos teores de FDN, FDA e PB da polpa cítrica. Vilela et al. (2001) submetem capim elefante Paraíso a 0, 6 e 12 horas de pré-emurchecimento e observaram redução no N amoniaco na silagem. Entretanto, o tratamento de pré-emurchecimento também pode reduzir o teor de carboidrato solúvel em função da maior atividade respiratória,

e conseqüentemente a produção de ácido láctico, e com isso, elevar o teor de matéria mineral na silagem. Essas observações sugerem efeito combinado de lixiviação de minerais, drenados por efluente da silagem úmida, associada à respiração de carboidratos durante o processo de confecção da silagem pré-emurchecida, resultando em menor disponibilidade energética e concentração da fração mineral (Crestana et al., 2001).

Souza et al. (2001) ensilaram capim elefante com 14,5% de MS, usando casca de café moída como substrato absorvente, e observaram menor produção de efluentes e valores de pH próximos de 3,9. Outro benefício foi o de manter o teor de PB da silagem (11,0%) próximo ao do capim, uma vez que muitos aditivos, pelo efeito de diluição, acabam reduzindo o teor protéico da silagem. Ferrari et al. (2001) mencionaram que, ao utilizar-se de aditivos com objetivo de absorver o excesso de umidade da forragem, é possível constatar-se queda no valor nutritivo da mistura, geralmente das frações proteína e fibra, pelo efeito de diluição, principalmente com o uso de concentrados energéticos. Esses autores ao usarem o farelo de mandioca como aditivo, embora tenham promovido aumento nos teores de MS e de carboidratos totais, não obtiveram silagens consideradas de boa qualidade face os valores de N amoniacal e ácido butírico verificados.

Em silagens de capim Tanzânia, o efeito da adição de polpa cítrica na fermentação da silagem foi maximizada pela redução do tamanho de partícula (Crestana et al., 2000), sugerindo interações entre tamanho de partícula de forragem ensilada e aditivo absorvente utilizado.

Tamanho de partícula e compactação

A densidade da massa de forragem observada no fechamento do silo determina a quantidade de oxigênio residual. Dentre os fatores que afetam a densidade da massa ensilada destaca-se o peso e a pressão aplicados na compactação, o tempo de compactação, a espessura da camada de forragem colocada no silo, taxa de enchimento do silo, o teor de MS da forragem e o tamanho de partícula do material (Ruppel et al., 1995; Mayne, 1999; Holmes e Muck, 1999; Balsalobre et al., 2001), sendo que a relação entre o peso de compactação e massa de forragem picada que chega ao silo, por hora de trabalho; e o tempo gasto com essa compactação, dentre os parâmetros avaliados, foram os que melhor responderam pelas variações na densidade da silagem (Ruppel et al., 1995; Holmes e Muck, 1999). Em situações onde a redução do tamanho médio de partícula ainda é limitada pelas colhedoras de

forragem, essa constitui-se no principal fator restritivo ao aumento da densidade da silagem. Trabalho de Ruppel (1992) citado por Holmes e Muck (1999) mostrou que para densidades de 160 e 360 kg/MS/m³ as perdas de MS em 180 dias de armazenamento foram de 202 e 100 g/kg, respectivamente, demonstrando os benefícios de uma maior densidade na diminuição de perdas. No levantamento de índices técnicos realizado por Igarasi (2002), a densidade média das silagens de *Panicum* e *Brachiaria* observadas nas propriedades foi de 141,9 kg MS/m³, com amplitude entre 86,7 à 230 kg MS/m³, onde 93% das amostras estiveram abaixo de 200 kg MS/m³ e 21% abaixo de 100 kg MS/m³. Ao avaliar silagem de capim Tanzânia Igarasi (2002) observou que as densidades próximas de 150 kg MS/m³ foram originadas de amostras contendo cerca de 25% de MS, apresentando fermentação satisfatória, e que a máxima densidade estimada foi de 159,5 kg MS/m³, obtida de plantas pré-emurchecidas contendo 33,3% de MS. A redução no tamanho de partícula poderia ser favorável ao processo de fermentação da massa vegetal no silo pela compactação facilitada, pelo incremento na área de superfície da forragem (maior interação substrato-microrganismos), e pela liberação de maior quantidade de conteúdo celular. McDonald et al. (1991) apontaram que quando o tamanho de partícula é inferior a 20 - 30 mm pode haver efeitos positivos sobre a disponibilidade de carboidratos solúveis, e conseqüentemente, estímulo ao crescimento de bactérias lácticas. Nesse aspecto, no entanto, existem controvérsias na literatura, havendo estudos que mostram efeitos positivos e negativos do grau de picagem sobre a fermentação da silagem de gramíneas. Segundo Mayne (1999), os efeitos positivos de redução no tamanho de partícula sobre o processo de fermentação foram geralmente observados em forragens de maior teor de MS.

O processamento mecânico da forragem, através das picagem, pode alterar a fermentação da silagem dependendo da extensão de danos no tecido vegetal. A condutividade elétrica se constitui em uma técnica adequada para avaliar a intensidade do processamento (Kraus et al., 1997), sendo sensível a variações ocorridas no extravasamento de conteúdo celular em decorrência do sistema de corte e cisalhamento da partícula, realizados pelos diferentes equipamentos de colheita de forragem. A ruptura da parede celular pode melhorar a homogeneidade da massa, criando um filme líquido ao redor da partícula de capim que levaria a uma condição de crescimento mais uniforme para as bactérias produtoras de ácido láctico (Pauly, 1999). Apesar disso, Pauly (1999) questionou o benefício do processamento mecânico em

extravasado conteúdo celular e facilitar a fermentação, sugerindo que a possível vantagem seria decorrente da obtenção, mais rápida, de condições anaeróbicas. Também, o maior tamanho da partícula determinaria a queda mais lenta de pH o que promoveria elevação nas perdas de MS, particularmente de carboidratos solúveis em água e de proteína (Woolford, 1972). No experimento conduzido por Igarasi (2002), a redução do tamanho de partícula da silagem de capim tanzânia, aumentou a condutividade elétrica de 1694 para 1823 mS/cm, sendo esse efeito mais pronunciado nas forragens pré-emurchecidas (de 1774 para 1985 mS/cm). Adicionalmente, foram observados aumentos na densidade, no teor de N-amoniaco e na estabilidade após a abertura da silagem com partículas menores, havendo também redução do pH e no índice de recuperação de MS durante a fermentação. A redução do tamanho de partícula não alterou a produção de gases ou de efluentes, assim como não induziu à alterações na taxa de recuperação e no custo relativo do NDT (Figuras 1 e 2).

A redução do tamanho de partículas da forragem pode ser uma alternativa para minimização da fermentação butírica, por promover maior compactação e um maior contato do substrato com as bactérias fermentadoras, levando a maior produção de lactato e queda rápida de pH. No entanto, em silagens de baixo teor de MS a redução no tamanho de partícula pode provocar aumento na atividade de água e maior perda por efluente. Desse modo, poderia haver manutenção das perdas totais, com provável substituição da origem de contribuição da perda, evidenciando a complementariedade entre gases e efluente. Entretanto, em silagens contendo maiores teores de MS, ocorre redução nos níveis totais de perdas em decorrência da elevação da pressão osmótica associada a sensível redução na atividade de água. Nesse caso, ao se promover menor tamanho de partículas, observa-se mínimo impacto sobre a geração de efluentes (Balsalobre et al., 2001b).

Efluentes

As perdas por efluentes representam perdas do valor nutricional da silagem e riscos de poluição ambiental, que podem ser evitados: a) utilizando forragens naturalmente mais secas; b) misturando culturas mais secas às mais úmidas no momento da ensilagem; c) usando aditivos absorventes e d) adotando o pré-emurchecimento na ensilagem.

São vários os modelos que tentam quantificar a produção de efluente em silagens (Haigh, 1999), no entanto utilizam apenas o teor de MS da forra-

gem como fator para quantificar a produção de efluente, sem levar em consideração fatores como: tipo e dimensionamento do silo, grau de compactação, efeito do tipo de corte da forragem e aditivos. De acordo com essas equações, valores de MS entre 28,5 e 30,7 % seriam necessários para eliminar a produção de efluente. Na Figura 3 é apresentada a equação de regressão exponencial para estimativa da produção de efluentes em silagens de capim Tanzânia, onde a produção estimada de efluente seria reduzida de 38,3 L/t para 9,3 L/t com o aumento no teor de MS entre 20 e 30%. Apesar da equação proposta por Haigh (1999) prever a produção de efluente com base no teor de MS, somente em poucas silagens o teor de MS foi correlacionado negativamente com a produção de efluente. Isto mostra que outros parâmetros devem estar correlacionados com as perdas por efluente que não somente o teor de MS. Com a intensificação da compactação para obter-se maior densidade da massa ensilada, haveria maior chance de observar-se aumentos na produção de efluente, sendo esse efeito dependente do teor de MS da planta ensilada. Apesar de serem mais freqüentemente avaliadas, as perdas por efluente nem sempre representam as maiores perdas da silagem. A composição do efluente, quando se dispõe do seu teor de MS, permite a avaliação mais realista das perdas, e essa varia com o teor de umidade da forragem ensilada e com o aditivo utilizado. Em silagens de azevém perene com teor de MS entre 16,00 e 19,50 %, o teor de MS do efluente foi de 7,0 a 8,5 % (Jones et al., 1990). Avaliando silagens de capim elefante com alto teor de umidade (13% MS), submetidas à diferentes densidades de compactação (356 à 791 kg/m³), Loures (2000) observou que a produção e o teor de MS do efluente (2,4 à 3,8 %) foram aumentados com a elevação na pressão de compactação da silagem.

Silagens de capim Tanzânia colhidas e repicadas sob três tamanhos de partícula, com adição de 10% de polpa cítrica ou pré-emurchecida, apresentaram redução nas perdas por efluente em relação às silagens controle. Entretanto, as reduções foram maiores para o tratamento pré-emurchecido comparativamente à adição de polpa, sugerindo que mesmo sob teor de MS semelhante, a atividade e provável localização de água na célula vegetal é responsável por parte da carga de efluente gerada na massa. À medida que se reduz o tamanho de partícula, ocorre uma melhor fermentação da silagem e isso promove menores perdas totais de MS, mesmo com uma tendência de aumento nos teores de efluente. Deste modo, ocorre aumento na proporção de perdas por efluente em relação às perdas totais em silagens contendo

partículas de menor tamanho. Segundo Aguiar et al (2001) nos tratamentos sem polpa cítrica e sem pré-emurchecimento as perdas por efluente foram bem representativas em relação às perdas totais (40 – 50L/t forragem fresca), entretanto, para os demais tratamentos, essas perdas comportaram-se de forma pouco relevante (< 10 L/t forragem).

Gases

As perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação ocorrida na ensilagem. Quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, utilizando a glicose como substrato para produzir lactato, as perdas de MS são menores. Quando ocorre a produção de álcool (etanol ou manitol), há um aumento considerável de perdas por gases, sendo esse tipo de fermentação promovido por bactérias heterofermentativas, enterobactérias e leveduras. Em silagens de elevado teor de MS o teor de etanol pode superar a concentração de ácido láctico, e esse fato pode ser evitado através do estímulo a redução do pH ou pela redução do tamanho de partículas da forragem. Essas silagens apresentam aumentos nas perdas de MS via produção de CO₂ (Driehuis e Van Wixselaar, 1999), entretanto, no caso de gramíneas tropicais não emurchecidas, ocorre o inverso, ou seja, o capim é colhido com excesso de umidade para a ensilagem. Na condição de excesso de umidade, contudo, as perdas de MS por gases são ainda maiores, decorrentes fermentação butirica, promovida por Clostrídios, onde tanto a perdas de MS como as de energia são elevadas (McDonald et al., 1991).

Em silagens de capim Tanzânia com baixo teor de MS (20%), à medida que houve redução no tamanho de partículas, avaliado pela porcentagem de MS retida na peneira de 1,90 cm, houve significativa redução na produção de gases. Entretanto, foi observado aumento compensatório significativo nas perdas de MS geradas por efluente, mantendo as perdas totais estáveis por volta de 27% (Crestana et al., 2000). Porém, em silagem de capim Tanzânia com a mesma amplitude de variação no tamanho de partículas anteriormente observado, mas com a adição de 5 e 10% de polpa cítrica, onde os teores de MS foram para 23 e 28%, respectivamente, as perdas por efluente aumentaram à medida que houve redução no tamanho de partícula. Contudo, nos dois casos houve sensível redução nas perdas por gases, de tal forma que as perdas totais acumuladas foram reduzidas. No caso de silagens contendo 28% de MS (10% de polpa cítrica) foi possível verificar redução nas perdas totais, da ordem de 18,18% para 13,75% da MS total, quando se reduziu o

tamanho de partículas de 80 para 10% de material retido na peneira de 1,90 cm (Crestana et al., 2000). Conclui-se que os maiores efeitos na redução do tamanho de partícula são observados em silagens contendo menor teor de umidade. No entanto, o aumento no teor de MS da silagem, associado à adição de carboidratos, via polpa cítrica, apresentou maior efeito no controle de perdas que a própria redução no tamanho de partículas. O efeito da adição de carboidratos na redução das perdas pode ser verificado pela comparação de silagens contendo polpa cítrica ou pré-emurchecida, com teores de MS semelhantes, quando as perdas por gases foram semelhantes para tamanhos de partículas maiores. Nas silagens contendo partículas de menor tamanho, no entanto, as perdas por gases foram menores quando da adição de polpa cítrica (Crestana et al., 2000).

Apesar da redução da perda total de MS não ser significativa em silagens mais úmidas, a redução no tamanho de partícula deve ser objetivo de qualquer programa de ensilagem. O menor tamanho da partícula apresenta menor custo de produção, por determinar maior densidade da forragem e por isso, redução no custo do transporte e armazenamento. Além disso, promoverá menores perdas físicas durante a retirada e distribuição da silagem no cocho. No entanto, o maior efeito em silagens de menor tamanho de partícula está relacionada ao maior potencial de consumo destas silagens (Balsalobre et al., 2001).

Aditivos e Inoculantes

Aditivos utilizados no controle da fermentação podem ser compostos por ácidos, sais, carboidratos fermentáveis ou culturas de bactérias lácticas, além de enzimas. Revisões sobre os efeitos dos aditivos no processo da ensilagem têm sido apresentadas historicamente (McDonald et al, 1991; Lindgren, 1999; Weinberg e Muck, 1996, Vilela, 1998), e têm caracterizado que os modos de ação são muito diversos e que cada grupo de plantas forrageiras exige um perfil particular de aditivos.

Os inoculantes bacterianos promovem queda mais acentuada de pH e com isso têm maior capacidade de inibir a fermentação por clostrídios, sendo, portanto, uma alternativa no controle das perdas em silagens. Porém, não há uma consistência nas respostas do inoculante ao controle das perdas em silagens. Patterson et al. (1997) compararam as perdas de silagens controle com aquelas adicionadas de inoculante bacteriano. Houve redução mais acentuada de pH para a silagem recebendo inoculante, porém as taxas de recupe-

ração de MS não foram melhores para essas silagens, com frequentes resultados erráticos. Houve, tanto para a recuperação de MS, como para a recuperação de energia bruta, semelhança entre os tratamentos. A grande amplitude de respostas em silagens adicionadas de inoculante pode ser explicada devido à variação na população de bactérias e fungos comensais selvagens, pré-existentes na forragem, denominada população epifítica (em inglês epiphytic). Essa população de microrganismos presente nas plantas antes da ensilagem, são determinantes do padrão natural de fermentação da silagem. Inoculantes bacterianos podem apresentar reduzido benefício devido à possibilidade de haver elevada colonização original da população epifítica de bactérias lácticas na planta, como é o caso do milho, sendo necessária a caracterização da população epifítica da forragem para a adequação do inóculo (Kung Jr, 2001). Se a população de bactérias epifíticas for suficientemente maior do que o número de bactérias aplicadas pelo inoculante, será difícil para essas bactérias introduzidas superarem as existentes na forragem (Muck, 1996). Embora considerável número de microrganismos da flora epifítica ocorram na forragem fresca que existe na superfície das plantas, por contaminação vinda do solo ou esterco da fertilização, somente poucos estão envolvidos na fermentação da silagem ou tornam-se perigosos, como clostrídios, fungos e leveduras. Microrganismos epifíticos são os principais responsáveis pelo processo de fermentação que ocorre durante a ensilagem. No momento do corte e picagem da forragem, a quantidade de bactérias lácticas, enterobactérias, leveduras e clostrídios aumenta rapidamente. O tempo entre a colheita e a ensilagem garante, à flora epifítica uma vantagem sobre os inoculantes bacterianos, particularmente se a gramínea for pré-emurchecida. O crescimento dominante de epifíticas naturais, durante o início da ensilagem, pode também ter importante papel na deterioração aeróbica. Assim, avaliando-se o método de aplicação (durante corte, picagem ou ensilagem) na qualidade da silagem e estabilidade aeróbica, conclui-se que o inoculante bacteriano com bactérias lácticas, produziu silagens de melhor qualidade, mas somente quando foi aplicado logo após o corte ou durante a picagem. Se a inoculação for feita durante o enchimento do silo, a flora epifítica do capim manterá vantagem sobre o inoculante, resultando em padrões de fermentação semelhantes (Taina et al., 1999). Também Rammer e Per Lingvall (1999) mencionaram que quanto mais cedo for feita a inoculação com bactérias lácticas, maior o efeito positivo na fermentação, mesmo considerando o pré-emurchecimento.

Mesmo que a cultura em questão apresente boas características para ensilagem, a qualidade da conservação pode ser variável, se a população de bactérias produtoras de ácido láctico epifíticas for insuficiente ou ineficiente (Lafrenière e Antoun, 1999), ou seja, lenta diminuição o pH da massa resultante de taxas de colonização reduzidas em ambiente com baixa atividade de água e alta temperatura. A utilização de açúcares pela fermentação também varia entre as cepas de bactérias (Ruser e Rutherford, 1999).

Coan et al. (2001) observaram que o uso de inoculante enzimático-bacteriano não melhorou as características qualitativas, fermentativas e nutricionais das silagens avaliadas, independente da espécie forrageira (Tanzânia e Mombaça) e idade de corte (45 e 60 dias), o que leva a questionar em que situações o uso de inoculante seria benéfico ou necessário. Castro (2002) avaliando o uso de inoculante bacteriano-enzimático em silagem de Tifton com diferentes teores de MS (25 à 65%) observou que, o inoculante somente auxiliou na redução do pH em silagens contendo teores de MS mais elevados (> 45%). As temperaturas registradas na silagem foram menores, até 8 dias de estocagem, para silagens inoculadas. Não houve controle da proteólise na presença do inoculante, em silagens úmidas (25%MS), caracterizando elevado teor de N-amoniaco. Foi observada melhor estabilidade aeróbica, na presença do inoculante, somente para silagens com teor intermediário de MS (45%). Na Tabela 7 são apresentados os resultados obtidos Igarasi (2002) para produção de gases em silagens de capim tanzânia, produzidas no verão e no inverno, com e sem a adição de inoculante bacteriano. Não foram observados efeitos sobre parâmetros fermentativos (pH e N-amoniaco), na produção de efluentes e na taxa de recuperação de MS, contudo a adição do inoculante determinou elevação do custo relativo do NDT (Figura 2)

O uso de enzimas que degradam a parede celular, como aditivo na silagem, tem sido considerado sob dois pontos de vista: primeiro, como um meio de aumentar a disponibilidade de carboidrato solúvel como substrato para bactérias lácticas e conseqüente abaixamento do pH; e segundo, como um método de aumentar a digestibilidade da matéria orgânica da forragem (Lavezzo et al., 1983, Henderson, 1993). Castro et al. (2001b) concluíram que a redução na condutividade elétrica e aumento na atividade de água na presença de aditivo bacteriano-enzimático, sugere a lise de membrana celular com extravasamento do conteúdo celular proporcionando maior disponibilidade de substrato para crescimento de microrganismos, levando a uma acen-

tuada queda no pH. Adicionalmente, o inoculante diminui a degradação ruminal de N e aumenta a produção diária de gordura e proteína no leite. Ou seja, neste caso o benefício do uso de inoculantes estendeu-se além da fermentação, afetando também o desempenho animal (Flores et al., 1999).

Aspectos Sanitários

A atividade microbiana que restringe a qualidade da silagem, ou causa risco à saúde, pode ocorrer nas fases de fermentação, estocagem e pós-abertura, quando bactérias e fungos produzem toxinas. Na silagem, o maior antagonismo a organismos indesejáveis é causado pela rápida produção de ácidos em combinação com condições anaeróbicas (McDonald et al., 1991), reduzida atividade de água, a presença de carboidratos fermentáveis, temperatura adequada e anaerobiose. A lenta e incompleta fermentação favorece o crescimento de enterobactérias e clostrídios (Woolford, 1990), que competem por carboidratos com bactérias lácticas, diminuindo a produção de ácido láctico e reduzindo o suprimento de carboidratos, além de degradarem proteína produzindo amônia. Mais importante para analisar a qualidade de silagem do que o pH, é a concentração de ácidos orgânicos presente na forragem fresca (e não na MS), pois o tamanho da fase líquida da massa faz variar a necessidade de ácidos para estabilização da silagem (Ward, 2000)

É crescente o interesse pelos aspectos sanitários da silagem que é oferecida aos animais, e os riscos reais e potenciais associados a saúde humana. Aditivos recomendados para restringir e/ou direcionar a extensão e o padrão de fermentação, não são tão populares na maioria dos países (Wilkinson, 1999), e além disso, seu uso não representa a garantia de redução de riscos de componentes indesejáveis na silagem. Levantamentos têm revelado enorme amplitude de qualidade de preservação, com significativa proporção de silagens instáveis ou inadequadamente fermentadas (Weissbach, 1996 citados por Wilkinson, 1999; Haigh 1996, a b). Problemas específicos tem sido associados com determinadas plantas forrageiras, como é o caso do milho, onde a silagem pode levar a maior incidência de micotoxicoses (Lepon, 1990); ou ao manejo da ensilagem, como a produção de silagens em fardos indicando maior incidência de listeriose (Fenlon, 1988 citados por Wilkinson, 1999); a baixa adoção no uso de aditivos efetivos representando maior risco de crescimento de enterobactérias potencialmente patogênicas (Ostling e Lindgren, 1995) levando a distúrbios metabólicos causados por amônia, aminas e outros compostos da degradação de N. Considerando a importância da silagem para

os rebanhos, é surpreendente que as pesquisas epidemiológicas não estejam sendo conduzidas em maior escala para avaliar os riscos associados à saúde animal e humana, decorrentes das deficiências da ensilagem (Wilkinson, 1999).

Perdas Após Abertura do Silo

A exposição da silagem ao ar, após a abertura e durante o fornecimento, é ocasionalmente acompanhada por deterioração aeróbica da silagem, resultando em perdas econômicas devido a perda de MS e de energia. A habilidade em se estimar os riscos de deterioração aeróbica da silagem de capim, de acordo com o perfil de fermentação, é ainda incerta, apesar de ser valioso instrumento em fazendas. Ao observar-se alguns experimentos, concluiu-se que o perfil de fermentação desejável, nem sempre evita, a deterioração aeróbica, por época da abertura do silo. As perdas após abertura do silo não estão associadas somente ao manejo imposto ao silo, mas também a fatores prévios como tipo de forragem e manejo no enchimento. Quanto maior a taxa de retirada de material do silo, menores serão as perdas. Por outro lado, quanto maior a movimentação da massa ensilada, maior será a deterioração do painel do silo. A extensão de deterioração da silagem após a abertura está associada à instabilidade aeróbica da silagem. Conceitualmente, estabilidade aeróbica pode ser avaliada como sendo o tempo observado para que a massa de silagem, após retirada do silo, apresente elevação em 2° C, em relação à temperatura ambiente (Kung Jr, 2000); ou a temperatura acumulada durante 5 ou 10 dias após a abertura (O'Kiely et al., 1999).

Como a deterioração aeróbica se consistiu num dos principais problemas na confecção da silagem, muito tem-se estudado nos últimos anos para evitá-la e diminuir fermentações indesejáveis, mas é inegável que ao se evitar a fermentação que produz ácido butírico ou se restringir a formação de ácido acético, é aumentado o risco de silagens aerobicamente instáveis. A alta concentração e a predominância de ácido láctico em silagens bem conservadas, necessariamente não representa efeito positivo na estabilidade aeróbica após a abertura, havendo maior chance de sucesso em silagens contendo alguma participação de ácido acético em associação ao ácido láctico (Mayrhuber et al., 1999). A assimilação aeróbica de lactato da silagem por fungos, leveduras e *Bacillus* diminui o potencial de conservação (Lindgren et al., 1985) devido a conversão aeróbica de lactato à acetato, ou degradação anaeróbica de lactato a ácido butírico ou acético, com conseqüente elevação do pH. A maioria dos resultados relacionados a inoculantes tradicionais são negativos,

ou seja, a silagem adequadamente fermentada e beneficiada pelo uso de inoculantes, com altos teores de ácido lático e açúcares remanescentes, parecem ser as mais afetadas pela rápida deterioração aeróbica (Weinberg e Muck, 1996). O provável motivo da menor estabilidade de silagens inoculadas ou contendo fontes de carboidratos, está relacionado ao maior teor de ácido lático dessas. Os microrganismos aeróbicos degradam o ácido lático com facilidade após a abertura do silo gerando CO_2 , etanol e ácido acético, além de grande geração de calor (reação exotérmica) (KUNG Jr, 2001).

No experimento conduzido por Tanja e Juha (1999) silagens inoculadas com bactérias lácticas foram mais sensíveis a danos aeróbicos, enquanto que silagens recebendo ácido fórmico foram mais estáveis, durante a exposição ao ar, sendo as silagens controle intermediárias. Silagens com pior estabilidade aeróbica são as que apresentam altos teores de açúcar residual e de ácido lático. Assim, concluiu-se que silagens controle e inoculadas, bem preservadas, podem ser aerobicamente instáveis, sendo a adição de ácido fórmico uma boa estratégia. Entretanto, essas conclusões foram obtidas de silagens com teores de MS entre 12,8 e 31,4%, o que não se aplica a silagens pré-emurchecidas com maior teor de MS. Adição de ácidos benzóico e propiônico melhoram satisfatoriamente a estabilidade.

Estudos recentes mostram que, a inoculação com *Lactobacillus buchneri* que produz ácido acético, poderia melhorar a estabilidade da silagem na estocagem (Lindgren, 1999). *Lactobacillus buchneri*, tem produzido silagens aerobicamente mais estáveis quando incorporados à forragem com elevado teor de MS (Davies e Hall, 1999), reduzindo fungos na superfície dos fardos revestidos por lona plástica (do inglês, "bag") na abertura, melhorando a estabilidade aeróbica (Davies e Hall, 1999) e criando uma expectativa positiva para os inoculantes bacterianos, no que se refere às perdas em aerobiose.

Moura et al. (2001) observaram que ao adicionarem cama de frango e melaço na ensilagem de capim elefante, houve aumento gradativo na produção de CO_2 com o tempo de exposição ao ar, mas apesar disto, constatou-se menor velocidade de deterioração das silagens aditivadas. Silagens de capim Tanzânia picadas em três tamanhos de partículas, sob três níveis de adição de polpa cítrica (0, 5 e 10%), caracterizaram sensível tendência de menor estabilidade aeróbica para silagens picadas mais finamente. Da mesma forma, silagens contendo aditivos bacterianos apresentaram menor estabilidade aeróbica que o tratamento controle. Em silagens de gramíneas tropicais foi possível constatar que os tratamentos com inoculante bacteriano apresenta-

ram tendência de menor estabilidade em relação à testemunha, da mesma forma que a adição de 10% de polpa cítrica reduziu a estabilidade da silagem (VEIGA et al., 2000). Esses resultados podem ser explicados pelo fato de que as práticas de manejo mais recomendadas para uma fermentação satisfatória, têm como resultado a preservação de carboidratos e uma boa fermentação, que atinge pH ideal mais rápido, criando maior suscetibilidade à espoliação aeróbica após a abertura do silo. A aparente controvérsia relacionada a estabilidade após a abertura se deve as correlações negativas entre esse parâmetro e o adequado perfil de fermentação.

No caso de forragens pré-emurchecidas é mais difícil compactar a massa e controlar as perdas por gases, e a extensão de fermentação é fortemente influenciada pelo grau de emurchecimento. Ao elevar-se o teor de MS, em geral, ocorre elevação do pH e diminui-se a produção de ácidos acético e propiônico e a proporção de N amoniacal. Silagens com aproximadamente 30% de MS foram as que apresentaram maiores teores de ácido lático, sendo mais instáveis com o aumento da MS. O maior teor de açúcares intactos ou preservados na fermentação, baixo teor de ácido acético, presença de leveduras, assim como insuficiente compactação da massa contribuem para esse resultado (Salawu e Adegbola, 1999). Essa deterioração aeróbica, caracterizada pelo aumento de temperatura e do pH, provoca perdas de MS e crescimento de fungos na superfície, o que pode ser evitado com a aplicação de solução contendo ácido propiônico ou maiores níveis de ácidos graxos voláteis (Takayoshi et al., 1999). Como prevenção pode-se recomendar intensa compactação com objetivo de atingir-se maior densidade (200-300 kg MS/m^3); precisão no corte das partículas, especialmente se teor de MS for alto, para garantir boa compactação. O tratamento com aditivos químicos restrito às camadas mais externas (0,5 a 1 m) pode reduzir riscos decorrentes de compactação insuficiente nessa faixa, enquanto que para a silagem posicionada na porção mais interna do silo, a própria carga pontual exercida pela coluna de silagem, promove proteção como resultado da mais eficiente condição de anaerobiose (Honig et al., 1999).

A instabilidade aeróbica é grande causa de perda na abertura e desabastecimento do silo, e poucos aditivos têm sido relatado como eficientes, nesse sentido. O balanço energético decorrente da adoção de práticas de manejo durante a ensilagem, deverá considerar a instabilidade após a abertura do silo, como uma forma adicional de perda de MS e de energia, e portanto, como tal, adicioná-la na sistematização das perdas inerentes à um sistema de produção. Embora exista ampla divulgação do efeito de inoculantes e pre-

servativos químicos no processo de fermentação da silagem, é rara a apresentação de resultados de pesquisa referente aos efeitos desses sobre a estabilidade após a abertura e no desempenho de animais (LINDGREN, 1999).

Valor Nutricional e Ingestão de Silagem

Há muitos modelos que tentam prever a ingestão de silagem (Burstedt e Murphy, 1999; Wright et al, 2000). Dos parâmetros mais frequentemente utilizados para medir a qualidade da fermentação o pH, isoladamente, parece ser o de menor importância, e a amônia como proporção do N total correlaciona-se negativamente com a ingestão de silagem, assim como o teor de ácidos graxos voláteis e ácidos totais na silagem (Rook e Gill, 1990; Huhtanen, 1993, citado por Burstedt e Murphy, 1999). O efeito da amônia é provavelmente indireto através de sua correlação com outros produtos da fermentação que seriam os agentes causais (Rook e Gill, 1990).

Recentemente, Huhtanen et al (2002) apresentaram uma revisão sobre o potencial de consumo de silagens de gramíneas, por vacas leiteiras, utilizando dados obtidos de 47 estudos, contendo 125 estimativas de valor nutritivo e 234 avaliações de perfil de fermentação da silagem. A análise de regressão múltipla apontou os teores de N-amoniaco, de ácido láctico e de ácidos totais, como negativamente correlacionados com a ingestão de MS, enquanto que o teor de carboidratos solúveis em água na silagem influenciou positivamente essa variável. A maior extensão da fermentação da silagem e seus produtos determinaram nítido desequilíbrio entre nutrientes, resultando em menor síntese de proteína microbiana e, conseqüente declínio na razão entre aminoácidos: energia disponíveis nos tecidos do animal. Em adição aos efeitos nutricionais diretos, o consumo também foi condicionado pela ação da palatabilidade das silagens, estabelecendo um nível adicional de restrição de ingestão. O modelo matemático que se segue, foi apresentado pelos autores mencionados, como proposta para a predição de consumo, com base nas melhores variáveis analisadas conjuntamente. Para o estabelecimento do padrão de consumo máximo foram considerados os melhores perfis das análises de silagens de gramíneas, caracterizados pelos valores $D = 690$ (g/kg MS); ácidos totais (AT) = 80 (g/kg MS) e N-amoniaco (N-NH₃) = 50 (g/kg Ntotal).

A análise da Figura 4 revela que o consumo potencial de MS de silagens de gramíneas, dentro do universo de silagens avaliadas poderá ser reduzido inicialmente pelos produtos da fermentação da silagem e em seguida pela palatabilidade desse volumoso. Com a tentativa de se prever o potencial de consumo relativo de uma silagem de gramínea tropical, substituíram-se por valores encontrados regularmente nessas silagens nos termos da referida equação: $D = 530$; TA = 180 e N-NH₃ = 100, obtendo-se o índice relativo de consumo de 58,74% em relação ao padrão. O menor potencial de ingestão das silagens de gramíneas tropicais, previsto pelo modelo, resultou principalmente do baixo valor D e da elevada concentração de ácidos (TA).

O valor alimentício da silagem resulta do valor nutricional da forragem ensilada, do processo de fermentação dentro do silo e do manejo pós-abertura do silo. Para silagens de gramíneas, os experimentos nas últimas três décadas mostram baixa ingestão, ineficiente utilização da energia e baixo e desbalanceado suprimento de aminoácidos. Essas limitações significam que a silagem de gramíneas não supre os requerimentos dos animais de alta produção sem suplementação, mas em alguns lugares e/ou épocas do ano é a única alternativa. Geralmente a ingestão de silagem é menor do que aquela observada tanto para forragem fresca como para o feno, apesar de alguns dados indicarem ingestão de MS similar entre silagem e forragem fresca (Cushnahan e Mayne, 1995). Ao avaliar o efeito do emurchecimento sobre a ingestão de MS Wright et al (2000) observaram que houve correlação linear com a taxa de perda de água pela forragem (kg água perdida/kg MS. hora), quantidade de água perdida (kg água/kg MS) e teor de N-amoniaco (g/kg N total). No caso de ensilagem, em geral, há diminuição da digestibilidade de matéria orgânica, e diminuição de ingestão de MS, e sobretudo do valor protéico, sob condições insatisfatórias, como no caso da fermentação butírica.

Durante a fermentação da silagem, parte da fração nitrogenada é degradada até peptídeos, aminoácidos e amônia, que são frações solúveis, rapidamente degradadas no rúmen com baixa eficiência de síntese de proteína microbiana em relação a dietas contendo forragens frescas ou feno, o que resulta em inadequado fluxo pós-ruminal de proteína. Em gramíneas tropicais, adequadamente manejadas e fertilizadas, recentes avaliações vem demonstrando que, na forragem fresca, considerável porção da fração N total está vinculada à parede celular, atingindo valores de 39,6% N-FDN e 19,6% N-FDA (Igarasi, 2002; Castro, 2002; Aguiar et al 2001). Esses valores são

considerados elevados e compatíveis com forragens submetidas ao superaquecimento durante a conservação ou processamento. Entretanto, nesses casos, são de ocorrência natural, e o resultado da subtração de ambos é caracterizado como sendo a fração nitrogenada B3 (Sistema Carboidrato/Proteína Cornell), cuja degradabilidade potencial é prevista, porém sob taxa reduzida (%/hora). Apesar de ser caracteristicamente insolúvel, tem havido tendência de desaparecimento dessa fração B3, correlacionada com a elevação do teor de N-NH₃, durante o processo de ensilagem da gramínea (Igarasi, 2002; Castro, 2002; Aguiar et al 2001).

Segundo Amos et al, (1996) existe perda seletiva de amino ácidos durante a ensilagem, decorrente de proteólise e deaminação. Os aminoácidos que menos foram recuperados após a ensilagem foram: arginina, histidina, lisina e treonina, quando avaliados em silagens de alfafa, trigo e milho. Em um segundo experimento esses autores observaram que os aminoácidos de cadeia ramificada foram mais resistentes à degradação anaeróbica. Daí a necessidade do uso de suplementos protéicos, que embora aumentem a ingestão de MS e a produção do animal (Wilkins et al, 1999) elevam as perdas de N nas fezes e urina para o ambiente, aumentando o problema de poluição ambiental. Essa dificuldade vem sendo contornada com o fornecimento de amino ácidos específicos para suprir a falta de proteína, no lugar do fornecimento de suplemento com teor protéico superior. Huhtanen et al. (2002) observaram maior produção de leite e de proteína no leite, em animais alimentados com silagens de gramíneas e suplementados com uma fonte de histidina associada a infusão de glicose. Wright et al (2000) observaram um coeficiente de regressão de 0,19 entre o aumento no consumo de EM e o aumento de energia obtida no leite produzido por animais recendo silagem emurhecida antes da ensilagem. Esse valor indica, que se ao utilizar-se forragem emurhecida, for mantido o consumo de EM, em relação a forragem fresca, haverá decréscimo na exportação de energia no leite produzido; e assim somente com aumentos superiores à 10 MJ/dia no consumo de EM, haveria possibilidade de se observar aumento na exportação de nutrientes no leite. Essa tendência sugere o possível desbalanço aminoácidos : energia, resultante da conservação de forragens por ensilagem, conforme sugerido por Huhtanen et al (2002)

O risco à saúde causado por microrganismos que se desenvolvem nos alimentos é alto, e organizações internacionais preocupam-se em melhorar a segurança alimentar. Para tanto faz-se necessária uma análise dos riscos e

controle dos pontos críticos, identificando-se quais necessitam ser eliminados, reduzidos a um nível aceitável ou controlados. Alguns parâmetros cujos limites críticos estão sob controle são: temperatura, pH, atividade de água e presença de aditivos (Lindgren, 1999).

Conclusão

Os custos associados à ensilagem de capins tropicais são muito elevados, quando comparados a opção pastejo, não permitindo a exploração de forragens contendo baixo valor nutritivo e proveniente de glebas de baixa produtividade. Além do valor nutritivo do capim condicionar a viabilidade desse processo de conservação, a adoção da silagem de capim tropical, no sistema de produção animal, poderia ser justificada mediante a intensificação do processo. O manejo agrônomo da cultura, o controle de perdas, e o padrão de sanidade alimentar são objetivos dessa intensificação. As práticas elementares para obtenção de condição de anaerobiose na ensilagem, ainda se constituem nas recomendações mais efetivas para garantir qualidade à silagem e, por conseguinte, posicioná-la de forma favorável como opção de volumoso para suplementação de animais. Os possíveis benefícios advindos do emprego de aditivos microbianos se caracterizam pela aditividade, e por isso não devem ser utilizados em compensação ao manejo insatisfatório do processo de ensilagem. Para sua definitiva adoção, esse aditivo deve sofrer avaliação econômica criteriosa que considere principalmente o desempenho do animal como indicador.

Referências Bibliográficas

- AGUIAR, R.,N., S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.A., et al. Avaliação das perdas de matéria seca em silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000. Viçosa. *Anais...Viçosa*: SBZ, 2000, p. 32.
- AGUIAR, R.,N., S.; CRESTANA, R.F.; BALSALOBRE, M.A.A.; et al. Efeito do tamanho de partícula na composição da fração nitrogenada de silagem de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...Piracicaba*: SBZ, 2001, p. 314.
- AMOS, H.E.; SMITH, M.B.; FROETSCHER, M.A. Protein and amino acid losses during ensiling: influence of forage type, maturity and preservation method. http://www.ads.uga/anrpt/1996/96_127htm.

- ANDRIEU, J.P., DEMARQUILLY, C., ROUEL, J., BONY, J. Nutritive and feeding value of conserved forages according to harvest and conservation methods: hay, silage, round bale wrapping. In: WORKSHOP C Methods to predict feeding value of silage based diets, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999. p.175-176, 1999.
- ARCHIBALD, J.G., KUZMESKI, J.W., RUSSEL, S. Grass silage quality as affected by crop composition and by additives. *Journal of Dairy Science*, 43 (11), 1648-1653, 1960.
- BALSALOBRE, M.A.A., NUSSIO, L.G., MARTHA JR, G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: Simpósio "A produção animal na visão dos brasileiros". REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001a, p.890-911.
- BALSALOBRE, M.A.A., NUSSIO, L.G., SANTOS, P.M., et al. Dry matter losses in Tanzania grass (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) silage. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001b. São Pedro. *Proceedings...*São Pedro: FEALQ, 2001. P 789-790.
- BOIN, C. Manejo de capineiras e produção de silagem. Piracicaba, ESALQ, 1968, 29p. (Seminário de Nutrição Animal e Pastagens).
- BURSTEDT, E., MURPHY, M. Relationships between silage based diets and feed conversion. In: XII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999.. p. 41-50.
- CASTRO, F.G. Uso de pré-emurchecimento, inoculante bacteriano-enzimático ou ácido propiônico na produção de silagem de Tifton 85 (*Cynodon dactylon* ssp). Tese de Doutorado- ESALQ/USP, Piracicaba, 2002, 136p.
- CASTRO, F.G., NUSSIO, L.G., SIMAS, J.M.C., et al. Perfil bacteriológico da silagem de Tifton (*Cynodon* sp.) sob efeito de pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001a, p.203.
- CASTRO, F.G., NUSSIO, L.G., SIMAS, J.M.C., et al. Parâmetros físico-químicos da silagem de Tifton (*Cynodon* sp.) sob efeito de pré-emurchecimento e de inoculante bacteriano-enzimático. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001b, p.270.
- COAN, R.M., VIEIRA, P.F., SILVEIRA, R.N., et al. Efeitos do inoculante

- enzimático-bacteriano sobre a composição química, digestibilidade e qualidade das silagens dos capins Tanzânia e Mombaça. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001, p.124.
- CONDÉ, A.R. Efeito da adição de fubá sobre a qualidade da silagem de capim Elefante, cortado em diferentes idades. Viçosa, UFV, 1970, p.28. Tese Mestrado.
- CORSI, M., de FARIA, V.P., PULLICI, C.O. Efeito da adição de vários produtos e do murchamento prévio sobre a elevação da matéria seca do capim Napier a ser ensilado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 8. 1971. Rio de Janeiro. *Anais...*: SBZ: Rio de Janeiro, p. 52-54.
- CRESTANA, R.F., AGUIAR, R.N.S., BALSALOBRE, M.A., et al. Efeito da fermentação na fração fibra de silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001, p.354.
- CRESTANA, R.F.; AGUIAR, R.N.S.; NUSSIO, L.G.; et al. Avaliação das perdas de silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) pré-secado ou com adição de polpa cítrica em três tamanhos de partículas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 8ª, 2000 (Compact disk).
- CUSHNAHAN, A., GORDON, F.J. The effects of grass preservation on intake, digestibility and rumen degradation characteristics. *Animal Science*, 60, 429-438, 1995.
- CUSHNAHAN, A., MAYNE, C.S. Effects of ensilage of grass on the performance and nutrient utilization by dairy cattle. 1 Food intake and milk production. *Animal Science*, 60, 337-345, 1995.
- DAVIES, O. D; HALL, P.A. The effect of applying an inoculant containing *L. buchneri* to high dry matter ryegrass swards ensiled in wrapped, round bales. In: WORKSHOP E Determination and control of aerobic instability, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, 1999. *Proceedings...*Uppsala.. p.262-263, 1999.
- DRIEHUIS, F., VAN WIKSELAAR, P.G. In: WORKSHOP A Regulation of silage fermentation, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999. p.133-134, 1999.
- de FARIA, V.P. Evolução no uso do capim Elefante: uma visão histórica. In: Simpósio sobre manejo de pastagens. *Anais...* Piracicaba, FEALQ. 1994, p. 19-45.

de FARIA, V.P. Efeito da maturidade da planta submetida a diferentes tratamentos sobre a ensilagem do capim Elefante *Pennisetum purpureum* Schum, variedade Napier. Piracicaba, ESALQ, 1971, 78p., Tese Doutorado.

de FARIA, V.P., TOSI, H.M., GODOY, C.R.M. Polpa de laranja fresca e seca como aditivos para ensilagem do capim Elefante Napier. *O Solo*, 64 (1), 41-47, 1972.

EVANGELISTA, A., R., LIMA, J.A., SIQUEIRA, G.R., et al. Aditivos na ensilagem de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers) 1. Farelo de trigo e polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001, p.71.

FERRARI JR., E., LAVEZZO, W. Qualidade da silagem de capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) emurcheado ou acrescido de farelo de mandioca. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 30 (5), 1424-1431, 2001.

FLORES, G., CASTRO, J., ARRAEZ, A.G, et al. Effect of a biological additive on silage fermentation, digestibility, ruminal degradability, intake and performance of lactating dairy cattle in Galicia (NW Spain). In: WORKSHOP C Methods to predict feeding value of silage based diets, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999. p.175-176, 1999.

GIGER-REVERDIN, S. Characterization of feedstuffs for ruminants using some physical parameters. *Animal Feed Science and Technology*, 86, p53-69, 2000.

GIGER-REVERDIN, S; DUVAX-PONTER, C; SAUVANT, D; et al. Buffering capacity of feedstuffs. *Animal Feed Science and Technology*, 96, 83-102, 2002.

GOMIDE, J.A., CHRISTMAS, E.P., OBEID, J.A. Competição de quatro variedades de capim Elefante e seus híbridos com Pearl millet 23A e Pearl millet DA2. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, 5 (2), 226-235, 1976.

GUTIERREZ, L.E. Identificação de carboidratos e ácidos orgânicos em quatro variedades de capim Elefante *Pennisetum purpureum*, Schum. colhidas em três estádios de maturidade. Piracicaba, ESALQ, 1975. 103p. (*Tese Mestrado*)

HAIGH, P.M. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of bunker-made grass silage on commercial farms in England 1984-91. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64, 249-259, 1996 a.

HAIGH, P.M. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of bunker-made grass silage on commercial farms in Wales 1987-93. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64, 261-270, 1996 b.

HAIGH, P.M. Effluent production from grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. *Grass and Forage Science*, 54, 280-218, 1999.

HENDERSON, N. Silage additives. *Animal Feed Science and Technology*, 45 (1), 35-56, 1993.

HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. *Factors affecting bunker silos densities*. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.

HONIG, H., PAHLOW, G., THAYSEN, J. Aerobic instability - effects and possibilities for its prevention. In: WORKSHOP Determination and control of aerobic instability., XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999. p.288-289, 1999.

HUHTANEN, P; KHALILI, H; NOUSIAINEN, J.I et al. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science*, 73, 111-130, 2002.

HUHTANEN, P; VANHATALO, A; VARVIKKO, T. Effects of abomasal infusions of histidine, glucose and leucine on milk production and plasma metabolites of dairy cows fed grass silage diets. *J. Dairy Science*, 85, 204-216, 2002.

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, Piracicaba, 2002.

JAAKKOLA, S., TOIVONEN, V, HUHTANEN, P. Effects of nitrogen fertilisation of grass on fermentation in untreated and formic acid treated silage. In: WORKSHOP B Protein utilization of silage, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN. *Proceedings...*Uppsala. p.164-165, 1999.

JANK, L. Potencial do gênero *Panicum*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FORRAGEIRAS E PASTAGENS. *Anais...*CBNA, Campinas, p. 25-31, 1994.

JONES, D.I.H.; JONES, R.; MOSELEY, G. Effect of incorporating rolled barley in autumn-cut ryegrass on effluent production, silage fermentation and cattle performance. *Journal of Agricultural Science*, 115, 399-408, 1990.

JONES, R.; JONES, D.I.H. The effect of in-silo effluent absorbents on effluent production and silage quality. *Journal Agricultural Engineering Research*, v. 64, p.173-186, 1996.

- KRAUS, T.J., KOEGEL, R.G., STRAUB, R. J., et al. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. ASAE, paper 971100, Minneapolis, MN, USA, 1997.
- KUNG Jr., L. Aditivos microbianos e químicos para silagem – Efeitos na fermentação e resposta animal. In: Workshop sobre Milho para silagem, 2. Piracicaba, 2000. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 53-74, 2001.
- LAFRENIÈRE, C., ANTOUN, H. Effect of the epiphytic lactic bacteria on the conservation of grass mixtures pasture silage. In: WORKSHOP A Regulation of silage fermentation, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999 p.106-107, 1999.
- LAVEZZO, W., GUTIERREZ, L.E., SILVEIRA, A.C., et al. Utilização de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.), cultivar Mineiro e Vruckwona, como plantas para ensilagem. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 12, 163-176, 1983.
- LAVEZZO, W. Silagem de capim Elefante. *Informe Agropecuário*, 11, 50-55, 1985.
- LAVEZZO, W. Ensilagem de capim Elefante. In: Simpósio sobre manejo de pastagens. *Anais...* 12, Piracicaba, FEALQ. 1994, p. 169-275.
- LAVEZZO, W., CAMPOS, J. Efeito da adição de cama de galinheiro sobre o valor nutritivo de silagem de capim Elefante Napier, *Pennisetum purpureum*, Schum., *Revista Ceres*, 24 (134), 363-370, 1977.
- LAVEZZO, W., CAMPOS, J. Efeito da adição de cama de galinheiro ao capim Elefante Napier, *Pennisetum purpureum*, Schum., sobre as características de fermentação da silagem. *Revista Ceres*, 25 (138), 127-137, 1978.
- LAVEZZO, W., LAVEZZO, O.E.N.M., CAMPOS NETO, O. O efeito do emurchecimento e níveis crescentes de bagaço de cana hidrolisado sobre o valor nutritivo das silagens de capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) . In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29. 1992a. Lavras. *Anais...* SBZ, p.62.
- LAVEZZO, W., LAVEZZO, O.E.N.M., CAMPOS NETO, O. Qualidade das silagens de capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) cv Roxo submetido ao emurchecimento e níveis crescentes de bagaço de cana hidrolisado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29. 1992b. Lavras. *Anais...* SBZ, p.61.
- LEPON, P. Occurrence of *Fusarium* species and their mycotoxins in maize. 7. Formation of DON in a maize plot artificially inoculated with *F. culmorum*

- and the influence of ensiling on the stability of DON formed. *Archives of Animal Nutrition*, 40, 1005-1012, 1990.
- LIMA, J.A., EVANGELISTA, A.R., SANTOS, R.V., et al. Aditivos na silagem de coast-cross (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) 2. Sacharina e fubá. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: SBZ, 2001, p.72.
- LINDGREN, S. Can HACCP principles be applied for silage safety? In XII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999. p. 51-66.
- LINDGREN, S.JONSSON, A., PETTERSON, K., et al. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silage. *Journal of Science and Food Agriculture*, 36, 765-774, 1985.
- LOURES, D.R.S. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem sob níveis de compactação e de umidade do capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) cv. Cameroon *Dissertação de Mestrado*. Viçosa.2000.
- LUCCI, C.S., BOIN, C. Silagem de capim Napier ou de milho e feno de capim gordura ou de soja perene como volumosos para vacas em lactação. *Boletim de Indústria Animal*, 27/28, 225-275, 1970/1971.
- LUCCI, C.S., BOIN, C., LOBÃO, A.O. Estudo comparativo das silagens de Napier, milho e de sorgo, como únicos volumosos para vacas em lactação. *Boletim de Indústria Animal*, 25, 161-179, 1969.
- MARTHA JR, G.B.; NUSSIO, L.G.; BALSALOBRE, M.A.A, et al. *Produção de silagem de gramíneas tropicais: conceitos básicos e aplicados*. Depto. de Produção Animal/Centro de Treinamento de Recursos Humanos, ESALQ/USP, Piracicaba, 2000. 35 p.
- MAYNE, C.S. Post harvest management of grass silage – effects on intake and nutritive value. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1997. Winipeg/Saskatoon. *Proceedings...* Winipeg/Saskatoon: CFC/CSA/CSAS, 1999 (Compact disk).
- MAYRHUBER, E; HOLZER, M; DANNER H; MADZINGAIDZO, L; BRAUN, R. Comparison of homofermentative and heterofermentative *Lactobacillus* strains as silage inoculum to improve aerobic stability In: WORKSHOP E Determination and control of aerobic instability, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, 1999. *Proceedings...*Uppsala.. p.270-271, 1999.
- McCULLOUGH, M.E. Silage and silage fermentation. *Feedstuffs*, 49 (13),

49-52, 1977.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Aberystwyth: Chalcombe Publications, 1991, 340 p.

McDONALD, P., STIRLING, A.C., HENDERSON, A.R., et al. Fermentation studies on red clover. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 16 (9), 549-557, 1965.

McKENZIE, D.D.S. Production and utilization of lactic acid by the ruminant. *Journal of Dairy Science*, 50 (11), 1772-1786, 1967.

MILLER, W.J., CLIFTON, C.M., FOWLER, P.R., et al. Ensiling characteristics of tifton sudan grass and coastal bermuda grass. *Journal of Dairy Science*, 49 (5), 477-485, 1966.

MOORE, L.A. Chemical and bacteriological change in grass during the early stages of fermentation. I. Chemical changes. *Journal of Dairy Science*, 45 (3), 396-402, 1962.

MOURA, M.S.C., CARVALHO, F.F.R., GUIM, A. et al. Efeitos de aditivos sobre a velocidade de deterioração de silagem de capim Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...Piracicaba: SBZ, 2001, p.363.*

MUCK, R. Silage inoculation. In: Conference with dairy and industries, 1996, Madison. *Proceedings...Madison: Dairy forage Research Center, 1996, p. 43-51.*

NARCISO SOBRINHO, J. Silagem de capim elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) em três estádios de maturidade, submetido ao emurchecimento, Piracicaba, 1998. 105 p, ESALQ,USP (*Dissertação Mestrado*)

NAUFEL, F., GOLDMAN, E.F.GUARAGNA, R.N., et al. Estudo comparativo entre cana de açúcar e silagens de milho, sorgo, capim Napier na alimentação de vacas leiteiras. *Boletim de Indústria Animal*, 28, 7-22, 1969.

NUSSIO, L.G; MANZANO, R.P; AGUIAR, R.N. et al. Silagem do excedente de produção das pastagens para suplementação na seca. Simpósio sobre Manejo do Gado de Corte,1, Goiânia, 2000. *Anais . Goiânia: CBNA, p 121-138, 2000*

O'KIELY, P; MOLONEY, A; KEATING, T. et al. Maximising output of beef within cost efficient, environmentally compatible forage conservation systems. *Beef Production Series n 10*, Teagasc, Grange Research Centre, Dunsany, Co. Meath, 3, p 31-43, 1999

OSHIMA, M., McDONALD, P. A review of the changes in nitrogenous compounds of herbage during ensilage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29 (6), 497-505, 1978.

OSTLING, C., LINDGREN, S. Influences of enterobacteria on the fermentation and aerobic stability of grass silage. *Grass and Forage Science*, 50, 41-47, 1995.

PATTERSON, D.C.; MAYNE, C.S.; GORDON, F.J.; et al An evaluation of an inoculant/enzyme preparation as an additive for grass silage for dairy cattle. *Grass and Forage Science*, v. 52, p. 325-335, 1997.

PAULY, T.M. Heterogeneity and hygienic quality of grass silage. Doctoral Thesis. 1999, *Agraria, 157*. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences.

PEDREIRA, J.V.S., BOIN, C. Estudo de crescimento do capim Elefante variedade Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.). *Boletim de Indústria Animal*, 26, 263-273, 1969.

PEDREIRA, M.R., MOREIRA, A.L., REIS, R.A., et al. Características químicas e fermentativas do Tifton 85 (*Cynodon* spp.) ensilado com diferentes conteúdos de matéria seca e níveis de polpa cítrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...Piracicaba: SBZ, 2001, p.100.*

PLAYNE, M.J., McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 17 (6), 264-268, 1966.

RAMMER, C. Manure in grass silage production. Doctoral Thesis. 1996, *Agraria, 2*. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences.

RAMMER, C., PER LINGVALL, S. Different application methods of a bacterial inoculant and its influence on silage fermentation. In: WORKSHOP D Design and planning of silage experiments, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN *Proceedings...Uppsala. 1999, p.255-256, 1999.*

RANDBY, A.T. Effect of increasing levels of a formic acid based additive on ad libitum intake of grass silage and the production of milk and meat. In: WORKSHOP C Methods to predict feeding value of silage based diets, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN *Proceedings...Uppsala. 1999, p.205-206, 1999.*

RAYMOND, W.F. The nutritive value of forage crops. *Advances in Agronomy*, 21, 1-108, 1969.

- REIS, R.A., COAN, R.M. Produção e utilização de silagens de gramíneas. In: Simpósio Goiano sobre manejo e nutrição de bovinos. *Anais...Goiânia, GO, CBNA:2001*, p. 91-120, 2001.
- ROOK, A.J., GILL, M. Prediction of the voluntary intake of grass silages by beef cattle. 1. Linear Regression Analyses. *Animal Production*, 50, 425-438, 1990.
- RUPPEL, K.A.; PITT, R.E.; CHASE, L.E., et al. Bunker silo management and its relationship to forage preservation on dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 78, 141-155, 1995.
- RUSER, B., RUTHERFORD, W.M. Silage quality is affected by lactic strain combinations and dosage, In: WORKSHOP A Regulation of silage fermentation, XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN. *Proceedings...Uppsala*. p.113-114, 1999.
- SALAWU, M.B., ADEGBOLA, A.T. Aerobic stability of pea-wheat bi-crop silages treated with different additives. In: WORKSHOP E Determination and control of aerobic instability., XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN *Proceedings...Uppsala*. 1999. p.282-283, 1999.
- SILVEIRA, A.C. Contribuição para o estudo do capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) como reserva forrageira no trópico. UNESP, Botucatu, 1976. 234p., Tese de Livre Docência.
- SILVEIRA, A.C., LAVEZZO, W., TOSI, H. et al. Avaliação química das silagens de capim Elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) submetidas a diferentes tratamentos. *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 8 (2), 287-300, 1979.
- SILVEIRA, A.C.; TOSI, H.; FARIA, V.P. Efeito de diferentes tratamentos na digestibilidade "in vitro" de silagem de capim Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 216-226, 1973.
- SOUZA, A.L., BERNARDINO, F.S., GARCIA, R., et al. Valor nutritivo da silagem de capim Elefante *Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cameroon com diferentes níveis de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA, 38. 2001. Piracicaba. *Anais...Piracicaba: SBZ, 2001*, p.255.
- TAINA, J., JAAKKOLA, S., HUHTANEN, P., et al. The effects of timing of biological additive application on wilted grass silage. In: WORKSHOP D Design and planning of silage experiments, XIIth INTERNATIONAL

- SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN *Proceedings...Uppsala*. 1999. p.249-250, 1999.
- TAKAYOSHI, M., MASANORI, Y., NOBUE, I., et al. Effect of additives on fermentation quality and aerobic deterioration of grass silage. In: WORKSHOP E Determination and control of aerobic instability., XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN *Proceedings...Uppsala*. 1999. p.294-295, 1999.
- TANJA, P., JUHA, N. The effect of fermentation quality on the aerobic stability of direct cut or slightly prewilted grass silage. In: WORKSHOP E Determination and control of aerobic instability., XIIth INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN *Proceedings...Uppsala*. 1999.p.280-281, 1999.
- TOSI, H. Efeito da adição de níveis crescentes de melaço na ensilagem de capim Elefante Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum.) variedade Napier. Piracicaba, ESALQ, 1973. 107 p. (*Dissertação de Mestrado*).
- TOSI, H. Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos. Botucatu, UNESP, 1973, 107p (*Tese de Doutorado*)
- TOSI, H., BONASSI, I.A., ITURRINO, R.P.S. Avaliação química e microbiológica de silagem de capim Elefante cultivar Taiwan A-148, preparada com bagaço de cana de açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 24 (11), 1313-1317, 1989.
- TOSI, H., BONASSI, T.A., SILVEIRA, A.C., et al. Avaliação de silagens de capim Elefante, cultivar Taiwan A-148. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18 (1), 67-72, 1983a.
- TOSI, H., de FARIA, V.P., GUTIERREZ, L.E., et al. Avaliação do capim Elefante cultivar A-148 como planta para ensilagem. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18 (3), 295-300, 1983b.
- VEIGA, K.Z.; TERZIAN, M.C., NUSSIO, L.G.; et al. Efeito do tamanho de partícula, da adição de polpa cítrica e de inoculante bacteriano em silagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum*, Jacq.). In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 8º, 2000 (Compact disk).
- VIEIRA, L.M., GOMIDE, J.A. Composição química e produção forrageira de três variedades de capim Elefante. *Revista Ceres*, 15 (86), 245-260, 1968.
- VILELA, D. Aditivos para silagens de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA, 35. 1998. Botucatu. *Anais...Botucatu: SBZ, 1998*, Compact Disk.
- VILELA, H., BARBOSA, F.A., DIAS, E.T., et al. Qualidade das silagens de

- capim Elefante Paraíso (*Pennisetum hybridum* cv. Paraíso) submetidas a três tempos de emurchecimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38. 2001. Piracicaba. Anais...Piracicaba: SBZ, 2001, p.323.
- WARD, R. Fermentation analysis: use and interpretation. In: Tri-State Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, IN, USA
- WEINBERG, Z.G; MUCK, R. E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiology Reviews*, 19, 53-68,1996.
- WHITTENBURY, R., McDONALD, P., BRYAN-JONES, D.G. A short review of some biochemical and microbiological aspects of silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 18 (10), 441-444, 1967.
- WILKINS, R.J., SYRJÄLÄ, L., BOLSEN, K.K. The future of silage in sustainable animal production.: In XII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE. , Uppsala, SWEDEN, *Anais..* 1999. p. 23-40.
- WILKINSON, J.M. Silage and health. In XII INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, Uppsala, SWEDEN, *Proceedings...*Uppsala. 1999.. p. 67-81.
- WOOLFORD, M.K. The silage fermentation, Nova York, 1984, 324p.
- WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air in the silage. *Journal of Applied Bacteriology*, 68, 101-116, 1990.
- WOOLFORD, M.K. Some aspects of the microbiology and biochemistry of silage making. *Herbage Abstracts*, 42, p. 105-111, 1972.
- WRIGHT, D.A; GORDON, F.J; STEEN, R.W; PATTERSON, D.C. Factors influencing the response in intake of silage and animal performance after wilting of grass before ensiling: a review. *Grass and Forage Science*, 55, 1-13, 2000.

Table 1 Caracterização das propriedades da produtividade agrônômica e do rebanho, observadas no levantamento de índices técnicos em fazendas utilizando silagem de caprins tropicais.

Propriedade	UF	Capim	Aditivo	Atividade	n ^o	Produção ²	Produtividade (ha)		
							tMV.corte ¹	tMS.corte ¹	tMS.ano ¹
A	SP	Tanzânia	Não	leite	30	8 L	20	2,7	8,1
B	SP	Tobiatã	Polpa Cítrica 7%	leite	70	12 L	25	4,3	12,9
C	SP	Tanzânia	Não	leite	100	11 L	29	5,7	17,1
D	SP	Mombaça	Não	leite	600	20 L	21,5	7,4	22,3
E	SP	Tanzânia	Polpa Cítrica 6%	corte	800	1,2 kg	23	3,2	9,7
F	SP	Tanzânia	Não	corte	800	1,5 kg	35	6,4	19,1
G	SP	Tanzânia	Não	corte	1200	1,0 kg	14	4,9	14,7
H	GO	Tanzânia	Bacteriano	corte	1400	1,0 kg	22	7,9	23,7
I	SP	Tobiatã	Polpa Cítrica 8%	corte	1500	1,0 kg	22	3,5	10,5
J	MT	Mombaça	Bacteriano	corte	2000	1,4 kg	32	8,1	24,3
K	GO	Tanzânia	Bacteriano	corte	2200	1,1 kg	20	5,2	15,5
L	GO	Mombaça	Bacteriano	corte	4000	1,1 kg	14	4,5	13,5
M	GO	Brizantha	Bacteriano	corte	8000	1,1 kg	20	5,1	15,2
N	MT	Mombaça	Bacteriano	corte	40000	1,3 kg	25	7,3	21,8
Média							23	5,4	17,0
Desvio Padrão						10434	6	1,8	5,3
CV (%)						233	25,9	32,3	32,3
Valor Máximo						40000	53	8,1	24,3
Valor Mínimo						30	4	2,7	8,1

¹ Produtividade calculada considerando três cortes anuais.
² Nível de produção do animal (L/vaca.l.dia⁻¹ ou kg.dia⁻¹).
 Fonte: IGARASI (2002)

Tabela 2. Características físico-químicas das silagens observadas nas propriedades visitadas durante o levantamento de índices técnicos.

Propriedade	UF	Colhedora	% MS	pH	CE ¹	Densidade		Tamanho de Partícula (%)		
						kgMV.m ⁻³	kgMS.m ⁻³	>1,905	1,91-0,79	<0,78
A	SP	ICMA	13,5	4,59	828	528	91,1	91,1	6,3	2,6
B	SP	Siltomac 730	22	5,26	1076	801	108,2	69,5	20,3	10,2
C	SP	Siltomac 775	19,6	4,97	902	891	174,6	88,1	7,6	4,3
D	SP	Siltomac 706	34,5	5,09	873	413	142,6	91,4	5,4	3,2
E	SP	Siltomac 730	18,4	5,71	1120	660	93,1	78,7	12,5	8,8
F	SP	Casale 2000	18,2	5,44	910	477	86,7	91,3	5,2	3,5
G	SP	Siltomac 775	34,9	4,71	702	484	169,0	88,7	5,3	6
H	GO	Siltomac 730	35,9	4,27	680	423	152,0	85,3	5,7	9
I	SP	Siltomac 730	21,4	4,54	786	640	101,8	74	17,5	8,5
J	MT	Casale 2000S	25,3	5,1	1187	600	151,9	82,2	10,7	7,1
K	GO	Siltomac 730	25,8	4,99	997	496	128,0	93,8	3,9	2,3
L	GO	Siltomac 730	32,2	4,05	1005	540	173,9	80,9	10,1	9
M	GO	Casale 2000	25,4	5,13	1035	723	183,5	91,3	4,4	4,4
N	MT	Case 2400	29	4,96	1103	793	230,0	12,7	71,3	15,9
Média			25,4	4,92	943	605	141,9	79,9	13,3	6,8
Desvio Padrão			7	0,4	157	151	42,5	20,6	17,4	3,8
CV (%)			27,7	9,1	16,7	25	29,9	25,8	1,31	55,8
Valor Máximo			35,9	5,71	1187	891	230,0	93,8	71,3	15,9
Valor Mínimo			13,5	4,05	680	413	86,7	12,7	3,9	2,3

¹ Condutividade elétrica (mS.cm⁻¹)
Fonte: IGARASI (2002)

Tabela 3. Estimativa da produção de nutrientes digestíveis totais por hectare para os diferentes tratamentos testados.

Tratamento	Kg MS disponível/ha	Recuperação MS à campo(%)	Recuperação MS fermentação(%)	NDT (%)	Kg MS Dig silagem/ha
PE- maior	6000	84	87	56,92	2503
PE- médio	6000	84	85	58,00	2485
PE -menor	6000	84	87	58,53	2566
0% PC - maior	6000	96	75	57,49	2475
0% PC - médio	6000	96	80	56,19	2580
0% PC- menor	6000	96	82	57,52	2733
5% PC -maior	6000	96	80	61,00	2818
5% PC-médio	6000	96	81	61,83	2885
5% PC -menor	6000	96	86	58,24	2873
10% PC-maior	6000	96	85	61,98	3021
10% PC-médio	6000	96	84	63,69	3099
10% PC-menor	6000	96	90	60,28	3124

PE= Pré-emurchecido, maior-menor = tamanho médio de partículas, PC =polpa cítrica.
Fonte: AGUIAR et al. (2001).

Tabela 4. Estimativa do custo da MS(R\$) e do NDT(R\$) para silagem de capim considerando as eficiências durante a colheita e o processo de fermentação.

Tratamento	NDT	Kg MS Dig silagem/ha	Kg MS Dig/ha*	RS/t silage	RS/kg NDT
PE- maior	56,92	2503	101	115	0,28
PE- médio	58,00	2485	100	115	0,28
PE -menor	58,53	2566	104	115	0,27
0% PC - maior	57,49	2475	100	100	0,24
0% PC - médio	56,19	2580	104	100	0,23
0% PC- menor	57,52	2733	110	100	0,22
5% PC -maior	61,00	2818	114	105	0,22
5% PC-médio	61,83	2885	117	105	0,22
5% PC -menor	58,24	2873	116	105	0,22
10% PC-maior	61,98	3021	122	109	0,22
10% PC-médio	63,69	3099	125	109	0,21
10% PC-menor	60,28	3124	126	109	0,21

* Relativo: O tratamento 0% de polpa cítrica foi utilizado como base 100
Fonte: AGUIAR et al. (2001)

Tabela 5. Comparação dos efeitos da adição de polpa cítrica e do pré-emurchecimento da forragem nos parâmetros de perdas e perfil da fermentação da silagem de capim tanzânia.

Parâmetros	Pré-emurchecido			Sem Polpa			Com 10% Polpa		
	Maior	Médio	Menor	Maior	Médio	Menor	Maior	Médio	Menor
Tamanho Partícula									
MS (%)		30,9			20,42			27,2	
Efluente (L/t MV)	0,86 ^a	1,48 ^c	2,07 ^c	15,5 ^a	14,4 ^a	10,5 ^a	2,56 ^{bc}	3,96 ^b	4,21 ^b
Gases(% MS)	12,46 ^{cd}	14,49 ^{bcd}	12,32 ^{cd}	19,54 ^a	14,97 ^{bc}	13,61 ^{cd}	14,53 ^{bcd}	14,22 ^{bcd}	8,65 ^c
pH	5,55 ^{bc}	6,44 ^a	5,51 ^{bc}	5,61 ^b	5,35 ^{bc}	5,15 ^{cd}	4,91 ^{de}	4,71 ^e	4,65 ^e
Densidade (kg/m ³)	305 ^b	303 ^b	310 ^b	255 ^c	281 ^d	314 ^b	307 ^b	292 ^c	354 ^a

Fonte: AGUIAR et al. (2001)

Tabela 6. Efeito da adição de polpa cítrica e do pré emurchecimento da forragem sobre o pH da silagem de capim Tanzânia

Tratamentos	%MS	pH
Pré-emurchecido	31,18a	5,55a
Sem polpa	19,99c	5,61a
5% de polpa	23,48b	4,92b
10% de polpa	28,33a	4,91b

Fonte:CRESTANA et al. (2000)

Tabela 7: Médias da estimativa da produção de gás (% da matéria seca) para os efeitos do inoculante bacteriano em silagens de capim Tanzânia, produzidas no verão e no inverno.

Estação	INOCULANTE	
	Com	Sem
Inverno	2,38 ^{Aa}	3,66 ^{Ba}
Verão	5,34 ^{Aa}	5,31 ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes na linha, e letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença significativa (P<0,05). Fonte: Igarasi (2002)

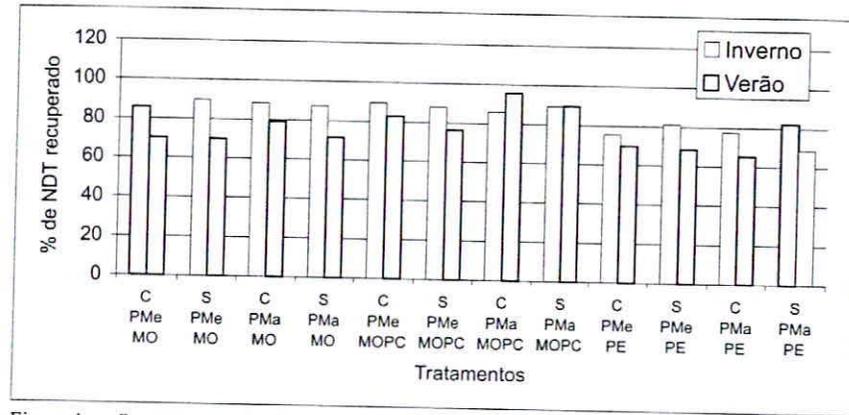


Figura 1 - Porcentagem de NDT recuperado na ensilagem de capim Tanzânia em função dos tratamentos experimentais. (MO - forragem com a umidade original; MOPC - forragem ou silagem com adição de polpa citrica peletizada; PE - forragem ou silagem pré-ermurchecida; PMa - partícula maior; PMe - partícula menor; C - com inoculante bacteriano; S - sem inoculante bacteriano)

Fonte: Igarasi (2002).

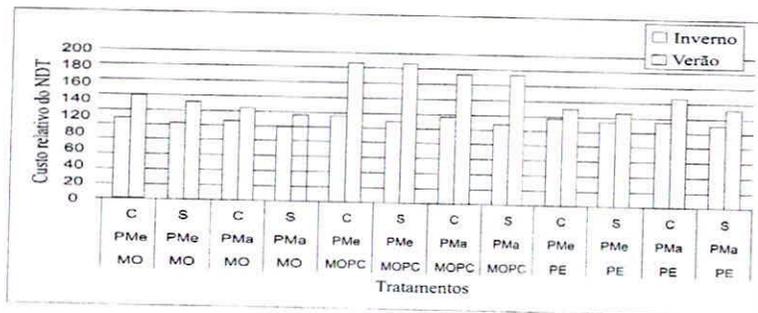


Figura 2 - Custo relativo do NDT (%) da silagem de capim Tanzânia em função dos tratamentos experimentais. (MO - forragem com a umidade original; MOPC - forragem ou silagem com adição de polpa citrica peletizada; PE - forragem ou silagem pré-ermurchecida; PMa - partícula maior; PMe - partícula menor; C - com inoculante bacteriano; S - sem inoculante bacteriano.)

Fonte: IGARASI (2002)

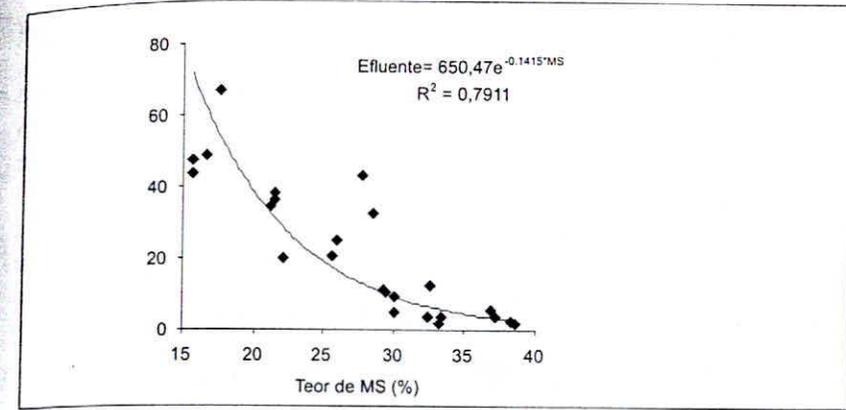
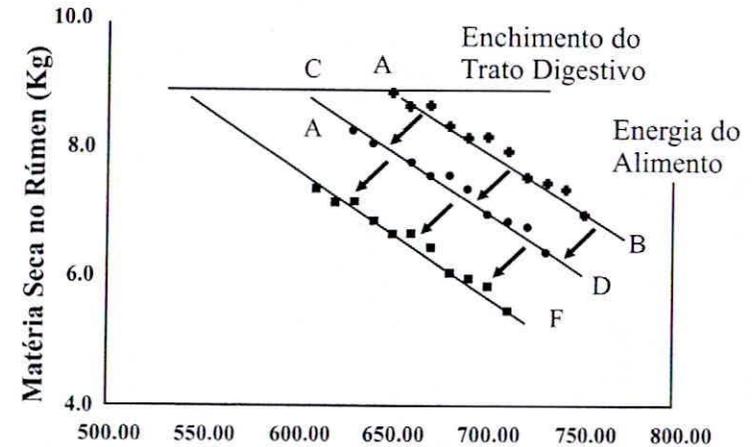


Figura 3 - Equação para estimativa da produção de efluente (kg.t⁻¹ de forragem fresca) em relação a teor de matéria seca (%) em silagens de capim Tanzânia. Fonte: Igarasi (2002).



A-B sem limitação de consumo

C-D restrição por fermentação excessiva

E-F restrição de consumo por baixa palatabilidade

Figura 4. Sugestão de modelo empírico para explicação da relação existente entre o consumo de MS potencial condicionado pela limitação física imposta pelo rumen ou pela densidade energética da dieta.

$$\text{Índice de Consumo} = 100 + 0,151*(D - 690) - 0,000531*(TA^2 - 6400) - 4,7650*[\text{Ln}(N-NH_3) - \text{Ln}(50)]$$