UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

FELIPE BARROS MACEDO

**Viabilidade da utilização de aditivos na ensilagem de capim-
braquiarião (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf
cv. Marandu), manejado sob intensidades de pastejo.**

FELIPE BARROS MACEDO

**Viabilidade da utilização de aditivos na ensilagem de
capim-braquiarão (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.)
Stapf cv. Marandu), manejado sob intensidades de pastejo.**

Dissertação apresentada à Faculdade
de Zootecnia e Engenharia de
Alimentos da Universidade de São
Paulo, como parte dos requisitos para
a obtenção do Título de Mestre em
Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e
Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Valdo Rodrigues
Herling

Aos meus pais, Fátima e Reginaldo,
pelas lições de vida transmitidas em sutis atitudes,
que estarão presentes durante toda a minha vida;

Aos meus irmãos, Danilo e Simone
pelo amor, carinho e inesgotáveis lembranças
de pequenos fatos que hoje representam muito;

Com todo amor e carinho

DEDICO

Aos meus avós paternos e maternos,
aos meus tios Breno e Rosangela e
a minha namorada Naira,
pela paciência, otimismo, amor a mim concedido,
atitudes sensatas e naturais que despertam minha
admiração e o meu amor a todo momento;

Com todo amor e carinho

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Valdo Rodrigues Herling, que admiro muito, pela orientação, ensinamento, sua valiosa compreensão, sinceridade, honestidade e, amizade. Gestos que permanecerão em minha vida para sempre. Nossa convivência foi um dos maiores aprendizados que tive, durante a minha permanência na FZEA/USP. A sua família: Dona Zezé, Leonardo, Gabriel, Rachel e Débora.
- Ao Prof. Dr. Pedro Henrique de Cerqueira Luz, pelo ensinamento, apoio nas atividades, contribuição a minha formação e, amizade. Exemplo de vida e profissionalismo.
- A Profa. Dra. Nilva Teresinha Teixeira, minha mamãezinha durante a Graduação, por acreditar e apoiar minhas atividades durante todo esse período, pessoa que semeou meu amor a pesquisa.
- Ao Prof. Dr. Antônio Turcate, pela oportunidade e confiança depositada, ao me indicar, como estagiário, para o Prof. Valdo.
- Aos amigos de Pós-Graduação, Ana Carolina Alves, Gustavo José Braga, Käthery Brennecke, Rosane Claudia Rodrigues, Wilson Aparecido Marchesin, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho.
- Agradecimento especial aos amigos, Ana Carolina, Fernanda, Gustavo J. Braga, Maurício e Wagner, por acompanharem minha trajetória na FZEA/USP e, proporcionarem momentos inesquecíveis a minha vida.
- Ao amigo Kamyro pelo auxílio na implantação e condução do experimento. Trabalho desempenhado com seriedade e respeito a pesquisa.

- Aos estagiários do GEFEP pela contribuição na parte prática do experimento e por compartilharmos momentos de companheirismo e descontração. Em especial a André, César, Diego, Diogo, Eduardo, Eduardo (Verme), Fernandinho, Gustavo, João, Luiz Roberto, Murilo, Paulo, Renan, Thiago e Thiago (Feioso).
- A minha namorada Naira, que ao meu lado compartilhou as atividades do Mestrado. Sendo, a sua companhia e dos seus pais (Sr. Nelson e dona Everli), irmãs (Naiara e Nelma), cunhados (Fernando e Victor) e familiares, muito importantes neste período.
- Aos meus cunhados e amigos, Suellen e Wagner, pelo amor a mim dedicado e, respeito aos meus irmãos, pais e familiares.
- Aos amigos, Sr. Silvio, Selma, Noellen e dona Zila, pela atenção prestada durante este período e, convivência que temos a alguns anos.
- A todos os Amigos e familiares, mais próximos, pelo amor que sentem por mim e presença constante em minha vida.
- Aos funcionários, estagiários e amigos do laboratório de solos, Anderson, Fábio, Geisa, Marcos, Maria Carolina, Rafaela, Ramom e Thiago, pela preocupação, atenção e dedicação às análises desenvolvidas neste trabalho.
- Aos amigos da República Barroca, André, Charles, Diogo, Guilherme, Murilo, Luiz Roberto, pessoas que sempre estiveram presentes na minha vida de Mestrando e, ficarão para sempre no meu coração. Jamais esquecerei a música Anna Julia.
- Ao amigo André, ou melhor Robinho, por compartilhar e se preocupar com as minhas atividades e, estar sempre a disposição quando preciso,

independentemente do motivo. Amizade sincera, só existe quando encontramos verdadeiros amigos.

- Aos amigos parceiros da moradia estudantil, Agostinho, Fábio, Lucas, Pesquero, Weber e, a todos do ala “A”.
- A todos os amigos da Pós-Graduação, principalmente a Aline, Amaury, Andréa, Andrezza, Angélica, Arlindo, Camila, Evelise, Fernada, Frederico, Gustavo Tonoli, Gustavo Del Claro, Helder, Helena, Ivan, José Henrique, Lígia, Luciane, Melissa, Osmar, Rodrigo, Rodrigo (Bugio), Saulo, Sylvia, Teresa e Victor, pelos momentos que passamos juntos, que foram e continuarão sendo muito importantes para mim.
- Aos amigos do curso de Graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos – FZEA/USP.
- Aos amigos Fausto, Marcio e Sidnei, que a tempo estão ao meu lado, nos momentos de alegria e tristeza da minha vida.
- Aos amigos Alysson e Fábio, por estarem sempre a disposição nos momentos que precisei.
- Aos Professores Doutores César Gonçalves de Lima e Júlio César de Carvalho Balieiro pelo suporte e atenção dedicada as análises estatísticas.
- A empresa Alltech, pela confiança, oportunidade, financiamento e atenção dedicada a realização deste trabalho.
- Aos funcionários da seção de Pós-Graduação, Conceição, Roberta, Sandra, Tadeu e Vagner pelos serviços e atenção prestada.
- Às amigas funcionárias da secretaria do ZAZ, Érica, Estelinha, Patrícia, Sandra pela convivência, pelos serviços e atenção prestada.

- A Ana Mônica, Rose e Rosilda, pela facilitação e auxílios nas análises laboratoriais.
- Aos funcionários da Prefeitura do Campus Administrativo de Pirassununga, aqui representados por Fernando, Ismael, Paulinho e Tijolinho, agradeço a atenção e convivência durante todo este período.
- A Tânia Andreotti e ao Prof. Dr. Marcelinho pela compreensão, ajuda e hospitalidade durante minha permanência na moradia estudantil.
- A Profa. Dra. Catarina Abdala Gomide e Prof. Dr. Paulo José do Amaral Sobral, pela facilitação no uso de seus respectivos laboratórios.
- Aos Professores Doutores da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da USP, que contribuíram ao meu ensino e estiveram sempre a disposição.
- Ao Professor Margutti, pelas atividades esportivas desenvolvidas durante o Mestrado e, as pessoas que compartilharam essas atividades comigo.
- A CAPES, pela concessão da Bolsa de estudos no Mestrado.
- A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo pela oportunidade oferecida para a realização deste curso.
- A Stoller, empresa onde estagiei durante quatro anos e , que acreditou, acompanhou e enriqueceu minha formação pessoal e profissional
- A Faculdade de Engenharia Agrônoma Manoel Carlos Gonçalves, onde tive o privilégio de adquirir o título de Engenheiro Agrônomo e, conviver com professores, funcionários e alunos que jamais serão esquecidos.

- A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho o meu mais profundo agradecimento.
- Ao sistema clima, solo, planta e animal, sem este não teríamos a oportunidade de desempenhar este trabalho.
- A minha saúde, que me possibilitou desenvolver as atividades do Mestrado sem problema algum.
- A Deus, por tornar realidade um dos meus sonhos. Conquistado com muita paz, saúde e felicidade.

*“Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis.”*

Bertolt Brecht

RESUMO

MACEDO, F.B. **Viabilidade da utilização de aditivos na ensilagem de capim-braquiarão (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu), manejado sob intensidades de pastejo.** 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

Silagem é um alimento volumoso obtido de forragens produzidas na estação das águas, conservando-as através de fermentações, para ser oferecida no período de escassez, garantindo a eficiência de utilização da forragem produzida. Este processo de conservação de forragem tem como objetivo preservar a forragem de alto valor nutritivo com o mínimo de perdas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: Avaliar a viabilidade de produzir silagem de capim-braquiarão (*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) cv. Marandu) de pastos sob intensidades de pastejo, utilizando ou não aditivos. Determinar as perdas por gases e efluentes e, verificar as possíveis diferenças na composição química e bromatológica dessas silagens relativo às estratégias de ensilagem que o produtor poderia realizar, no início ou no final dos ciclos das águas. O experimento foi implantado e conduzido no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP. O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e o experimento em fatorial 4 x 3, com quatro repetições. Os fatores foram, a saber: **1º Fator** – Ofertas de forragem (5% - 5 kg de massa seca/100 kg de peso animal.dia, 10%, 15% e 20%). A pastagem estava sendo manejada em lotação rotacionada, com ciclo de pastejo de 35 dias (7 dias de ocupação e 28 dias de descanso); **2º Fator** –

Aditivo (a) Testemunha - sem polpa cítrica peletizada e inoculante; (b) Polpa cítrica peletizada a 7,5% (75 kg/t de forragem); (c) Inoculante Sil-All C4 - recomendação comercial: 250g do produto em 50 litros de água potável; pulveriza-se 1 litro/tonelada. O experimento apresentou um total de 48 mini-silos - parcelas (12 tratamentos x 4 repetições) para cada ciclo de pastejo, que se utilizou a colheita da forragem (1º 23/02/04 e 2º 27/03/04). No trabalho avaliaram-se as perdas por Gases e Gases+Efluente durante o processo fermentativo e, as características químicas e bromatológicas da silagem. O processo de conservação de capim-braquiário numa propriedade que se utiliza do manejo de seus animais em lotação rotacionada pode ser instalado mediante o corte mecânico das plantas forrageiras em piquetes estrategicamente escolhidos. Em menores intensidades de pastejo o capim-braquiário apresenta melhores características para ensilar, pois é relevante que a planta forrageira utilizada no pastejo tenha potencial de alta produção de massa de forragem e alto teor de matéria seca, o que diminui os custos de produção por unidade de área e garante a qualidade do produto final. Na colheita de forrageiras tropicais com alto teor de umidade e baixo teor de carboidratos fermentescíveis é viável e necessário a utilização de aditivo, quer seja para aumentar os teores de matéria seca e de carboidratos fermentescíveis e manter o poder tampão em níveis baixos (polpa cítrica) ou de microorganismos (Sil-All C4) para favorecer o processo fermentativo e assim obter uma silagem de bom valor nutritivo.

Palavras-chave: Oferta de forragem; Silagem; Silo experimental

ABSTRACT

MACEDO, F.B. **Viability on the additives utilization in braquiarião grass [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) cv. Marandu] silage process, managed under grazing intensities.** 2006. 101 P. Master Dissertation – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

Silage is a grassing food conserved by a fermentative process specially used during scarcity period (dry season). It aims to conserve a high nutritional value with a minimum of losses. In order to assure its produced forage utilization efficiency, it needs to considerate its harvest by animals and machines in a system that uses rotational stocking method. In this context, this work has had as objectives: to evaluate the viability to produce braquiarião grass silage [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) cv. Marandu] from pasture under grazing intensities, using additives or not. To determinate the gases and effluent losses and, to verificate the possible differences in chemical-bromatologic composition in the silage related to the strategies to process the silage that the producer is able to use, at the beginning or at the end of summer season (rain period). The experiment was conducted in the Animal Science Department at the Faculty of Animal Science and Food Engeneering of University of São Paulo – FZEA/USP. The experimental design was totally alleatory in a 4X3 factorial mode, with four replications. The factors were: **1st Factor** – Forage allowance (FA) (5% - 5Kg of dry mass/ 100kg living animal weight.day, 10%, 15% and 20%). The pasture was being managed in rotational stocking method, with a 35 day grazing cycle (7 day animal occupation time and 28 day pasture rest time); **2nd Factor** – additive A) Control – without peletized

citric pulp and inoculant. B) 7,5 % peletized citric pulp (75 Kg/ton of forage). C) Sil-All C4 inoculant – Trading recommendation: 250 g of the product in 50 liters of potable water; pulverizing 1 liter/ton. The experiment were composed by 48 small plastic silos – parcels (12 treatments X 4 replications) for each grazing cycle, that was used the forage harvest (1st 23/02/04 and 2nd 27/03/04). The gases and gases+effluent losses were evaluated during the fermentative process and, the silage chemical-bromatologic characteristics. The braquiaraõ grass conservation process, in a property that uses animals handled in a rotational stocking method, can be installed through forage mechanical cuts in strategically chosen pickets. In lower grazing intensities the braquiaraõ grass shows better characteristics to ensile, once it's important to the forage used in grazing process to have a potential to high mass production just like its dry matter rate, that can decrease the expense per unit of area and it guarantees the final product quality. In tropical forage harvest with high humidity and low fermentable carbohydrate rate, the additives utilization is a feasible and necessary method to increase the dry matter and fermentable carbohydrate rate and keep the buffering in low rate (citric pulp) or in microorganisms (Sil-All C4) to collaborate the fermentative process in order to obtain better nutritional value silage.

Key words: experimental silo; forage allowance; silage

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1 Características da espécie.....	21
2.2 Utilização de silos experimentais.....	23
2.3 Silagem de gramíneas tropicais.....	24
2.4 Aditivos na ensilagem.....	30
2.4.1 Polpa cítrica	31
2.4.2 Inoculante.....	33
2.5 Perdas inerentes ao processo de ensilagem: efluentes e gases	36
2.6 Análise da forragem e da silagem	37
3 MATERIAL E MÉTODOS	40
3.1 Local do experimento.....	40
3.2 Área experimental.....	42
3.3 Espécie de planta forrageira	43
3.4 Composição morfológica da forragem utilizada na ensilagem.....	44
3.5 Silos experimentais.....	44
3.6 Delineamento experimental e tratamentos	45
3.7 Colheita da forragem para enchimento dos silos experimentais.....	46
3.8 Enchimento dos silos experimentais.....	46
3.9 Abertura dos silos Experimentais	47
3.10 Determinação do efluente produzido	47
3.11 Determinação das perdas por gases	47
3.12 Amostras.....	48
3.13 Análise das amostras da ensilagem	48
3.13.1 Determinação do teor de matéria seca a 65° C (MS).....	48
3.13.2 Determinação do teor de matéria seca a 105° C (MST).....	48
3.13.3 Determinação das fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA).....	49
3.13.4 Determinação da proteína bruta (PB).....	49
3.13.5 Determinação do pH	49
3.13.6 Determinação do poder tampão (PT)	49
3.13.7 Determinação dos carboidratos solúveis totais (CS).....	50
3.13.8 Determinação de cálcio e fósforo	50

3.14 Análise das amostras de silagem	50
3.14.1 Determinação das bases voláteis.....	50
3.14.2 Determinação de ácidos graxos de cadeia curta	51
3.15 Análise estatística	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 Composição químico-bromatológica da forragem na pré-ensilagem.....	54
4.2 Perda por Gases e Efluente e Composição.....	57
4.2.1 Perdas por Gases e Gases+Efluente	57
4.2.2 Teor de matéria seca	60
4.2.3 Poder Tampão	64
4.2.4 Determinação do pH	66
4.2.5 Determinação das bases voláteis (N-NH ₃).....	69
4.2.6 Teor de fibra em detergente neutro (FDN)	71
4.2.7 Teor de fibra em detergente ácido (FDA).....	74
4.2.8 Teor de proteína bruta.....	76
4.2.9 Teor de álcool	79
4.2.10 Teor de ácido acético	80
4.2.11 Teor de ácido propiônico	83
4.2.12 Teor de ácido butírico.....	85
4.2.13 Teor de ácido láctico	87
5 CONCLUSÃO	90
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
7 APÊNDICE.....	100

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Extrato do balanço hídrico climatológico de Pirassununga, SP no ano de 2004.	41
Figura 2. Extrato do balanço hídrico climatológico de Pirassununga, SP. Média histórica de 30 anos.	41
Figura 3. Área experimental.	43
Figura 4. Silo experimental.	45
Figura 5. Extração do líquido da silagem em prensa hidráulica.	52
Figura 6. Amostras preparadas para a análise dos ácidos graxos de cadeia curta.	52
Figura 7. Perdas por gases durante o processo fermentativo de forragem de capim-braquiário, colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental.	59
Figura 8. Perdas por gases+efluentes durante o processo fermentativo de forragem de capim-braquiário, colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental.	59
Figura 9. Teor de matéria seca, considerando as ofertas de forragem e o uso ou não de aditivos, no primeiro ciclo de avaliação.	63
Figura 10. Teor de matéria seca, considerando as ofertas de forragem e o uso ou não de aditivos, no segundo ciclo de avaliação.	63
Figura 11. Poder tampão da silagem de capim-braquiário colhido de pasto sob intensidade de pastejo e ensilado em silo experimental, no primeiro ciclo de avaliação.	65

Figura 12. Poder tampão de silagem de capim-braquiarião colhido de pasto sob intensidade de pastejo e ensilado em silo experimental, no segundo ciclo de avaliação.	66
Figura 13. pH da silagem de capim-braquiarião colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental, no primeiro ciclo de avaliação.	68
Figura 14. pH da silagem de capim-braquiarião colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental, no segundo ciclo de avaliação.	68
Figura 15. Bases voláteis de silagem inoculada de capim-braquiarião, considerando uso de ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	70
Figura 16. Bases voláteis de silagem de capim-braquiarião, inoculada ou não, considerando uso de ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.	70
Figura 17. Teores de FDN, considerando os tratamentos de ofertas de forragem e polpa cítrica, no primeiro ciclo de avaliação.	73
Figura 18. Teores de FDN, considerando as ofertas de forragem e o uso ou não de aditivos, no segundo ciclo de avaliação.	73
Figura 19. Teores médios de FDA, considerando o uso ou não de aditivos, no primeiro ciclo de avaliação. Médias com letras iguais não diferem estatisticamente Tukey a ($P>0,05$).	75
Figura 20. Teores médios de FDA, entre os tratamentos, no segundo ciclo de avaliação. Médias com letras iguais não diferem estatisticamente Tukey ($P>0,05$).	76
Figura 21. Teores de PB, considerando a utilização de inoculante e polpa cítrica nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	78

Figura 22. Teores de PB, considerando os tratamentos de ofertas de forragem e uso ou não de inoculantes, no segundo ciclo de avaliação.	78
Figura 23. Teores de Álcool, considerando o uso ou não de aditivos nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	79
Figura 24. Teores de Álcool, considerando o uso de inoculante e polpa cítrica e ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.	80
Figura 25. Teores de Ácido Acético, considerando o uso ou não de aditivos nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	81
Figura 26. Teores de Ácido Acético, no uso dos tratamentos controle e inoculante nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.	82
Figura 27. Teores de Ácido Propiônico, considerando o uso ou não de aditivos nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	83
Figura 28. Teores de Ácido Propiônico, no uso do tratamento controle nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.	84
Figura 29. Teores de ácido butírico, considerando o uso ou não de aditivos e de ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	86
Figura 30. Teores de ácido butírico, no uso do tratamento controle nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.	86
Figura 31. Teores de ácido láctico, considerando o uso ou não de aditivos e de ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.	88
Figura 32. Teores de ácido láctico, no uso dos tratamentos nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal do período experimental e de 30 anos em Pirassununga, SP.....	40
Tabela 2. Participação quantitativa (kg/ha) de folhas verdes (FV) colmo + bainha verde (CBV) e material sescente (MSen) da forragem colhida para a ensilagem, considerando as ofertas de forragens (OF) nos ciclos de pastejos (CP).	44
Tabela 3. Teores de matéria seca (MS%), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), fibra em detergente ácido (FDA% na MS), proteína bruta (PB% na MS), potencial hidrogeniônico (pH), poder tampão (PT, em g/100 g MS), carboidratos solúveis (CHO% na MS), cálcio (Ca% na MS) e fósforo (P% na MS) da forragem no primeiro ciclo de avaliação em 23/02/04.	54
Tabela 4. Teores de matéria seca (MS%), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), fibra em detergente ácido (FDA% na MS), proteína bruta (PB% na MS), potencial hidrogeniônico (pH), poder tampão (PT, em g/100 g MS), carboidratos solúveis (CHO% na MS), cálcio (Ca% na MS) e fósforo (P% na MS) da forragem no segundo ciclo de avaliação em 27/03/04.	55
Tabela 5. Perda por Gases (g) no segundo ciclo de avaliação.	60

1 | INTRODUÇÃO

Segundo dados do IBGE (2004), o território nacional com 851 milhões de ha apresenta cerca de 282 milhões de ha com potencial de uso para as atividades agropecuárias. Destes, 220 milhões de ha estão destinados à atividade pecuária, sendo aproximadamente 180 milhões de ha ocupados - 56% com pastagens cultivadas e 44% com pastagens nativas. Os 62 milhões de ha restantes são utilizados para a agricultura. O rebanho bovino, segundo dados do IBGE (2004) era de 167 milhões de cabeça. De acordo com os dados recentes do IBGE (2006), o efetivo de bovinos é de aproximadamente 204 milhões de cabeças, do qual estima-se que 96,5% têm como principal, exclusiva e indispensável fonte de alimentação as áreas de pastagens e que os restantes 3,5% praticamente são criados em pastagens em algum período.

Em função da extensão da sua área territorial e das condições climáticas favoráveis, o Brasil apresenta grande potencial de produção de carne em pastagens. Entretanto, as forrageiras tropicais, em consequência da estacionalidade de produção, não fornecem quantidades suficientes de nutrientes para a produção máxima dos animais (HERLING et al., 2003). Dessa forma, na exploração da pastagem, seja extensiva ou intensiva, haverá sempre um período de produção abundante de forragem, nas águas, e outro de escassez, na seca.

O desenvolvimento da atividade pecuária, visando alcançar níveis mais produtivos, tem motivado pesquisadores a desenvolver soluções para atender a demanda crescente de alimento volumoso, principalmente durante o período de estiagem. Desta procura têm surgido muitas opções, como por exemplo, a produção de silagem e feno de excedentes de forragem dos pastos no verão (VILELA, 1998).

Destas opções, a que vem alcançando destaque entre os pecuaristas é a produção de silagem.

Silagem é um alimento volumoso obtido de forragens produzidas na estação das águas, conservando-as através de fermentações, para ser oferecida no período de escassez, garantindo a eficiência de utilização da forragem produzida. Este processo de conservação de forragem tem como objetivo final preservar forragem de alto valor nutritivo com o mínimo de perdas. No processo, basicamente, carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microorganismos, que encontrando ambiente ideal proliferam e criam condições adequadas à conservação.

Mesmo o produtor fazendo a conservação de forragem na forma de silagem, o processo em si traz alguns senões como perda do valor nutritivo e perdas de matéria seca, decorrentes do baixo teor de matéria seca da forragem ensilada.

A utilização de aditivos, no processo de ensilagem de capim-braquiarião sob intensidades de pastejo e em diferentes ciclos, durante o período das águas, pode ser o caminho interessante para o bloqueio dessas perdas e para melhorar o valor nutritivo da silagem produzida, garantida por uma via fermentativa eficiente. Assim, os animais tendo à sua disposição uma dieta mais equilibrada durante o ano, poderão exteriorizar todo seu potencial genético.

Outros fatores que justificam a utilização de silagens de capins tem sido o seu baixo custo de produção, e o fato de que os produtores em suas propriedades já dispõem de pastagens formadas e muito destas já apresentam infra-estrutura de pessoal e equipamentos que permitem este tipo de manejo.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos: Avaliar a viabilidade de produzir silagem de capim-braquiarião (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) de pastos sob intensidades de pastejo, utilizando ou não aditivos. Determinar as perdas

por gases e efluentes e, verificar as possíveis diferenças na composição química e bromatológica dessas silagens relativo às estratégias de ensilagem que o produtor poderia realizar, no início ou no final dos ciclos das águas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Características da espécie

As gramíneas do gênero *Brachiaria* têm seu principal centro de origem e diversificação o leste da África e ocorre naturalmente nas savanas africanas (IBGR, 1984).

Após anos de estudos e avaliações, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em 1984, lançou o capim-braquiarão [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu]. Hoje, com diversas denominações regionais como: brizantão, brizanta, braquiarão, capim-Marandu, capim-Occidente, representa mais uma alternativa para a diversificação das áreas de pastagens (RENVOIZE; CLAYTON; SKABUY, 1998).

O capim-braquiarão, de acordo com Nunes et al. (1984), originário de regiões vulcânicas da África tropical, é um ecotipo de *Brachiaria brizantha*. Ele chamou a atenção dos técnicos pelas suas características específicas. As plantas são robustas, têm hábito de crescimento cespitoso, altura de 1,5 a 2,5 metros, colmos iniciais de crescimento prostrado, mas com emissão de perfilhos predominantemente eretos. Os rizomas são curtos e encurvados, os colmos floríferos são eretos, com perfilhamento nos nós superiores, levando à proliferação de inflorescências, geralmente com 4 a 6 ráculos. As lâminas foliares são largas e longas, sendo glabras na face superior, apresentando pubescência na face inferior e, bordos não cortantes. As bainhas são pilosas, enquanto os entrenós apresentam pêlos na porção apical.

Sua capacidade de adaptação as mais variadas condições de ambiente (GHISI; PEDREIRA, 1987), especialmente em sistemas de produção com reduzido emprego

de insumos, é a responsável por sua expansão e expressividade (ANDRADE, 1994). Adapta-se bem até 3000 metros de altitude, precipitação anual ao redor de 700 mm e cerca de cinco meses de seca no inverno (SOARES FILHO, 1994). Não suporta solos encharcados e é recomendada para áreas de média a boa fertilidade, embora, tolere acidez do solo. Melhores resultados foram observados em solos ondulados e fortemente ondulados e profundos. A temperatura ideal para seu crescimento está entre 30 a 35°C, sendo a mínima de 15°C, embora, tolere bem geada (SKERMAN; RIVEIROS, 1992). Apresenta reduzida tolerância ao sombreamento, desenvolve-se abundantemente a sol pleno e suporta bem o fogo (GHISI; PEDREIRA, 1987).

Quanto ao seu potencial produtivo, segundo Ghisi e Pedreira (1987), o capim-braquiário apresenta elevada produção de massa verde e responde bem às adubações, com produções de até 36 toneladas de massa seca por hectare por ano. Thiago et al. (2000) obteve com essa cultivar, produções médias de 4407 e 8159 kg/ha de massa seca potencialmente consumível nos períodos das secas e das águas, respectivamente. Os teores médios de proteína bruta (PB) encontram-se ao redor de 9,9% na seca e 10,1% no período chuvoso, quando adubado anualmente, e no início das chuvas, com 250 kg/ha da fórmula 0 : 20 : 20, acrescido de 150 kg/ha de nitrogênio e 50 kg/ha de K₂O, divididos em duas aplicações. O potencial de produção e valor nutritivo dessa cultivar também é discutido por Nunes et al. (1984).

A *Brachiaria brizantha* é considerada boa forrageira tropical em razão de suas características agrônômicas e de seus índices zootécnicos adquiridos, ocupando extensas áreas de cultivo no Brasil. Atualmente, tem sido recomendada para o sistema de integração agricultura-pecuária, principalmente em sistemas de rotação, visando à diversificação da produção agropecuária. No entanto, em cultivos consorciados, seu estabelecimento com uma cultura anual ocorre sob condições de

competição entre a cultura e a planta forrageira, principalmente em plantio simultâneo (PORTES et al., 2000; COBUCCI, 2001).

Sendo assim, dentre as várias opções de braquiária, a cultivar Marandu é considerada ótima alternativa para ser utilizada em sistemas de produção de ruminantes, desde que se respeitem seus aspectos morfofisiológicos, baseados em um manejo adequado ao longo do ano.

2.2 Utilização de silos experimentais

O uso de silos experimentais no estudo de silagem, não é recente. Barcock e Russel (1901) usaram recipientes de ferro com esta finalidade. Hargreaves, Butterdiack e Hiriart (1986) testaram dois tipos de silos: um de plástico e outro de tubo rígido de PVC. Não houve diferença entre os silos experimentais testados, sendo que ambos se mostraram adequados nos estudos em laboratório. Com o decorrer dos anos, vários outros tipos de silos experimentais foram testados: tubos de ensaio; potes de vidro; jarras de vidro; sacos de plástico; manilhas de cerâmica; cilindros de cimento e tubos de PVC rígido (McDONALD, HENDERSON; HERON, 1991).

As modificações aparentes ocorridas nos silos experimentais, durante a fermentação da forragem, foram semelhantes àquelas que acontecem em silos convencionais utilizados pelos produtores rurais, segundo Owen e Moline (1970).

Quando avaliado o pH, poder tampão, nitrogênio amoniacal, MS, FDN, FDA e concentração de ácido butírico, de acordo com Rodrigues et al. (2002a), os silos experimentais tendem a representar os comerciais, embora seja difícil a associação, pois a composição das silagens obtidas em silo comercial varia bastante, dependendo do estrato estudado. Para a composição de carboidratos solúveis, as

silagens produzidas em silos experimentais sob diferentes densidades representaram bem aquelas obtidas em silos comerciais, qualquer fosse a profundidade estudada.

Em trabalho de composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.), obtida de diferentes silos experimentais, como baldes e sacos, e no silo tipo trincheira, Rodrigues et al. (2002c) observaram que alguns parâmetros nas silagens produzidas em silos experimentais, como MS, pH, PB, FDN e FDA, representaram bem aquelas produzidas em silos comerciais.

Os silos experimentais facilitam o estudo de diversos parâmetros relacionados com a qualidade das silagens (McDONALD, 1981). O emprego de silo experimental oferece grande facilidade de manipulação, as fermentações são compatíveis às dos silos convencionais e, como o volume de material ensilado é reduzido, os trabalhos podem ser feitos a baixo custo, com maior número de variáveis e repetição (PERKINS; PRATT, 1951).

Com base nas informações obtidas no trabalho de Rodrigues et al. (2002a), é possível inferir que silagens produzidas em silos experimentais proporcionam fermentação semelhante àquela obtida em silos comerciais, quando a forragem apresenta fácil fermentação.

2.3 Silagem de gramíneas tropicais

As forrageiras tropicais apresentam elevada produção de massa seca, com estacionalidade marcante entre as estações das “águas” e “seca” (RUIZ, 1992). A estacionalidade determina distribuição desuniforme da produção ao longo do ano,

indicando grande potencial para conservação de forragens por meio da ensilagem (EVANGELISTA et al., 2004).

Ensilagem é o termo utilizado para definir o conjunto de operações (corte, picagem, carregamento, transporte, descarregamento, compactação e vedação) destinado à produção de silagem. Estas operações caracterizam um processo de conservação de forragem que tem como objetivo final preservar forragem de alto valor nutritivo com o mínimo de perdas (ANDRIGUETTO et al., 1981). No processo, basicamente, carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microorganismos que, encontrando ambiente ideal proliferam e criam condições adequadas à conservação.

Barnett (1954) acrescenta que o objetivo da ensilagem é conseguir dentro da massa ensilada concentração de ácido láctico, produzido como resultado da presença de microorganismos dentro da massa de forragem ensilada, suficiente para inibir outras formas de atividade microbiana e, assim, preservar o material até que ele possa ser utilizado pelos animais.

A ensilagem é relativamente fácil, porém, ao adotar essa prática, é necessário que se tenham informações sobre o seu processo, com o intuito de reduzir perdas, aumentar a produtividade e a qualidade final do produto, principalmente sobre o padrão de fermentação (GUIM et al., 2004).

Os fatores que determinam o padrão de fermentação durante a ensilagem, segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), são os que interagem entre si: conteúdo de matéria seca, teor de carboidratos solúveis e capacidade tamponante da planta. Na prática da ensilagem o elevado teor de umidade de forragens, interfere de forma negativa no processo fermentativo.

Se o conteúdo de umidade do material for elevado, é necessário que o nível de carboidratos solúveis seja muito alto para favorecer a atividade das bactérias produtoras de ácido láctico e resultar silagem com baixo valor de pH. Portanto, quanto mais baixo o pH em silagens de maior umidade, maior a possibilidade de se ter fermentação de qualidade superior (GUIM et al., 2004).

O processo de ensilagem de gramínea forrageira é cada vez mais representativo por ser uma forma de armazenamento de forragem que permite que seu valor nutritivo seja ao menos preservado. Este processo auxilia no manejo da propriedade, pois no inverno há pequena disponibilidade de forragens com bom valor nutritivo, sendo um dos principais fatores responsáveis pela queda na produção de carne e leite nessa época (WILKINS; SYRJÄ; BOLSEN, 1999). A opção, para essa realidade, que vem alcançando destaque entre os pecuaristas é a produção de silagem.

A produção de silagem tem como objetivo fornecer alimento durante o inverno, quando a taxa de crescimento das plantas forrageiras não atende à necessidade dos animais naquele momento (WILKINS; SYRJÄ; BOLSEN, 1999). Silagem é o produto obtido por fermentação de forragem, que contem adequada porcentagem de umidade e quantidade suficiente de carboidratos para esta fermentação, no interior de um compartimento fechado (RUIZ, 1992). O método fundamental para a produção de silagem, consiste no armazenamento de forragens verdes na ausência de ar em silos, que são recipientes variáveis de tamanho, tipo e material de construção (ANDRIGUETTO et al, 1981). A fermentação anaeróbia é o principal processo envolvido na preservação das silagens. A eficiência no processo fermentativo e, conseqüentemente, a qualidade da silagem depende das bactérias epífitas que são colocadas dentro do silo com a forragem (PEDROSO; FREITAS;

SOUZA, 2000). O armazenamento da forragem em silos é realizado depois de a forragem ter sido convenientemente picada e compactada (SILVA; QUEIROZ, 2002).

A produção de silagem em algumas regiões do mundo contribui com 10 a 25% dos alimentos dos ruminantes e representa 2% do fornecimento de alimentos suplementares, como média global. As culturas que predominam na confecção de silagem na Europa são as gramíneas de clima temperado (54%) e o milho (32%), enquanto que na América do Norte, são representadas por milho (53%) e leguminosas (27%), segundo Wilkins; Syrjã e Bolsen (1999). Para confecção de silagem, pode-se utilizar grande variedade de gramíneas e leguminosas (NUSSIO, 1991)

Os estudos sobre silagem de gramíneas tropicais, no Brasil, não são recentes. Em estudos feitos por Tosi (1973), já na década de 70, com as espécies: *Brachiaria decumbens* Stapf, *Panicum maximum* Jacq, *Andropogon gayanus* Kunth, *Hyparrhenia rufa* Ness e *Digitaria decumbens* Stent., constatou-se que a maioria dessas espécies possui baixos teores de carboidratos solúveis, valores de aproximadamente 6%, quantidade que não garante fermentação adequada. Rammer (1996) cita este fator como desvantagem ao produzir silagem de gramíneas tropicais. Mas, em contrapartida, este tipo de silagem apresenta grandes vantagens, sendo algumas citadas como: elevada produção, superior a três vezes a produção de massa seca do milho; baixo custo por quilograma de massa de forragem ensilada e maior flexibilidade na colheita.

Com isso, somente nos últimos anos a silagem de gramíneas tropicais vem ganhando espaço, pois houve grande avanço nas pesquisas de validação de sua qualidade nutricional e, pela recente oferta no mercado de máquinas adequadas

para seu corte, que picam o capim em partículas de tamanho de 3 a 5 cm e proporciona maior facilidade para a compactação (TOSI, 1973).

A maior parte das pesquisas existentes sobre silagens de gramíneas tropicais foram desenvolvidas utilizando o capim-elefante, em função do seu teor de carboidratos solúveis (9% a 16%) ser mais elevado quando comparado às outras espécies (CONDÉ; GOMIDE; TAFURI, 1969; FARIA; TOSI, 1971; TOSI, 1972), tendo importante influencia na qualidade da silagem.

A qualidade da silagem pode ser avaliada pelo potencial hidrogeniônico (pH) e pelos produtos finais da fermentação, como ácidos orgânicos e proporção de N-NH_3 (RANGRAB; MÜHLBACH; BERTO, 2000). Quando o teor de matéria seca é alto, a concentração de ácido láctico aumenta, resultando em rápida diminuição do pH (KUNG JR et al., 1984). Silagem de boa qualidade, segundo Silva e Queiroz (2002), apresenta um pH de 3,8 a 4,5.

O N-NH_3 também influencia a qualidade da silagem, de acordo com Silveira (1975), as silagens que apresentam teores de N-NH_3 até 8% do N-Total são consideradas de ótima qualidade, considerando que o nitrogênio amoniacal é produto de fermentações clostrídicas.

A característica química e bromatológica da silagem são fatores que auxiliam na identificação da sua qualidade. Evangelista et al. (2004) avaliaram as características da silagem de capim-braquiarião e observaram que os teores de FDN variaram entre 67,7 a 69,4%, sendo que as plantas de clima tropical possuem teores maiores de FDN do que plantas de clima temperado (MORAIS, 1989). Ao passo que os teores de FDA oscilaram entre 43,7 a 45,1%. Os teores de PB variaram entre 5,2 a 5,7%. Os teores de N-NH_3 oscilaram entre 1,9 a 2,7% do N-Total, esses teores são

baixos, indicando que houve reduzida degradação da proteína bruta (EVANGELISTA et al., 2004).

Em silagem de *Braquiaria decumbens* Stapf., Oliveira et al. (2005) verificaram que o teor de PB foi 4,6%. Sendo que Patrizi et al. (2004), ao avaliar o efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante, verificaram no tratamento controle teor de PB de 6,6%. Enquanto Loures et al. (2005) observaram para a silagem de capim-Tanzânia teor de PB de 5,94%, no tratamento controle.

Mari (2003) avaliou o efeito do intervalo entre cortes e da estação do ano sobre o valor nutritivo, características físicas e perdas associadas ao processo fermentativo de silagem de capim-braquiarão e observou que os teores de PB foram de 10,4% no verão e 9,7% no inverno. Os teores de FDN e FDA foram de 67,9 e 37,2% no verão e 60,2 e 31,1% no inverno, respectivamente. O pH variou de 4,5 a 5,6. O autor concluiu que, após a análise integrada dos resultados, pode não haver possibilidade de se conciliar condições ótimas de fermentação simultâneas ao máximo valor nutritivo da forragem. Peternelli (2003) complementa que nas menores ofertas de forragem, a quantidade de folhas novas é maior quando comparadas às maiores ofertas, sendo que nessas folhas a quantidade de algumas variáveis, como a proteína bruta, é maior.

Portanto, a definição de uma estratégia de utilização do capim-marandu, para a produção de silagem, deverá ser traçada para atender objetivos específicos do sistema de produção onde ele estiver inserido (MARI, 2003).

Desta forma, sabendo-se que silagens de gramíneas forrageiras tropicais possuem baixo valor nutritivo, quando comparadas às silagens de milho e sorgo, o uso de aditivos apresenta-se como alternativa para melhorar a sua composição química e bromatológica.

2.4 Aditivos na ensilagem

Havendo excesso de umidade ou baixo teor de carboidrato na forragem colhida para ensilagem ou no intuito de melhorar o valor nutritivo da silagem, os aditivos têm sido amplamente empregados (RODRIGUES et al., 2001).

Os vários aditivos existentes no mercado vêm sendo estudados mais recentemente por meio dos resultados obtidos na preservação e fermentação da silagem, além das respostas no desempenho animal (RODRIGUES et al., 2002b).

O ideal seria que os aditivos tivessem comprovada capacidade de reduzir as perdas de matéria seca, aumentar a qualidade higiênica, limitar as fermentações secundárias, melhorar a estabilidade aeróbica (WARDYNSKI; RUST; YOKOYAMA, 1993), incrementar o valor nutricional da silagem e, finalmente, oferecer ao produtor ganhos financeiros consideráveis ao investimento inicial dessa tecnologia (HENDERSON, 1993).

Contudo, para que um aditivo seja considerado eficiente no processo fermentativo, é necessário avaliar a sua contribuição potencial em função: da quantidade recomendada, do custo-benefício e se produz uma silagem de melhor valor protéico e/ou energético do que seria sem sua aplicação, com o objetivo de melhorar o consumo de silagem e a produção animal (McDONALD, 1981).

Segundo Vilela (1984), os aditivos podem desempenhar diferentes funções na massa ensilada, entre elas: a) Estimular a fermentação pelo fornecimento adicional de carboidratos; b) Prevenir ou inibir com eficiência a fermentação secundária; c) Controlar a fermentação para proporcionar condições que favoreçam a atividade de microorganismos desejáveis (Lactobacilos) e inibir a atividade dos não desejáveis (Clostrídios); d) Elevar o conteúdo de nutrientes da silagem; e) Promover o efeito associativo destas funções. Assim, por exemplo, culturas de bactérias produtoras de

ácido láctico têm efeitos sobre a velocidade de redução e manutenção do pH, o que permite a preservação do material ensilado, minimiza perdas de nutrientes e inibe o crescimento de clostrídios (RODRIGUES et al., 2002b).

Vilela (1984) ressalta que os aditivos são classificados de acordo com as funções que exercem, ou seja, estimulantes da fermentação ou inibidores da fermentação. Os estimulantes da fermentação podem, ainda, ser subdivididos em nutritivos (uréia, biureto, cama ou esterco puro de aves, melaço, carbonato de cálcio, concentrados e cana-de-açúcar), e não nutritivos (culturas de bactérias e enzimas, celulase e hemicelulase). Da mesma forma, os inibidores estão subdivididos em nutritivos (sal comum), e não nutritivos (ácidos orgânicos e minerais, antibióticos, pirossulfito de sódio, pré-murchamento).

Segundo Torres (1984), os aditivos podem ser classificados como: acondicionadores, preservativos e enriquecedores. Os acondicionadores fazem parte do primeiro grupo e são os aditivos capazes de absorver o excesso de umidade, aumentando o teor de matéria seca da silagem, sendo os mais comuns: as palhas, os fenos, os fubás, a cama de galinheiro e raspa de mandioca. Os aditivos denominados de preservativos são aqueles capazes de promover abaixamento do pH. Neste grupo estão os aditivos químicos, os ácidos orgânicos e minerais, e os aditivos ricos em carboidratos. Já os aditivos enriquecedores, visam aumentar o teor de proteína bruta da silagem (uréia e cama de galinheiro).

2.4.1 Polpa cítrica

A utilização da polpa cítrica como aditivo no processo de ensilagem de plantas forrageiras úmidas tem sido motivo de pesquisa. Os subprodutos cítricos, afirma Wing (1992), melhoram a fermentação no silo e aumenta a aceitação da silagem pelos animais.

Os possíveis efeitos da polpa cítrica à fermentação não se baseiam apenas em sua capacidade de elevar a matéria seca da silagem, uma vez que esse material apresenta por volta de 85-90% de matéria seca, mas também a sua capacidade de absorver água aumenta a pressão osmótica do meio (RODRIGUES et al, 2004a).

A polpa cítrica, quando em contato com plantas forrageiras úmidas, chegam a elevar seu peso em 145%, por ser muito absorvente (CARVALHO, 1996). Além disso, preserva nutrientes que seriam perdidos pelo efluente ou pela própria fermentação descontrolada durante o armazenamento.

Bernardes, Reis e Moreira (2005) avaliaram o perfil fermentativo e microbiológico do capim-marandu ensilado com polpa cítrica peletizada e, observaram que a presença de polpa cítrica aumentou os teores de carboidratos solúveis em 15-20%, reduziu o pH (de 5,3 para 4,2) e diminuiu as concentrações de $N-NH_3$. A adição de polpa cítrica durante a ensilagem do capim-Marandu foi benéfica, podendo ser recomendada desde que haja benefício econômico na sua utilização.

Em silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2005) observaram que a medida que se elevou o nível de inclusão de polpa cítrica na massa ensilada, o teor de matéria seca das silagens aumentou linearmente em razão da polpa conter elevado teor de matéria seca. Faria, Tosi e Godoy (1972) observaram que a inclusão de até 20% de polpa cítrica seca na silagem de capim-elefante possibilitou o aumento do teor de matéria seca da silagem para 32%, resultando em silagem de boa qualidade.

A adição de polpa cítrica, segundo Rodrigues et al. (2005), com elevado teor de carboidratos solúveis, proporcionou aumento linear da concentração destes na massa ensilada. O ponto de máxima concentração de proteína bruta e de ácido

lático foi encontrado com a adição de 7,6 e 5,8% de polpa cítrica, respectivamente, enquanto que a menor produção de ácido butírico foi observada com o nível de 7,2% de polpa cítrica.

Em silagem de alfafa, Rodrigues et al. (2004a) perceberam que ao adicionar polpa cítrica, o teor de carboidratos solúveis foi elevado em torno de 3,0 pontos, resultando em diferença estatisticamente significativa. Este aumento, segundo Carvalho (1996), já era esperado, uma vez que a polpa cítrica é rica em carboidratos solúveis.

Rodrigues et al. (2005) concluíram que as inclusões de 4,7 a 7,6% de polpa cítrica peletizada, com base na matéria seca do capim, são suficientes para melhorar a qualidade de fermentação e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante.

2.4.2 Inoculante

Os inoculantes bacterianos abrangem hoje a classe de aditivos de mais rápido desenvolvimento em todo mundo. Visando o aumento da população de bactérias lácticas na massa ensilada e, conseqüentemente, maior produção de ácido lático, foram desenvolvidos os inoculantes microbianos que são aplicados na forragem durante a ensilagem (CLEALE et al., 1990). A eficiência de inoculante de silagem depende do nível de bactérias existente na cultura, do poder tampão e da quantidade de microorganismos adicionados à cultura.

As mudanças esperadas com esse procedimento incluem rápido declínio no pH, diminuição da concentração de nitrogênio amoniacal, devido à inibição da proteólise das enzimas vegetais, decréscimo nos níveis de acetato e butirato e, incremento no conteúdo de ácido lático (KUNG JR et al., 1984).

Rodrigues et al. (2004a) trabalharam com adição de inoculantes microbiológicos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada ou não de 12% de polpa cítrica e observaram que não houve diferença significativa para os teores de matéria seca quanto ao efeito do inoculante. Entretanto, a adição de polpa aumentou significativamente esse teor.

Trabalhando com adição de inoculantes microbianos sobre a composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2003) observaram que o inoculante Sil-All aumentou o teor de matéria seca da silagem.

Pedroso, Freitas e Souza (2000) avaliaram o efeito de inoculante bacteriano sobre a qualidade da silagem e perda de matéria seca durante a ensilagem de sorgo e, concluíram que a aplicação do inoculante bacteriano não teve efeito consistente sobre a qualidade e parâmetros de fermentação da silagem, não alterando também a perda de matéria seca durante a ensilagem do sorgo.

Os teores de pH e de nitrogênio amoniacal foram verificados por Rodrigues et al. (2004b), que avaliaram o uso de inoculante microbiano sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho e, não foram identificadas diferenças significativas entre os valores de pH do sulco da silagem e de nitrogênio amoniacal, ao efeito de inoculante. Luther (1986) também não observou a diminuição do pH da silagem em função da inoculação.

Os teores de carboidratos solúveis, quando avaliados por Magalhães e Rodrigues (2004) nas silagens tratadas com inoculantes, apresentaram tendência de aumento em 21,7% ($P=0,0645$), devido, possivelmente, a maior concentração de bactérias ácido-láticas ao se adicionar o inoculante. Os resultados estão de acordo com Cai et al. (1999) e Rodrigues et al. (2001), que observaram aumento nas concentrações dos carboidratos solúveis e, Polan, Stieve e Garrett (1998) que

encontraram aumento de carboidratos solúveis nos tratamentos com inoculante microbiano quando comparado ao grupo controle.

Em silagem pré-seca de Alfafa não se observa o efeito da inoculação microbiana, quanto aos teores de PB, FDN e FDA (MAGALHÃES; RODRIGUES, 2004). Resultados semelhantes foram verificados por Rodrigues et al. (2001), que estudaram o efeito de três inoculantes microbiológicos na silagem do girassol e, não observaram seus efeitos nos teores de PB, FDN e FDA, e de Kung Jr et al. (1991), os quais não encontraram efeito do inoculante sobre FDN e FDA. Rodrigues et al. (2002b) trabalharam com silagem de sorgo e observaram que o produto comercial Sil-All diferiu ($P < 0,05$) do grupo controle quanto ao teor de FDN, aumentando seu valor em 4,5% (2,6 unidades percentuais).

A concentração do ácido acético, butírico e láctico, bem como o pH e a concentração do nitrogênio amoniacal, de acordo com Rodrigues et al. (2002b), não foram alterados pela adição de inoculante à silagem. Rodrigues et al. (2001), quando fizeram a inoculação da forragem de girassol na ensilagem, não observaram efeito do inoculante sobre a concentração de ácido láctico.

De forma contrária, Kung Jr. et al. (1991) observaram que o inoculante tendeu a aumentar o ácido láctico e Cai et al. (1999) observaram aumento nas concentrações deste ácido, comparado ao grupo controle, quando avaliaram silagem de alfafa, sorgo ou gramínea com 40 dias, tratadas com inoculante microbiano.

Magalhães e Rodrigues (2004) observaram que a concentração de $N-NH_3$ não foi alterada com a adição do inoculante, em silagem pré-seca de alfafa, discordando de Cai et al. (1999) e Rodrigues et al. (2001), que observaram diminuição nas concentrações do $N-NH_3$, conseqüente de fermentação realizada por bactérias benéficas.

As bactérias que compõem os inoculantes da silagem fermentam açúcares em ácido láctico, resultando na menor quantidade de perda de nutrientes (durante a fermentação), proporcionando maior estabilização da silagem após abertura do silo e uma silagem de melhor qualidade (McDONALD, 1981).

2.5 Perdas inerentes ao processo de ensilagem: efluentes e gases

As gramíneas tropicais, em especial, são plantas susceptíveis às perdas durante o processo de ensilagem, desde o momento do corte, passando pela fermentação no interior do silo, até a distribuição do material no cocho (BALSALOBRE; NUSSIO; MARTHA JÚNIOR, 2001).

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), o efluente das silagens apresenta grande quantidade de compostos orgânicos como açúcares, ácidos orgânicos, proteínas e outros componentes. Sendo assim, constitui forma importante de perda de valor nutritivo durante o processo de fermentação.

A presença de efluente dentro do silo é indesejável, e deve ser evitado para não prejudicar o processo fermentativo. Assim, a presença dos efluentes dentro dos silos e a conseqüente modificação no conteúdo de matéria seca da massa ensilada podem alterar o curso dos processos fermentativos durante a ensilagem, afetando a sua quantidade e favorecendo o crescimento de bactérias clostrídicas, aumentando a proteólise e modificando o perfil de produção de ácido orgânico (PEREIRA et al., 2005).

Durante o processo fermentativo, outra importante forma de perda é a devido à formação de gases. Essas perdas, segundo Balsalobre, Nussio e Martha Júnior (2001), estão associadas ao tipo de fermentação ocorrida no processo. Quando a fermentação ocorre via bactérias homofermentativas, utilizando a glicose como

substrato para produzir ácido láctico, as perdas são inferiores. Quando esse processo se dá via citrato ou malato, ocorre produção de CO₂ e álcool (etanol e manitol) e as perdas por gases são consideráveis. Essa fermentação é realizada por bactérias heterofermentativas, enterobactérias e leveduras (McDONALD, HENDERSON; HERON, 1991).

2.6 Análise da forragem e da silagem

A análise dos alimentos é um dos principais pontos a ser observado no setor de nutrição animal. O objetivo principal da análise é conhecer a composição química, além de verificar a identidade e pureza, sejam elas de natureza orgânica ou inorgânica (SILVA; QUEIROZ, 2002). Segundo Rosa e Fadel (2001), o valor nutritivo de uma forragem não depende apenas dos teores de nutrientes nela presente, mas também, da sua digestibilidade, dos produtos da digestão e do consumo pelos animais.

A matéria seca é ponto de partida para a análise dos alimentos. McDonald e Henderson (1962) ressaltam que, além de perdas nutricionais, o baixo teor de matéria seca das plantas forrageiras seria responsável por silagens de qualidade inferior, caracterizada por concentrações elevadas de ácido butírico e intensa degradação de proteína. O ideal para ensilagem é que a forragem apresente teores de matéria seca entre 35 e 45% (PEREIRA; REIS, 2001).

Outro fator de fundamental importância na alimentação animal são as proteínas, porquanto estão intimamente relacionadas com os processos vitais das células e, conseqüentemente, dos organismos (ANDRIGUETO et al., 1981). Distinguem-se dos demais nutrientes orgânicos por conterem em sua composição, além de hidrogênio, oxigênio e carbono, o nitrogênio e, às vezes, também enxofre

ou fósforo. Apesar de sua composição molecular complicada, elas se desfazem pela ação dos sucos digestivos em um limitado número de compostos (protéicos) mais simples, denominados aminoácidos ou ácidos aminados.

O potencial hidrogeniônico (pH) está diretamente relacionado com a qualidade da silagem. O pH é inversamente proporcional à atividade dos íons hidrogênio, a atividade é o teor de íons hidrogênio efetivamente dissociados. Porém, em soluções diluídas, como são os alimentos, pode-se considerar a atividade igual à concentração de hidrogênio (CECCHI, 1999). O rápido decréscimo do pH favorece o processo fermentativo da silagem, evitando o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis. Para um rápido abaixamento do pH, é necessário que exista no ambiente quantidade suficiente de carboidratos solúveis a serem fermentados pelas bactérias e, que o poder tampão não impeça o abaixamento do pH aos níveis desejados. Essa relação foi utilizada por Wiessbach, Schmidt e Hein (1974), para prever a qualidade de produtos ensilados através de equação.

Portanto, o teor de carboidrato solúvel das plantas forrageiras, por ocasião da ensilagem, é fundamental que seja elevado para que os processos fermentativos se desenvolvam de maneira eficiente, pois se constituem na fonte mais comum de energia para as bactérias produtoras de ácido láctico. Portanto, a abundância e a rapidez na formação desse ácido dependem da maior disponibilidade de açúcares nas forragens (SILVEIRA, 1975). Segundo Laningan e Catchpoole (1962), o conteúdo de carboidratos solúveis na matéria seca de uma planta forrageira, para a produção de boa silagem, deve situar-se em torno de 10%.

Desta forma, silagens produzidas a partir de material mais úmido apresentam maior produção ácida total, demandando maior disponibilidade de carboidratos solúveis que constituem os substratos prontamente disponíveis para o

desenvolvimento de bactérias lácticas (ANDRADE; MELOTTI, 2004). Viabilizando, assim, a adequada produção de ácido láctico e a rápida redução do pH, condição necessária para a inibição da atividade proteolítica das enzimas vegetais e do desenvolvimento das bactérias indesejáveis (MUCK, 1988).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O experimento foi implantado e conduzido no Departamento de Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo - FZEA/USP, em área pertencente à Prefeitura do Campus Administrativo da USP localizada no município de Pirassununga, SP ($21^{\circ} 59'S$ e $47^{\circ}26'W$, 634 m de altitude), sendo o clima subtropical do tipo Cwa de Köppen (OLIVEIRA; PRADO, 1984). A precipitação pluviométrica mensal e a temperatura média diária ocorrida durante o período experimental, bem como as médias de 30 anos de precipitação e temperaturas médias encontram-se na **Tabela 1**. Nas **Figuras 1 e 2** estão os extratos do balanço hídrico climatológico dos períodos experimentais e de 30 anos.

Tabela 1. Precipitação pluviométrica e temperatura média mensal do período experimental e de 30 anos em Pirassununga, SP.

Mês	Precipitação Pluviométrica (mm)		Temperatura (°C)	
	2004	Média †	2004	Média ‡
Janeiro	187	251	22,6	24,2
Fevereiro	419	217	22,2	24,3
Março	74	155	21,4	23,8
Abril	86	46	20,7	21,8
Maio	110	41	17,7	19,5
Junho	16	37	16,8	18,3
Julho	-	19	-	18,1
Agosto	-	25	-	20,0
Setembro	-	52	-	21,6
Outubro	-	126	-	22,6
Novembro	-	157	-	23,1
Dezembro	-	217	-	23,6

† Média histórica: 30 anos, Pirassununga, SP.

‡ Média histórica: 30 anos, Pirassununga, SP.

Figura 1. Extrato do balanço hídrico climatológico de Pirassununga, SP no ano de 2004.

Figura 2. Extrato do balanço hídrico climatológico de Pirassununga, SP. Média histórica de 30 anos.

3.2 Área experimental

A forragem para ensilagem, capim-braquiaraõ [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu], foi colhida de uma área experimental de 25,2 ha, composta por quatro blocos, sendo dois em sua parte superior e dois em sua parte inferior. Cada bloco apresentava quatro unidades experimentais e cada uma delas com 5 (cinco) piquetes de 3.150 m² cada, totalizando 80 piquetes. Os animais tinham acesso livre, quando numa unidade experimental, ao cocho de sal e ao bebedouro. Os tratamentos de oferta de forragem foram designados aleatoriamente às unidades experimentais (**Figura 3**).

Em 2004, ao longo do período experimental, a estimativa de massa de forragem (MF) no pré-pastejo e no pós-pastejo foi realizada de maneira indireta com prato ascendente de 35,5 cm de diâmetro e 480,2 g de peso (Ashgrove, Palmerston North, Nova Zelândia), em cerca de 50 pontos por piquete, após sua calibração. Para cada calibração, foram escolhidos cinco pontos de 1m² de área (1,0 x 1,0 m) com MF constante. Após a realização de quatro leituras em cada ponto, a forragem foi cortada ao nível do solo para a pesagem e determinação dos teores de matéria seca em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas.

As curvas de regressão linear foram geradas e os coeficientes de determinação obtidos foram superiores a 0,78 (BRAGA et al., 2004), e quando possível foram agrupadas por análise de covariância para limitar o número de equações utilizadas.

A pesagem dos animais foi realizada a cada ciclo de pastejo para avaliar o desempenho e adequar o manejo dos piquetes a cada oferta de forragem. Durante o período experimental, antes da entrada dos animais nos piquetes avaliados, nos ciclos de pastejo 2 (24/02/2004) e 3 (30/03/2004), realizou-se a colheita de forragem que foi utilizada para a ensilagem.

Figura 3. Área experimental.

3.3 Espécie de planta forrageira

A espécie de gramínea utilizada pertence ao gênero *Brachiaria*. O capim-Marandu [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu] é caracterizado pela sua tolerância à cigarrinha das pastagens, bom valor nutritivo, alta, robusta e com colmos iniciais prostrados, mas com perfilhos predominantemente eretos, podendo chegar a altura de 50 cm. As inflorescências atingem até 40 cm de comprimento, geralmente com 4 a 6 ráculos, eqüidistantes ao longo do eixo e medindo de 7 a 10 cm de comprimento (NUNES et al., 1984). O capim-braquiarião é considerado de média exigência com relação à fertilidade do solo, produz até 20 t de forragem ha⁻¹ano⁻¹ e apresenta teores médios de proteína e digestibilidade de 10% e 60%, respectivamente (NUNES et al., 1984; WERNER et al., 1996; VALLE; EUCLIDES; MACEDO, 2000). Pastos formados por esta cultivar

possuem elevado potencial para a produção de carne bovina, proporcionando ganhos de 480 a 700 kg peso vivo ha⁻¹ ano⁻¹ em média (VALLE, EUCLIDES; MACEDO, 2000)

3.4 Composição morfológica da forragem utilizada na ensilagem

A participação quantitativa (kg/ha) de folha verde (FV), colmo mais bainha verdes (CBV) e material senescente (MSen) foi determinada em amostras retiradas da forragem colhida no pré-pastejo de cada ciclo, para a ensilagem (**Tabela 2**).

Tabela 2. Participação quantitativa (kg/ha) de folhas verdes (FV) colmo + bainha verde (CBV) e material sescente (MSen) da forragem colhida para a ensilagem, considerando as ofertas de forragens (OF) nos ciclos de pastejos (CP).

CP	OF	FV	CBV	MSen
1	5%	1579,47	1691,27	1801,44
	10%	2225,52	2765,48	2131,99
	15%	2494,31	3265,68	2317,66
	20%	2405,01	3522,16	2551,75
2	5%	1420,11	1577,68	1420,13
	10%	1471,08	2453,07	2282,99
	15%	1288,98	3494,87	2537,93
	20%	1651,95	3762,99	2460,77

3.5 Silos experimentais

Os silos experimentais foram confeccionados de tubos de plástico rígido (PVC), de 10 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento, acoplados por capes (PVC) em cada extremidade, apropriados para garantir a vedação adequada (**Figura 4**). Nos capes, que vedavam a parte superior dos silos experimentais, foram confeccionadas

válvulas de escape do tipo "Bunsen" para a saída dos gases produzidos, e nos capes, que vedaram a parte inferior dos silos experimentais, foram introduzidas mangueirinhas de borracha (tripa de mico), com a finalidade de escoar o efluente em um recipiente e determinar sua quantidade. Desta forma, as perdas de matéria seca, devido ao processo fermentativo, puderam ser quantificadas pelo método gravimétrico.

Figura 4. Silo experimental.

3.6 Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso e o experimento em fatorial 4 x 3, com quatro repetições. Os fatores foram, a saber: **1º Fator** – Ofertas de forragem (5% - 5 kg de massa seca/100 kg de peso animal.dia, 10%, 15% e 20%). A pastagem estava sendo manejada em lotação rotacionada, com ciclo de pastejo de 35 dias (7 dias de ocupação e 28 dias de descanso). Anterior ao início da

fase experimental, toda a área foi uniformizada pelo pastejo animal, com a taxa de lotação de acordo com os tratamentos de oferta de forragem; **2º Fator** – Aditivo (a) Testemunha - sem polpa cítrica peletizada e inoculante; (b) Polpa cítrica peletizada a 7,5% (75 kg/t de forragem); (c) Inoculante Sil-All C4 - recomendação comercial: 250g do produto em 50 litros de água potável; pulveriza-se 1 litro/tonelada.

O experimento apresentou um total de 48 mini-silos - parcelas (12 tratamentos x 4 repetições) para cada ciclo de pastejo, que se utilizou a colheita da forragem (1º 23/02/04 e 2º 27/03/04).

3.7 Colheita da forragem para enchimento dos silos experimentais

A colheita da forragem foi realizada a altura de 5 cm do solo, utilizando-se cutelos, em áreas representativas de massa de forragem. Em cada tratamento de oferta a forragem, e no terceiro piquete de cada unidade experimental, o material era colhido separadamente, após 28 dias de descanso dos piquetes. A forragem era acondicionada em sacos plásticos etiquetados, transportada em seguida para ser picada e posteriormente ensilada. Este processo era realizado em aproximadamente trinta minutos.

3.8 Enchimento dos silos experimentais

No local da ensilagem, a forragem foi depositada sobre lona plástica para a adição da polpa cítrica peletizada ou do inoculante, homogeneizada e condicionada nos silos experimentais.

A forragem foi compactada, com caibro de madeira, tomando-se como critério a acomodação de camadas de aproximadamente 5 cm de espessura, de forma que a

pressão exercida em cada silo experimental fosse semelhante e tornasse possível uma densidade constante da massa ensilada.

Os silos experimentais, após o fechamento, foram armazenados à sombra no laboratório de ciências agrárias da FZEA-USP, com as extremidades na posição vertical.

3.9 Abertura dos silos Experimentais

Os silos experimentais foram abertos após 90 dias do fechamento, de acordo com o seguinte procedimento: pesagem do mini-silo antes da abertura; retirada da silagem, separação e pesagem da silagem considerada boa daquela estragada (contaminada por fungos, bolores, coloração e cheiro). As silagens boas e estragadas foram homogeneizadas separadamente, armazenadas em sacos plásticos identificados, e em seguida congeladas.

3.10 Determinação do efluente produzido

Os efluentes produzidos, durante o processo fermentativo, ficaram armazenados em um recipiente plástico (correspondente a cada silo experimental), que foi pesado em uma balança da marca C&F com capacidade máxima de 15 kg, capacidade mínima de 125 g e sensibilidade a 5 g, a cada dois dias, com o intuito de contabilizar o efluente e evitar a evaporação do mesmo. Após ser lavado e seco, o recipiente plástico era retornado ao local correspondente.

3.11 Determinação das perdas por gases

As perdas por gases (PG) produzidos correspondiam à subtração da massa do silo experimental cheio ao início do experimento da massa do silo cheio ao final dos 90 dias, somada às perdas de efluentes. Os cálculos foram feitos conforme eq.(1).

$$\text{PG} = \text{Massa Inicial} - (\text{Massa Final} + \text{Perda por Efluentes}) \quad (1)$$

3.12 Amostras

Para as análises que requereram amostras secas e moídas, um terço das amostras da pré-ensilagem e da silagem foram secadas em estufa de circulação forçada de ar (65 °C) e, posteriormente, procedeu-se a moagem em moinho provido de peneira com orifícios de 1 mm de diâmetro.

Dois terços das amostras permaneceram congeladas, sendo que um terço foi destinado às análises realizadas com o material fresco e o outro para garantir a preservação das mesmas, caso fosse necessária a sua utilização.

3.13 Análise das amostras da ensilagem

3.13.1 Determinação do teor de matéria seca a 65° C (MS)

As amostras foram acondicionadas em bandejas de plástico, pesadas em uma balança da marca GEHAKA e modelo 4001, e mantidas em estufa de circulação forçada de ar, de marca Marconi e modelo MA 037, a 65° C, em um período de 72 horas. As amostras foram tiradas da estufa, deixadas sobre bancada para o equilíbrio da umidade e os pesos registrados, sendo assim determinado o teor de MS.

3.13.2 Determinação do teor de matéria seca a 105° C (MST)

Os cadinhos de porcelana foram secos a 105°C, em estufa de secagem e esterelização da marca FANEM® e modelo 315 SE, retirados, colocados no dessecador e deixados até esfriar. Os cadinhos foram removidos um de cada vez do

dessecador e pesados em uma balança da marca AND e modelo HR-200. O dessecador foi mantido fechado entre as remoções dos cadinhos. Foi adicionado 1g de amostra moída aos cadinhos e os pesos dos cadinhos com as amostras foram registrados.

Na mesma estufa pré-aquecida a 105°C foram colocados os cadinhos com as amostras e deixados durante 16 horas. Os mesmos foram colocados no dessecador, deixados até esfriar e posteriormente os pesos registrados.

3.13.3 Determinação das fibras em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA)

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) ocorreram segundo método de Goering e Van Soest (1970).

3.13.4 Determinação da proteína bruta (PB)

A análise de proteína bruta foi realizada seguindo o método de Kjeldahl (AOAC, 1990).

3.13.5 Determinação do pH

Para a determinação do pH foram colocados 15g de amostra fresca em um “becker” de 250 mL e adicionado 60 mL de água deionizada. Após 30 minutos de repouso, o pH foi determinado com um leitor da marca ANALION e modelo PM 608, aferido com soluções-padrão de pH 4 e 7 e agitando o “becker” durante as leituras (SILVA; QUEIROZ, 2002).

3.13.6 Determinação do poder tampão (PT)

Na determinação do poder tampão pesou-se 15g de material fresco, colocou-se num “becker” com 250 mL de água deionizada. Depois de 30 minutos as amostras foram tituladas primeiramente para pH 3,0 com HCl a 0,1 N e então tituladas para

pH 6,0 com NaOH a 0,1 N. A variação do pH foi registrada por um leitor da marca ANALION e modelo PM 608, aferido com soluções-padrão de pH 4 e 7. A capacidade tampão é expressa em equivalente miligrama (e.mg) de ácido requerido para mudar o pH de 4,0 para 6,0 por 100g de matéria seca, após a correção para o valor da titulação de 250 mL de água deionizada (PLAYNE; McDONALD, 1966).

Número de e.mg = N x V (mL)

$$\text{E.mg/100g MS} = \frac{\text{número de e.mg} \times 100 \times 100}{\text{g (amostra)} \times \text{MS\%}}$$

3.13.7 Determinação dos carboidratos solúveis totais (CS)

Os carboidratos solúveis totais foram determinados segundo Dubois et al. (1956).

3.13.8 Determinação de cálcio e fósforo

O cálcio e o fósforo foram determinados de acordo com Silva e Queiroz (2002).

3.14 Análise das amostras de silagem

Nas amostras de silagem foram realizadas as análises de MS, MST, FDN, FDA, PB, pH, PT, cujos métodos foram mencionados anteriormente. Realizou-se também:

3.14.1 Determinação das bases voláteis

A extração do líquido das amostras de silagem foi realizada conforme o procedimento já mencionado, para os ácidos graxos de cadeia curta. O líquido

extraído foi utilizado para se determinar as bases voláteis, de acordo com Tosi (1973).

3.14.2 Determinação de ácidos graxos de cadeia curta

As amostras de silagem foram submetidas numa prensa hidráulica, exercendo a pressão de 10 toneladas, para a retirada do líquido das mesmas (**Figura 5**).

O líquido foi centrifugado em centrífuga da marca FANEM[®] - Excelsa[®] II e modelo 206 BL, a 3500 rpm durante 15 minutos. Uma aliquota de 2,0 mL do sobrenadante foi retirada e adicionada em 0,4 mL de ácido fórmico (**Figura 6**), para posterior análise de ácidos graxos de cadeia curta: ácido láctico (MOLNAR-PERL, 2000); ácido acético, ácido propiônico, ácido butírico e álcool (ERWIN, MARCO; MERY, 1961).

Figura 5. Extração do líquido da silagem em prensa hidráulica.

Figura 6. Amostras preparadas para a análise dos ácidos graxos de cadeia curta.

3.15 Análise estatística

Para as características avaliadas na silagem, segundo os diferentes tratamentos e ofertas avaliadas, utilizou-se o procedimento PROC GLM do programa *Statistical Analysis System*, versão 9.1 (SAS, 1995). Foram considerados os efeitos principais de tratamentos, das ofertas, bem como da interação entre os efeitos principais tratamentos *versus* ofertas. Nestas análises adotou-se o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijk} = \mu + T_i + O_j + TO_{ij} + e_{ijk}$$

em que,

y_{ijk} = é o valor para determinada característica avaliada observado na repetição k , na oferta j e que recebeu o tratamento i ;

μ = constante inerente às observações;

T_i = efeito do i -ésimo tratamento, sendo $i = 1$ (controle), 2 (Inoc.) e 3(PC) ;

O_j = efeito da j -ésima oferta, sendo $j = 1$ (5%), 2(10%), 3 (15%) e 4 (20%);

TO_{ij} = efeito da interação do tratamento i com a oferta j ;

e_{ijk} = efeito aleatório residual associado característica avaliada observada na repetição k , na oferta j e que recebeu o tratamento i .

Em virtude das interações significativas entre tratamentos e ofertas de forragem, para a maioria das características avaliadas, realizou-se o estudo da regressão para verificar o comportamento de cada tratamento em função das ofertas de forragem avaliadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição químico-bromatológica da forragem na pré-ensilagem

Os teores de nutrientes apresentados nas **Tabelas 3 e 4** representam a composição químico-bromatológica da forragem na pré-ensilagem no primeiro (23/02/04) e segundo (27/03/04) ciclos de avaliação, respectivamente.

As equações das análises de regressão, referentes à silagem, estão apresentadas nos **Apêndices A e B**, no primeiro e segundo ciclo de avaliação, respectivamente. As variáveis avaliadas foram: Gases (g), Gases+Efluente (G+E, em gramas), poder tampão (PT, em g/100 g MS), potencial hidrogeniônico (pH), bases voláteis (N-NH₃ na MS), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), matéria seca (MS%), proteína bruta (PB% na MS), álcool%, ácido acético%, ácido propiônico%, ácido butírico% e de ácido láctico%.

Tabela 3. Teores de matéria seca (MS%), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), fibra em detergente ácido (FDA% na MS), proteína bruta (PB% na MS), potencial hidrogeniônico (pH), poder tampão (PT, em g/100 g MS), carboidratos solúveis (CHO% na MS), cálcio (Ca% na MS) e fósforo (P% na MS) da forragem no primeiro ciclo de avaliação em 23/02/04.

Tratamentos	Ofertas	Variáveis								
		MS	FDN	FDA	PB	pH	PT	CHO	Ca	P
Controle Inoculante PC	5	19,00	87,60	47,36	5,63	7,29	3,87	6,70	3,52	3,75
		20,00	83,82	48,51	5,36	5,62	6,67	8,79	3,19	5,56
		25,22	83,66	42,71	6,40	4,98	4,28	10,01	11,88	4,55
Controle Inoculante PC	10	19,22	87,71	46,83	5,86	7,06	3,80	7,59	3,93	4,26
		23,58	84,05	47,70	4,58	6,60	5,50	6,90	3,24	5,31
		21,24	80,75	41,83	6,31	5,09	4,32	13,74	8,68	2,95
Controle Inoculante PC	15	19,42	87,07	49,15	5,25	6,77	3,56	6,17	4,16	3,68
		30,63	84,30	49,90	4,00	5,08	5,38	6,41	3,87	6,41
		23,82	80,16	43,54	4,60	5,16	4,64	10,68	6,33	3,10
Controle Inoculante PC	20	18,86	88,51	49,59	4,14	7,39	2,88	5,16	3,74	4,25
		30,27	81,55	51,25	4,85	6,45	5,45	7,42	3,63	4,66
		29,94	82,36	44,14	5,27	6,13	5,04	9,50	10,29	4,15

Tabela 4. Teores de matéria seca (MS%), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), fibra em detergente ácido (FDA% na MS), proteína bruta (PB% na MS), potencial hidrogeniônico (pH), poder tampão (PT, em g/100 g MS), carboidratos solúveis (CHO% na MS), cálcio (Ca% na MS) e fósforo (P% na MS) da forragem no segundo ciclo de avaliação em 27/03/04.

Tratamentos	Ofertas	Variáveis								
		MS	FDN	FDA	PB	pH	PT	CHO	Ca	P
Controle	5	28,26	78,28	43,33	6,17	6,04	5,92	10,46	3,29	4,75
Inoculante		29,33	79,03	44,87	7,00	5,99	8,42	12,50	2,25	5,68
PC		40,60	79,54	40,02	5,95	6,60	10,12	12,14	7,59	3,19
Controle	10	29,39	81,17	46,15	5,08	6,01	6,24	9,61	3,41	6,18
Inoculante		33,95	80,76	48,05	5,29	5,78	9,04	10,97	2,92	4,10
PC		41,87	77,53	39,58	5,77	5,35	9,08	14,07	8,72	3,93
Controle	15	33,19	81,05	47,40	4,32	5,96	7,02	10,94	3,98	4,61
Inoculante		35,13	81,39	47,87	4,95	5,84	8,23	10,12	3,19	3,86
PC		39,64	74,56	43,87	5,07	5,38	9,31	12,89	7,05	5,03
Controle	20	29,28	77,81	44,85	6,37	6,20	7,68	10,03	4,66	4,91
Inoculante		32,71	80,82	51,14	4,36	5,99	7,56	10,98	2,83	5,30
PC		35,71	75,31	45,38	4,75	6,13	12,35	14,51	6,20	4,18

Observa-se que a forragem, devido à sua composição, apresentava potencial para ser conservada na forma de silagem. Na literatura consultada, as plantas forrageiras utilizadas para a ensilagem apresentavam composição químico-bromatológica semelhante. Segundo Ruiz (1992), o sorgo que é considerado excelente gramínea para a ensilagem, deve ser cortado com o teor de MS em torno de 26,5% e a proteína com 5,4%.

Oliveira et al. (2005) determinaram a composição química da *Brachiaria decumbens* Stapf. na pré-ensilagem e, obtiveram valores de 4,6% de PB, 73,6% de FDN e 44,6% de FDA. Rodrigues et al. (2002a) avaliaram a composição químico-bromatológica da planta de milho usada para ensilagem e, obtiveram 27,3% de MS e 8,4% de PB. Esses teores são semelhantes aos do capim-braquiarião ensilado na presente pesquisa. Os teores médios de MS no primeiro e segundo ciclos de avaliação foram 22,0 e 34,1%, respectivamente. Importante ressaltar que o milho e o

sorgo são plantas com características superiores e as mais indicadas para a ensilagem.

É relevante ressaltar que a inclusão de aditivo na pré-ensilagem pode alterar a composição química do material original, principalmente os teores de MS e CHOs. É fácil perceber que a inclusão de inoculante e de polpa cítrica na ensilagem do capim-braquiarião alterou esses componentes (**Tabelas 3 e 4**).

No primeiro e segundo ciclos de avaliação, os teores de MS e de nutrientes como PB, FDN e CHOs no capim-braquiarião foram compatíveis aos do capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.) obtidos por Rodrigues et al. (2005). É importante ressaltar que os teores de CHOs, em determinados tratamentos, foram o dobro do encontrado no capim-elefante. Os teores de CHOs observados por Rodrigues et al. (2004b) foi de 7,5% para o milho e Rodrigues et al. (2002b) de 10,4% em sorgo para ensilagem, respectivamente. Para o capim-braquiarião os teores de CHOs variaram de 5,16 a 13,74% na primeira avaliação e de 9,61 a 14,51% na segunda avaliação.

Bernardes, Reis e Moreira (2005) observaram em capim-braquiarião ensilado com polpa cítrica peletizada, aumento dos teores de carboidratos solúveis em 15-20%. A adição de polpa cítrica com elevado teor de carboidratos solúveis, segundo Rodrigues et al. (2005), proporcionou aumento linear da concentração de CHOs na massa ensilada.

No presente trabalho, o comportamento citado anteriormente foi observado nos tratamentos que se utilizou polpa cítrica. Os teores médios de CHOs para os tratamentos controle, inoculante e polpa cítrica foram 6,4, 7,4 e 11,0% (primeira avaliação) e 10,3, 11,1 e 13,4% (segunda avaliação), respectivamente.

Este aumento, segundo Carvalho (1996), já era esperado, uma vez que a polpa cítrica é rica em carboidratos solúveis. Estes resultados evidenciam a possível utilização do capim-braquiário no processo de ensilagem, principalmente quando a polpa cítrica é usada como aditivo.

4.2 Perda por Gases e Efluente e Composição

No primeiro ciclo de avaliação houve interação entre os aditivos e as ofertas de forragem, quando avaliados as perdas por Gases ($P=0,0001$) e Gases+Efluente ($P=0,0002$). Para as variáveis das análises químico-bromatológicas houve interação entre os aditivos e as ofertas de forragem, exceto para o teor de fibra em detergente ácido (FDA), que apresentou somente efeito de tratamento ($P=0,0001$).

No segundo ciclo de avaliação não houve perdas por Efluente. Para as variáveis das análises químico-bromatológicas da silagem, houve interação entre os aditivos e as ofertas de forragem, exceto para o teor de fibra em detergente ácido (FDA), que apresentou somente efeito de tratamento ($P=0,0001$).

4.2.1 Perdas por Gases e Gases+Efluente

No estudo de regressão, para perdas por Gases e Gases+Efluente, constatou-se diferença significativa entre as oferta de forragem, quando não se utilizou aditivo. O comportamento foi quadrático, conforme pode ser visualizado nas **Figuras 7 e 8**. Houve redução das perdas por Gases e Gases + Efluente conforme se aumentou os níveis de oferta de forragem. Estes resultados podem ser explicados observando-se o aumento dos teores de matéria seca (**Figura 9**), à medida que os níveis de oferta de forragem aumentaram, proporcionando ambiente adequado à fermentação desejada.

Com a utilização do inoculante, as bactérias que o compõem fermentam açúcares em ácido láctico, resultando em menor quantidade de perda de nutrientes e silagem de melhor qualidade (McDONALD, 1981).

A perda de nutriente está associada à presença de efluente dentro do silo, que é indesejável, devendo ser evitado para não prejudicar o processo fermentativo. A matéria seca da massa ensilada sofre conseqüentes modificações que podem alterar o curso dos processos fermentativos durante a ensilagem, afetar a sua quantidade e favorecer o crescimento de bactérias clostrídicas, aumentando a proteólise e modificando o perfil de produção de ácido orgânico (PEREIRA et al., 2005). Analisando os teores protéicos do material na pré-ensilagem (**Tabelas 3 e 4**), observa-se que os mesmos estiveram sempre em nível abaixo de 7,0%, considerado o mínimo suficiente para a boa fermentação ruminal e conseqüente atividade microbiana.

Durante o processo fermentativo, outra importante forma de perda é a devido à formação de gases. Essas perdas, segundo Balsalobre, Nussio e Martha Junior (2001), estão associadas ao tipo de fermentação ocorrido no processo.

Figura 7. Perdas por gases durante o processo fermentativo de forragem de capim-braquiarão, colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental.

Figura 8. Perdas por gases+efluentes durante o processo fermentativo de forragem de capim-braquiarão, colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental.

No segundo ciclo de avaliação não houve perdas por Efluente, o que pode ser explicado pelo teor de matéria seca da forragem na ensilagem (**Tabela 4**). Pois na prática da ensilagem, o elevado teor de umidade de forragens interfere de forma negativa no processo fermentativo, promovendo perdas, por uma fermentação indesejada e/ou por lixiviação de nutrientes devido à percolação do efluente.

Quando se avaliaram as perdas por Gases, observa-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos para as ofertas de forragem (**Tabela 5**).

Tabela 5. Perda por Gases (g) no segundo ciclo de avaliação.

	Oferta de Forragem			
	5%	10%	15%	20%
	Gases (g)			
Controle	26,7 a	28,0 a	19,9 a	25,0 a
Polpa Cítrica	24,2 a	27,1 a	17,2 a	23,9 a
Inoculante	22,6 a	18,8 a	27,0 a	22,3 a
EPM	2,45	2,45	2,45	2,45

Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente ($P > 0,05$).

4.2.2 Teor de matéria seca

Os resultados referentes ao teor matéria seca, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 9**. Os tratamentos controle ($P=0,0620$) e polpa cítrica ($P=0,0011$) apresentaram comportamento linear ascendente. Para os tratamentos controle e polpa cítrica, a cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem foram observados aumentos de 0,15 e 0,28% da matéria seca, respectivamente. O tratamento inoculante ($P=0,0551$) apresentou comportamento quadrático.

Para o tratamento inoculante, o teor de matéria seca também aumentou com as ofertas de forragem. Fazendo-se a derivada da equação ajustada para este tratamento, verifica-se o ponto de máximo teor de matéria seca na oferta de forragem de 20%, considerada o máximo valor dentro da amplitude estudada.

A explicação do comportamento dos tratamentos em questão pode-se dar pela composição morfológica da planta forrageira utilizada na ensilagem (**Tabela 2**). Constatou-se para a oferta de forragem de 20% maior massa de forragem e material senescente em comparação às demais ofertas de forragem.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao teor de matéria seca estão apresentados na **Figura 10**. Os tratamentos controle ($P=0,0001$), inoculante ($P=0,0006$) e polpa cítrica ($P=0,0113$) apresentaram comportamento quadrático. Fazendo-se a derivada das equações estimadas para os tratamentos controle, inoculante e polpa cítrica, conclui-se que os pontos de máximos teores de matéria seca encontram-se nas ofertas de forragem de 14,0; 15,1 e 14,4%.

Sem o uso de aditivos, Andrade e Melotti (2004) observaram que o teor de matéria seca da silagem de capim-elefante foi 15,2%, enquanto que Patrizi et al. (2004) verificaram teor de 24,0% de matéria seca para silagem de capim-elefante. Para o capim-Tanzânia, sem o uso de aditivos, o teor de matéria seca foi de 19,1%, de acordo com Loures et al. (2005).

Avaliando a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante, obtidos em tipos de silos experimentais, Rodrigues et al. (2002c) obtiveram teor médio de 27,8% de matéria seca.

O teor de matéria seca da forragem ensilada tem efeito marcante em seu teor na silagem, uma vez que a aplicação de inoculante tem provocado pouca alteração nessa variável.

Ao estudar o efeito da adição de inoculantes microbianos na composição bromatológica da silagem de sorgo, Rodrigues et al. (2002b) constataram teores de matéria seca de 33,9 e 31,4% para os tratamentos sem e com inoculação, respectivamente. Adicionando inoculante microbiano na ensilagem de capim-

elefante Rodrigues et al. (2003) obtiveram teores de 15,6 e 16,9% de matéria seca para os tratamentos sem e com inoculantes, respectivamente. Por outro lado, Rodrigues et al. (2004b) ao avaliar o uso de inoculante microbiano na qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho, observaram matéria seca de 39,2% no tratamento sem inoculante e 41,5% com inoculante.

Num outro estudo sobre os efeitos de níveis crescentes de polpa cítrica na qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2005) constataram que o tratamento controle apresentou 20,6% de matéria seca, enquanto que a adição de polpa cítrica esses teores foram de 25,2%. Faria, Tosi e Godoy (1972) observaram que, a inclusão de até 20% de polpa cítrica seca, na ensilagem de capim-elefante, possibilitou o aumento do teor de matéria seca da silagem para 32%, resultando em silagem de boa qualidade.

A matéria seca, segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), é um fator que interage com os carboidratos solúveis e capacidade tamponante da planta e, determinam o padrão fermentativo da massa ensilada. Na prática da ensilagem, o elevado teor de umidade da forragem interfere de forma negativa no processo fermentativo.

Se o conteúdo de umidade do material for elevado, é necessário que o nível de carboidratos solúveis seja muito alto para favorecer a atividade das bactérias produtoras de ácido láctico e resultar silagem com baixo valor de pH. Portanto, quanto mais baixo o pH em silagens de maior umidade, maior a possibilidade de se ter fermentação de qualidade superior (GUIM et al., 2004).

Figura 9. Teor de matéria seca, considerando as ofertas de forragem e o uso ou não de aditivos, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 10. Teor de matéria seca, considerando as ofertas de forragem e o uso ou não de aditivos, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.3 Poder Tampão

Os resultados referentes ao poder tampão, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 11**. Os tratamentos controle ($P=0,0094$) e inoculante ($P=0,0007$) apresentaram comportamento linear decrescente. O tratamento polpa cítrica ($P=0,01$) apresentou comportamento quadrático.

Para os tratamentos controle e inoculante, a cada aumento de 1% na oferta de forragem, observam-se diminuição do poder tampão de 0,17 e 0,22 g/100g de matéria seca respectivamente. Estes dados estão relacionados com o teor de matéria seca da silagem, que apresentou teores elevados, quando se aumentou o nível de oferta de forragem (**Figura 9**). Resultados semelhantes foram obtidos por McDonald, Henderson e Heron (1991), que citam a interação poder tampão, carboidratos solúveis e matéria seca da planta, como determinantes no padrão fermentativo durante a ensilagem.

Com relação à polpa cítrica, a derivada da equação estimada permitiu encontrar o ponto de mínimo no poder tampão da silagem para a oferta de forragem de 11,6%. Este valor indica a oferta onde ocorre, em menor espaço de tempo, a redução do pH, que proporciona melhor fermentação pela ação de microorganismos benéficos e inibe o desenvolvimento dos indesejados.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao poder tampão estão apresentados na **Figura 12**. O tratamento polpa cítrica ($P=0,0002$) apresentou comportamento linear ascendente. O tratamento controle ($P=0,0001$) e inoculante ($P=0,0147$) apresentaram comportamentos quadráticos.

Quando da utilização de polpa cítrica, para o aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem, observou-se elevação do poder tampão da ordem de 0,48 g/100g de matéria seca.

Por outro lado, a não inclusão de aditivo e a presença do inoculante na massa ensilada proporcionaram respectivamente pontos de mínimo e máximo de poder tampão para as ofertas de forragem de 13,2 e 8% (**Figura 12**).

Figura 11. Poder tampão da silagem de capim-braquiarião colhido de pasto sob intensidade de pastejo e ensilado em silo experimental, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 12. Poder tampão de silagem de capim-braquiário colhido de pasto sob intensidade de pastejo e ensilado em silo experimental, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.4 Determinação do pH

Os resultados referentes ao pH, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 13**. Os tratamentos inoculante ($P=0,0001$) e polpa cítrica ($P=0,0011$) apresentaram comportamento linear descendente. Para cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem observou-se diminuição da ordem de 0,04 e 0,02 unidades de pH, respectivamente para inoculante e polpa cítrica.

Este comportamento pode ser explicado pelo teor de matéria seca, que se elevou à medida que os níveis de oferta de forragem aumentaram (**Figura 9**), pois maior teor de matéria seca implica em maior quantidade de carboidratos solúveis da forragem (**Tabela 3**), que servem de substrato para melhor fermentação bacteriana e rápida redução do pH.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao pH estão apresentados na **Figura 14**. Os tratamentos controle ($P=0,0001$), inoculante ($P=0,0069$) e polpa cítrica ($P=0,0025$) apresentaram comportamento quadrático. Os

valores mínimos de pH seriam obtidos se a massa forrageira fosse colhida nas ofertas de forragem de 11,7; 10,0 e 12,5% e ensilada sem aditivo, com inoculante e com polpa cítrica respectivamente.

Silagem de boa qualidade apresenta pH entre 3,8 e 4,5 (SILVA; QUEIROZ, 2002). Mari (2003) observou em silagem de capim-braquiarião, que o pH variou de 4,5 a 5,6. Esses valores estão de acordo aos encontrados no presente trabalho. Rodrigues et al. (2004b) obtiveram valores de 4,09 e 4,03, em silagem de milho com e sem aditivo, respectivamente. Na silagem inoculada de capim-elefante, Rodrigues et al. (2003) notaram pH de 3,56 e, na sem inoculante pH de 3,57. Resultado semelhante foi obtido por Rodrigues et al. (2005), que encontraram pH de 3,89 em silagem de capim-elefante sem o uso de aditivos.

Avaliando silagem de capim-elefante, Andrade e Melotti (2004) observaram valor de pH de 4,15 para o tratamento controle. Patrizi et al. (2004) encontraram valor de pH 5,0 para o tratamento controle e pH médio de 4,7 para a adição de aditivo biológicos, em silagem de capim-elefante. Rodrigues et al. (2002c), em silagem de capim-elefante, obtiveram pH médio de 5,3, valor esse possivelmente associado à fermentação indesejada.

Figura 13. pH da silagem de capim-braquiarião colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 14. pH da silagem de capim-braquiarião colhida de pasto sob intensidade de pastejo e ensilada em silo experimental, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.5 Determinação das bases voláteis (N-NH₃)

Os resultados referentes às bases voláteis, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 15**. O tratamento Inoculante ($P=0,0001$) apresentou comportamento linear descendente. A cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem observou-se diminuição de 1,39% no N-NH₃.

O teor de matéria seca do tratamento inoculante aumentou de acordo com os níveis de oferta de forragem, que se mantiveram acima em relação ao controle (**Figura 9**), o que pode ajudar a explicar os teores de bases voláteis para este tratamento, uma vez que o N-NH₃ influencia a qualidade da silagem, considerando que o nitrogênio amoniacal é produto de fermentações clostrídicas (SILVEIRA, 1975), de ocorrência muito comum em silos com forragem com alto teor de umidade.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes às bases voláteis estão apresentados na **Figura 16**. O tratamento inoculante ($P=0,0256$) apresentou comportamento linear descendente. Os tratamentos controle ($P=0,0001$) e polpa cítrica ($P=0,0056$) apresentaram comportamento quadrático. A cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem observa-se diminuição de 0,30% de N-NH₃, para o tratamento inoculante.

Figura 15. Bases voláteis de silagem inoculada de capim-braquiário, considerando uso de ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 16. Bases voláteis de silagem de capim-braquiário, inoculada ou não, considerando uso de ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.

Fazendo o tratamento matemático das equações verificou-se que os menores teores de N-NH_3 seriam obtidos nas ofertas de forragem de 10,9 e 9,8% para os tratamentos controle e polpa cítrica.

Rodrigues et al. (2004b), numa avaliação sobre o uso de inoculantes microbianos na qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho,

observaram que o teor médio de N-NH_3 foi 6,9% sem o uso de inoculante e de 6,4% no tratamento com Sil-All. Rodrigues et al. (2005) trabalharam com silagem capim-elefante e, encontraram teor médio de N-NH_3 de 3,4%. Rodrigues et al. (2002c) obtiveram teor médio de 6,7% para N-NH_3 , em silagem de capim-elefante. Andrade e Melotti (2004) avaliaram o mesmo capim e, verificaram teor de N-NH_3 de 12,4% para o tratamento controle.

Ainda com silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2003) observaram teores de N-NH_3 7,1 e 7,8%, com e sem inoculante Sil-All respectivamente. Para silagem de capim-Tanzânia, no tratamento controle, o teor de N-NH_3 encontrado foi de 10,1% (LOURES et al., 2005).

4.2.6 Teor de fibra em detergente neutro (FDN)

Os resultados referentes aos teores de fibra em detergente neutro, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 17**. O tratamento polpa cítrica ($P=0,0071$) apresentou comportamento quadrático. Observa-se que o teor de FDN aumentou com os níveis de oferta de forragem, sendo observado o ponto de máxima para a oferta de forragem de 18,3%.

Através da composição morfológica da forragem utilizada na ensilagem (**Tabela 2**), pode-se entender o comportamento do tratamento polpa cítrica no teor de FDN, pois a quantidade de FV, CBV e MSen aumentaram com os níveis de oferta de forragem.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao FDN estão apresentados na **Figura 18**. Os tratamentos controle ($P=0,0013$) e polpa cítrica ($P=0,0032$) apresentaram comportamento linear. O tratamento inoculante ($P=0,0239$) apresentou comportamento quadrático.

A cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem observou-se aumento de 0,35 e 0,32% da FDN para os tratamentos controle polpa cítrica respectivamente. O tratamento matemático da equação estimada para o tratamento inoculante verificou-se o ponto de máximo teor de FDN para a oferta de forragem de 15,7%.

Evangelista et al. (2004) avaliaram as características da silagem de capim-braquiário e observaram que os teores de FDN variaram entre 67,7 a 69,4%. Mari (2003) observou, em capim-braquiário, o teor de FDN de 67,9%, sendo que as plantas de clima tropical possuem teores maiores de FDN do que plantas de clima temperado (MORAIS, 1989).

Rodrigues et al. (2003) trabalharam com adição de inoculantes microbianos na ensilagem de capim-elefante e avaliaram a composição química e perfil fermentativo da silagem. Puderam observar que os teores de FDN foram de 69,2 e 69,2%, sem e com o uso de Sil-All respectivamente. Rodrigues et al. (2005), em silagem de capim-elefante, verificaram o teor de FDN a 66,1%.

Utilizando o inoculante Sil-All em silagem de milho, Rodrigues et al. (2004b) observaram teor de 62,4% para FDN e, no tratamento controle 63,8%. No tratamento controle, quando avaliado o efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante, o teor de FDN foi de 81,9% (PATRIZI et al., 2004). Rodrigues et al. (2002c) observaram teor de FDN de 81,3%, em silagem de capim-elefante. Rodrigues et al. (2002b) encontraram teores de FDN a 58,1% para silagem de sorgo sem inoculante Sil-All e, 60,7% com a utilização do mesmo.

Ao avaliar a composição químico-bromatológica de silagens de gramíneas tropicais tratadas com uréia, Oliveira et al. (2005) observaram o teor de FDN para a *Brachiaria decumbens* Stapf. de 73,6%.

O teor de FDN é representado pela quantidade de celulose, hemicelulose e lignina do material avaliado. Quanto maior a quantidade, menor o aproveitamento do material pelo animal.

Figura 17. Teores de FDN, considerando os tratamentos de ofertas de forragem e polpa cítrica, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 18. Teores de FDN, considerando as ofertas de forragem e o uso ou não de aditivos, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.7 Teor de fibra em detergente ácido (FDA)

Os resultados referentes ao percentual de FDA, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 19**. Para a comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os tratamentos controle e inoculante diferenciaram estatisticamente do tratamento polpa cítrica, mas não entre si. Apresentaram maior teor de FDA, quando foram comparados ao tratamento com polpa cítrica.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes à FDA estão apresentados na **Figura 20**. Os tratamentos controle, inoculante e polpa cítrica diferenciaram estatisticamente entre si. O maior teor de FDA foi observado para o tratamento controle.

Evangelista et al. (2004) avaliaram as características da silagem de capim-braquiário e notaram que os teores de FDA oscilaram entre 43,7 a 45,1%. Mari (2003) observou, para o mesmo capim, teor de FDA de 37,2%. Em silagem de *Braquiaria decumbens*, Oliveira et al. (2005) constataram teor de 44,6%.

Para silagem de capim-elefante, o uso de Sil-All e sua ausência, foram encontrados teores de FDA a 44,6 e 45,5%, respectivamente (RODRIGUES et al., 2003). Rodrigues et al. (2002c) observaram em silagem de capim-elefante teor médio de FDA de 56,3%, enquanto que Patrizi et al. (2004) verificaram em silagem com a mesma espécie de capim, no tratamento controle, FDA de 52,4%. Segundo Loures et al. (2005), na avaliação da composição bromatológica de silagens de capim-Tanzânia, o teor de FDA no tratamento controle foi de 44,4%.

Ao avaliar a silagem de milho para verificar os efeitos do uso de inoculantes microbianos na qualidade fermentativa e nutricional. Rodrigues et al. (2004b) obtiveram teores de FDA da ordem de 37,5 e 38,9% respectivamente.

Os efeitos da adição de inoculantes microbianos na composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais foram estudados por Rodrigues et al. (2002b). O teor de teor FDA no tratamento controle foi de 36,3% e, quando utilizado o inoculante Sil-All foi de 37,3%.

O teor de FDA é representado pela quantidade de celulose e lignina do material avaliado. Segue a mesma relação do FDN, quanto maior a quantidade, menor o aproveitamento do material pelo animal.

Figura 19. Teores médios de FDA, considerando o uso ou não de aditivos, no primeiro ciclo de avaliação. Médias com letras iguais não diferem estatisticamente Tukey a ($P>0,05$).

Figura 20. Teores médios de FDA, entre os tratamentos, no segundo ciclo de avaliação. Médias com letras iguais não diferem estatisticamente Tukey ($P>0,05$).

4.2.8 Teor de proteína bruta

Os resultados referentes ao teor de proteína bruta, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 21**. Os tratamentos inoculante ($P=0,0211$) e polpa cítrica ($P=0,0001$) apresentaram comportamento linear descendente. Para o uso de inoculante e polpa cítrica, o acréscimo de cada unidade percentual nos níveis de oferta de forragem acarretou diminuição de 0,04 e 0,12% nos teores de proteína bruta respectivamente.

Pastagens submetidas a menor intensidades de pastejo apresentam maior taxa de senescência de folha (PETERNELLI, 2003). Ou seja, nas menores ofertas de forragem, a quantidade de folhas novas é maior quando comparadas às maiores ofertas, sendo que nessas folhas a quantidade de proteína bruta é maior.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes aos teores de proteína bruta estão apresentados na **Figura 22**. Os tratamentos controle ($P=0,0001$), inoculante ($P=0,0399$) e polpa cítrica ($P=0,0055$) apresentaram comportamento

quadrático. Para os tratamentos controle, inoculante e polpa cítrica os pontos de mínimo teor de PB estiveram relacionados com as ofertas de forragem de 13,5; 19 e 15%.

Evangelista et al. (2004) avaliaram as características da silagem de capim-braquiário e observaram que os teores de PB variaram entre 5,2 a 5,7%. Mari (2003) observou que os teores de PB foram de 10,4%. Em silagem de *Braquiaria decumbens*, Oliveira et al. (2005) verificaram que o teor de PB foi 4,6%. Para silagem de capim-elefante com uso de Sil-All e no tratamento controle os teores de PB encontrados foram de 9,3 e 9,4% respectivamente (RODRIGUES et al., 2003). De acordo com Andrade e Melotti (2004), que trabalharam com silagem de capim-elefante, o teor de PB foi de 6,2%. Rodrigues et al. (2002c) observaram em silagem de capim-elefante, valor médio de PB a 4,8%. Ao avaliar o efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante, Patrizi et al. (2004) verificaram no tratamento controle teor de PB de 6,6%.

Avaliando os efeitos da adição de níveis crescentes de polpa cítrica na qualidade fermentativa e no valor nutritivo da silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2005) notaram teor médio de PB de 6,8%, enquanto Loures et al. (2005) observaram para a silagem de capim-Tanzânia teor de PB de 5,94% para o tratamento controle. Para a silagem de milho, Rodrigues et al. (2004b), constataram quando do uso de inoculante microbiano Sil-All e no tratamento controle, teores de PB foi 9,0 e 8,6% respectivamente.

Ao avaliar os efeitos da adição de inoculantes microbianos na composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais, Rodrigues et al. (2002b) verificaram que os teores de PB foram de 13,3 e 14,1% na ausência e presença de inoculante Sil-All respectivamente.

Esta variável merece atenção, por ser um dos fatores de fundamental importância na alimentação animal, porquanto estão intimamente relacionadas com os processos vitais das células e, conseqüentemente, dos organismos (ANDRIGUETO, 1981).

Figura 21. Teores de PB, considerando a utilização de inoculante e polpa cítrica nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 22. Teores de PB, considerando os tratamentos de ofertas de forragem e uso ou não de inoculantes, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.9 Teor de álcool

Os resultados referentes ao teor de álcool, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 23**. Os tratamentos controle ($P=0,0044$), inoculante ($P=0,0191$) e polpa cítrica ($P=0,0596$) apresentaram comportamento quadrático.

Os pontos de mínimos teores de álcool puderam ser estimados para as ofertas de 20, 15 e 7,5%, considerando a presença de inoculante, o controle e polpa cítrica respectivamente.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao percentual de álcool estão apresentados na **Figura 24**. O tratamento polpa cítrica ($P=0,0175$) apresentou comportamento linear descendente. Assim, a cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem, observou-se diminuição de 0,01 % de álcool. O tratamento inoculante ($P=0,0001$) apresentou comportamento quadrático, sendo o menor teor de álcool estimado para a oferta de forragem de 12%.

Figura 23. Teores de Álcool, considerando o uso ou não de aditivos nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 24. Teores de Álcool, considerando o uso de inoculante e polpa cítrica e ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.10 Teor de ácido acético

Os resultados referentes ao teor de ácido acético, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 25**. Os tratamentos inoculante ($P=0,0525$) e polpa cítrica ($P=0,0160$) apresentaram comportamento linear descendente. O tratamento ($P=0,0001$) controle apresentou comportamento quadrático.

Figura 25. Teores de Ácido Acético, considerando o uso ou não de aditivos nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

Para o uso de inoculante e polpa cítrica, a cada aumento de 1% nos níveis de oferta de forragem, observaram-se diminuição de 0,06 e 0,08% de ácido acético respectivamente. Para o controle estimou-se que o menor teor de ácido acético na oferta de forragem de 16,4%.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao teor de ácido acético estão apresentados na **Figura 26**. O tratamento inoculante ($P=0,0210$) apresentou comportamento linear descendente, observando-se diminuição nos teores de ácido acético da ordem de 0,06% para cada unidade percentual de aumento na oferta de forragem. O tratamento controle ($P=0,0001$) apresentou comportamento quadrático. Pela derivada da equação estimada para o tratamento controle, notou-se o menor teor de ácido acético na oferta de forragem de 13%.

Avaliando o efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica na qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2005) constataram teor médio de ácido acético a 0,7%. Com o mesmo capim, Rodrigues et al. (2003) observaram teores de ácido acético de 1,15 e 1,10%, no tratamento

controle e com o uso do inoculante Sil-All, respectivamente. De acordo com Rodrigues et al. (2002c) o teor médio de ácido acético foi de 0,29%, em silagem de capim-elefante. Já Andrade e Melotti (2004) verificaram teor de 0,30%, no tratamento controle, avaliando silagem de capim-elefante.

Figura 26. Teores de Ácido Acético, no uso dos tratamentos controle e inoculante nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.

Segundo Rodrigues et al. (2004b), avaliando o uso de inoculantes microbianos na qualidade fermentativa e nutricional de silagem de milho, com inoculante Sil-All e no tratamento controle, o teor de ácido acético foi 2,0 e 1,9% respectivamente. Rodrigues et al. (2002b) verificaram que o teor de ácido acético no tratamento controle foi de 0,86% e, quando utilizado o inoculante Sil-All foi de 0,92%.

A forragem quando apresenta alto teor de matéria seca ocorre inibição para o desenvolvimento de bactérias indesejadas, que produzem o ácido acético. Portanto, o teor de matéria seca da forragem esta diretamente relacionada com o teor percentual de ácido acético, é o que pode ser observado nos resultados do primeiro ciclo de avaliação deste trabalho.

4.2.11 Teor de ácido propiônico

Os resultados referentes ao teor de ácido propiônico, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 27**. Os tratamentos controle ($P=0,0269$) e polpa cítrica ($P=0,0135$) apresentaram comportamento linear, tendo seus teores decrescidos da ordem de 0,02 e 0,03% respectivamente, para cada unidade de aumento na oferta de forragem. O tratamento inoculante ($P=0,0039$) apresentou comportamento quadrático, sendo observado o ponto de máximo na oferta de forragem de 7%.

Figura 27. Teores de Ácido Propiônico, considerando o uso ou não de aditivos nas ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao teor de ácido propiônico estão apresentados na **Figura 28**. O tratamento controle ($P=0,0001$) apresentou comportamento quadrático, sendo o ponto de mínimo observado para a oferta de forragem de 13,7%.

Rodrigues et al. (2005), ao avaliar o efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica na qualidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante, observaram teor médio de ácido propiônico a 0,02%.

Quando levado em consideração a adição de inoculantes microbianos na composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2003) observaram teores de ácido propiônico de 0,17 e 0,19%, no tratamento controle e com o uso do inoculante Sil-All, respectivamente. De acordo com Rodrigues et al. (2002c) o teor médio de ácido propiônico foi de 0,03%, em silagem de capim-elefante.

Figura 28. Teores de Ácido Propiônico, no uso do tratamento controle nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.

De acordo com Rodrigues et al. (2004b), avaliando o uso de inoculantes microbianos na qualidade fermentativa e nutricional de silagem de milho, com inoculante Sil-All e no tratamento controle, o teor de ácido propiônico foi 0,0087% e 0,0079%, respectivamente. Rodrigues et al. (2002b) verificaram que os teores de

ácido propiônico em silagem de sorgo foram de 0,0058 e 0,0038% para os tratamentos controle e inoculante Sil-All respectivamente.

4.2.12 Teor de ácido butírico

Os resultados referentes ao teor de ácido butírico, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 29**. O tratamento inoculante ($P=0,0001$) apresentou comportamento linear decrescente, sendo na ordem de 0,26% de ácido butírico para cada unidade de aumento nos níveis de oferta de forragem. O tratamento controle apresentou comportamento quadrático ($P=0,0141$), com o pico de máximo teor na oferta de forragem de 10%.

Os teores de matéria seca (**Figura 9**) e de carboidratos solúveis (**Tabela 3**) interferem diretamente no teor percentual de ácido butírico, podendo inibir o desenvolvimento de microorganismos responsáveis pela produção do ácido em questão, sendo essa relação observada neste trabalho.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao teor de ácido butírico estão apresentados na **Figura 30**. O tratamento controle ($P=0,0001$) apresentou comportamento linear decrescente, sendo da ordem de 0,03% para cada unidade de aumento nos níveis de oferta de forragem.

Rodrigues et al. (2003) observaram, em silagem de capim-elefante, teores de ácido butírico de 0,07 e 0,04%, no tratamento controle e com o uso do inoculante Sil-All respectivamente. De acordo com Rodrigues et al. (2002c) o teor médio de ácido butírico foi de 2,82%, em silagem de capim-elefante.

Avaliando o uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional de silagem de milho, Rodrigues et al. (2004b) obtiveram teores de ácido butírico de 0,0013 e 0,0029%, com inoculante Sil-All e no tratamento controle,

respectivamente. Rodrigues et al. (2002b) verificaram que os teor de ácido butírico, em silagem de sorgo, no tratamento controle foi de 0,0085% e, quando utilizado o inoculante Sil-All foi de 0,0115%.

Figura 29. Teores de ácido butírico, considerando o uso ou não de aditivos e de ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 30. Teores de ácido butírico, no uso do tratamento controle nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.

4.2.13 Teor de ácido láctico

Os resultados referentes ao teor de ácido láctico, no primeiro ciclo de avaliação, estão apresentados na **Figura 31**. Os tratamentos inoculante ($P=0,0078$) e polpa cítrica ($P=0,0512$) apresentaram comportamento quadrático, sendo encontrados os pontos de mínimo e máximo teores de ácido láctico encontrados para as ofertas de forragem de 11 e 10% respectivamente.

No segundo ciclo de avaliação, os resultados referentes ao teor de ácido láctico estão apresentados na **Figura 32**. Os tratamentos controle ($P=0,0003$), inoculante ($P=0,0001$) e polpa cítrica ($P=0,0687$) apresentaram comportamento quadrático. Para as ofertas de forragem 12, 15 e 15,8% foram encontrados os pontos de máximo, mínimo e mínimo teores de ácido láctico, respectivamente para os tratamentos controle, inoculante e polpa cítrica.

Kung Jr. et al. (1991) observaram que o inoculante tendeu a aumentar o ácido láctico e Cai et al. (1999) constataram aumento nas concentrações deste ácido, comparado ao grupo controle, ao avaliarem silagem de alfafa, sorgo ou gramínea com 40 dias, tratadas com inoculante microbiano. Rodrigues et al. (2002b) verificaram teores de ácido láctico da ordem de 6,1 e 7,6% para o controle e inoculante Sil-All respectivamente.

Rodrigues et al. (2004b) avaliaram o uso de inoculante microbiano na qualidade fermentativa e nutricional de silagem de milho e, observaram que o teor de ácido láctico no tratamento com inoculante Sil-All foi de 3,1% e no tratamento controle 2,7%. Para silagem de capim-elefante Rodrigues et al. (2005) verificaram quando da adição de níveis crescentes de polpa cítrica teores médios de ácido láctico de 5,9%.

Em silagem de capim-elefante, Rodrigues et al. (2003) observaram teores de ácido láctico de 7,5 e 7,6% para o tratamento controle e inoculante Sil-All,

respectivamente. De acordo com Rodrigues et al. (2002c) o teor médio de ácido láctico foi de 1,03%, em silagem de capim-elefante. Já Andrade e Melotti (2004) verificaram teor de 2,40%, no tratamento controle, avaliando silagem de capim-elefante.

O teor de ácido láctico está relacionado com a ação de microorganismos benéficos, atuantes em ambientes anaeróbios, com alto teor de matéria seca e de carboidratos solúveis. Podendo, desta forma, explicar o resultado obtido neste trabalho, para a variável em questão. Quando o teor de matéria seca é alto, a concentração de ácido láctico aumenta, resultando em rápida diminuição do pH (KUNG JR et al., 1984). Essa diminuição de pH foi observada na primeira avaliação do presente trabalho (**Figura 13**).

Figura 31. Teores de ácido láctico, considerando o uso ou não de aditivos e de ofertas de forragem, no primeiro ciclo de avaliação.

Figura 32. Teores de ácido láctico, no uso dos tratamentos nas ofertas de forragem, no segundo ciclo de avaliação.

5 CONCLUSÃO

O processo de conservação de capim-braquiário numa propriedade que se utiliza do manejo de seus animais em lotação rotacionada pode ser instalado mediante o corte mecânico das plantas forrageiras em piquetes estrategicamente escolhidos.

Em menores intensidades de pastejo o capim-braquiário apresenta melhores características para ensilar, embora a composição bromatológica possa comprometer o desempenho animal. No entanto, é relevante que a planta forrageira utilizada em pastejo tenha potencial de alta produção de massa de forragem e alto teor de matéria seca, o que diminui os custos de produção por unidade de área.

Na colheita de forrageiras tropicais com alto teor de umidade e baixo teor de carboidratos fermentescíveis é viável e necessário a utilização de aditivo, quer seja para aumentar os teores de matéria seca e de carboidratos fermentescíveis e manter o poder tampão em níveis baixos (polpa cítrica) ou de microorganismos (Sil-All C4) para favorecer o processo fermentativo e assim obter uma silagem de bom valor nutritivo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. P. de. Tecnologia de produção de sementes de espécies do gênero *Brachiaria*. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Ed). SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 249-266.

ANDRADE, S.J.T.; MELOTTI, L. Efeitos de alguns tratamentos sobre a qualidade da silagem de capim-elefante cultivar Napier (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Brazilian Journal of Veterinary Research Animal Science**, v. 41, n. 6, p.409-415, 2004.

ANDRIGUETO, J.M. et al. Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos. São Paulo: Nobel, v.1, 1981. 395 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Washington, D.C.: A.O.A.C., 1990. 1141 p.

BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Controle de perdas na produção de silagem de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W.R.S.; FARIA, V.P.; DA SILVA, S.C. et al. (Ed.). SIMPÓSIO “A PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS”. Piracicaba: FEALQ, 2001. 927 p.

BARCOCK, I.; RUSSELL F.D. Fodder production and nutritive value of six shrubs on acid soil in southern ethiopia. **Tropical Agriculture**, Guilford, v. 70, n. 1, p. 13-15, 1991.

BARNETT, A. J. G. **Silage fermentation**. London Butterworths Sci. Publ., 1954.

BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Sci. Agric**. Piracicaba, v.62, n.3, p.214-220, may/june 2005.

BRAGA, G.J. et al. Estimativa indireta de massa de forragem em pasto de capim-braquiarião [(*Braquiaria brizantha* Hochst ex. A. Rich.) Stapf. cv. Marandu]. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41, Campo Grande, 2004. **Anais**. Campo Grande: SBZ, 2004. Em CD-Room.

CAI, Y. et al. Effect of applying lactic acid bacteria isolated from forage crops on fermentation characteristics and aerobic deterioration of silage. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 3, p. 520-526, 1999.

CARVALHO, M.P. Citrus. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 6., 1996, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 171-214.

CECCHI, H.M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas, SP: Unicamp, 1999. 211 p.

CLEALE, R.M. et al. Effect of inoculation of whole plant corn forage with *Pediococcus acidilactici* and *Lactobacillus xylosus* on preservation of silage and heifer Growth. **Journal of Dairy Science**, v. 73, n. 3, p. 711-718, 1990.

COBUCCI, T. Manejo integrado de plantas daninhas em sistema de plantio direto. In: ZAMBOLIN, L. (Ed.). **Manejo Integrado Fitossanidade**: cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. p. 583-624.

CONDÉ, R.A.; GOMIDE, J.A.; TAFURI, M.L. Silagem de capim-elefante: efeito da adição de fubá. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 6., 1960, Belo Horizonte, MG. *Anais...* Belo Horizonte : SBZ, 1969. p.58.

DUBOIS, M. et al. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350–356, 1956.

ERWIN, W.S.; MARCO, G.J.; MERY, E.M. Volatile fatty acids analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.

EVANGELISTA, A.R. et al. Produção de silagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 443-449, mar./abr., 2004.

FARIA, V.P.; TOSI, H. Uso da polpa de laranja fresca e seca como aditivo para ensilagem de capim-napier (*Pennisetum purpureum* Schum.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 8., 1971, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro: SBZ, 1971. p. 57.

FARIA, V.P.; TOSI, H.; GODOY, C.R.M. Polpa de laranja seca e fresca com aditivos para ensilagem de capim-elefante Napier. **Solo**, v. 64, n. 1, p. 41-46, 1972.

GHISI, O. M.; PEDREIRA, J. V. S. Características agronômicas das principais *Brachiaria spp.* In: PEDREIRA, J. V. S.; MEIRELES, N. M. F. (Ed.). ENCONTRO SOBRE CAPINS DO GÊNERO *BRACHIARIA*, Nova Odessa, 1987. **Anais...** Nova Odessa, SP: Instituto de Zootecnia, 1987. p. 97-115.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analysis: (apparatus, procedures and some applications). **Agriculture Handbook**, n. 379, Washington: USDA, ARS, 1970.

GUIM, A. et al. Padrão de fermentação e composição químico-bromatológica de silagens de jitirana lisa (*Ipomoea glabra* Choisy) e Jitirana Peluda (*Jacquemontia asarifolia* L. B. Smith) frescas e emurhecidas. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 33, p. 2214-2223, 2004.

HARGREAVES, A.B.; BUTTERDIACK, N.B.; HIRIART, M.L. Comparacion de dos silos experimentales para la investigacion de ensilages. *Agricultura Técnica*, v.46, n.2, p.185-192, 1986.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, n. 1, p. 35-56, 1993.

HERLING, V. R. et al. Produção de Carne a Pasto. In: CONGRESSO PARANAENSE DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 24., Maringá - PR, 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 fev. 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2006. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 17 fev. 2006.

IBPGR. Tropical and subtropical forages. Rome: FAO, 1984. 29 p. (Report of Working Group).

KUNG JR, L. et al. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science**, v. 67, n. 2, p. 299-306, 1984.

KUNG JR, L. et al. Effects of plant cell-wall-degrading enzymes and lactic acid bacteria on silage fermentation and composition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 12, p. 4284-4296, 1991.

LANINGAN, G.W.; CATCHPOOLE, V.R. Studies on ensilage. II. plant maturity effects in the ensilage of ryegrass and clover under laboratory conditions. **Austr. J. Agric. Reser.**, v. 13, n. 5, p. 853-863, 1962.

LOURES, D.R.S. et al. Composição bromatológica e produção de efluentes de silagem de capim-tanzânia sob efeitos do emurchecimento, tamanho de partícula e do uso de aditivos biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.726-735, 2005.

LUTHER, R.M. Effect of microbial inoculation of whole plant corn silage on chemical characteristics, preservation and utilization by steers. **Journal of Animal Science**, v.63, n.5, p.1329-1336, 1986.

MAGALHÃES, V.J.A.; RODRIGUES, P.H.M. Avaliação de inoculante microbiano na composição bromatológica, fermentação e estabilidade da silagem pré-seca de Alfafa. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 1, p. 51-59, 2004.

MARI, L.J. **Intervalo entre cortes em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu): produção, valor nutritivo e perdas associadas à fermentação da silagem**, Piracicaba, SP. 2003. 138f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

McDONALD, P.J.; HENDERSON, A.R. Buffering capacity of herbage samples as a factor in ensilage. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v. 13, p. 395, 1962.

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

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

MOLNAR-PERL; I. Role of chromatography in the analysis of sugars, carboxylic acids and amino acids in food. Review. **Journal of Chromatography A**, n. 891 p. 1-32. 2000.

MORAIS, J.P.G. Avaliação do efeito de inoculantes bacterianos sobre a qualidade de silagem e desempenho animal. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1989. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – ESALQ.

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

NUNES, S.G. et al. **Brachiaria brizantha cv. Marandu**. Campo Grande; EMBRAPA, CNPGC, 1984. 31 p. (Embrapa, CNPGC, Documentos, 21).

NUSSIO, L.G. Cultura de milho para produção de silagem de alto valor alimentício. In: SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS, 4., 1991, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: ESALQ, 1991, p.59-168.

OLIVEIRA, J.B.; PRADO, H. **Levantamento pedológico do Estado de São Paulo: quadricula de São Carlos. II Memorial descritivo**. Bol. Téc. Do I.A.C., n. 98, 1984. 188 p.

OLIVEIRA, A.C. et al. Composição químico-bromatológica e digestibilidade *in vitro* de silagem de gramíneas tropicais tratadas com uréia. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. VI, n. 10, 2005.

OWEN, F.G.; MOLINE, W.J. Sorghum for forage, In: Wall Ross, **Sorghum production and utilization**. Wesport, 1970. p. #83.

PATRIZI, W.L. Efeito de aditivos biológicos comerciais na silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.3, p.392-397, 2004.

PEDROSO, A.F.; FREITAS, A.R.; SOUZA, G.B. Efeito de inoculante bacteriano sobre a qualidade da silagem e perda de matéria seca durante a ensilagem de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 1, p.48-52, 2000.

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção e utilização de forragem pré-secada. IN: SIMPÓSIO DE FORRIGICULTURA E PASTAGEM. TEMAS EM EVIDÊNCIA, 2., 2001, Lavras. **Anais ...** Lavras: UFLA, 2001. p. 235-254.

PEREIRA, L.G.R. et al. Silos experimentais para avaliação da silagem de três genótipos de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 5, p. 690-696, 2005.

PERKINS, A.E.; PRATT, A.D. A laboratory silo and its uses. **Journal of Dairy Science**, v. 34, p. 606-614, 1951.

PETERNELLI, M. **Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiário [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu] sob intensidades de pastejo**, Pirassununga, SP. 2003. 79f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga.

PLAYNE, M.J., McDONALD, P.T. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 17, p. 264-268, jun. 1966.

POLAN, C.E.; STIEVE, D.E; GARRETT, J.L. Protein preservation and ruminal degradation of ensiled forage treated with heat, formic acid, ammonia, or microbial inoculant. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 3, p. 765-776, 1998.

PORTES, T. A. *et al.* Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, 2000.

RAMMER, C. **Manure in grass silage production**. Uppsala, 1996. Dissertation (Doctoral) – Swedish University of Agricultural Sciences.

RANGRAB, L.H.; MÜHLBACH, P.R.F.; BERTO, J.L. Silagem da alfafa colhida no início do florescimento e submetida ao emurchecimento e à ação de aditivos biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 349-356, 2000.

RENVOIZE, S. A.; CLAYTON, W. D.; SKABUY, C. H. Morfologia, taxonomia y distribución natural de *Brachiaria* (Trin) Griseb. In: MILLES, J. W.; MASS, B, L.; VALLE, B. C. (Ed.). **Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento**. Cali: CIAT; Campo Grande: EMBRAPA/CNPQ, 1998. Cap.1, p. 1- 15.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e sobre a fermentação da silagem de girassol produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 6, p. 2169-2175, 2001.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Estudo comparativo de diferentes tipos de silos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de milho. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 4, p. 1127-1132, 2002a.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2373-2379, 2002b.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 6, p. 2386-2392, 2002c.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Adição de inoculantes microbianos sobre a composição química e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 2, p. 397-402, 2003.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem da alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1646-1653, 2004a.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 538-545, 2004b.

RODRIGUES, P.H.M. et al. Efeito da adição de níveis crescentes de polpa cítrica sobre a quantidade fermentativa e o valor nutritivo da silagem de capim-elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 4, p. 1138-1145, 2005.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá, 2001. **Anais ...** Maringá: UEM/CCA/DZO, p. 41-63, 2001.

RUIZ, R.L. **Microbiologia zootécnica**: microbiologia da silagem. 1. ed. São Paulo: Roca, 1992. Cap. 6, p. 97-122.

SAS. USER'S GUIDE: **basic and statistic**. Cary: SAS, 1995. 1686 p.

SILVA, D. J.; de QUEIROZ, A. C. **Análises de alimentos:** métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SILVEIRA, A.C. Técnicas de produção de silagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 2., 1975, Piracicaba. **Anais ...** Piracicaba: FEALQ, 1975. p. 156-180.

SKERMAN, P. J.; RIVEIROS, F. **Gramíneas tropicais.** Roma: FAO, 1992. 832 p. (Colección FAO: Producción y protección vegetal, 23).

SOARES FILHO, C. V. Recomendação de espécies e variedades de *Brachiaria* para diferentes condições. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGENS, 11., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 25-48.

THIAGO, L. R. L. S. et al. Uso intensivo de pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Pennisetum purpureum* cv. Cameroon, e *Panicum maximum* cv. Mombaça visando à produção de carne. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37., Viçosa, 2000. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000. p. 321-323.

TORRES, R. A. **Conservação de forragem.** In: CURSO DE PECUÁRIA LEITEIRA, 3., 1984. NESTLE, 1984.

TOSI, H. **Ensilagem de gramíneas tropicais sob diferentes tratamentos.** Botucatu, SP. 107 p. 1973. (Tese Doutorado em Zootecnia). Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu.

TOSI, H. **Efeito de níveis crescentes de melaço na ensilagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) variedade Napier.** 87p. 1972. (Dissertação de Mestrado). Piracicaba, SP, ESALQ.

VALLE, C.B.; EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M. Características das plantas forrageiras do gênero *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17., Piracicaba, 2000. **Anais.** Piracicaba: FEALQ, 2000. p. 65-108.

VILELA, D. **Aditivos na ensilagem.** Coronel Pacheco, MG: Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite, EMBRAPA. (Circular técnica nº 21, nov. 1984).

VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1998, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu : SBZ, 1998. p.73-108.

WARDYNSKI, F.A.; RUST, S.R.; YOKOYAMA, M.T. Effect of microbial inoculation of high-moisture corn on fermentation characteristics, aerobic stability, and cattle performance. *Journal of Animal Science*, v. 71, n. 8, p. 2246-2252, 1993.

WIESSBACH, F.; SCHMIDT, L.; HEIN, E. Method of anticipation of the run of fermentation in silage making, based on the chemical composition of green fodder. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 12., Moscow, 1974. **Proceedings...** Moscow, 1974. p. 663-673.

WILKINS, R.J.; SYRJÄ, L.; BOLSEN, K.K. The future of silage in sustainable animal production. In: INTERNATIONAL SILAGE CONFERENCE, 12., Uppsala, 1999. **Proceedings.** Uppsala, 1999, p. 67-81.

WING, J.M. **Citrus feedstuffs for dairy cattle.** Gainesville: University of Florida, 1992. 15 p. (Bulletin n. 829).

WERNER, J.C. et al. Forrageiras. In: RAIJ, B. VAN; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1996. p. 261-273.

7 APÊNDICE

APÊNDICE A - Equações das regressões obtidas para cada tratamento para as variáveis Gases (g), Gases+Efluente (G+E, em gramas), poder tampão (PT, em g/100 g MS), potencial hidrogeniônico (pH), bases voláteis (N-NH₃ na MS), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), matéria seca (MS%), proteína bruta (PB% na MS), álcool %, ácido acético%, ácido Propiônico %, ácido butírico% e de ácido láctico % da silagem no primeiro ciclo de avaliação.

Variável	Tratamento	Equação	R ²
Gases	Controle	$y = 177,74 - 65,92x + 8,44x^2$	0,97
G + E	Controle	$y = 192,25 - 65,86x + 7,83x^2$	0,93
PT	Controle	$y = 26,84 - 0,167x$	0,56
	Inoculante	$y = 23,42 - 0,22x$	0,41
	PC	$y = 25,26 - 0,79x + 0,034x^2$	0,42
pH	Inoculante	$y = 5,10 - 0,04x$	0,66
	PC	$y = 4,48 - 0,02x$	0,37
BV	Inoculante	$y = 39,33 - 1,39x$	0,75
FDN	PC	$y = 55,60 + 1,46x - 0,04x^2$	0,71
MS	Controle	$y = 17,68 + 0,15x$	0,31
	Inoculante	$y = 15,47 + 1,29x - 0,03x^2$	0,62
	PC	$y = 21,32 + 0,28x$	0,61
PB	Inoculante	$y = 5,20 - 0,04x$	0,31
	PC	$y = 7,38 - 0,12x$	0,74
Alcool%	Controle	$y = 0,99 - 0,09x + 0,003x^2$	0,78
	Inoculante	$y = 0,91 - 0,09x + 0,002x^2$	0,90
	PC	$y = 0,35 + 0,03x - 0,002x^2$	0,43
Acético%	Controle	$y = 12,32 - 0,982x + 0,03x^2$	0,89
	Inoculante	$y = 2,95 - 0,06x$	0,28
	PC	$y = 3,30 - 0,08x$	0,53
Propiônico%	Controle	$y = 1,01 - 0,02x$	0,68
	Inoculante	$y = -0,04 + 0,14x - 0,01x^2$	0,41
	PC	$y = 0,62 - 0,03x$	0,45
Butírico%	Controle	$y = 2,77 + 0,40x - 0,02x^2$	0,70
	Inoculante	$y = 5,04 - 0,26x$	0,63
Lático%	Inoculante	$y = 1,50 - 0,22x + 0,01x^2$	0,64
	PC	$y = 1,88 + 0,20x - 0,01x^2$	0,13

APÊNDICE B - Equações das regressões obtidas para cada tratamento para as variáveis poder tampão (PT, em g/100 g MS), potencial hidrogeniônico (pH), bases voláteis (N-NH₃ na MS), fibra em detergente neutro (FDN% na MS), matéria seca (MS%), proteína bruta (PB% na MS), álcool %, ácido Acético %, ácido Propiônico %, ácido butírico % e de ácido láctico % da silagem no segundo ciclo de avaliação.

Variável	Tratamento	Equação	R ²
PT	Controle	$y = 40,10 - 2,37x + 0,09x^2$	0,42
	Inoculante	$y = 23,27 + 0,80x - 0,05x^2$	0,70
	PC	$y = 16,20 + 0,48x$	0,80
pH	Controle	$y = 5,25 - 0,14x + 0,006x^2$	0,85
	Inoculante	$y = 4,29 + 0,04x - 0,002x^2$	0,36
	PC	$y = 4,22 - 0,05x + 0,002x^2$	0,79
N-NH ₃	Controle	$y = 30,74 - 2,835x + 0,13x^2$	0,76
	Inoculante	$y = 17,80 - 0,30x$	0,53
	PC	$y = 15,03 - 1,18x + 0,06x^2$	0,62
FDN	Controle	$y = 71,5 + 0,35x$	0,51
	Inoculante	$y = 66,66 + 1,57x - 0,05x^2$	0,57
	PC	$y = 73,56 - 0,32x$	0,42
MS	Controle	$y = 14,60 + 2,51x - 0,09x^2$	0,71
	Inoculante	$y = 17,96 + 2,12x - 0,07x^2$	0,57
	PC	$y = 26,89 + 1,44x - 0,05x^2$	0,40
PB	Controle	$y = 9,57 - 0,81x + 0,03x^2$	0,88
	Inoculante	$y = 7,80 - 0,38x + 0,01x^2$	0,73
	PC	$y = 6,518 - 0,30x + 0,01x^2$	0,46
Álcool%	Inoculante	$y = 0,902 - 0,12x + 0,005x^2$	0,84
	PC	$y = 0,40 - 0,01x$	0,46
Acético%	Controle	$y = 6,62 - 0,78x + 0,03x^2$	0,80
	Inoculante	$y = 2,34 - 0,06x$	0,50
Propiônico%	Controle	$y = 5,79 - 0,82x + 0,03x^2$	0,84
Butírico%	Controle	$y = 0,79 - 0,03x$	0,43
Lático%	Controle	$y = -1,11 + 0,36x - 0,015x^2$	0,70
	Inoculante	$y = 4,56 - 0,60x + 0,02x^2$	0,81
	PC	$y = 4,123 - 0,221x + 0,007x^2$	0,29