

CR1
6866



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDO INTERESPECÍFICO
DE *Leucaena* E SUA QUALIDADE EM ASSOCIAÇÃO COM
Brachiaria brizantha CV. MARANDU**

Alexandre de Oliveira Barcellos
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL
Fevereiro de 2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA FACULDADE DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS CAMPUS
JABOTICABAL

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDO
INTERESPECÍFICO DE *Leucaena* E SUA QUALIDADE EM
ASSOCIAÇÃO COM *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU

Alexandre de Oliveira Barcellos

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Andrade Reis

Co-Orientadora: Prof^a. Dr^a. Telma Teresinha Berchielli

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Zootecnia (Produção Animal)

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

Fevereiro de 2006

Barcellos, Alexandre de Oliveira
B242a Avaliação agronômica de híbrido interespecífico de *Leucaena* e
sua qualidade em associação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu
Alexandre de Oliveira Barcellos. - - Jaboticabal, 2006
vi, 217 t.; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2006

Orientador: Ricardo Andrade Reis

Banca examinadora: José Alberto Gomide, Valdo Rodrigues Herling,
Isabelle Auxiliadora Molina de Almeida Teixeira, Ana Cláudia
Ruggieri

Bibliografia

1. Tolerância a solos ácidos. 2. Valor nutritivo. 3. Produtividade
animal. I. Título. 11. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias.

CDU 636.085:633.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação - Serviço Técnico
de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

Unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

CÂMPUS DE JABUTICABAL

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDO INTERESPECÍFICO DE *Leucaena* E SUA
QUALIDADE EM ASSOCIAÇÃO CCM *Brachiaria brizantha* CJ. MARANDU

AUTOR:

ALEXANDRE DE OLIVEIRA BARCELLOS

ORIENTADOR:

Dr. **RICARDO ANDRADE REIS**

Co_ORIENTADOR(a):

DR^a. TELMA TERESINHA BERCHIELLI MORENO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em ZOOTECNIA pela
Comissão Examinadora:

Dr. RICARDO ANDRADE REIS

Dr. JOSÉ ALBERTO GOMIDE

Dr. VALDO RODRIGUES HERLING

Dr^a. IZABELLE AUXILIADORA MOLINA DE ALMEIDA TEIXEIRA

Dr^a. ANA CLÁUDIA RUGGIERI

Data da realização: 07 de fevereiro de 2006.

Presidente da Comissão Examinadora
Dr. RICARDO ANDRADE REIS

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ALEXANDRE DE OLIVEIRA BARCELLOS - nascido em Bagé, no Estado do Rio Grande do Sul, em 7 de junho de 1959. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no ano de 1982. Iniciou suas atividades em pesquisa como bolsista do programa de "Pasturas Tropicales" desenvolvido em parceria entre Embrapa e o Centro Internacional de Agricultura Tropical -CIAT, sediado na Colômbia. Ingressou, no ano de 1985, na Embrapa, como pesquisador, integrando a equipe de forrageiras e pastagens no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, localizado em Brasília, DF. Obteve o título de Mestre pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul no ano de 1990 onde redigiu dissertação intitulada: Avaliação de métodos para quantificação da forragem disponível em áreas sob pastejo. Atuou como coordenador de projetos de pesquisa em recuperação da capacidade produtiva de pastagens na Região do Cerrado e conduziu trabalhos de pesquisa nas áreas de avaliação e seleção de espécies forrageiras.

DEDICATÓRIA

"Barra do Piráí - RJ, 16/04/1938

A meu filho, Zezinho

Seja esta obra, **As Forças Morais**, de José Igenieros, de profunda meditação, que encerra um thezouro de ensinamentos, a chispa offuscante a iluminar o caminho abrupto da sua juventude, seja o catecismo da sua vida, o guia dos seus passos e ações, como homem individuo, como homem personalidade, como homem idealista e creador, como homem coletividade.

Nas suas reflexões vacilantes, nos momentos e nos instantes de tibieza, quando seu espírito estancar fatigado, leia essa admirável obra e retoma às suas energias porque "a juventude finda quando se apaga o entusiasmo" e porque "os povos, como os homens, navegam sem chegar nunca.

Amaral Barcellos"

Dedicatória do livro As Forças Morais, que recebeu do seu pai, ao completar dezesseis anos.

Dedico ao Engenheiro Agrônomo e Zootecnista **José Mendes Barcellos** que seguindo os princípios e ensinamentos de seu pai deixou, aos seus 83 anos de vida, um grande legado e muita saudade em nossos corações.

Brasília, 09/09/ 2005.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Luis Roberto de Andrade Rodrigues grande amigo, mestre e incentivador que tantos exemplos nos ofereceu, meu eterno e profundo agradecimento.

Ao Professor Ricardo Andrade Reis pelo grande apoio, amizade e orientação para que esse trabalho fosse realizado.

A professora Teima Terezinha Berchielli pela amizade e presteza dedicada à realização desse treinamento de doutorado.

À UNESP- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade do convívio e realização do curso de doutoramento.

À Embrapa e a unidade Embrapa-Cerrados pelo apoio e oportunidade de qualificação profissional.

Ao convênio UNIPASTO/Embrapa pelo apoio e aporte financeiro.

Aos inúmeros colegas da Embrapa Cerrados que tanto apoiaram a execução dos trabalhos de tese. Faço especial menção aos caros amigos Lourival Vilela, Geraldo Martha Bueno Junior, Allan Kardec Braga Ramos, Cláudio Takao Karia, Ronaldo Pereira de Andrade, Francisco Duarte Fernandes e Segundo Urquiaga.

Aos estagiários que muito contribuíram com sua dedicação e esforço, o que possibilitou a realização dos trabalhos de coleta de dados de campo.

À equipe de funcionários da Embrapa Cerrados que não mediram esforços nos laboratórios, campo experimental, transportes e serviços auxiliares para que os trabalhos de pesquisa lograssem os objetivos estabelecidos.

Ao meu amigo-irmão, mestre e incentivador Wenceslau Goedert, pelos seus ensinamentos, amizade e eterna juventude e vibração.

Aos meus Pais e irmãos pelo exemplo que me proporcionaram e o forte incentivo.

Agradeço, com o mais profundo sentimento de amor, à minha esposa Marizete e nosso filho Guilherme, imprescindíveis à realização do curso de treinamento, pela compreensão, carinho e estímulo.

SUMÁRIO

Páginas

LISTA DE ABREVIATURAS

iv

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDO INTERESPECÍFICO DE *Leucaena* E SUA QUALIDADE EM ASSOCIAÇÃO COM *Brachiaria brizantha*

CV. MARANDU	v
Resumo	v

AGRONOMIC EVALUATION OF THE INTERSPECIFIC *Leucaena* HYBRID AND ITS FORAGE QUALITY WHEN ASSOCIATED WITH *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU

Summary	vi
---------------	----

CAPÍTULO 1 - ASPECTOS DAS PASTAGENS RELACIONADOS COM A PRODUÇÃO ANIMAL BOVINA

1.1 Introdução Geral.....	1
1.2 Produção bovina de corte em pastagens	4
1.2.1 O pasto como fonte de alimento para bovinos	8
1.2.2 Complementação protéica da dieta de bovinos em pastejo	12
1.3 Avaliação da composição botânica da dieta de bovinos em pastejo.....	17
1.4 leguminosas forrageiras: gênero <i>Leucaena</i>	21
1.4.1 Origem e características.....	21
1.4.2 Adaptação e seleção de plantas tolerantes a solos ácidos	24
1.4.3 Produção, valor nutritivo e qualidade de <i>Leucaena</i>	30
1.4.3.1 Produção de forragem	31
1.4.3.2 Valor nutritivo	32
1.4.3.3 Desempenho animal em pastos com <i>Leucaena</i>	35
1.5 Fatores anti nutricionais em <i>Leucaena</i>	38

CAPÍTULO 2. RESPOSTA DE *Leucaena* híbrida 1111x25" E *L. leucocephala* CV. CUNNINGHAM À APLICAÇÃO DE FÓSFORO E À CALAGEM EM SOLO

DE CERRADO	45
Resumo	45
2.1 Introdução.....	46
2.2 Material e métodos	53
2.2.1 Caracterização da área experimental	53
2.2.2 Tratamentos avaliados e condução do ensaio.....	53
2.2.3 Coleta de dados e análise laboratorial.....	56
2.2.4 Análise estatística	57
2.3 Resultados e discussão	59

2.3.1 Caracterização química do solo	59
2.3.2 Efeitos da calagem na produção de massa vegetal	61
2.3.3 Produção de matéria seca e características químicas do solo.....	64
2.3.4 Efeito de doses de fósforo na produção de <i>Leucaena</i> cv.11 X25	67
2.3.5 Proporção de folhas e ramos e composição mineral.....	70
2.4 Conclusões	75

CAPÍTULO 3 - VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CONTENDO PROPORÇÕES *Leucaena* HÍBRIDA E *Brachiaria brizantha* CV.

MARANDU	76
Resumo.	76
3.1 Introdução	77
3.2 Material e métodos	85
3.2.1 Local do experimento.....	85
3.2.2 Animais e tratamentos experimentais	85
3.2.3 Produção de forragem para composição das dietas	86
3.2.4 Rotina de alimentação	87
3.2.5 Preparação das dietas experimentais	87
3.2.6 Tratamento das amostras e procedimentos laboratoriais	88
3.2.6.1 Amostras de forragem.....	88
3.2.6.2 Amostras de fezes e determinação de 813C	90
3.2.6.3 Amostras de sangue.....	91
3.2.7 Análise estatística	92
3.3 Resultados e discussão	93
3.3.1 Composição química dos componentes das dietas experimentais	93
3.3.2 Análise da composição botânica da dieta	97
3.3.3 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes.....	102
3.3.4 Fatores anti nutricionais em <i>Leucaena</i>	108
3.3.5 Concentração de Nitrogênio-uréia plasmática (NUP)	112
3.4 Conclusões.....	118

CAPÍTULO 4 - PRODUÇÃO DE FORRAGEM E QUALIDADE DE *Leucaena* HÍBRIDA CONSORCIADA COM *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU NA REGIÃO DO CERRADO

Resumo.....	120
4.1 Introdução	121
4.2 Material e métodos.....	128
4.2.1 Local do experimento e histórico da área.....	128
4.2.2 Instalação e condução do experimento de pastejo	129
4.2.3 Amostragem da massa de forragem e sua composição	132
4.2.4 Manejo do pastejo e animais avaliadores	135
4.2.5 Coletas de amostras de fezes e sangue	137
4.2.6 Análises laboratoriais da amostras de forragem	138
4.2.7 Determinação da eficiência da fertilização nitrogenada	138

4.2.8 Análise estatística.....	139
4.3 Resultados e discussão	141
4.3.1 Caracterização e quantificação e da forragem disponível	141
4.3.1.1 Características químicas da forragem.....	141
4.3.1.2 Quantificação da massa de forragem	146
4.3.1.3 Participação de <i>Leucaena</i> na oferta total de forragem.....	153
4.3.2 Avaliação do desempenho animal.....	156
4.3.3 Composição botânica da dieta e parâmetros sangüíneos	169
4.3.4 Efeitos da mimosina sobre parâmetro sangüíneo.....	176
4.3.4 Eficiência da fertilização nitrogenada	179
4.4 Conclusões	188
 CAPÍTULO 5 - CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES	 189
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 192

LISTA DE ABREVIATURAS

<u>Abreviatura</u>	<u>Significado</u>
A	<i>Medicago sativa</i> ; Alfafa
B.b.	<i>Brachiaria brizantha</i> cv. Marandu
C	<i>Leucaena leucocephala</i> cv. Cunningham
CVMS	consumo voluntário de massa seca
Dap	digestibilidade aparente
DFDA	digestibilidade aparente da FDA
DFDN	digestibilidade aparente da FDN
DHP	dihidroxipiridina
DIVMO	digestibilidade <i>in viro</i> da matéria orgânica
DIVMS	digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca
DMS	diferença mínima significativa
DMSVC	densidade de matéria seca de colmos
DMVSF	densidade de matéria seca de folhas
DMVST	densidade de matéria seca de total
EM	energia metabolizável
FDA	fibra em detergente ácido
FDN	fibra em detergente neutro
GMD	Ganho de peso médio diário
LDA	Lignina insolúvel em detergente ácido
Lh	<i>Leucaena</i> híbrida (11X25)
m	saturação por alumínio (Al ³⁺)
MM	matéria mineral
MS	massa seca
MVS	massa verde seca
MVST	massa seiva verde total
N	nitrogênio
NIDA	nitrogênio insolúvel em detergente ácido
NUP	nitrogênio- uréia plasmática
OF	oferta de forragem
PB	proteína bruta
PIDA	proteína insolúvel em detergente ácido
PV	peso vivo animal
SB	soma de bases
T	capacidade de troca catiônica
TC	tanino condensado
T3	triiodotironina
T4	tiroxina
TL	taxa de lotação
V	saturação por bases no solo

AVALIAÇÃO AGRONÔMICA DE HÍBRIDO INTERESPECÍFICO DE *Leucaena* E SUA QUALIDADE EM ASSOCIAÇÃO COM *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU

RESUMO - As poucas informações sobre adaptação e manejo de leguminosas forrageiras no Cerrado brasileiro limitam sua adoção de forma mais ampla. O presente estudo foi conduzido para ampliar o conhecimento sobre características agronômicas e de qualidade do híbrido interespecífico de *Leucaena* (Lh) em cultivo exclusivo e consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (B.b.). No primeiro experimento, avaliou-se a produção de massa vegetal da Lh em resposta a aplicação de fósforo e calcário no solo. Em gaiolas metabólicas, foram determinadas a digestibilidade e o consumo de forragem por bovinos. Finalmente, avaliaram-se, em condições de pastejo, atributos agronômicos e de qualidade de pastagens exclusivas de B.b. e consorciadas com Lh, em reposta a adubação com nitrogênio. A massa de forragem (folhas, colmos e ramos) e o desempenho de novilhas Nelore em recria foram avaliados entre os anos de 2003 a 2005. A dieta selecionada foi caracterizada pela técnica do $\delta^{13}\text{C}$. A produção de massa da Lh, em solos com alta saturação por alumínio, baixa concentração de cálcio e magnésio e baixo pH, foi maior do que a da cv. Cunningham, sendo a resposta da Lh linear e crescente às doses de fósforo. O aumento da Lh na dieta dos animais confinados não afetou o consumo de forragem, mas a digestibilidade decresceu, em razão da participação de ramos da Lh. A concentração de uréia sanguínea aumentou nos animais confinados e em pastejo, indicando, possivelmente, ineficiência no uso da proteína adicional proveniente da Lh. A redução da concentração de triiodotironina, no soro sanguíneo, refletiu o efeito tóxico da mimosina. O desempenho e a produtividade animal e a eficiência do uso do fertilizante nitrogenado, em termos biológicos e econômicos, foram maiores na pastagem consorciada.

Palavras-Chave: composição química, leguminosa forrageira, produtividade animal, mimosina, uréia sanguínea, leucena.

AGRONOMIC EVALUATION OF THE INTERSPECIFIC *Leucaena* HYBRID AND ITS FORAGE QUALITY WHEN ASSOCIATED WITH *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU

SUMMARY – Limited information regarding the adaptation and management of forage legumes in the Brazilian Cerrado emerges as a major issue avoiding its widespread adoption. This study focused on improving the knowledge on agronomic and quality traits of the interspecific *Leucaena* hybrid (Lh) on pure stands or when associated with *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Bb). In a first experiment, Lh forage production in response to phosphorus and lime application was evaluated. In a cage study, the nutritive value, digestibility and intake by caUle of the Lh was determined. Finally, agronomic and quality traits of the Lh-Bb mixture, in response to nitrogen fertilization, were evaluated under grazing conditions. Herbage (leaf and stem) mass and the performance of yearling Nellore heifers were monitored from 2003 to 2005. Diet selection followed the $\delta^{13}\text{C}$ technique. The forage production of the Lh in soils with high aluminum saturation, low calcium and magnesium concentrations and low pH was

higher compared to the cultivar Cunningham. Lh forage mass linearly responded to phosphorus addition. Herbage intake was not affected but decreased digestibility was observed when the levels of Lh was increased in the diet of confined animals. Blood urea nitrogen concentration increased in both confined and grazing animals, possibly indicating that the additional ingested protein provided by the Lh was not used efficiently. The reduction of the triiodothyronine concentration in the serum reflected the effect of mimosine. Animal performance and productivity and the nitrogen use efficiency, in both biological and economic terms, was highest in mixed pastures.

Keywords: forage tree legume, live weight gain, mimosine, blood urea, acid soil tolerance, leucaena, animal performance

CAPÍTULO 1 – ASPECTOS DAS PASTAGENS RELACIONADOS COM A PRODUÇÃO ANIMAL BOVINA

1.1 Introdução geral

A pecuária bovina brasileira, em regiões tropicais, está baseada em pastagens cultivadas de gramíneas, em especial, do gênero *Brachiaria*, adaptadas às condições edafoclimáticas. Os sistemas de produção predominantes são extensivos. A produtividade animal é condicionada à sazonalidade da oferta de forragem e do seu valor nutritivo, principalmente na estação seca, e pelas ineficiências inerentes aos processos de colheita e conversão do alimento pelos ruminantes. A proteína consumida pelos bovinos, geralmente em quantidades restritas, sua degradação e o desbalanço protéico-energético no ambiente ruminal, limitam seu aproveitamento e o desempenho animal.

As leguminosas forrageiras, embora sejam reconhecidas como alternativa às limitações da produção animal em pastagens tropicais, ainda são pouco usadas. Os principais entraves, para sua adoção nos sistemas de produção, são atribuídos à pequena oferta de cultivares, sua baixa adaptação a solos ácidos e baixa persistência em condições de pastejo.

A *Leucaena* tem sido apontada como um dos gêneros de grande potencial para exploração pecuária em ambientes tropicais. As experiências relatadas na Austrália, Ásia, América Central e do Norte confirmam o potencial forrageiro dessa leguminosa e assinalam suas limitações. Entre estas, sua restrita adaptação a solos ácidos e com elevada saturação por alumínio, predominantes no Brasil, especialmente, na Região do Cerrado, impedem uma ampla adoção nos sistemas de produção. Fatores antinutricionais, sobretudo o aminoácido mimosina, restringem sua aplicação na atividade pecuária. As implicações do manejo de plantas arbustivas em pastagem também frustram muitas tentativas e expectativas.

Grande esforço de equipes de pesquisa, nacionais e internacionais, tem sido despendido para superar as limitações agrônômicas do gênero, resultando na liberação

comercial de novos cultivares. Dentre esses, foi possível a geração de híbridos interespecíficos adaptados a solos ácidos, com novas perspectivas de utilização em sistemas pastoris. A exploração das virtudes nutricionais como o alto teor de proteína e sua menor degradação no rúmen, pela presença de taninos em concentrações toleráveis, reforçam a importância de seu valor forrageiro para composição da dieta de ruminantes.

No Bioma Cerrado, o gênero *Leucaena* parece ser de grande importância para produção de forragem, especialmente na estação chuvosa. O que poderia ser uma restrição, por não equacionar os entraves à produção na estação seca, constitui-se em oportunidade para intensificação da produção bovina em pastagens. Otimizar a produção de forragem, empregando espécies adaptadas às condições edafoclimáticas, durante os períodos mais propícios à produção, possibilitaria maior produtividade e eficiência no uso de insumos e dos recursos, podendo reduzir custos de produção e minimizar riscos econômicos.

O híbrido interespecífico de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e *Leucaena diversifolia* (Schltdl.) Benth, estudado no presente trabalho de tese, é resultante do processo de avaliação e seleção de plantas do gênero desenvolvido com o objetivo de ampliar a oferta de cultivares adaptados a solos ácidos.

As ações implementadas neste trabalho de tese deverão avaliar e demonstrar o potencial da nova cultivar de *Leucaena* quanto à sua inserção nos sistemas de produção. As seguintes hipóteses serão testadas no trabalho: o híbrido de *Leucaena* selecionado apresenta características de adaptação a solos ácidos e com menor saturação por bases, sendo mais adaptada e produtiva que a cultivar comercial Cunningham; a *Leucaena*, por apresentar elevado valor nutritivo, atua positivamente sobre o consumo animal e a digestibilidade da forragem, quando associada à gramínea *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf cv. Marandu; e a associação *Leucaena* híbrida e *B. brizantha*, em condição de pastejo, favorece o desempenho animal e a produtividade da pastagem.

Portanto, foram implementados experimentos para avaliar o potencial de produção de massa vegetal do híbrido de *Leucaena*, em condições variáveis de

saturação por bases e fósforo no solo. O valor nutritivo, o consumo e a digestibilidade da forragem foram avaliados em ensaio com bovinos em gaiolas metabólicas. Alterações em parâmetros sanguíneos, como concentração de uréia plasmática (NUP) e triiodotironina (T_3), deverão caracterizar o aproveitamento da proteína ingerida pelos animais e os efeitos antinutricionais, respectivamente. A avaliação do híbrido de *Leucaena* também foi realizada em condições de pastejo, consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, possibilitando estudar características da pastagem, da dieta selecionada e desempenho animal. O conjunto de dados gerados objetiva também ampliar o conhecimento sobre a cultivar Marandu e o híbrido interespecífico e subsidiar a liberação comercial da nova cultivar de *Leucaena*.

1.2. Produção bovina de corte em pastagens

A atividade pecuária bovina brasileira detém o maior rebanho comercial do globo, com cerca de 192,5 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2004). Desse total, mais de 130 milhões de cabeças estão envolvidos no processo de produção de carne. A área total de pastagens, no ano de 1996, segundo Censo Agropecuário do IBGE (IBGE, 1997), somava cerca de 178 milhões de hectares. As pastagens cultivadas contribuem com 98,3 milhões de hectares da área total. Estima-se que existam atualmente cerca de 220 milhões de hectares em pastagens nativas e cultivadas. As áreas com culturas anuais e perenes representam a terça parte desse total (COUTINHO, 2004).

A região do Cerrado brasileiro, na última década, destacou-se como a grande propulsora do negócio da carne bovina de corte brasileira. Dados do IBGE (1997) apontavam a existência de cerca de 56 milhões de cabeças bovinas, ou seja, 37% do rebanho nacional, ocupando uma área de pastagens cultivadas de 49,4 milhões de hectares (SANO et al., 1999) na região. Em 2002 (IBGE, 2002) a estimativa do rebanho bovino alcançou 70 milhões de cabeças, refletindo crescimento de 24% entre 1996 e 2002. Guardada a proporcionalidade, entre o avanço das áreas cultivadas com pastagens e o aumento no contingente bovino, podem existir atualmente de 57 a 60 milhões de hectares de pastagens nessa região (VILELA et al., 2004).

O significativo avanço da pecuária nacional, a partir da década de 1970, ocorreu em um período de grande turbulência política e econômica. Os planos econômicos, crises no fornecimento mundial de energia e no mercado internacional e, internamente, instabilidade política e econômica gerando grande inflação. Essas incertezas encontraram, na atividade pecuária extensiva em pastagens, um ambiente seguro, em função de sua liquidez e baixo risco (BARIONI et al., 2003). A terra desempenhou a função de preservar ativos fixos de reserva de valor (REZENDE, 2003), causando demanda e elevação em seu preço. A baixa produtividade e remuneração, inerentes aos sistemas extensivos, eram compensados pela valorização do fator terra. Essa situação levou ao desvirtuamento da atividade pecuária, tornando-a economicamente menos competitiva. Estudos desenvolvidos por BARROS et al. (2003) demonstram que

a redução no poder de compra da pecuária, entre os anos de 1991 a 2004, foi de sete pontos percentuais, em função da deterioração do poder de troca, entre insumos e produtos comercializáveis e da produtividade. Nesse mesmo período, a atividade agrícola teve incremento de 76% na capacidade de troca, impulsionada pelo aumento no valor dos produtos e da produtividade. A estabilização da moeda e a competição, gerada por outras atividades econômicas, impõem a necessidade de uso mais intensivo do fator terra, requerendo mudanças no modelo de exploração pecuária.

A produção anual de carne bovina brasileira é da ordem de 8,35 milhões de toneladas. Cerca de 90% da carne é produzida em sistemas em que a alimentação do rebanho está baseada exclusivamente em pastagens (ARRUDA, 1997). O restante da produção depende diretamente de pastagens, em função das atividades de cria, recria e terminação em semiconfinamentos. A produção de carne, nesse regime alimentar, representa cerca de 19% da renda bruta da atividade agropecuária (MARTHA JUNIOR, 2003). Apesar das significativas cifras da atividade pecuária, sua eficiência, medida pela relação entre o número total de cabeças e o número abatido, permanece com valores próximos a 21,5% (ANUÁRIO DBO, 2005).

A produção animal, baseada em pastagens tropicais com restrições de valor nutricional, intrínsecas às espécies e a estacionalidade de produção de forragem imprimem baixos índices à atividade. Entretanto, o modelo de produção, em regime de pastagens, ainda representa a principal opção para conferir competitividade ao setor, uma vez que modelos mais intensivos de produção, baseados na adição de grãos e concentrados, têm demonstrado resultados econômicos desfavoráveis no Brasil (EUCLIDES et al., 2001a). Portanto, a matriz de produção da pecuária nacional deverá buscar eficiência de seus sistemas de produção, baseada em pastagens produtivas e que atendam às necessidades nutricionais dos rebanhos. A intensificação dos sistemas de produção, em regime de pastagens, tem sido estudada e defendida por diversos autores, em inúmeros trabalhos, como alternativa para tornar a atividade pecuária bovina de corte competitiva (CORSI & MARTA JUNIOR, 1997; CORRÊA, 1999; CORSI et al., 2001; AGUIAR et al., 2002), incluindo a necessidade de suplementação protéica

e energética de forma estratégica (EUCLIDES et al., 2001a e b; REIS et al., 2004; REIS et al., 2005).

A falta de compreensão dos processos de produção da forragem, sua utilização e conversão em produto animal, assinaladas por HODGSON (1990), evidenciam um paradoxo vivido pelos pecuaristas. Como exemplo, tem-se a grande extensão de pastagens degradadas que representa um entrave à sustentabilidade da atividade (BARCELLOS, 1996; MACEDO, 2000). A produção de forragem é deprimida, a utilização é inadequada em decorrência da taxa de lotação animal excessivamente alta ou baixa e, conseqüentemente, a conversão é insuficiente para manutenção de uma atividade rentável e econômica. Dessa forma, não são atendidos os conceitos básicos de manejo, visando à estabilidade da comunidade de plantas que compatibilizam pressão de pastejo com capacidade de suporte (GOMIDE & GOMIDE, 2001).

Espécies que se adaptem e possam ser cultivadas em solos tropicais, produzindo expressiva quantidade e qualidade de forragem, são de fundamental importância, em função da extensão das áreas que apresentam limitações quanto à fertilidade do solo. Na América do Sul tropical, 55% da área (820 milhões de hectares) apresentam solos ácidos, sendo que, no Brasil, cerca de 573 milhões de hectares são formados por oxissolos e ultissolos, com pH ao redor de 5,0, baixos teores de cálcio trocável e altas concentrações de alumínio (GOEDERT, 1983).

A oferta de espécies forrageiras, adaptadas às diversas pressões bióticas e abióticas, avaliadas e disponibilizadas pelas instituições nacionais de pesquisa para inserção na cadeia produtiva de carne, foi primordial para alcançar a atual expressão econômica da atividade. Os gêneros *Brachiaria*, *Panicum*, *Andropogon* são amplamente cultivados e respondem a um espectro variado de condições de solo, clima, ataque de pragas e doenças e sistema de uso. O gênero *Brachiaria*, com as espécies *B. brizantha* cv. Marandu e *B. decumbens* Stapf, destaca-se por suas características agrônômicas que as levaram à grande adoção, no Brasil e na América Latina, constituindo-se nas gramíneas forrageiras mais cultivadas (LASCANO & EUCLIDES, 1996; MACEDO, 2000; MACEDO, 2005).

O desempenho animal em pastagens tropicais tem demonstrado que, em parte, as deficiências apresentadas pelas gramíneas forrageiras tropicais que comprometem o ganho por animal são compensadas pela maior produção de massa de forragem, levando à maior capacidade de suporte e, conseqüentemente, maior produção por área. WINTER et al. (1991), comparando o desempenho animal em pastagens cultivadas no norte da Austrália, relatam ganhos médios de 700 gramas/animal/dia durante a estação mais úmida do ano. Valores inferiores foram observados em trabalhos desenvolvidos no Brasil, com espécies dos gêneros *Brachiaria* e *Panicum*, em diferentes sistemas de pastejo. As médias anuais de ganho, em três anos de avaliação, obtido por animal foram da ordem de 420 a 515 gramas/animal/dia. (EUCLIDES et al., 1997; EUCLIDES et al., 1998). Computando-se apenas a estação de chuvas outros autores chegaram a 550 gramas/animal/dia (EUCLIDES, 2001b; THIAGO, et al., 2000), não sendo superada, em nenhum dos experimentos, a marca de 700 gramas/animal/dia.. Foram também verificadas produções de até 660 kg de peso vivo/ha/ano, em sistemas em que o solo recebeu correção mais intensiva com calcário, fósforo, potássio e micro nutrientes em cobertura. O efeito da aplicação de doses moderadas de nitrogênio, 50 kg/ha/ano ampliou significativamente a capacidade de resposta da pastagem e o desempenho animal. Ganhos de até 700 g/animal/dia com lotação animal de 4,35 novilhos/ha foram relatados por EUCLIDES et al., 2001b.

À medida que se intensifica o uso de insumos, especialmenteos fertilizantes nitrogenados, e com espécies do gênero *Panicum*, o ganho por animal não se altera de forma expressiva. Entretanto, a taxa de lotação, na estação das águas, e a produção/ha/ano podem alcançar valores acima de 7 UA/ha e mais de 1400 kg, respectivamente (MAYA, 2003; AGUIAR et al. 2002; LUGÃO, 2001). As limitações advindas da estação seca, todavia restringem a produção animal média anual que raramente supera 450g/animal/dia, conduzindo a idade média de abate para valores acima de 32 meses, em condições experimentais (EUCLIDES et al., 1993a e b; EUCLIDES et al., 2000). Limitações na oferta de proteína bruta e digestibilidade da forragem, entre as estações chuvosa e seca, contribuem para limitar o consumo de forragem e, conseqüentemente, o desempenho animal. Observações feitas por

EUCLIDES et al., 2000, relatam reduções da ordem de 25% e 27% no consumo, na estação seca, de espécies de *Brachiaria* em condições de pastejo.

A realidade dos sistemas de produção mais extensivos em que, na grande maioria das situações, exploram-se a fertilidade natural existente no solo e a capacidade extratora de nutrientes das plantas forrageiras, os índices de produtividade podem ser bem inferiores. A adição de fertilizantes fosfatados e nitrogenados, tanto na formação quanto na manutenção da produtividade da pastagem esbarra na incerteza, por parte dos produtores, de seu retorno econômico. Por outro lado, a falta de reposição de nutrientes no solo limita a sustentabilidade da atividade pecuária em regime de pastagens.

Ampliar a capacidade de produção por animal, melhorando o valor nutritivo da forragem e sua eficiência na colheita, representa alternativa de menor impacto, quanto à necessidade de investimentos, mas de forte apelo ambiental e produtivo.

1.2.1. O pasto como fonte de alimento para bovinos

O valor nutritivo de espécies forrageiras de clima tropical e temperado tem sido amplamente discutido em experimentos com animais em pastejo. Uma das diferenças básicas que determinam o nível e o aprofundamento de conhecimento, entre plantas de clima temperado e tropical, consiste na diversidade de espécies melhoradas em estudo e meios para geração e aprimoramento do conhecimento. Em regiões tropicais, úmidas e áridas, a diversidade de espécies é muito maior, associada, geralmente, à menor disponibilidade de recursos para ampliação dos conhecimentos.

A amplitude das condições edafoclimáticas dos trópicos e, em especial, do Cerrado, levou ao desenvolvimento de trabalhos de seleção de espécies forrageiras que apresentassem grande elasticidade quanto a sua capacidade de adaptação. Sem dúvida, o caminho para selecionar espécies com essas características tem sido muito mais árduo e de resultado duvidoso do que identificar acessos ou ecótipos com mais especificidade em relação ao ambiente a ser explorado, a exemplo das espécies de clima temperado. O “estado da arte” em algumas espécies de clima temperado, em

termos de seu crescimento, morfogênese e ecofisiologia, acúmulo de forragem e seu comportamento sob regimes diferenciados de desfolhação, permitiram delinear faixas ótimas de utilização, adequadas a diferentes exigências dos sistemas de produção (Da SILVA & CORSI, 2003).

Mesmo havendo grande concentração de trabalhos sobre gramíneas do gênero *Brachiaria*, especialmente no Brasil, existem, em termos relativos, poucos estudos que aprofundam o conhecimento no manejo do pastejo desse gênero. Ainda muito menor é o conhecimento de sua associação com leguminosas forrageiras. Mitigar o conhecimento de poucas espécies de gramíneas tropicais, conforme adotado em ambiente de clima temperado, ou ampliar a oferta de espécies forrageiras, mesmo que com conhecimentos menos profundos, constituem paradigmas que acalentam as discussões nos meios de pesquisa.

Sem dúvida, a oferta de espécies forrageiras, em relação à diversidade abiótica e as pressões bióticas existentes em regiões tropicais permanece muito pequena. Esse fato gera certa vulnerabilidade a sustentabilidade da atividade pecuária que pode ser verificada no passado, quando do ataque de cigarrinhas-das-pastagens em *B. decumbens* Stapf. . Atualmente, existem relatos de ataques severos da cigarrinha *Mahanarva fimbriolata* Stal. em *Brachiaria brizantha*, o que poderá limitar a vida útil da cultivar. Embora predominante nos sistemas de produção baseados em pastagens, as gramíneas tropicais apresentam características qualitativas que deprimem a produção animal.

A anatomia dos tecidos exerce papel preponderante na diferenciação entre plantas de clima tropical (C_4 e C_3) e temperado (C_3). Plantas C_3 de clima tropical, especialmente, as leguminosas forrageiras e gramíneas temperadas apresentam uma porção maior de tecidos prontamente digeridos (mesófilo, floema e epiderme). A maior quantidade de células da bainha do feixe vascular e a menor quantidade de células no mesófilo contribuem para a menor digestibilidade das plantas C_4 . As gramíneas de clima tropical apresentam a epiderme, tecidos do parênquima das folhas e das hastes lignificados, dificultando a digestão ruminal (WILSON, 1997). Fatores como elevada temperatura, radiação e umidade fazem com que a taxa de crescimento gere

diferenciações na proporção dos nutrientes e componentes da parede celular (CORSI & NASCIMENTO JUNIOR, 1994). Essas definem, em grande parte, o desempenho animal, especialmente, quando se comparam, por exemplo, espécies de climas tropical e temperado ou plantas forrageiras com idades de rebrotamento diferenciadas. Maior proporção de frações fibrosas, menor digestibilidade da matéria seca e menores teores de proteína geram menor consumo de energia digestível, comprometendo o desempenho em espécies C_4 de clima tropical (MINSON, 1990).

A menor taxa de passagem do alimento e, conseqüentemente, menor produção de proteína, proveniente da massa microbiana, está também associada à menor quantidade de carboidratos não estruturais em gramíneas C_4 . A existência de correlação direta, entre desempenho animal e consumo de forragem, ressalta a importância desse fator para a definição do manejo do pastejo e da composição florística da pastagem.

Em sistemas de produção em que o animal cumpre a função de colher a forragem, especial atenção deverá ser dada ao manejo da pastagem, visando compatibilizar as exigências dos protagonistas: planta e animal. O processo de crescimento, de utilização e de conversão é uma resposta às variáveis ambientais que influenciam a produção da forragem a ser consumida e, por fim, convertida em produto animal (HODGSON, 1990). A administração das ineficiências inerentes ao processo constitui-se no manejo do pastejo que definirá a produtividade, o desempenho animal e a longevidade da pastagem (MOTT, 1960).

A avaliação de atributos da pastagem, tais como produção, composição botânica, valor nutritivo, entre outros, possibilita melhor interpretar e explicar a resposta da pastagem e do animal a diferentes práticas de manejo e métodos de pastejo. Uma das avaliações mais comuns em experimentos de pastejo é a quantificação da massa de forragem em determinada área, sob algum regime de uso (CAMPBELL, 1966).

A heterogeneidade causada pela variação microambiental, influenciando diretamente a cobertura vegetal, além daqueles impostos pelo animal e seu manejo, torna complexa a obtenção de dados precisos sobre a produção de seus componentes. O principal propósito de avaliar a vegetação, em áreas de pastagens, foi assinalado por

MANNETJE (1978): inicialmente, para descrever a vegetação quanto à composição florística, à cobertura do solo e à quantidade de forragem produzida e disponível para o animal; em segundo lugar, para avaliar mudanças causadas por práticas de manejo como emprego de fertilizantes, intensidade ou sistema de pastejo e; finalmente, para determinar a capacidade de a vegetação fornecer alimento para herbívoros. Esses atributos podem ser observados diretamente na vegetação, entretanto, eles não permitem indicar a qualidade da forragem, a qual deverá ser expressa em termos de produto animal.

Segundo BURNS et al. (1989) a avaliação da massa de forragem, a massa de folhas verdes, a qualidade da dieta e a densidade volumétrica da forragem constituem os principais parâmetros a serem avaliados. A separação do dossel em folhas, colmos e o material morto possibilitam inferir sobre a dieta potencial de animais em pastejo. A estratificação desse dossel em diferentes alturas aumenta a validade da observação devido à sua estreita relação com o hábito de pastejo (SOLLEMBERGER et al., 1987). Portanto, a performance animal pode ser mais bem explicada pela integração das variáveis que caracterizam a vegetação associada à taxa de lotação (SOLLEMBERGER et al., 2005).

O consumo diário do pasto pelo animal é função da quantidade apreendida por bocado, o número total de bocados e pelo período de pastejo diário. Cada uma dessas variáveis poderá ser influenciada pelas características do animal, da vegetação ou por ambas (HODGSON, 1982; SOLLEMBERGER & BURNS, 2001). Embora exista estreita relação entre forragem disponível e desempenho animal, essa apresenta ampla variação quanto a sua expressão (MANNETJE & EBERSOHN, 1980). Informações sobre a vegetação permitem explicar os ganhos de peso em função dos tratamentos impostos, entretanto, de limitada extrapolação. O entendimento pleno somente será obtido com estudos sobre o consumo, uma vez que este pode afetar de 60% a 90% na resposta do desempenho animal (MARTENS, 1994).

A capacidade de apreensão da forragem e seu consumo pelo animal são dependentes da estrutura do dossel (CARVALHO et al., 2001) que sofre alterações

quanto à altura, massa de forragem, densidade, em função da presença do animal. Da mesma forma, a planta reage aos manejos de desfolhação, adequando forma e função para manutenção de área fotossinteticamente ativa, possibilitando a manutenção de uma estabilidade da produção sob diferentes condições do dossel (HODGSON & Da SILVA, 2002). Portanto, a estrutura do dossel tem papel preponderante no desempenho dos animais e das plantas (HOGSON, 1990). A habilidade de os animais em pastejo selecionar frações com valor nutritivo, em relação à oferta global de forragem, é conhecida. A apreensão de forragem será facilitada pela maior oferta e densidade de folhas nos estratos superiores da forragem (STOOBS, 1973; HODGSON, 1990).

Em condições tropicais, esses estudos têm sido desenvolvidos e mostram relação com as respostas funcionais de plantas de ambientes temperados. O trabalho apresentado por SARMENTO (2003), com a espécie *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, manejada em diferentes alturas (10, 20, 30, 40 cm em relação ao solo), pode-se verificar maior consumo nas duas alturas superiores do dossel da pastagem. Neste trabalho, entretanto, não ficou caracterizado que a densidade volumétrica da porção potencialmente pastejável do dossel tenha contribuído para o maior consumo, uma vez que todas as alturas estudadas apresentaram densidades semelhantes.

O manejo do pastejo deverá, portanto, contemplar a frequência e a intensidade de desfolha para facilitar o acesso, o consumo da forragem e a oportunidade de seleção.

1.2.2. Complementação protéica da dieta de bovinos em pastejo

Conforme anteriormente assinalado, aspectos intrínsecos ao ambiente, características anatômicas e morfológicas das plantas limitam o desempenho animal em áreas com pastagens tropicais. Características estruturais das plantas restringem o acesso dos microrganismos às células do tecido vegetal, gerando limitações tanto no uso de carboidratos quanto no da proteína. O manejo do pastejo busca minimizar tais

limitações possibilitando maior acesso, consumo e oportunidade de seleção pelo animal.

A limitação na oferta de proteína e de material prontamente fermentescível no rúmen, em pastagens tropicais, por vezes, somente poderá ser superada pelo aporte externo, suplementação ou pela diversificação dos componentes da vegetação.

Direcionar o avanço no conhecimento para novas cultivares de gramíneas e possíveis associações com outros gêneros, a exemplo de leguminosas forrageiras, é uma vertente que contempla aspectos de grande relevância. Como resultado poderá ser obtida maior longevidade das pastagens, em função do aporte de nitrogênio via fixação simbiótica e reciclagem (CANTARUTTI et al., 2001) e incremento na produção animal (BARCELLOS et al., 2001). A resposta animal seria reflexo do aporte maior de proteína, tanto no rúmen, gerando maior quantidade de proteína microbiana, quanto na oferta de proteína não degradada alcançando o intestino e no incremento do consumo total de nutrientes. A absorção de aminoácidos no intestino apresenta relações com os mecanismos de consumo, especialmente, em ruminantes com acesso a dietas pobres em proteína (PRESTON & LENG, 1994).

Em forragens de baixa qualidade, a deficiência de proteína pode limitar a utilização da matéria seca ingerida e o consumo. Valores de proteína bruta inferiores a 7% na dieta limitam o desempenho animal. A inclusão de maiores teores de proteína na dieta não produziria necessariamente maior consumo de forragem. A associação de proteína e energia expressa em termos de matéria orgânica digestível: proteína bruta (MOD:PB), exerce forte influência no consumo animal. Segundo MOORE et al., 1999, a relação MOD:PB ótima seria da ordem de 7:1. Em condições de pastejo, a definição dessa relação é muito complexa em função das variações na qualidade da forragem selecionada ao longo do tempo, bem como o consumo de animais em pastejo.

A suplementação energética e protéica em pastagens configura-se como alternativa para atender a exigência dos animais, sendo amplamente discutida na literatura, especialmente, para superar as limitações da oferta na estação seca (PAULINO et al., 2001; REIS et al., 2005).

As leguminosas forrageiras desempenham papel importante, pois podem suprir a dieta animal tanto em quantidade como em qualidade. POPPI & McLENNAN (1995), reunindo dados de inúmeros autores, verificaram que ganhos diários adicionais de 300 g/animal/dia somente poderiam ser obtidos quando cerca de 150 g de proteína adicional chegasse ao intestino. Segundo os mesmos autores, esse suprimento poderia ser obtido pela ingestão de leguminosas desde que essas incrementassem o consumo de forragem em pelo menos 30%.

A proteína ingerida ao chegar ao rúmen altera parâmetros ruminais como compostos amoniacais e ácidos graxos. O nitrogênio amoniacal é metabolizado por bactérias celulolíticas, promovendo a síntese de proteína microbiana, melhorando a digestibilidade da fibra (SATTER & ROFLER, 1979). O “pool” de amônia pode ainda ser incrementado por células lisadas e uréia reciclada via saliva (OWENS & ZINN, 1988). A concentração de N amoniacal considerada adequada para atividade microbiana no rúmen seria de 2 a 5 mg/dL (SATTER & ROFFLER, 1979) A produção de proteína microbiana no rúmen, entretanto, é maximizada quando a relação entre a disponibilidade de energia (matéria orgânica fermentável) e proteína (nitrogênio) é sincronizada (HAMMOND, 1994; FIRKINS, 1996).

Segundo POPPI & McLENNAM (1995) perdas de nitrogênio, na forma de amônia (NH_3) ou ineficiência na transferência ocorrem quando a relação de 210 g de PB/kg MO digestível é ultrapassada. Esses valores representam a relação PB/energia disponível para os microrganismos do rúmen de 1,33; 1,19 ou 0,93 g PB/Mcal de EM, para uma degradabilidade potencial da proteína de 1,0; 0,9 e 0,7 respectivamente. Em plantas com presença de taninos, os valores menores de transferência líquida da PB poderão ocorrer em função da menor degradação da proteína.

LARKIN et al. (1997) constataram efeitos positivos na produção animal quando os teores de tanino foram menores que 0,2% da matéria seca. Em concentrações maiores que 1%, houve complexação da proteína e acima de 5% redução na palatabilidade e digestibilidade. Dietas com baixos teores de tanino propiciam a complexação da proteína em pH ruminal, próxima a neutralidade, prevenindo a degradação por microrganismos do rúmen. A menor degradação ruminal da proteína

pode contribuir com redução de perdas de nitrogênio amoniacal. Em valores de pH diferenciados da faixa da neutralidade, ao longo do trato digestivo, os complexos sofrem ação da secreção gástrica (pH 2,5 a 3,5) e pancreática (pH 8,0) tornando a proteína disponível no abomaso para digestão no intestino delgado (KUMAR & D'MELLO, 1995). Mc NEILL et al., 1998 consideram esse processo benéfico ao controle de amônia ruminal permitindo maior fluxo de proteína no abomaso. Segundo REED (1995), a concentração de uréia plasmática (NUP), de amônia no rúmen e de perda de nitrogênio pela urina foi menor quando a dieta de cabras e ovelhas era composta de leguminosas que continham tanino.

Elevados níveis de proteção de proteína quanto à degradação ruminal foram detectados em *Leucaena*. NORTON et al. (1994) verificaram que 60% da proteína da forragem seca ou 35% da proteína da forragem fresca alcançaram o intestino delgado, fato atribuído, em parte, à presença de tanino na dieta. POPPI & McLENNAN (1995) demonstraram a importância da inclusão de *L. leucocephala* na dieta, em função da presença de tanino. A adição de 30% de *Leucaena* à dieta de gramínea gerou menor concentração de proteína, em relação à mistura com trevo-branco, embora tenha possibilitado equivalente suprimento de proteína no intestino.

Quando não metabolizada pelos microrganismos, especialmente as bactérias fibrolíticas, a amônia é absorvida de forma passiva através da parede do rúmen, entrando na corrente circulatória e convertida em uréia no fígado que, posteriormente, é excretada por via renal, constituindo-se na principal rota de perda e eliminação do nitrogênio (HAMMOND, 1994). Relações altamente significativas entre NUP e a concentração de amônia no rúmen foram relatadas na literatura (MOSS & MURRAY, 1992; BONSI et al., 1995).

VALADARES et al. (1997), trabalhando com novilhos zebus alimentados com rações contendo concentrado e teores de proteína bruta da ração completa de 7,0 a 14,5%, verificaram, por intermédio de análise de regressão, que a máxima produção microbiana correspondeu a concentrações de N-uréia plasmática (NUP) variando de 13 a 15 mg/dL. A partir desse valor poderiam ocorrer perdas de proteína.

Valores de NUP são empregados como indicadores da relação proteína energia nas dietas (HAMMOND, 1983). Concentrações em torno de 9 a 12 mg/dL representariam o nível crítico para máximo ganho por animal. Foram obtidas respostas positivas em ganho de peso com suplementação energética quando os valores de NUP eram elevados, indicando excesso de proteína em relação à energia consumida (HAMMOND, 1983; HAMMOND et al., 1993). Ademais, altas concentrações de uréia sérica, maiores que 12 mg/dL, podem comprometer o desempenho animal em função do dispêndio de energia e aminoácidos necessários para sua produção no fígado e posterior excreção (HAMMOND, 1994; GREANEY et al., 1996).

Em condições de pastejo, a seletividade animal, direcionada a frações mais nutritivas da forragem, eleva a oferta de nutrientes da dieta. A degradação da proteína solúvel será função do acesso dos microrganismos do rúmen ao tecido processado inicialmente pelo evento da mastigação (ULYAT & McNABB, 1999). Empregando o sistema proposto por SNIFFEN et al. (1992), denominado “Cornell Net Carbohydrate Protein System” (CNCPS), observa-se que, em vários trabalhos, os autores verificaram a proporção das frações protéicas de forragens tropicais. Segundo MALAFAIA et al. (1997) grande parte da PB em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu encontra-se nas frações B3 e C, com valores de 34,12% e 27,75%, respectivamente, ou seja, metade da proteína é pouco degradável ou indisponível para ação microbiana. BALSALOBRE (2002) verificou valores de 46% a 50%, das mesmas frações, em *Panicum maximum* cv. Tanzânia.

Durante a estação de crescimento, a digestibilidade das gramíneas tropicais, varia entre 55% e 65% e podem atender às proporções adequadas de PB:MOD, levando ao uso eficiente da proteína ingerida (POPPI & McLENNAM, 1995). Entretanto, oscilações na digestibilidade da forragem selecionada e ofertada e a ingestão de proteína de alta degradabilidade ruminal ou mesmo nitrogênio não protéico podem afetar a eficiência do aproveitamento da proteína.

LASCANO (1999) demonstrou as relações entre oferta de leguminosa, hábito de crescimento das espécies e palatabilidade em relação à participação da leguminosa na dieta. Espécies palatáveis cujo consumo se processa em detrimento de outros

componentes da vegetação podem gerar uso ineficiente da proteína ingerida. POPPI et al., (1997) consideram que leguminosas não seriam alternativa adequada a essas perdas uma vez que não oferecem a quantidade de energia necessária para que os microrganismos capturem a amônia produzida no rúmen. PETTY et al. (1998) verificaram, em pastagens irrigadas de *Digitaria eriantha* Steud. e *Leucaena leucocephala*, consumo médio de 46% da leguminosa com participação na dieta de 100% no primeiro dia de pastejo a 18% ao final de um ciclo de pastejo de sete dias. Os melhores resultados obtidos foram alcançados quando os animais receberam 1,5 kg de milho /animal/dia, elevando o ganho em peso de 0,730 kg, na pastagem exclusiva de gramínea, para 1,1 kg/animal/dia na pastagem consorciada.

MANELLA et al. (2003) não encontraram alterações nos teores de N-NH₃ em bovinos consumindo pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com acesso livre à banco de proteína de *Leucaena* durante a estação chuvosa. Verificaram ainda, que o consumo reduzido da leguminosa, devido à oferta na forma de banco de proteína, poderia ter influenciado o resultado. A menor degradabilidade da proteína da *Leucaena* (BONSI et al., 1995) poderia também ter influenciado na resposta. A suplementação protéica possibilitou alterações nos parâmetros ruminais, o que resultou em maior ganho por animal, não diferindo dos obtidos com *Leucaena* durante a estação chuvosa. Os resultados também sugerem a necessidade de suplementação protéica em pastagens da cv. Marandu durante a estação de chuvas como forma de otimizar o ambiente do rúmen (MANELLA et al., 2002).

1.3 Avaliação da composição botânica da dieta de bovinos em pastejo

O hábito de pastejo seletivo dos animais, associado ao comportamento ingestivo, exercido sobre frações da planta e componentes da vegetação, é de difícil mensuração. Em uma pastagem monoespecífica, a simulação de pastejo feita pelo homem permite obter amostras representativas do material ingerido (EUCLIDES et al., 1992). À medida que aumenta a complexidade da vegetação, em pastagens consorciadas com gramínea e leguminosa, ou na presença de outras plantas de valor forrageiro, a

representatividade da amostra obtida por simulação pode ficar comprometida e não representar a dieta dos animais (CORBETT, 1981).

Uma das técnicas cientificamente reconhecida, para avaliar a forragem selecionada em pastejo, é a utilização de animais fistulados no esôfago. Esse tema foi amplamente discutido em trabalho de revisão executado por VAN DYNE & TORREL, (1964) e McMANUS (1981) quanto a sua aplicação em ovinos e bovinos, permitindo avaliar com precisão a dieta selecionada.

COATES et al. (1987) contestaram a aplicabilidade da técnica de animais fistulados. Verificaram que a dieta selecionada pelos animais fistulados, avaliadores, não representava a dieta dos animais residentes ($r^2=0,127$) e que existiam diferenças significativas de mais de 30% na participação dos componentes das amostras tomadas pela manhã e no período da tarde. Esses autores relatam ainda que, em determinadas épocas do ano, os animais avaliadores selecionaram leguminosas enquanto os residentes preferiram gramíneas. As observações estão de acordo com o relatado por JONES & LASCANO (1992) que questionaram o emprego dessa técnica de amostragem em pastagens tropicais consorciadas.

A análise das fezes de animais experimentais tem apresentado bons resultados na avaliação da dieta selecionada por bovinos em pastejo. Esse procedimento de amostragem utiliza os animais experimentais existentes na área, adaptados às condições de manejo, aumentando a eficácia da amostragem. Os procedimentos empregam análise histológica, relação entre frações de carbono de plantas de ciclo C_3 e C_4 e marcadores (n-alcanos) de cadeia longa de carbono (GRACE & BODY, 1981; MAYERS et al., 1986).

O uso da técnica de isótopos de carbono apresenta grande utilidade nos estudos em fisiologia vegetal, fotossíntese, dinâmica da matéria orgânica no solo, sendo de grande valia para estudos relacionados à dieta de animais em pastejo. O uso dos isótopos naturais de carbono na pesquisa deve-se a três constatações: a existência de uma proporção conhecida de isótopos estáveis, na participação do CO_2 atmosférico, com 1,1% de ^{13}C e 98,9% de ^{12}C ; a ocorrência de discriminação isotópica desfavorável ao ^{13}C , quando da fixação do carbono na massa vegetal das plantas, alterando a

relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ (FARQUHAR et al., 1989); e a existência de procedimentos de análise altamente sensíveis para quantificação proporcional dos isótopos (espectrometria de massa).

O procedimento de análise emprega como referência, um padrão internacional da relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, em comparação ao de uma amostra desconhecida. O padrão internacional é um material calcário derivado de um fóssil encontrado na Carolina do Norte, nos Estados Unidos da América, denominado PeeDee Belemnite (PDB). O resultado dessas diferenças é expresso em desvios em relação ao padrão, empregando-se a denominação com a letra grega delta minúscula (δ). Sendo os valores muito pequenos, com mais de cinco casas decimais, expressos em partes por mil ($\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}$). A discriminação isotópica (ou fator de enriquecimento ou fracionamento) na planta deve-se à rota de fixação de CO_2 atmosférico das plantas de ciclo C_3 e C_4 (SMITH & EPSTEIN, 1971). As plantas do ciclo C_3 (ou Calvin) fixam CO_2 por meio da enzima Ribulose bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco), enquanto as C_4 por meio da fosfoenolpiruvato carboxilase (PEP carboxilase). A PEP carboxilase apresenta grande afinidade pelo CO_2 , enquanto a Rubisco apresenta menor afinidade, discriminando isótopos mais pesados como o ^{13}C . Assim, a relação $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ é alterada gerando valores de δ menores para as plantas de ciclo C_3 em relação ao padrão internacional ($\delta^{13}\text{C} \text{ ‰}_{\text{PDB}}$). Plantas de ciclo fotossintético C_4 apresentam composição isotópica média de $-13,1 \pm 1,2 \text{ ‰} \delta$, com amplitude de -9 ‰ a $-17 \text{ ‰} \delta$. As plantas de ciclo C_3 apresentam amplitude entre $-24 \text{ ‰} \delta$ a $-34 \text{ ‰} \delta$ (SMITH & EPSTEIN, 1971; BOUTTON, 1996).

Estudos conduzidos por LUDLOW et al. (1976) com amostras de plantas de ciclo C_3 e C_4 , compostas de raízes e extrusas de animais fistulados que receberam dietas conhecidas, concluíram que o método permite estimar a proporção das espécies em amostras visualmente não distinguíveis e em estudos de sistemas radiculares de comunidades vegetais. A participação dos dois componentes da amostra pode ser estimada no limite de $\pm 2\%$ do valor real e desvio-padrão médio inferir a 1% .

JONES et al. (1979) aplicaram a técnica de isótopos de carbono para estimativa de espécies C_3 e C_4 na dieta, a partir dos valores do $\delta^{13}\text{C}$ das fezes. Quando

alimentaram coelhos, cabras, ovelhas e bovinos com proporções de gramíneas e leguminosas, verificaram uma relação linear negativa entre a porcentagem de leguminosa no alimento e o valor de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes ($P < 0,01$). O decréscimo em uma unidade no valor de $\delta^{13}\text{C}$ estava associado com o incremento de 7,0 a 8,5% de leguminosa na dieta.

LOURENÇO et al. (1984) trabalharam com pastagens tropicais de *Panicum maximum* e *Setaria anceps* puras e consorciadas com soja perene, em Nova Odessa, SP. Nesse trabalho, empregaram análise de $\delta^{13}\text{C}$ em amostras de extrusa de fístula, fezes, leite e sangue de bovinos. Os autores verificaram mudanças acentuadas nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes e no leite com a mudança da dieta. As alterações nos valores das amostras de sangue foram mais lentas. O consumo de leguminosa ficou notório pela redução dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes e no leite, em relação às amostras dos animais que consumiam pastagem pura de gramínea. Essas alterações foram percebidas ao longo do ano, com maior consumo da leguminosa no início da estação seca. Houve alta correlação ($P < 0,01$) entre as análises de fezes e leite, sangue e leite, com valores de $r^2 = 0,90$ e $0,61$ respectivamente.

Avaliações feitas com bovinos e ovinos, consumindo diferentes proporções de plantas C_3 e C_4 , demonstraram pequena variação ao longo do dia nas amostras de fezes. Quando ocorreram mudanças abruptas da dieta a análise de fezes indicou progressiva e gradual mudança dos valores de $\delta^{13}\text{C}$ (COATES et al., 1991). Os autores concluem ainda que não existe necessidade de coletar mais de uma amostra por dia, já que não seria obtida maior precisão na amostragem, uma vez que a amostra representa pelo menos a dieta de três dias de pastejo. MACEDO (1999) verificou que animais consumindo *Brachiaria dictyoneura* e *Desmodium ovalifolium* estabilizavam os valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes a partir do oitavo, nono e décimo dias.

A técnica de isótopos apresenta duas limitações em função das características inerentes à forragem e ao animal e necessitam de procedimentos específicos. A primeira, em função das diferenças de digestibilidade dos componentes da forragem que se modificam ao longo da estação de crescimento. Conseqüentemente, podem

surgir diferenças acentuadas entre gramíneas e leguminosas, com a maturação da gramínea após o período de máximo crescimento ou florescimento. Nessa condição, para obter maior precisão, recomenda-se promover estimativas da digestibilidade *in vitro* dos componentes da dieta (JONES et al., 1979). Os autores também observaram valores de $\delta^{13}\text{C}$ das fezes variando de 0,4% a 2,0% menores (mais negativas), gerando uma sobre estimativa da leguminosa. Explicam que esse comportamento é resultado de componentes endógenos do trato digestivo dos animais, principalmente, quando consomem dietas ricas em leguminosas e em função de sua alimentação prévia, constituindo a segunda limitação. A remoção desse desvio pode ser obtida por ajustes levando em consideração a digestibilidade da forragem e pela redução de uma unidade no valor de $\delta^{13}\text{C}$ da forragem consumida.

JONES & LASCANO (1992), trabalhando com pastagens de gramíneas *B. dictyoneura* (Fig. e De Not.) Stapf., *B. decumbens*, *B. humidicola*, *Andropogon gayanus* e as leguminosas; *Arachis pintoii* Krapov. & Gregory, *Centrosema acutifolium* Benth., *Desmodium ovalifolium* Wall e *Pueraria phaseoloides* (Benth) Hook, compararam os métodos de microscopia e o $\delta^{13}\text{C}$ para estimar a proporção de C_3 e C_4 na dieta de bovinos. Os autores salientaram as vantagens do uso da técnica do $\delta^{13}\text{C}$ para a estimativa da composição botânica da dieta, facilitada pela amostragem, não necessitando de ensaios de digestibilidade específicos, sendo menos onerosos. Ademais, assinalaram as limitações do método de fístulas para pastagens tropicais por problemas de tempo de amostragem e representatividade dos animais avaliadores em relação ao grupo de animais permanentes.

1.4. Leguminosas forrageiras: gênero *Leucaena*

1.4.1. Origem e características

A origem do gênero *Leucaena* foi identificada como sendo a América Central e parte da América do Sul. O centro de diversidade do gênero localiza-se no Sul do México e Norte da América Central. Seu cultivo e uso na alimentação humana

reportam-se há 2000 anos (HUDGHES, 1998), sendo que existem registros no México de utilização anterior a 6800 anos AC. A dispersão de *Leucaena*, ao longo do globo terrestre, data do período do descobrimento da América pelos espanhóis, que transportaram sementes para cultivo e uso na alimentação animal na Ásia. Posteriormente, houve a distribuição por países de clima tropical, chegando à Austrália no final do século 19 (SHELTON E BREWBAKER, 1994.).

Leucaena cresce nos trópicos e subtropicais, tendo seu melhor desempenho em regiões com precipitação de 600 a 1700 mm e temperaturas entre 22 a 30 °C, suportando períodos curtos de estiagem e geadas leves (SKERMAN, 1977).

O gênero *Leucaena* pertence à família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, tribo Minoseae, estabelecido por BENTHAN em 1842, citado por HUDGHES (1998). O autor identificou quatro espécies: *L. glauca*, *L. pulverulenta*, *L. diversifolia* e *L. trichodes*. Depois de inúmeras investigações e classificações das espécies, HUDGHES (1998) reconheceu e definiu a existência de 22 espécies, a maioria diplóide ($2n=52$ ou $2n=56$). As espécies *L. leucocephala*, *L. palida* e uma subespécie de *L. diversifolia* são poliplóides (104 cromossomos). *L. leucocephala* e as variedades tetraplóides de *L. diversifolia* são de autopolinização, enquanto as demais são de polinização cruzada.

Vários autores dividem a espécie em três “tipos” morfológicos, de acordo com o porte da planta, o vigor e tendência a ramificar-se (GRAY, 1967, HUTTON & GRAY, 1959). O “tipo Comum”, também chamado inadequadamente de “Havaiano”, corresponde à subsp. *leucocephala*, de porte arbustivo, com no máximo 5 m de altura, muitas ramificações, pouca produção de madeira e de folhas, com grande produção de sementes e por isso, tem potencial de se tornar invasora. O “tipo Gigante” ou “Salvadorenho” pertence à subsp. *glabrata*, com plantas de porte alto, com até 20 m de altura, poucas ramificações, folíolos grandes, troncos grossos e menor produção de sementes. O terceiro tipo, chamado de “Peru” também pertence à subespécie. *glabrata*, é caracterizado por plantas altas, como o “tipo Gigante”, porém com maior número de ramificações, como o “tipo Comum”.

A espécie mais utilizada em sistemas agrícolas é a *L. leucocephala*, tendo recebido, inicialmente, a denominação de *L. glauca*. Essa espécie é dividida em três

subespécies: *leucocephala*, *glabrata* e *ixtahuacana*, sendo a mais difundida a *L. leucocephala* subsp. *glabrata*. Independente da subespécie, *L. leucocephala* não se adapta a solos de baixa fertilidade e solos encharcados. A espécie é nativa de uma região do México que possui solos alcalinos e por isso não se desenvolve em condições de alta saturação de alumínio (ANDREW et al., 1973) e baixos teores de cálcio no solo (BLAIR et al., 1988).

Durante os anos de 1970 e 1980, *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit foi denominada como a “árvore milagrosa” em sua versatilidade de usos, como planta produtora de madeira, adubo verde, controladora da erosão do solo, para fins paisagísticos e além de suas qualidades nutritivas (SHELTON & BREWBAKER, 1994). Apresenta porte arbóreo, com altura variando de 3 a 20 metros, grande produção de madeira, forragem e sementes. As flores formam inflorescências brancas, globosas que resultam em cachos de vagens. As vagens, quando maduras, são marrons e se abrem longitudinalmente lançando as sementes, que são elípticas, marrons e apresentam um revestimento impermeável que impede a embebição, conferindo a chamada “dormência exógena” ou “dureza da semente”.

No Brasil o genótipo mais plantado é a cultivar australiana Cunningham (LOCH & FERGUSON, 1999), proveniente do cruzamento entre os tipos Salvadorenho” e “Peru”. A cv. Cunningham é altamente produtiva em solos de boa fertilidade, tem porte baixo, com alta capacidade de ramificar-se, não cresce em solos pobres, com alto teor de alumínio e baixos teores de cálcio e é muito susceptível ao psíldeo (*Hetropsylla cubana*; GRAY, 1967).

A superação de limitantes como susceptibilidade a pisilídio, vigor no estabelecimento, tolerância ao frio e adaptação a solos ácidos e sujeitos a encharcamento constituem os maiores desafios a serem superados pelo gênero. Segundo SHELTON & JONES (1994) essas restrições, associadas aos problemas de toxidez, causada pela mimosina, e ação dos cupins em plantas adultas (SORENSSON, 1994) restringiram a adoção da espécie.

Na busca por novas cultivares, adotou-se a hibridação interespecífica para transferência de genes desejáveis. Entretanto, grande parte da dispersão da espécie foi

feita sobre *L. leucocephala* (poliplóide de autofecundação), originária, muitas vezes, de uma mesma planta, o que limita a possibilidade de ganhos genéticos. Esse fato constituiu-se em um dos exemplos mais evidentes da restrição da base genética em plantas tropicais arbóreas (HUDGES, 1998).

Dentre os cruzamentos promovidos e avaliados, os híbridos de *L. leucocephala* e *L. diversifolia* despertaram interesse pela possibilidade de incorporação de genes com tolerância a solos ácidos (HUTTON, 1990, HUTTON & CHEN, 1993) e resistência ao frio e geadas (SCHIFINO et al., 1994) e a pisilideio (SORENSSON & BREWBAKER, 1986).

Segundo LOCH & FERGUSON (1999), existem 10 cultivares de *Leucaena* no mundo, sendo oito pertencentes à espécie *L. leucocephala* e duas liberadas comercialmente na Malásia que são híbridas de *L. leucocephala* e *L. diversifolia*.

1.4.2. Adaptação e seleção de plantas tolerantes a solos ácidos

Os oxissolos (Latosolos), em ambientes tropicais, são predominantes e apresentam deficiência de cálcio, magnésio potássio, fósforo e molibdênio e toxidez de alumínio e manganês. A importância de espécies que se adaptem e possam ser cultivadas em solos tropicais, produzindo forragem de expressiva quantidade e qualidade de forragem, é amplificada em função da extensão das áreas que apresentam limitações quanto à fertilidade do solo. Na América do Sul tropical, 55% da área (820 milhões de hectares) apresenta solos ácidos sendo que, no Brasil, cerca de 573 milhões de hectares são formados por oxissolos e ultissolos (Podsólicos), com pH ao redor de 5 e baixos teores de cálcio trocável e altas concentrações de alumínio (GOEDERT, 1983).

A maioria dos solos de Cerrado apresenta restrições químicas ao crescimento de raízes de *Leucaena leucocephala* pelo excesso de alumínio (Al), deficiência de cálcio (Ca) e a interação entre Al e Ca, reduzindo a absorção de Ca pelas raízes (HUTTON & SOUSA, 1986). A aplicação de corretivos e nutrientes na superfície do solo faz com que as raízes se desenvolvam apenas na porção corrigida, diminuindo o potencial produtivo

e potencializando os efeitos negativos das secas e veranicos (SOUSA et al., 1992) interferindo na sobrevivência das plantas. OLVERA & BLUE (1985) verificaram a possibilidade de cultivo de *Leucaena* na camada de 0 a 30 centímetros de profundidade onde todos os requerimentos da planta foram atendidos, sendo essa prática alternativa para redução dos custos de correção do solo em profundidade. Essa constatação contraria a observação de HUTTON & SOUSA (1986), que verificaram degeneração de plantas, mesmo com o atendimento das exigências de P, K e Ca a profundidade de um metro no solo.

As alterações de pH do solo devem-se, principalmente, a hidrólise do alumínio, levando à liberação de íons H^+ , conduzindo a redução do pH e a maior solubilidade e toxidez do alumínio (Al). A toxidez de Al constitui-se em um dos fatores mais limitantes do crescimento de plantas em solos ácidos. O tecido das raízes é afetado, restringindo seu crescimento, especialmente da raiz principal, responsável pelo aprofundamento do sistema radicular (FOY, 1988). Conseqüentemente, o volume de solo explorado fica restrito, e a planta vulnerável à deficiência hídrica, comumente observada em plantas de *Leucaena*, na Região do Cerrado.

Sintomas de toxidez de alumínio são resultantes da incapacidade de a planta absorver os nutrientes. Sua interferência na membrana das células das raízes prejudica diretamente o processo de absorção de íons. Elementos como Cálcio (Ca) e fósforo (P) têm sua absorção restringida, sendo os efeitos freqüentemente relatados na literatura. A interação entre Al e P pode ocorrer por adsorção-precipitação dos elementos na superfície das raízes ou no tecido da parede celular. A adição de calcário, como forma de redução da toxidez de alumínio, resulta na possibilidade de maior absorção de P, mesmo sem a adição desse elemento ao solo (HAYNES, 1982).

A aplicação de fertilizantes, especialmente fósforo, potássio e micro elementos, têm sido recomendada no estabelecimento de *Leucaena* em áreas de solos ácidos tropicais (HUTTON & SOUSA, 1987; VILELA et al., 2000; LUZ et al., 2002). A deficiência de fósforo no solo limita o estabelecimento e produção de forragem, havendo grande dependência de micorriza arbuscular vesicular (VAM) para um efetivo suprimento de fósforo às plantas, especialmente, em condições acentuadas de acidez

(BLARNEY & HUTTON, 1994). Em solos com baixa disponibilidade de fósforo e fraca atividade natural de VAM, elevadas doses de fósforo (100 kg de P/ha) podem ser necessárias (SHELTON & BREWBAKER, 1994).

A alta capacidade do Al trocável, substituindo o Ca no complexo trocável de cátions no solo, é fator de grande importância uma vez que limita a produção de *Leucaena* (HUTTON & CHEN, 1993). O Ca também desempenha papel importante na manutenção da membrana plasmática, na integridade da parede da celular e no crescimento dos meristemas das raízes e da parte aérea. A aplicação de calcário e gesso em latossolos com 80% de saturação de alumínio foram responsáveis pelo incremento da produção de *L. leucocephala* cv. Cunningham (HUTTON & SOUSA, 1987).

A aplicação de calcário e gesso tem sido amplamente difundida para superação das limitações de produção em solos ácidos tropicais (SIQUEIRA, 1986; SOUSA & LOBATO, 2004). A aplicação de calcário eleva pH, reduz toxidez de alumínio (Al^{+++}) e manganês e aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio às plantas. O gesso (SO_4^{--}) apresenta maior mobilidade no solo que o calcário (HCO_3^-), possibilitando a oferta de Ca em profundidade, embora não cause alterações no pH e seja menos eficiente na neutralização da toxidez de alumínio. Entretanto, possibilita maior desenvolvimento de raízes em camadas mais profundas e aproveitamento de água no perfil, resultando em incrementos de 80% na produção de massa seca em *Leucaena* (SOUSA et al., 1992).

BLAIR et al. (1988) estudando os efeitos de pH e de cálcio sobre o crescimento de *L. leucocephala*, em dois tipos de solos, oxisolos e ultisolos, concluíram que em ultisolos, o crescimento das plantas foi maior quando se aumentou o pH do solo, não sendo observada resposta para teor de cálcio. Em oxisolos, ao contrário, o crescimento das plantas respondeu à aplicação de cálcio, mas não foi afetado pelo pH do solo. COUTO et al. (1985) testaram três fontes de cálcio ($CaCO_3$, $CaCl_2$ e $CaSO_4$) para fornecimento de Ca às plantas de *Leucaena* e constataram que, não havendo limitação de Ca, as plantas são capazes de se desenvolver em presença de Al trocável. Essas observações haviam sido previamente constatadas por HUTTON (1984), que

considerou ser a deficiência de cálcio mais determinante para o crescimento de *Leucaena* do que a toxidez de alumínio.

A existência de variabilidade genética, entre espécies de *Leucaena*, para adaptação a solos ácidos com toxidez de alumínio, tem sido objeto de estudos. A identificação de grupos distintos de populações de plantas cultivadas no Brasil quanto a tolerância à alumínio, por meio de análise multivariada, foi descrita por MALUF et al. (1984) e MALUF et al. (1985). A seleção de híbridos de *Leucaena* tolerantes a solos ácidos tem se mostrado possível especialmente pela utilização de *L. diversifolia* (Shlecht.) Beth & Hook que apresenta alta tolerância, sendo possível a realização de cruzamentos férteis com *L. leucocephala* (HUTTON, 1981). OAKES & FOY (1984) confirmam as observações indicando que *L. diversifolia* seria mais tolerante, enquanto *L. leucocephala* e *L. pulvulenta* seriam de tolerância intermediária a solos ácidos.

A necessidade de cruzamento interespecífico de *Leucaena* foi enfatizada por HUTTON (1984), com o intuito de alcançar ecótipos mais adaptados a solos ácidos, pobres em cálcio e com capacidade de desenvolvimento radicular mais profundo.

Os cruzamentos que originaram híbridos entre *L. leucocephala* com *L. diversifolia*, *L. shannoni* e *L. pulvulenta* foram desenvolvidos no Centro Internacional de Agricultura Tropical (HUTTON, 1985; HUTTON, 1987; HUTTON, 1990) e avaliados no Brasil no período de 1982 a 1987 (HUTTON, 1990). Esse processo permitiu identificar populações com características superiores de adaptação a solos ácidos. Na hibridação interespecífica, foi empregada a *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, reconhecidamente não adaptada a solos ácidos, mas com características desejáveis e um material da mesma espécie, seleção 11, proveniente da linha K420¹ (HUTTON, 1981). Essas plantas apresentam autopolinização ($2n=104$ cromossomos) e após emasculação foram empregadas como linhagens maternas. Como origem paterna, foram adotadas plantas de polinização cruzada, tolerantes a solos ácidos de *Leucaena diversifolia*, identificadas como seleção 25 e 26 ($2n= 52$ cromossomos) e 31 ($2n= 104$ cromossomos), originários dos materiais K408, K454 e K 145, respectivamente

¹ Koahale (K) identifica as introduções de plantas originárias da instituição de pesquisa “ Hawaiian Agricultural Experiment Station”

(HUTTON, 1981). Após plantios sucessivos em solos originalmente ácidos e de pouca fertilidade, montagem de “bulks” e seleção de plantas mais vigorosas e com características agronômicas desejáveis, foram identificados materiais mais adaptados a essas condições e mais responsivos que a cv. Cunningham em solos com fertilidade corrigida (HUTTON, 1990).

FRANÇA-DANTAS et al. (1992) testaram híbridos obtidos por HUTTON (1990), em diferentes localidades do Cerrado, provenientes desses cruzamentos. Os resultados demonstraram a superioridade dos híbridos de *L. diversifolia*, quanto ao crescimento e produção de forragem. ARAÚJO NETO et al. (1994) compararam cultivares de *Leucaena* provenientes dessa mesma coleção e concluíram pela superioridade do híbrido *L. leucocephala* X *L. diversifolia* (11X25) quanto à produção de massa seca e produção de proteína bruta da forragem consumível, em solos corrigido com 695 kg/ha de calcário para atingir saturação por bases de 25%. Entretanto, PRIMAVESI et al. (1994) no Estado de São Paulo, testando os mesmos materiais com o mesmo método de avaliação e condições semelhantes de saturação por bases (22% saturação natural) não encontraram vantagens comparativas dos híbridos em relação à cv. Cunningham.

HUTTON & CHEN (1993) promovendo a reavaliação dos materiais híbridos selecionados no Brasil em solos com 81% e 68% de saturação de alumínio, encontraram de 35% a 79% e de 19% a 49% de maior produtividade nos materiais tolerantes em relação à cv. Cunningham, em duas localidades, respectivamente. Todas as linhas do híbrido 11X25, em sua terceira geração (F3), superaram a cv. Cunningham e ainda apresentaram superioridade em relação à resistência ao ataque de psilídio. Na continuidade deste trabalho, WONG et al. (1998), em Kuala Lumpur, identificaram dois híbridos com comportamento superior em termos de produção de forragem, vigor e resistência a psilídio em relação a cultivares de *L. leucocephala* oficialmente recomendados.

A obtenção de cultivares de *Leucaena*, produtivas e adaptadas a solos ácidos, necessariamente, deverá passar pelo processo de seleção e hibridação (HUTTON, 1990). A possibilidade e a variabilidade genética existem. Entretanto, conciliar o componente agronômico com as exigências de resistência à pragas e doenças e à

redução dos fatores antinutricionais demanda grande tempo e esforço. Ampliar a capacidade de exploração do solo, com plantas mais adaptadas a solos ácidos, pode significar aumento de produção associado à recuperação de cátions ao longo do perfil, ampliando a sustentabilidade de áreas estabelecidas com *Leucaena* (BLARNEY & HUTTON, 1994).

A utilização de leguminosas em pastagens tem representado alternativa para ampliar o valor da dieta ofertada a animais em pastejo. Constitui-se em uma opção à aplicação de nitrogênio mineral ao solo, uma vez que incrementa a oferta global desse elemento com reflexos diretos sobre a produção no sistema solo-planta-animal. A aplicação de nitrogênio mineral ao solo em pastagens consorciadas de gramíneas e leguminosas pode ser compatibilizada, dependendo das espécies forrageiras envolvidas uma vez que a estabilidade da consorciação pode ser comprometida.

A capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico por leguminosas tropicais pode equivaler aquele obtido de espécies de clima temperado (CANTARUTTI & BODDEY, 1997). O incremento de N_2 , oriundo de leguminosas tropicais, tem sido amplamente estudado, pode variar de 40 a 240 kg/ha/ano (GILLER & WILSON, 1991).

O potencial de fixação de N_2 de *L. leucocephala* é alto, podendo variar de 30 a 50 g de N por árvore. Em condições de campo, os valores são reduzidos por condições adversas como acidez do solo e deficiência de fósforo, quantidade de N no solo, associação entre estresse hídrico e temperatura e desfolhação (LESURE et al., 1998). A baixa fertilidade reduz tanto a população das bactérias *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* quanto a capacidade de infecção das raízes (BLARNEY & HUTTON, 1994; CADISCH, et al., 1994). A grande capacidade de produção de *Leucaena* pode levar ao acúmulo de 410 a 560 kg de N/ha ano em sua biomassa (FERRARIS, 1979). Segundo BURLE et al. (2003) em regiões subúmidas da Austrália a leguminosa, em pastagem com produção de 2500 kg/ha/ano de forragem consumível, pode contribuir com cerca de 75 kg de N/ha/ano fixado biologicamente. Entretanto, os autores relatam para a associação *L. leucocephala* e *B. decumbens*, em condições desfavoráveis de solo, obtiveram a fixação de 15 kg de N/ha, no período de nove meses da estação de crescimento, dos quais 13 kg foram ciclados.

O potencial de acidificação do solo pelo desenvolvimento de atividade agrícola é conhecido e especialmente importante em regiões tropicais onde predominam os solos que contêm grandes quantidades de hidróxidos de ferro e alumínio. O uso de fertilizantes nitrogenados interfere na acidificação bem como nas leguminosas, em sua capacidade de fixar N_2 atmosférico. Nesse caso, a disponibilização de nitrato (NO_3^-) em quantidades superiores à demanda imediata pelas plantas leva à lixiviação de cátions básicos como cálcio, magnésio e potássio. Áreas na Austrália estabelecidas com *Trifolium subterraneum* L. por 50 anos reduziram o pH do solo de 6,0, em áreas virgens, para 5,2 (WILLIAMS, 1980). Em áreas com *Leucaena*, foram descritos processos acelerados de acidificação do solo. NOBLE & JONES (1997) relatam a comparação de áreas com 22 anos de estabelecimento com *Leucaena* e em pastagens puras de gramínea. Os autores constataram valores de pH 5,0 e 5,4 a na superfície do solo e 60 cm de profundidade respectivamente, na área com a leguminosa, além da grande movimentação de cátions para camadas inferiores do solo. Nas áreas com gramínea, o pH observado foi de 6,0 nas mesmas profundidades e taxas menores de movimentação de cátions. Os autores questionam a sustentabilidade dos sistemas com *Leucaena* naquela situação. Por sua vez, a comparação entre sistemas intensificados com uso de fertilizantes nitrogenados e irrigação resultou em taxas de acidificação anual do solo cinco vezes maior do que a observada em áreas com *Leucaena* (NOBLE et al., 1998).

1.4.3. Produção, valor nutritivo e qualidade de *Leucaena*

Os resultados apresentados na literatura sobre desempenho animal, sob dieta com a participação de *Leucaena* na dieta, evidenciam, de forma direta, a qualidade dessa planta forrageira. Grande parte dos trabalhos encontrados na literatura tem sua origem na Austrália, onde efetivamente a espécie foi adotada nos sistemas de produção de carne, viabilizando a terminação de animais para exportação. Atualmente, existem cerca de 100 mil ha estabelecidos com *Leucaena* com perspectivas de crescimento significativo nos próximos anos (MULLEN et al., 2005).

No Brasil a *Leucaena* foi inicialmente identificada como planta promissora para o Nordeste brasileiro (COSTA et al., 1973). Na década de 1980, em função de suas características nutritivas, persistência e resistência a doenças e insetos, foram estabelecidas algumas centenas de hectares de *L. leucocephala* cv. Cunningham nos solos mais férteis dos Estados de São Paulo e Mato Grosso (HUTTON, 1987).

Inúmeros trabalhos de pesquisa geraram informações sobre o impacto da *Leucaena* na produção animal. Entretanto, não foi observada sua adoção em larga escala no Brasil. Em parte, a pequena adoção está relacionada às características de pouca persistência e produtividade em solos ácidos e de baixa fertilidade química. O desenvolvimento de cruzamentos interespecíficos trouxe à tona a possibilidade de encontrar acessos mais adaptados e produtivos e a perspectiva de inserção dessa leguminosa na cadeia de produção de carne.

1.4.3.1. Produção de forragem

Leucaena é descrita como uma das plantas forrageiras com maior capacidade de produção de proteína entre as forrageiras tropicais, sendo o rendimento altamente influenciado pela genética, ambiente e fatores agrônômicos. VEIGA & SIMÃO NETO (1992) relatam produções de massa de forragem desidratada variando de dois mil a 20 mil kg/ha, obtida em até cinco cortes anuais. ADDISON et al. (1984) relatam produções da cv. Peru, no sudoeste australiano, de quatro e cinco toneladas de forragem consumível após três e seis meses de crescimento respectivamente. A *Leucaena*, com vida produtiva superior a 20 anos, apresenta capacidade competitiva com as gramíneas associadas a ela (WILDIN, 1994).

Na fase de estabelecimento, o crescimento é muito lento, tornando a planta suscetível à competição por outras espécies e pelo ataque de insetos predadores e animais (SHELTON & JONES, 1994). LESLEIGHTER & SHELTON (1986) apontam o lento crescimento inicial como o principal fator de fracasso no estabelecimento da *Leucaena* na Austrália. O plantio associado com culturas anuais tem se mostrado como alternativa para superar a competição na fase de estabelecimento, melhorar a

fertilidade do solo e minimizar os efeitos de ataques de pragas e cupins (ZOBY et al., 1990; BARCELLOS et al., 2001)

Dentre as vantagens que a qualificam como planta forrageira, destacam-se a ausência do efeito de pisoteio, danificando ou contaminando a forragem, e os insignificantes danos causados às plantas pelo pastejo (JONES, 1994).

COOKSLEY & GOWARD (1988) estudaram o efeito de cinco densidades de plantio e dois arranjos espaciais em *L. leucocephala* cv. Peru, associado com *Panicum*. Constataram que a oferta de forragem da leguminosa foi aumentada de 640 kg/ha para 2260 kg/ha, quando a densidade de plantio mudou de 6000 para 62500 plantas/ha respectivamente. A produção anual de forragem foi incrementada em 38%, quando o espaçamento entre ruas foi duplicado. As maiores densidades de plantio, entretanto, reduziram a produção de forragem da gramínea de 4640 kg/ha para 3110 kg/ha.

A produção de forragem de 14 linhas de *Leucaena*, em diferentes localidades da Austrália, foi estudada por BRAY et al. (1988). Esses autores constataram superioridade na produção de forragem consumível dos materiais híbridos em relação às cvs. Cunningham e Peru. Quanto à relação de folhas:ramos, verificaram que a produção máxima de folhas ocorre quando a relação assume o valor unitário. A ampliação dos intervalos de corte resultou em valores menores que um. CLEM et al. (1993) avaliam que esse resultado é um indicativo para adoção de sistemas de lotação rotacionada, ajustando criteriosamente a lotação animal em função das estações do ano e período de pastejo para otimizar a produção. Obtiveram produções de 1520 kg/ha ano de forragem de *Leucaena* consorciada com gramíneas que resultaram em ganho médio de 900 g/animal/dia em um período de 168 dias.

1.4.3.2. Valor nutritivo

A *Leucaena* é reconhecida como uma planta produtora de forragem de alto valor qualitativo. Seus macronutrientes, importantes para nutrição animal, são encontrados de forma balanceada na forragem (MEULEN et al., 1979; NORTON, et al., 1994; AUSTIN et al., 1995), sendo comparável a outras leguminosas, inclusive a alfafa (

Medicago sativa L.; NAS, 1977). Entre os elementos considerados como limitantes, encontram-se o sódio e os microelementos cobre e zinco (AUSTIN et al., 1991; KLEINJANS, 1984).

O perfil de aminoácidos em *Leucaena* é equivalente com o de outras espécies forrageiras (NAS, 1977). As frações sementes, folhas e vagem foram comparadas com alfafa, farelo de soja e farinha de peixe, indicando alguma deficiência de aminoácidos sulfurados, requerendo balanceamento com enxofre em dietas deficientes desse elemento (GARCIA et al., 1996).

MIRANDA et al. (2003) compararam os aminoácidos de *Leucaena leucocephala* e *Neonotonia wightii* (Graham ex Wight & Arn.) Lakey (soja perene) quanto à degradação ruminal e digestibilidade intestinal. Os valores observados de proteína bruta e a composição dos aminoácidos foram muito semelhantes entre as espécies. A *Leucaena* apresentou o maior valor de proteína não degradada no rúmen (PNDR = 45,57%) em função do escape ruminal e valores de digestibilidade intestinal (% da PNDR) de 23,56% e 10,74% de PNDR digestível no duodeno (%PB). Soja perene apresentou apenas 8,12% PNDR e digestibilidade intestinal de 47,87% e 3,89% PNDR digestível no duodeno. Segundo GARCIA et al. (1996), a digestibilidade aparente total da proteína variou de 64,7% a 78%, enquanto a degradabilidade da proteína no rúmen foi de 42%. O autor, citando Garcia (1988), constatou, por meio de modelos, que apenas 48% da PB não degradada no rúmen foi digerida pós-rúmen. A associação de fontes de proteína degradável no rúmen e de energia é indicada em dietas ricas em *Leucaena* para obtenção de maior eficiência da atividade da microbiota ruminal (RODRIGUEZ & BORGES, 1989).

Extensa revisão sobre composição química, valor nutritivo e produtividade de *Leucaena* foi apresentada por GARCIA et al. (1996) que relatam resultados obtidos em 65 trabalhos no período de 1946 a 1992. Em termos médios, foram encontrados na forragem valores de (g/100g de matéria seca): 29,2 de PB nas folhas e de 22,3 na forragem, comparável com alfafa e representando 40% da PB da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.); valores altos de FDA variando de 34,1 a 36,1; a forragem apresenta valores de enxofre 0,22, considerado médio; 1,80 de cálcio, 0,26 de fósforo, 0,33 de magnésio; e

as folhas são ricas em caroteno (Vitamina A). Os valores totais de proteína degradável no rúmen variam de 64,7% a 78% e de energia digestível (ED) entre 12,9 e 11,6 MJ/kg de matéria seca, considerado valores moderados. NORTON et al. (1994) reuniram informações de inúmeros trabalhos sobre diferentes espécies e híbridos. Os valores observados para *L. leucocephala* e híbridos com *L. diversifolia* variaram de 34,2% a 40,7% para FDN, 12,1% a 19,4% para FDA e de 51% a 78% para DIVMS.

Estudos *in vivo* com animais recebendo dietas com *Leucaena* permitem verificar a influência dessa leguminosa no aproveitamento da forragem ingerida. Não obstante a possibilidade de maior ingestão de proteína e atendimento dos requerimentos mínimos para uma boa atividade ruminal, dietas com leguminosa, geralmente, elevam o teor de lignina que atua de forma adversa na digestibilidade da forragem (FORBES, 1995; NORTON, 1994). A participação de frações mais lignificadas, como ramos de *Leucaena* na dieta animal, tem levado à redução dos coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA (BAMUALIM et al., 1980; SAAVEDRA et al., 1987).

Em estudos com ovinos, recebendo dietas com palhada de milho em substituição crescente a *L. leucocephala*, COSTA et al. (1990) verificaram resposta linear positiva da digestibilidade aparente da PB e quadrática do consumo voluntário da MS. Resultados semelhantes foram obtidos por MASAMA et al. (1997) trabalhando com *L. leucocephala*, entre outras leguminosas, e milho desintegrado com palha e sabugo. A resposta foi crescente para consumo voluntário de matéria seca e para digestibilidade da matéria orgânica, com inclusão diária na dieta de 0; 50; 100 e 150 gramas de matéria seca da leguminosa.

FRANZOLIN NETO & VELLOSO (1986a) avaliaram, com carneiros em gaiolas metabólicas, dieta pura de *Leucaena* e misturas da leguminosa na proporção de 30% e 60% com capim de Rhodes (*Cloris gayana* Kunth). Obtiveram coeficientes de digestibilidade da MS e PB de 49,46% e 43,25%, respectivamente, quando do consumo de *Leucaena* pura. Para associação com a gramínea, não houve diferença no coeficiente de digestibilidade entre leguminosa pura e dietas com diferentes proporções da leguminosa. Detectaram ainda resposta positiva em digestibilidade associativa,

obtida com a proporção de 60% de *Leucaena* e 40% de gramínea na dieta para proteína bruta e extrato etéreo.

Novilhos alimentados durante 112 dias em gaiolas, com dietas com proporções de 0%, 10%, 20%, 40%, 67% e 100% de *Leucaena leucocephala* e complementada com feno de sorgo, apresentaram consumo diário reduzido de forragem nas dietas de 67% e 100% (40 a 50 g/kgPV^{0,75}). O consumo nas dietas com 0%, 10% e 20% foi de 80 a 90 g/kgPV^{0,75} e ainda apresentaram ganhos em peso de 0,3 a 0,5 kg/dia. Na proporção 40%, o consumo foi normal na fase inicial reduzindo acentuadamente ao longo do período experimental. A redução no consumo e de desempenho animal foi atribuído à presença tóxica de mimosina na dieta (JONES & HEGARTY, 1984)

1.4.3.3. Desempenho animal em pastos com *Leucaena*

A adoção de *Leucaena* na alimentação animal tem por objetivo incrementar a oferta global de forragem e de proteína. Diferentes formas de ofertar a forragem incluem o corte e fornecimento aos animais *in natura* ou na forma de feno, pastejo direto em áreas exclusivas da leguminosa (bancos de proteína), complementando a pastagem de gramínea nativas e cultivadas ou em consórcio. Os sistemas de pastejo adotados variam de controlado, com horas de acesso diário à leguminosa, lotação intermitente ou contínua. A forma mais freqüente de uso são sistemas com lotação intermitente e, preferencialmente, restringindo o consumo diário da leguminosa a 30% da dieta. Segundo NORTON, 1994, *Leucaena* deve participar na dieta com valores entre 30% e 50% ou de 0,8% a 1,2% do peso vivo por dia para propiciar bom desempenho de bovinos, ovinos e cabras que recebam dietas de baixa qualidade.

A utilização dessa leguminosa na complementação de pastos de gramíneas gera resultados de grande impacto sobre a produção animal. JONES (1994) relata dados compilados de 13 experimentos desenvolvidos na Austrália e América Latina, onde a inclusão da leguminosa na dieta ocorre em consumo puro ou em complementação de pastagens nativas e cultivadas. No conjunto de 15 comparações, houve incremento

superior a 70% no ganho diário e peso vivo em oito situações, quando comparada com a pastagem pura. Apenas em um ensaio não houve resposta a incrementos em ganho de peso, sendo observados, nos demais, de 160 g a 700g/ animal/dia em resposta à complementação de pastagens nativas e de 370 a 670 g/animal/dia em pastagens cultivadas.

Na América Central e na Ásia, a utilização de *Leucaena* em regime de corte e o fornecimento aos animais geraram bons resultados. SIEBERT et al. (1976), utilizando novilhos de 137 a 168 kg, testaram o uso de cana picada com *Leucaena* e cana picada com farinha de carne. Os dois tratamentos produziram resultados idênticos com os animais atingindo ganhos de peso de 0,6 kg /dia.

A superação dos efeitos tóxicos da mimosina, indicado como depressor do desempenho animal, obtido por práticas de manejo e pela inoculação de bactéria no rúmem, elevou, de forma significativa, o desempenho animal em condições de pastagens consorciadas na Austrália. JONES & MEGARRITY (1983) observaram produções de 1420 kg de peso vivo/ha ano em pastagens de capim-Pangola (*Digitaria decumbens* Stent.) (consorciado com *Leucaena* e 1330 kg em pastagens puras fertilizadas com doses 300 a 600 kg/ha ano de nitrogênio. PETTY et al. (1994) relatam que, após introdução da leguminosa em áreas irrigadas na Austrália, a produção animal evoluiu de 800 kg/ha para 1700 kg/ha.

PETTY et al. (1998) verificaram que a suplementação com milho foi responsável pelo incrementar em 54% no ganho por animal, quando comparado com pastagens exclusivas de *Digitaria eriantha*. A redução dos custos de suplementação foi possível pela substituição do milho por 1,25 kg/dia de melaço, sem que houvesse redução no ganho diário.

Inúmeros trabalhos desenvolvidos no Brasil demonstraram o potencial de uso de *Leucaena* na alimentação animal em condições de pastejo.

ZOBY et al. (1985) utilizaram banco de proteína de *Leucaena* como complemento alimentar de fêmeas azebuadas na fase de recria em pastagem nativa. A área para cada animal era de 0,3 ha de banco de proteína e 4,7 ha de pastagem nativa. Os animais tinham acesso livre aos piquetes. Com a utilização do banco de proteína, as

fêmeas que, ao início do trabalho tinham 10 meses de idade e 136 kg de peso vivo, atingiram 350 kg aos 27 meses. Na pastagem nativa exclusiva, atingiu 274 kg de peso vivo, condição corporal para entourar aos 31 meses de idade.

LOURENÇO et al. (1996), em Nova Odessa, SP, avaliaram o desempenho animal em pastagem de *B. brizantha* cv. Marandu exclusiva e em associação com *L. leucocephala*. Nos tratamentos em associação, a *Leucaena* foi utilizada como banco de proteína e em consórcio com a gramínea em faixas largas (11,25 m de gramínea e 3,75 m de *Leucaena*) e faixas estreitas (3,75 m de gramínea e 1,25 m de *Leucaena*). Em 608 dias de pastejo, os ganhos em peso por animal e por hectare foram: 334 g/animal/dia e 390 kg/ha em pastagens de gramínea; de 464 g/animal/dia e 541 kg/ha complementado como banco de proteína e 457 g/animal/dia e 535 kg/ha quando em faixas.

MANELLA et al. (2002) avaliaram o desempenho de bovinos Nelore em pastagens de *B. brizantha*, suplementada durante todo ano, durante a seca, acesso a banco de proteína *L. leucocephala* e pastagem pura. Verificaram ganhos médios diários, durante um período de 314 dias, de 649, 562, 534 e 447 g/animal respectivamente. Os valores são equivalentes e guardam a mesma relação com os obtidos por LOURENÇO & LEME (1996).

MANELLA et al. (2002) ainda constataram que, durante as águas, os ganhos obtidos em pastagens com *Leucaena* (741g/dia) não diferiram dos ganhos obtidos nos animais do tratamento suplementados durante todo o ano (782g/dia). Os ganhos por animal, obtidos nos tratamentos com pastagem sem suplementação (645g/dia) e suplementados na seca (584g/dia), foram inferiores aos demais. A produção por hectare teve o mesmo comportamento estatístico durante a estação da águas. A produtividade animal obtida durante todo o período de avaliação foi de 598, 714, 739, e 835 kg/ha para os tratamentos com pastagem pura, com acesso a *Leucaena*, suplementada na seca e todo o ano. São ainda relatadas necessidades de estudos para melhor aproveitar os ganhos compensatórios obtidos nas áreas com *Leucaena*, por meio de ajuste da suplementação protéica e energética. Na complementação deste estudo, foi sugerida a necessidade de suplementação protéica para *B. brizantha* durante a estação chuvosa (MANELLA et al., 2003), existindo a possibilidade de

integração das estratégias de suplementação avaliadas para maximizar a produção por animal e por hectare.

1.5 Fatores antinutricionais em *Leucaena*

Os produtos da fotossíntese originam metabólitos geralmente úteis à nutrição animal. Determinado grupo de compostos, presentes em grande parte das leguminosas forrageiras, apresentam efeitos diferenciados, quando ingeridos por ruminantes e monogástricos, podendo ser responsáveis pelo decréscimo na eficiência da conversão alimentar. Dentre esses, merecem maior destaque os compostos como taninos, saponinas, aminoácidos não protéicos, substâncias cianogênicas, alcalóides e oxalatos. A presença desses metabólitos está relacionada ao processo evolutivo das plantas, como forma de disseminação e proteção contra a ação de predadores, como fungos, bactérias e insetos ou animais. Os compostos, quando ingeridos pelos animais, podem provocar reações imediatas ou efeitos cumulativos pela ingestão continuada. Seus principais sintomas são a redução da ingestão de alimentos, diminuição no processo digestivo e de utilização do alimento, levando à inibição do crescimento, resposta goitrogênica (bociogênica) e a lesão de órgãos vitais. Conseqüentemente, as substâncias, produzidas por meio do metabolismo secundário das plantas, recebem a denominação de fatores antinutricionais ou substâncias deletérias (KUMAR & D'MELLO, 1995), cuja ação pode ser direta ou por produtos derivados no processo digestivo.

No caso específico de *Leucaena*, os fatores antinutricionais mais conhecidos e estudados são os taninos e o aminoácido não protéico denominado mimosina. Existem ainda relatos de ocorrência de saponinas nas folhas e sementes, em níveis comparáveis com aqueles existentes nos grão de soja, o que traria maiores reflexos no crescimento e no metabolismo do colesterol em monogástricos.

Os taninos são polímeros fenólicos de alto peso molecular, solúveis em água e capazes de formar complexos que levam à precipitação de proteína e dos carboidratos, em ambientes com condições específicas (REED, 1995; D'MELLO, 1995).

Diferentemente da mimosina, seu efeito pode ser positivo ou negativo sobre a digestibilidade do alimento e sobre o desempenho animal, a depender de sua quantidade e atividade biológica (D'MELLO, 1992). Já, a mimosina apresenta efeitos tóxicos negativos, dependendo da concentração na dieta, tempo de ingestão do animal e ambiente ruminal. GUPTA et al. (1992) indicam a existência de correlação positiva entre a concentração de mimosina e de taninos no tecido de plantas de *L. Leucocephala*.

Os taninos podem ser divididos em dois distintos grupos: taninos hidrolisáveis (TH) e proantocianidinas, também conhecidos como taninos condensados (TC). Segundo MUELLER-HARVEY (1999) os THs são comuns às plantas ingeridas pelos animais, embora de rara ocorrência em leguminosas forrageiras utilizadas na alimentação animal. Os THs são rapidamente hidrolizados no rúmen formando grupos fenólicos de pequeno peso molecular como ácido gálico ou elágico. Depois da metabolização para compostos como pirogalol, torna-se potencialmente tóxico para ruminantes. Os TCs, diferentemente, são constituídos por oligo ou polímeros de flavon-3-ol, não suscetíveis à hidrólise, cuja reatividade com moléculas de significado biológico tem conseqüências nutricionais e fisiológicas importantes (SCHOFIELD et al., 2001). Quando liberado do vacúolo celular pelo processo de mastigação, o TC associa-se, prioritariamente à proteína solúvel gerando produtos estáveis no rúmen.

Dietas com altas concentrações de tanino geram efeitos negativos no consumo, na digestibilidade da proteína bruta e de carboidratos e no desempenho animal (BARRY & DUNCAN, 1984), podendo inibir enzimas digestivas (WHEELER et al., 1994). Outros efeitos podem ser a lesão da parede do trato digestivo levando à morte as células, prejudicando a absorção de alimentos.

Alimentos contendo alta concentração de tanino apresentam valores superiores a 60 g/kg de matéria seca. Nesse nível de concentração, podem levar à redução do consumo, digestibilidade e absorção de proteína pós-ruminal (BARRY & DUNCAN, 1984). Concentrações da ordem de 10 a 40 g/kg de matéria seca podem ter efeitos favoráveis nos ruminantes (BUTTER et al., 1999).

Os efeitos dos TCs sobre a digestibilidade da proteína da matéria seca têm sido avaliados em plantas de *Leucaena*. Estudos de digestibilidade feitos *in situ* encontraram baixas correlações da digestibilidade da proteína com a presença de TC, em forrageiras tropicais arbóreas (AHN et al., 1989). Em trabalho semelhante, desenvolvido com híbridos de *Leucaena*, foi estabelecida alta relação entre a digestibilidade da proteína e TC, desde que as plantas fossem agrupadas por classes de susceptibilidade ao ataque de psílídeo (WHEELER et al., 1994).

O polietileno glicol (PEG) tem sido empregado para redução dos efeitos de tanino presente na dieta animal (SILANIKOVE et al., 2001). Esse composto tem grande capacidade de se associar aos TCs e prevenir a formação de complexos não-digestíveis de proteína-TC. Trabalhando com leguminosas forrageiras arbustivas, incluindo *Leucaena* e *Panicum maximum*, JONES & PALMER (2000) estudaram o efeito de PEG sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e do nitrogênio (DIVN). Verificaram efeito positivo do PEG sobre a DIVMS e DIVN de algumas espécies não sendo constatado sobre *L. leucocephala*. GODOY et al. (2003) avaliaram a composição química, fermentação no rúmen e quantificação de taninos nas leguminosas *Leucaena leucocephala*, *Arachis pintoi*, *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., *Calopogonium sp.* *Stylosanthes sp* cv. Campo Grande. Os valores observados de taninos totais e TC foram baixos em todas as espécies. Não foi verificado efeito significativo na cinética fermentativa em função da adição de PEG às amostras.

São ainda mencionados efeitos benéficos quanto à eliminação de riscos de timpanismo, ação anti-helmíntica, redução da degradação de proteína, maior retenção de nitrogênio e maior eficiência na reciclagem da uréia no rúmen. Incremento na produção de saliva pela presença de tanino na dieta tem sido observado. Considerando que a saliva desempenha papel importante na reciclagem de uréia, notadamente, em raças zebuínas, podem ser esperados reflexos sobre a disponibilização de nitrogênio para produção de massa microbiana do rúmen (BUTTER et al., 1999).

As concentrações de tanino condensado no gênero *Leucaena* são muito variáveis. *L. leucocephala* apresenta teores moderados entre 14 e 79 g/kg de MS, enquanto *L. pallida* e *L. diversifolia* apresentam concentrações maiores (WHEELER et

al., 1994). Extensa revisão feita por NORTON et al. (1994) menciona valores da ordem de 14 a 170 g/kg MS para diferentes espécies e cruzamentos interespecíficos, enquanto DALZELL et al. (1998) verificaram em 116 acessos teores variando de imperceptíveis, em *L. collinisii*, a 306 g/kg de MS, em *L. cuspidata*.

Interações com variáveis do ambiente também influenciam os teores de tanino em espécies de *Leucaena*. Plantas de *Leucaena spp.* submetidas a estresse por deficiência hídrica, de nitrogênio, de fósforo, e acidez no solo responderam com reduções acentuadas na concentração de TC na parte aérea (DALZELL et al., 1998). Observações contrastantes foram feitas por BARRY & FROSS (1983), com *Lotus pendunculatus* Schkuhr., e por JAKSON et al. (1996), em *Leucaena* em que a superação da deficiência de fósforo e do enxofre reduziu os teores TC. Sob regime de temperaturas diurna e noturna de 18 °C e 13 °C, respectivamente, a *Leucaena* apresentou elevada concentração de TC (DALZELL et al., 1998).

A utilização de *Leucaena* em larga escala na alimentação animal tem apresentado restrições, especialmente, para monogástricos. Foram observados ganhos em peso reduzidos, problemas com fertilidade e queda de pêlos, em eqüinos, porcos, coelhos e limitação no uso em peixes e galinhas. Em ruminantes, foram detectados efeitos em menor escala e de magnitude variável em função de diferentes aspectos. Tais problemas são atribuídos à mimosina, amioácido não-protéico (β N 3-hiroxi-4 oxipiridil cr- ácido aminopropionico) de ocorrência natural em todas as espécies do gênero *Leucaena* e em *Mimosa pudica* (BRAY, 1994). Embora mimosina seja um agente tóxico na planta, geralmente, não é o causador da toxidez (JONES, 1994). Os produtos primários da degradação ruminal da momosina originam os isômeros 2-hydroxi-3(1H)piridina ou 3-hydroxi-4(1H)piridina (2,3 ou 3,4 - DHP) que efetivamente produzem a toxidez. Seu acúmulo, no animal, pode causar queda de pêlos, redução no ganho em peso, ulcerações no esôfago e rúmen e alterações na tireóide (HEGARTY et al., 1964). A produção do isômero 3,4 DHP ocorre tanto no processo de degradação da mimosina no rúmen como nas folhas, pós-colheita, pela ação de enzimas. Mimosina e seus isômeros, quando não degradados no rúmen, podem ser identificados no plasma sangüíneo, fígado, rins, bem como nas fezes e na urina. Amostras de fezes, urina e

soro sangüíneo são empregadas para verificação da presença de DHP e sua correlação com efeitos tóxicos (JONES & HEGARTY, 1984; JONES; MEGARRITY, 1983; FRANZOLIN NETO & VELLOSO, 1986b). Métodos colorimétricos (MEGARRITY, 1978) aprimorados pela técnica de HPLC possibilitam a identificação DHP e de seus isômeros (LOWRY et al., 1985).

O DHP é reconhecido como um análogo estrutural do aminoácido tirosina e seus produtos neurotransmissores, dopamina de noradrenalina, encontrados no cérebro, agindo sobre o metabolismo do iodo. Como análogo à tirosina, apresenta capacidade de inibir a tirosina carboxilase e tirosinase. (D'MELLO, 1992; CROUSE et al., 1962 apud KUMAR & D'MELLO, 1995), levando a efeito bociogênico. Como consequência, produz acentuada depressão nos teores dos aminoácidos iodados triiodotironina (T_3), proveniente da conversão da tiroxina (T_4). Maior parte da T_3 circulante é derivada da desiodinização periférica da T_4 pelas enzimas 5' desiodinase (DIKSON, 1993).

JONES & HEGARTY (1984) verificaram que reduções no ganho de peso em animais que consumiam *Leucaena* estavam associadas à diminuição da T_3 no soro sangüíneo, indicando efeitos da mimosina quando os valores assumiram 1 nmol/L (equivalente a 65,1 ng/dL). Relatam que o indicador T_3 apresenta a vantagem sobre a T_4 em função de uma resposta mais imediata à ação tóxica do DHP. BERRY et al. (1983) afirmam que a T_3 apresenta maior potencial biológico sobre a taxa de crescimento corporal do que a T_4 . A potência da T_3 , *in vivo* chega a ser três vezes maior que a T_4 (DIKSON, 1993).

O potencial de uso de *Leucaena*, em diversas regiões e, especialmente na Austrália, foi limitado em função dos efeitos tóxicos observados nos animais, gerando menor consumo e efeitos subclínicos que reduziam de 30% a 50% o ganho de peso (KUMAR & D'MELLO 1995; DALZELL et al., 2005). Inúmeros trabalhos também evidenciaram efeitos severos em animais que consumiram *Leucaena* durante longos períodos (KUMAR & D'MELLO, 1995), por disfunção da tireóide. Destaca-se, em fêmeas, a ocorrência de grande número de parições com natimortos (JONES et al., 1976), redução de 15% a 25% na taxa de parição (JONES et al., 1989; FALVEY, 1976), redução do peso ao nascimento (HAMILTON et al., 1971), além das lesões,

crescimento anormal da tireóide, perda de apetite e dificuldade de locomoção de machos em recria.

A concentração de mimosina em *Leucaena* apresenta valores variáveis em função das frações botânicas da taxa do estágio de crescimento. Em períodos de crescimento ativo a planta apresenta teores mais altos de mimosina nas folhas (GUPTA et al., 1992). Em condições de estresse hídrico, pode ocorrer a duplicação dos teores de mimosina (BRAY & HOEKSTRA, 1985). Segundo BRAY (1994), os valores de mimosina podem atingir, nas extremidades em crescimento ativo, de 8% a 12%, em folhas jovens de 4% a 6% e, em vagens novas e sementes, de 4% a 5%, com ampla variação dentro de espécies.

JONES (1994) promoveu levantamento identificando países onde os sintomas tóxicos do DHP não eram verificados. Trabalhos prévios, comparando o efeito de dietas frescas e exclusivas de folhas de *Leucaena*, indicaram diferenças na concentração de DHP na urina, tiroxina no soro sanguíneo (T4), tamanho da tireóide e lesões do esôfago entre cabras australianas e havaianas (JONES & MEGARRITY, 1983). Essa constatação foi atribuída à existência de organismos no rúmen dos animais havaianos que degradavam o DHP. No México, e em alguns países da América Central e do Sul os efeitos da mimosina e de seus compostos secundários não apresentavam sintomas em ruminantes, embora o consumo induzido ou acidental de monogástricos expressasse evidências da ação tóxica da mimosina. JONES (1994) ainda relata que amostras de urina de bovinos, provenientes do Brasil, apresentavam em 50% dos casos presença de DHP, sugerindo a inexistência de bactérias ativas. Posteriormente, o autor relata que trabalhos identificaram a presença da bactéria. No Paraguai e na Venezuela, os resultados são controvertidos quanto a existência das bactérias em ruminantes.

A introdução da bactéria ruminal, proveniente de cabras havaianas, com capacidade de degradação do DHP possibilitou a superação dos efeitos tóxicos existentes em *Leucaena* (JONES & MEGARRITY 1983; QUIRK et al., 1988). Posteriormente, ALLISON et al. (1992) identificaram uma nova bactéria de rúmen, *Synergistes jonesi*, como sendo a protagonista na degradação do DHP. Sua produção em escala comercial foi dominada, sendo amplamente inoculada e difundida pelos

rebanhos australianos (KLIEVE et al., 2002). Durante a seca do ano de 2003, foram constatados casos de toxidez com mimosina em rebanhos, levando à morte animais que seguiam o manejo preventivo (DALZELL et al., 2005). O autor conduziu trabalhos que diagnosticaram que 52% dos animais avaliados, ingerindo proporções diferentes de *Leucaena*, não apresentavam capacidade de degradação no rúmen do princípio tóxico do DHP.

Além da possibilidade da inoculação de animais com *S. jonessi*, visando prevenir o efeito do DHP, foram estudadas diferentes estratégias para uso de *Leucaena* na alimentação animal. A aplicação de tiroxina em animais possibilitou consumo normal e desempenho de bovinos consumindo dietas ricas em *Leucaena* (JONES & HEGARTY, 1984). Restrição ao consumo pelo manejo, limitando a participação de 30% na dieta de bovinos, tem sido recomendada (JONES, 1994). BLUNT & JONES (1977) testaram a estratégia de pastejo intermitente, com períodos diferentes de acesso à pastagem com *Leucaena* seguido de pastejo em áreas de gramínea pura, não tendo sido eficaz na superação do problema da toxidez e depressão no ganho em peso. A suplementação mineral com zinco (Zn) apresentou resultados no aumento de consumo e menor número de lesões, embora não tenha causado efeitos sobre a tiroxina sérica (JONES, 1994)

Há, ainda, a possibilidade, por meio de cruzamentos interespecíficos, utilizando *L. pallida*, *L. diversifolia* ou *L. pulverulenta* que apresentam teores mais baixos de mimosina, alcançar progênies com menor concentração de mimosina. Entretanto, em alguns trabalhos verificou-se correlação genética positiva entre mimosina e taxa de crescimento, dificultando a possibilidade de conciliar produção com baixos teores (JONES, 1994). Corrobora para ampliar a dificuldade de seleção de novos híbridos o fato de mimosina em *Leucaena* estar associada à resistência ao ataque de pragas (BRAY, 1994).

CAPÍTULO 2. RESPOSTA DE *Leucaena* HÍBRIDA “11x25” E *L. leucocephala* cv. CUNNINGHAM À APLICAÇÃO DE FÓSFORO E À CALAGEM EM SOLO DE CERRADO.

RESUMO – O objetivo do trabalho foi avaliar a o rendimento forrageiro, relação folha:ramo e composição química do híbrido de *Leucaena* (Lh) cultivado em latossolo ácido de Cerrado. Avaliou-se a produção de massa da Lh em resposta a quatro doses de fósforo (P; 0; 70; 105 e 140 kg de P_2O_5 /ha) e a duas doses de calcário, correspondentes à saturação por bases (V) de 40% e 60%, conduzido segundo fatorial 4x2, com três repetições, em BCC (ensaio 1). No ensaio 2, comparou-se as cultivares Lh e Cunningham (C), adubadas com 140 kg/ha de P_2O_5 e três doses de calcário, correspondendo a V de 20%, 40% e 60% (fatorial 2X3, com três repetições em BCC). A produção de massa seca aérea da Lh não diferiu ($P>0,05$) em razão dos valores de V no solo, nos dois anos de avaliação, enquanto a C apresentou resposta crescente ($P<0,05$). A Lh mostrou-se superior ($P<0,05$) à C, com maior produção de massa, sob condições de baixos valores de V. A resposta às doses crescentes de fósforo foi linear para a Lh ($\hat{Y}= 11356,7+25,02P$; $P<0,05$). Não houve efeito de P e V sobre a relação folha: ramos, tendo a C apresentado maior relação no primeiro corte de cada ano. O teor de cálcio e de magnésio nas folhas, no primeiro ano, foi inferior ($P<0,05$) para a Lh em relação a C. As relações entre produção de massa e características químicas do solo indicaram diferenças entre os materiais avaliados. A C apresentou resposta quadrática em função da elevação do pH ($R^2=0,89$) no solo, do teor Ca+Mg ($R^2=0,86$), de V ($R^2=0,84$) e linear decrescente com o aumento da saturação por alumínio ($R^2=0,82$). A Lh mostrou-se insensível a essas características não sendo observado efeitos significativos ($P>0,01$). Existe superioridade da Lh em relação a C, quanto à produção de massa em condições de baixa V e elevada saturação por alumínio, indicando maior adaptação a solos ácidos.

Palavras-chave: leucena, produção de massa, composição mineral, solos ácidos, saturação por Al, saturação por bases.

2.1 Introdução

A busca por leguminosas forrageiras, adaptadas às condições de solos ácidos pode ser analisada sob várias óticas, dentre elas a econômica e a agrônômica. No componente econômico, a menor demanda de investimentos na correção da fertilidade do solo amplia o espectro de oportunidades de uso da espécie em ambientes de solos tropicais intemperizados. No aspecto agrônômico, existe a possibilidade de compatibilização da exigência das espécies em associação, no caso de plantio de pastos consorciados de gramíneas com leguminosas.

Plantas forrageiras tolerantes a acidez do solo respondem à aplicação de calcário, principalmente pela disponibilização de Ca e Mg. Exemplo clássico foi relatado por CIAT (1973), onde a dose de 150 kg/ha de calcário, não afetou pH e o teor de alumínio trocável no solo, mas permitiu a elevação da produção de matéria seca das espécies *Stylosanthes guyanensis*, *Centrosema pubescens*, *Puerária phaseoloides* e *Desmodium intortum*. Em gramíneas com *Brachiaria brizanta* cv Marandu a produção de massa vegetal, em resposta a doses crescentes de calcário para elevação da saturação por bases (10%, 30%, 50% e 70%), não indicaram haver incremento na produção a partir de 43%, que equivalia a 2 t de calcário/ha (PREMAZZI, 1991). Mesmo em espécies de reconhecida exigência, como *Panicum maximum* Jacq. cv. Tobiatã a elevação da saturação por bases acima de 30% pode não gerar incrementos na produção de forragem (LUZ et al, 2000).

Dentre as leguminosas forrageiras de reconhecido potencial de produção e valor nutritivo destaca-se as do gênero *Leucaena*. A espécie mais utilizada em sistemas agrícolas é a *L. leucocephala*, denominada, inicialmente, de *L. glauca*. Nativa de uma região do México, que possui solos alcalinos, não se desenvolve bem em condições de alta saturação de alumínio (ANDREW et al., 1973) e de baixos teores de cálcio no solo (BLAIR et al., 1988). Apresenta melhor desempenho em regiões com precipitação de 600 a 1700 mm e temperaturas entre 22 a 30 °C, suportando períodos curtos de estiagem e geadas leves (SKERMAN, 1977).

Segundo LOCH & FERGUSON (1999), existem 10 cultivares de *Leucaena* no mundo, sendo oito pertencentes à espécie *L. leucocephala* e duas lançadas na Malásia que são híbridas de *L. leucocephala* e *L. diversifolia*.

No Brasil o genótipo mais plantado é a cultivar australiana Cunningham (LOCH & FERGUSON, 1999), proveniente do cruzamento entre os tipos Salvadorenho e Peru. A cv. Cunningham é altamente produtiva em solos de boa fertilidade, tem porte baixo, com alta capacidade de ramificar-se, não cresce em solos com alto teor de alumínio e baixos teores de cálcio, e é muito susceptível ao psilídeo (*Heteropsylla cubana*; GRAY, 1967).

A susceptibilidade a psilídio, vigor no estabelecimento, tolerância ao frio e adaptação a solos ácidos e sujeitos a encharcamento constituem os maiores desafios a serem superados pelo gênero. Segundo SHELTON & JONES (1994) essas restrições, associadas aos problemas de toxidez, causada pela mimosina, e ação dos cupins em plantas adultas (SORENSSON, 1994) restringiram a adoção da espécie.

No desenvolvimento de novas cultivares, adotou-se a hibridação interespecífica para transferência de genes desejáveis. Entretanto, grande parte da dispersão da espécie foi feita sobre *L. leucocephala* (poliplóide de autofecundação), originária, muitas vezes, de uma mesma planta, o que limita a possibilidade de ganhos genéticos. Esse fato constituiu-se em um dos exemplos mais evidentes da restrição da base genética em plantas tropicais arbóreas (HUDGES, 1998).

Dentre os cruzamentos promovidos e avaliados, os híbridos de *L. leucocephala* e *L. diversifolia* despertaram interesse pela possibilidade de incorporação de genes com tolerância a solos ácidos (HUTTON, 1990, HUTTON & CHEN, 1993) e resistência ao frio e geadas (SCHIFINO et al., 1994) e a psilídio (SORENSSON & BREWBAKER, 1986).

Os solos ácidos, em ambientes tropicais, são predominantes e apresentam deficiência de cálcio, magnésio potássio, fósforo e molibdênio e toxidez de alumínio e manganês. A importância de espécies que se adaptem e possam ser cultivadas em solos tropicais, produzindo significativa quantidade e qualidade de forragem, é amplificada em função da extensão das áreas que apresentam limitações quanto à

fertilidade do solo. Na América do Sul tropical, 55% da área (820 milhões de hectares) apresenta solos ácidos sendo que, no Brasil, cerca de 573 milhões de hectares são formados por “oxisols” e “ultisols” (Podzólicos), com pH ao redor de cinco e baixos teores de cálcio trocável e altas concentrações de alumínio (GOEDERT, 1983).

A maioria dos solos de Cerrado apresenta restrições químicas ao crescimento de raízes de *Leucaena leucocephala* pelo excesso de alumínio (Al), deficiência de cálcio (Ca) e a interação entre Al e Ca, reduzindo a absorção de Ca pelas raízes (HUTTON E SOUSA 1986; 1987). A aplicação de corretivos e nutrientes na superfície do solo faz com que as raízes se desenvolvam apenas na porção corrigida, diminuindo o potencial produtivo e potencializando os efeitos das secas e veranicos (SOUSA et al., 1992) interferindo na sobrevivência das plantas. OLVERA & BLUE (1985) verificaram a possibilidade de cultivo de *Leucaena*, em solos corrigidos para atendimento das exigências das plantas na camada de 0 a 30 centímetros de profundidade, sendo essa prática alternativa para redução dos custos de correção do solo em profundidade. Essa constatação contraria a observação de HUTTON & SOUSA (1986) que verificaram degeneração de plantas, mesmo com o atendimento das exigências de P, K e Ca a profundidade de um metro no solo.

As alterações de pH do solo devem-se, principalmente, a hidrólise do alumínio, levando à liberação de íons H^+ , conduzindo a redução do pH e a maior solubilidade e toxidez do alumínio (Al). A toxidez de Al constitui-se em um dos maiores limitadores ao crescimento de plantas em solos ácidos. O tecido das raízes é afetado, restringindo seu crescimento, especialmente da raiz principal, responsável pelo aprofundamento do sistema radicular (FOY, 1988). Conseqüentemente, o volume de solo explorado fica restrito, e a planta vulnerável à deficiência hídrica, comumente observada em plantas de *Leucaena*, na Região do Cerrado.

Sintomas de toxidez de alumínio são resultantes da incapacidade de a planta absorver os nutrientes. Sua interferência na membrana das células das raízes prejudica diretamente o processo de absorção de nutrientes. A redução na absorção de cálcio (Ca) e fósforo (P) tem sido freqüentemente relatada na literatura como um dos principais efeitos do alumínio no desenvolvimento de plantas. A interação entre Al e P

pode ocorrer por adsorção-precipitação dos elementos na superfície das raízes ou no tecido da parede celular. A adição de calcário, como forma de redução da toxidez de alumínio, resulta na possibilidade de maior absorção de P, mesmo sem a adição desse elemento ao solo (HAYNES, 1982).

A aplicação de fertilizantes, especialmente fósforo, potássio e os micro nutrientes, têm sido recomendada no estabelecimento de *Leucaena* em áreas de solos ácidos tropicais (HUTTON & SOUSA, 1987; VILELA et al., 2000; LUZ et al., 2002). A deficiência de fósforo no solo limita o estabelecimento e produção de forragem, aumentando a dependência de micorriza arbuscular vesicular (VAM) para um efetivo suprimento de fósforo às plantas, especialmente, em condições acentuadas de acidez (BLARNEY & HUTTON, 1994). Em solos com baixa disponibilidade de fósforo e fraca atividade natural de VAM, elevadas doses de fósforo (230 kg de P_2O_5 /ha) podem ser necessárias (SHELTON & BREWBAKER, 1998). Em solos de Cerrado COSTA et al. (1992) verificaram respostas significativas de *L. leucocephala* até a doses de 300 Kg de P_2O_5 /ha em solos corrigidos com 4 toneladas de calcário/ha.

A alta capacidade trocável do Al substituindo o Ca no complexo trocável de cátions no solo é fator de grande importância para produção de *Leucaena* (HUTTON & CHEN, 1993). O Ca também desempenha papel importante na manutenção da membrana plasmática, na integridade da parede da celular e no crescimento dos meristemas das raízes e da parte aérea.

A aplicação de cálcio e gesso tem sido amplamente difundida para superação das limitações a produção em solos ácidos tropicais (SIQUEIRA, 1986; SOUSA & LOBATO, 2004). A aplicação de calcário eleva pH, reduz toxidez de alumínio e manganês e aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio às plantas. O gesso apresenta maior mobilidade no solo que o calcário, embora não cause alterações no pH e seja menos eficiente na eliminação da toxidez de alumínio, aumenta a disponibilidade de cálcio em profundidade. Isso favorece o desenvolvimento de raízes em profundidade e aproveitamento de água no perfil, resultando em incrementos de até 80% na produção de massa seca em *Leucaena* (SOUSA et al., 1992).

BLAIR et al. (1988), estudando os efeitos de pH e de cálcio sobre o crescimento de *L. leucocephala*, em dois tipos de solos, concluíram que em “ultisols”, o crescimento das plantas foi maior quando se aumentou o pH do solo e observou resposta para teor de cálcio. Em oxisols, ao contrário, o crescimento das plantas respondeu à aplicação de cálcio, mas não foi afetado pelo pH do solo.

COUTO et al. (1985) testaram três fontes de cálcio (CaCO_3 , Ca Cl_2 e Ca SO_4) para fornecimento de Ca às plantas de *Leucaena* e constataram que, se não houver limitação de Ca, as plantas serão capazes de se desenvolver em presença de Al trocável. Essas observações haviam sido previamente constatadas por HUTTON (1984) onde a deficiência de cálcio seria mais determinante para o crescimento de *Leucaena* do que a toxidez de alumínio.

A concentração de nutrientes na parte aérea de *Leucaena* é função, principalmente, da disponibilidade de nutrientes no solo e de espécies/cultivares. GARCIA et al. (1996) compilaram dados de inúmeros autores relativos aos teores de macroelementos e minerais na parte aérea de *Leucaena*. Relataram valores médios, em g/kg, de 2,20 de enxofre (S), 18,00 de Ca, 2,60 de P, 3,30 de magnésio (Mg), 0,60 de sódio (Na) e 14,50 de potássio (K), indicando que a forragem produzida apresenta bons valores como fonte de minerais para alimentação animal, embora baixos teores de fósforo. DALZELL et al. (1998) reuniram informações de diversas espécies de *Leucaena* e alguns híbridos e encontraram valores médios semelhantes, sendo apenas maior a amplitude dos dados observados.

Trabalhando no processo de hibridação e de seleção HUTTON (1990) constatou que os teores de Ca mais elevados nas folhas jovens de *Leucaena* indicaram maior adaptação desse material às condições de solos ácidos. Nas plantas não adaptadas às condições de acidez, os teores de Ca não superavam 0,35% da matéria seca nas folhas jovens. Em *L. diversifolia*, o valor médio foi de 0,52% enquanto, nos híbridos, variava entre 0,35 e 0,65%.

A seleção de híbridos de *Leucaena* tolerantes a acidez do solo tem se mostrado viável especialmente pela utilização de *L. diversifolia* (Shlecht.) Beth & Hook que apresenta alta tolerância, sendo possível a realização de cruzamentos férteis com *L.*

leucocephala (HUTTON, 1981). OAKES & FOY (1984) confirmam as observações indicando que *L. diversifolia* seria mais tolerante, enquanto *L. leucocephala* e *L. pulvulenta* seriam de tolerância intermediária a solos ácidos. Cruzamentos interespecíficos de *Leucaena* foi enfatizado por HUTTON (1984), com o intuito de alcançar ecótipos mais adaptados a solos ácidos, pobres em cálcio e com capacidade de desenvolvimento radicular mais profundo.

Os cruzamentos que originaram híbridos entre *L. leucocephala* com *L. diversifolia*, *L. shannoni* e *L. pulvulenta* foram desenvolvidos no Centro Internacional de Agricultura Tropical (HUTTON, 1985, HUTTON, 1987) e avaliados no Brasil no período de 1982 a 1987 (HUTTON, 1990). Esse processo permitiu identificar populações com características superiores de adaptação. Na hibridação interespecífica, foi empregada a *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, reconhecidamente não adaptada a solos ácidos, mas com características agrônomicas desejadas, e um material da mesma espécie, seleção 11, proveniente da linha K420 (HUTTON, 1981). Essas plantas apresentam autopolinização ($2n=104$ cromossomos) e após emasculação foram utilizados como linhagens maternas. Como origem paterna foram adotadas plantas de polinização cruzada, tolerantes a solos ácidos de *Leucaena diversifolia*, identificadas como seleção 25 e 26 ($2n= 52$ cromossomos) e 31 ($2n= 104$ cromossomos), originários dos materiais K408, K454 e K 145, respectivamente (HUTTON, 1981). Depois de plantios sucessivos em solos originalmente ácidos e de pouca fertilidade, houve a montagem de "bulks" e seleção de plantas mais vigorosas e com características agrônomicas desejáveis. Nesse procedimento, foram identificados materiais mais adaptados às condições estudadas e mais responsivos que a cv. Cunningham em solos com fertilidade corrigida (HUTTON, 1990).

FRANÇA-DANTAS et al., (1992) testaram híbridos de *Leucaena*, provenientes dos cruzamentos obtidos por HUTTON (1990), em diferentes localidades do Cerrado. Os resultados demonstraram a superioridade dos híbridos de *L. diversifolia*, quanto ao crescimento e produção de forragem. ARAÚJO NETO et al. (1994), compararam cultivares de *Leucaena* provenientes dessa mesma coleção e identificaram superioridade do híbrido *L. leucocephala* X *L. diversifolia* (11X25) quanto à produção de

massa seca e produção de proteína bruta da forragem consumível, em solos que receberam 695 kg/ha de calcário para atingir saturação por bases de 25%. PRIMAVESI et al. (1994) no Estado de São Paulo, testando os mesmos materiais com o mesmo método de avaliação e condições semelhantes de saturação por bases (22% saturação natural) não encontraram vantagens comparativas dos híbridos em relação à cv. Cunningham.

HUTTON & CHEN (1993) reavaliaram os materiais híbridos selecionados no Brasil em solos com 81% e 68% de saturação de alumínio e encontraram de 19% a 79% mais produção de massa de forragem nos materiais tolerantes em relação à cv. Cunningham. Todas as linhas do híbrido 11X25, em sua terceira geração (F3), superaram a cv. Cunningham e ainda apresentaram superioridade em relação à resistência ao ataque de psíldeo. Na continuidade desse trabalho, WONG et al. (1998), em Kuala Lumpur, identificaram dois híbridos com comportamento superior, em produção de forragem, em vigor e resistência a psíldio, à cultivares de *L. leucocephala* oficialmente recomendados.

De acordo com HUTTON (1990), a obtenção de cultivares de *Leucaena*, produtivas e adaptadas a solos ácidos, necessariamente, deverá passar pelo processo de seleção e hibridação. Entretanto, conciliar o componente agrônomo com as exigências de resistência a pragas e doenças e à redução dos fatores antiquiditativos demandará grande tempo e esforço. Ampliar a capacidade de exploração do solo, com plantas mais adaptadas a solos ácidos, pode significar aumento de produção associado à recuperação de cátions ao longo do perfil, ampliando a sustentabilidade de áreas estabelecidas com *Leucaena* (BLARNEY & HUTTON, 1994).

O desempenho produtivo, em resposta a doses crescentes de fósforo e calagem, ampliará o conhecimento sobre os materiais estudados, gerando recomendações para implantação do novo cultivar dentro dos atuais sistemas de produção em pastagens, onde o gênero *Brachiaria* é predominante. O estudo desenvolvido com o híbrido de *Leucaena* tem por objetivo avaliar o potencial de adaptação da planta às condições de solos ácidos, baixa disponibilidade de fósforo e com elevada saturação por alumínio, frente a cultivar comercial Cunningham de *L. leucocephala*.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Caracterização da área experimental

Em área experimental da Embrapa Cerrados, em Planaltina – DF (15° 35' e 30" S; 47° 42' e 30" S; 1000 m s.n. m.) conduziu-se ensaio com dois cultivares de *Leucaena*: híbrido interespecífico "11X25", de *Leucaena leucocephala* (linha 11) e *L. diversifolia* (linha 25); e *L. leucocephala* cv. Cunningham. A obtenção do híbrido foi descrita por HUTTON (1990). Na Embrapa Cerrados, para estabilização da população, foram conduzidos trabalhos de avanço de geração.

As características químicas do solo da área experimental aparecem na Tabela 1, obtidas de quatro amostras retiradas em duas profundidades. O solo, de classe textural dargilosa, é classificado com latossolo VERMELHO ESCURO distrófico com teor de matéria orgânica de 2,5%.

Tabela 1. Análise química do solo, prévia ao estabelecimento dos tratamentos, nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm de profundidade.

Amostra	Perfil cm	pH	P	K	Al	H+Al	Ca+Mg	SB ¹	T ²	V ³	m ⁴
		H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³					%	
Média	0-20	5,10	1,21	41	0,82	7,37	0,63	0,74	8,10	9,06	56,26
EP ⁵		0,09	0,12	2,68	0,03	0,05	0,08	0,08	0,08	0,89	0,02
Média	20-40	4,90	0,18	23	0,50	6,62	0,42	0,48	7,10	6,73	51,02
EP		0,07	0,05	0,71	0,03	0,14	0,02	0,02	0,15	0,28	0,06

¹SB = soma de bases; ²T = capacidade de troca de cátion; ³V = saturação por base; ⁴m = saturação por alumínio; ⁵EP = erros padrão.

2.2.2 Tratamentos avaliados e condução do ensaio

Os tratamentos constituíam-se da combinação de doses de fósforo com diferentes saturações por bases (Tabela 2). As doses de fósforo aplicadas no sulco de plantio, na forma de superfosfato triplo, foram definidas com base na recomendação de VILELA et al. (2000). Doses de calcário dolomítico foram estimadas para elevar a

saturação por bases do solo para 20%, 40% e 60%, na sua camada de zero a 20 cm de profundidade. As quantidades de calcário foram: 0,88, 2,50 e 4,12 t ha⁻¹, equivalente a PRNT de 100%, para as respectivas saturações por base (V). A combinação dos fatores que compuseram os tratamentos pode ser observada na Tabela 2.

Tabela 2. Combinação dos fatores fósforo, e saturação por bases na formação dos tratamentos experimentais do ensaio com híbrido de *Leucaena* 11X25 e a cultivar Cunningham.

Tratamentos (T)	Fósforo ¹ (kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	Saturação por bases (%)		
		20	40	60
----- “11 x 25” -----				
T1. Sem fósforo	0		X	X
T2. 50% da recomendação	70		X	X
T3. 75 % da recomendação	105		X	X
T4. 100% da recomendação	140	X	X	X
----- cv. Cunningham -----				
T5.100% da recomendação	140	X	X	X

¹/Recomendação de fósforo de acordo com Vilela et al. 2000.

A área total do experimento foi de 864 m², para alocação dos 12 tratamentos e espaçamentos entre blocos e tratamentos (ruas), em parcelas de 16 m² (4 x 4 metros). O delineamento adotado foi de blocos completos ao acaso, com três repetições.

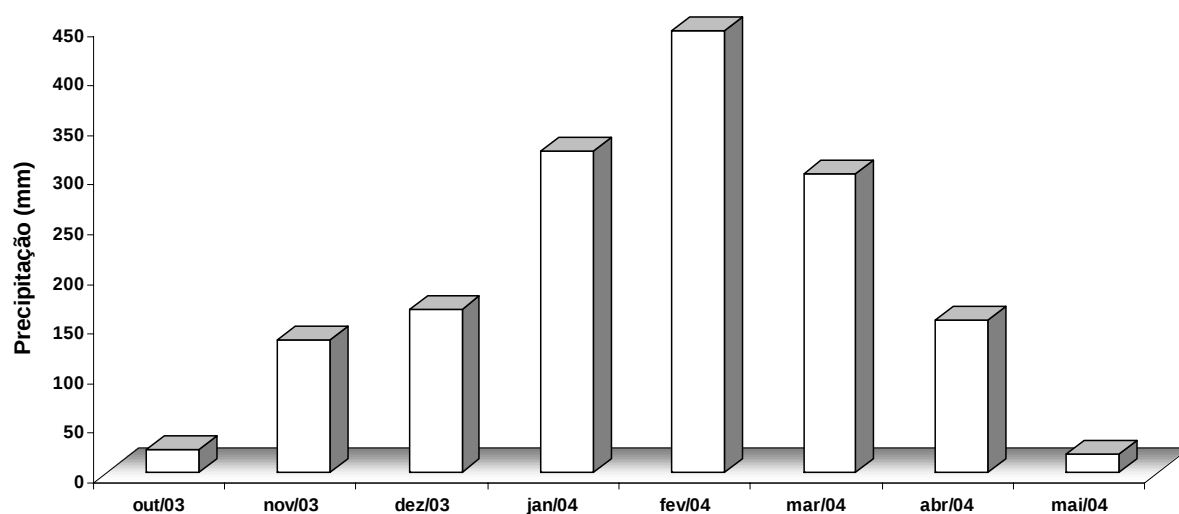
Os dois materiais de *Leucaena* foram semeados em linhas de 4 metros espaçadas de 1,0 m (quatro linhas por parcela). Na semeadura foram usadas por metro cinco sementes escarificadas e inoculadas com a estirpe DF 15 de rizobium (VARGAS et al., 1994). A área útil da parcela era composta pelas duas linhas centrais. Para reduzir o efeito de bordadura, todas as ruas foram semeadas com a cultivar Cunningham, adotando o mesmo padrão de semeadura das parcelas.

O solo foi mecanizado em 07/01/2003, recebendo a aplicação de calcário, nas doses pré-estabelecidas, seguida de incorporação. Fertilização básica,, aplicada e incorporada ao solo em 15/02/2003, por ocasião da semeadura, constituiu-se das seguintes doses e fontes: 60 Kg K₂O ha⁻¹ (100 kg ha⁻¹ de KCl); 45 kg ha⁻¹ de enxofre (300 kg ha⁻¹ de gesso agrícola); e micro nutrientes, na forma de fritas nas quantidades 4,2; 1,5; 2,4; 2,4; 0,6; 0,06 e 0,06 kg ha⁻¹ de zinco (Zn), boro (Bo), cobre (Cu), ferro

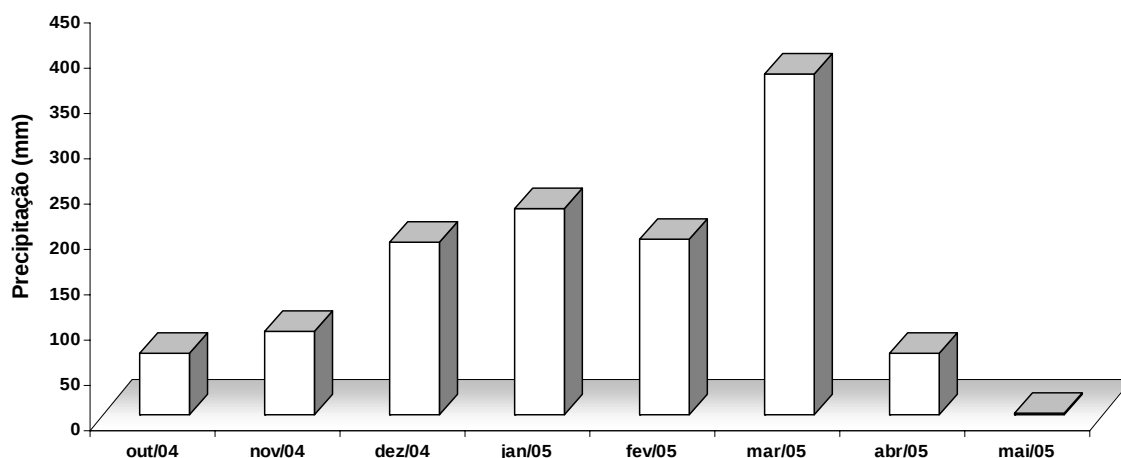
manganês, molibdênio e cobalto, respectivamente. Em 17/12/2004 as parcelas receberam fertilização de reposição, a lanço, com 60 kg/ha⁻¹ de K₂O, na forma de cloreto de potássio.

Durante a fase de implantação e condução do experimento as plantas invasoras foram controladas por meio de capinas. Promoveu-se ainda o controle químico dos ataques de formigas e, na fase experimental, realizou-se o controle químico do ataque de afídios (*Heteropsylla cubana* Crawford), e de doença fúngica foliar (*Camptomeris leucaenae* (Stev e Dalbey) Syel).

A precipitação pluviométrica, observada durante a fase experimental, foi de 1613 mm, de agosto de 2003 a julho de 2004, e de 1280 mm, de agosto de 2004 a abril de 2005. A precipitação pluviométrica mensal, durante a condução do ensaio, pode ser observada nas Figuras 1 e 2.



Figuras 1. Precipitação pluviométrica mensal na estação principal da Embrapa Cerrados- Brasília-DF, no período de outubro de 2003 a maio de 2004.



Figuras 2. Precipitação pluviométrica mensal na estação principal da Embrapa Cerrados- Brasília-DF, no período de outubro de 2004 a maio de 2005

2.2.3 Coleta de dados e análise laboratorial

Em 16/03/04, 07/06/04, 17/01/05 e 14/05/05, quando as plantas atingiram em média 1,8 metros de altura, foram feitos cortes a 40 cm do solo, de toda massa vegetal, contida na área útil da parcela, seguidas de corte das ruas e bordaduras. As amostras foram pesadas no campo e sub amostradas para determinação de seus teores de matéria seca, proporções de folhas e ramos e respectivos teores de macro e micro nutrientes. As sub amostras foram secadas em estufa com ventilação forçada de ar, a temperatura de 65°C, até atingirem peso constante.

A determinação das frações folhas e ramos foi feita nas sub amostras empregadas para avaliar o teor de matéria seca. O processamento manual das amostras, após secagem, fica facilitado, uma vez que grande parte dos folíolos e das folhas se desprendem dos ramos.

As análises de teor nitrogênio, nas frações do tecido vegetal, foram processadas pelo método de digestão ácida peróxido-perclórico (ADLER E WILCOX, 1985). O procedimento emprega amostras com peso de 200 mg de material vegetal, previamente

moídas (peneira com malha de 1 mm), colocadas em tubos onde são adicionados 1 ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e 2ml de ácido perclórico ($HClO_4$). A digestão foi realizada em capelas de aço, durante 30 minutos, empregando blocos de alumínio aquecidos, seguido da diluição da amostra em água (50 mL) e rápida agitação. Uma alíquota de 1 mL foi submetida a uma segunda diluição com de água (20 mL) sendo acrescida de 1,5 mL da solução de Nessler. A solução resultante é analisada pela leitura em espectrofotômetro, Modelo SHIMADZU UV -1601, no comprimento de onda de 440 nm.

Na determinação dos teores, P, Ca, Mg, Cu e Zn foi adotado o mesmo processo de digestão, até sua diluição em 50 mL de água, sendo a solução resultante analisada diretamente pela leitura das concentrações em equipamento de plasma Modelo IRIS/AP

Após o último corte de avaliação, foram coletadas amostras de solo, nas ruas das duas parcelas, compostas de cinco sub amostras por parcela, nas profundidades de 0 a 20, 20 a 40 e 40 a 60 cm para caracterização da fertilidade residual no perfil do solo.

2.2.4 Análise estatística

Avaliou-se o efeito de fósforo e calagem sobre a biomassa aérea, relação folha:ramo nos dois anos de avaliação. Os teores dos nutrientes, N, P, Ca, Mg, Cu e Zn, nas folhas e ramos dos dois cultivares, foram comparados apenas no primeiro ano de avaliação (2004).

Os dados experimentais foram analisados por meio do programa computacional SISVAR, em seu procedimento ANOVA, sendo comparadas as médias pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

A análise dos dados considerou a existência de dois ensaios em arranjo fatorial. Numa primeira análise foram comparadas as produções de massa seca total (folhas e ramos) dos dois cultivares, obtidos por ano e o acumulado de dois anos, na dose de fósforo (140 kg/ha), dentro dos valores de saturação por bases de 20%, 40% e 60%, constituindo o fatorial $I \ 2 \times 3$ (2 cultivares X 3 níveis de saturação por base).

Numa segunda análise, consideraram-se os efeitos de um arranjo fatorial 4X2 de tratamentos (quatro doses de fósforo e dois níveis de saturação por bases) sobre as variáveis da cultivar híbrida 11X25.

A análise da produção média anual e total de massa seca de quatro cortes da cultivar 11X25 em função de doses de fósforo, foi feita por regressão precedida de análise de variância.

As relações entre massa seca total e as características químicas de solo (pH em água, saturação por alumínio, saturação por bases e teores de Ca+Mg), no ano de 2005, foram analisadas por meio de regressões polinomiais (SISVAR).

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Caracterização química do solo

Segundo a classificação de RAIJ, et al. (1996), o solo da área experimental apresenta baixos teores iniciais de Ca + Mg, P, K, acidez muito alta e saturação por base muito baixa, tanto na superfície como a 40 centímetros de profundidade. A saturação por alumínio é muito alta, superior a 50%, considerando que a partir de 20% o ambiente seria restritivo ao desenvolvimento radicular da grande maioria das plantas (SOUSA et al., 1985). Em razão destas características de acidez elevada, as plantas podem ainda sofrer com a toxidez de manganês e acentuada redução na atividade biológica de microorganismos livres que vivem em simbiose com leguminosas.

O efeito dos tratamentos aplicados, ao final do período de avaliação, com base na elevação da saturação por bases para 20%, 40% e 60% e aplicação de fertilizante fosfatado podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de saturação por base esperada, doses de fósforo (P_2O_5) aplicadas, e análise química de amostras do solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade de LATOSSOLO VERMELHO, depois de dois anos da implantação dos tratamentos. e valores de soma de bases (SB), capacidade de troca de cátion (T), saturação por alumínio (m) e saturação por base residual (V_o).

Tratamentos		Análise química do solo									
V_e^1	P_2O_5	pH	P	K	Al	H+Al	Ca+Mg	SB ²	T ³	m ⁴	V_o^2
%	(kg/ha)	H ₂ O	...mg/dm ³ ...							%.....	
40	0	5,22	1,54	30,67	0,44	4,87	1,48	1,56	6,44	22,22	24,34
60	0	5,65	1,55	29,33	0,15	3,91	2,18	2,26	6,17	8,82	35,54
40	70	5,22	1,55	21,67	0,49	4,68	1,18	1,23	5,91	24,02	20,53
60	70	5,62	1,45	25,33	0,27	4,16	1,94	2,00	6,16	15,70	32,67
40	105	5,56	1,70	22,67	0,29	3,82	1,93	1,99	5,81	14,57	34,05
60	105	5,50	1,60	25,33	0,04	3,69	2,54	2,60	6,29	2,44	41,15
20	140	5,12	1,34	23,83	0,76	4,91	0,68	0,74	5,65	36,19	12,93
40	140	5,33	1,60	24,89	0,40	4,80	1,54	1,60	6,40	20,00	24,87
60	140	5,65	1,48	22,67	0,18	3,83	2,22	2,28	6,11	10,84	36,81

¹ V_e = saturação por bases esperada; ²SB = soma de bases; ³T = capacidade de troca de cátion; ⁴m = saturação por alumínio; ⁵ V_o saturação por bases obtida.

A calagem, nas doses de 2,5 e 4,1 t/ha, correspondentes aos tratamentos de 40% e 60% de saturação por bases, resultou em elevação dos valores de pH. Conseqüentemente houve redução da saturação por alumínio (m), contudo, não foi alcançada a neutralização do Al trocável. Na dose intermediária de calcário, os efeitos tóxicos do alumínio causaria limitações ao desenvolvimento plantas cultivadas e não adaptadas a essa condição. Por outro lado, os valores de saturação por base, transcorridos 123 semanas da aplicação, corresponderam a 68%, 64% e 61% dos valores teóricos pretendidos (Figura 3).

GÓIS et al. (1996) em solos de mesma classe textural e fertilidade química, aplicaram doses de 1,6; 3,6 e 5,7 ton/ha de calcário, corrigido para PRNT de 76%, com intuito de alcançar valores de saturação por bases de 25%, 50% e 75 % respectivamente. Após 73 semanas observaram que os valores atingidos de V equivaleram, em média, a 50% dos valores pretendidos, fato que atribuíram à baixa reatividade do calcário e à ausência de revolvimento do solo durante a fase de avaliação, o que não ocorre em áreas de cultivos anuais. Segundo SOUSA & LOBATO (2004), apenas 50% do calcário aplicado no solo reage no primeiro ano, em área com cultivo convencional do solo, alcançando o índice de 80% após o segundo ano.

De qualquer modo os valores de saturação por bases alcançaram níveis capazes de evidenciar diferenças de resposta dos materiais de *Leucaena*.

A análise química do solo ao final do ensaio (Tabela 3), evidencia o incremento de 26% no teor médio de P na camada de 0 a 20 cm do solo em relação à análise química inicial (Tabela 1). Entretanto, esses aumentos não foram proporcionais às doses de fósforo aplicadas, fato que se atribui à aplicação localizada nos sulcos de semeadura, e a amostragem do solo ao longo das entrelinhas. Estas diferenças de procedimento experimental comprometeram, em parte, a interpretação dos teores de fósforo ao final do ensaio face as respectivas doses aplicadas ao solo.

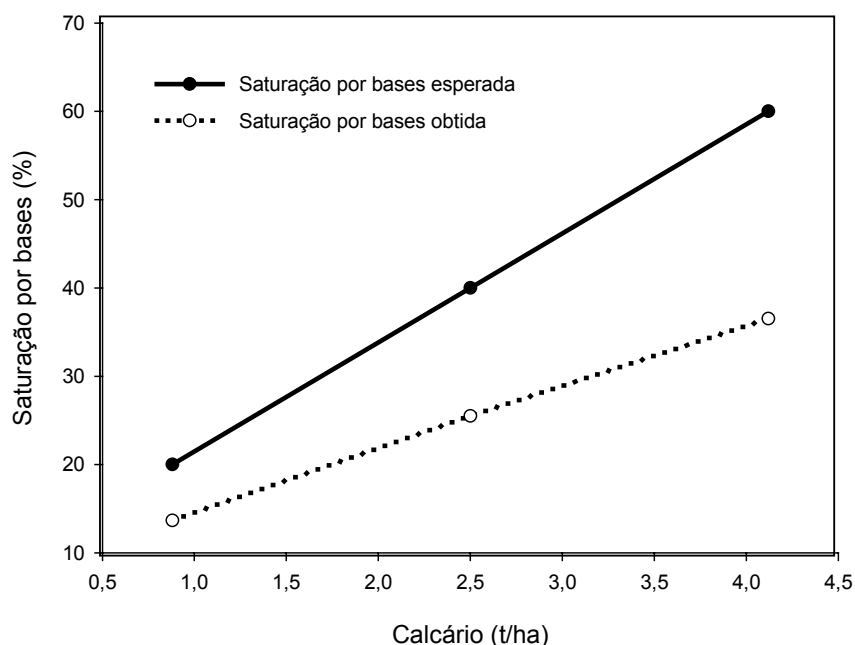


Figura 3. Saturação por bases esperada e residual, 123 semanas depois da aplicação de doses de calcário dolomítico, em LATOSSOLO VERMELHO, argiloso, cultivado com *Leucaena*.

2.3.2 Efeitos da calagem na produção de massa vegetal

O efeito da calagem na produção de massa vegetal das duas cultivares de *Leucaena* pode ser observado nas Tabelas 4, 5 e 6. A produção de massa de folhas e ramos do híbrido 11 x 25 não evidencia resposta aos ($P < 0,05$) níveis de saturação por bases estudados. No entanto, a cv. Cunningham, respondeu à elevação da saturação por bases de 20% para 60% com incrementos de 98% e 56%, nos anos de 2004 e 2005, respectivamente. A presença de alumínio trocável no solo (Tabela 3) e a ausência de resposta às doses crescentes de calcário ($P < 0,05$) são indicadores de que o híbrido 11x25 é mais adaptado a solos ácidos do que o cv. Cunningham.

Esses resultados confirmam as observações feitas por HUTTON, 1990 e HUTTON & CHEN (1993) quanto à adaptação do híbrido às condições de solos ácidos, durante a fase de melhoramento e seleção. Confirmam também as observações feitas por BLAIR et al. (1988) e HUTTON (1984) quanto à maior importância no fornecimento

de Ca do que os possíveis efeitos tóxicos de Al para produção de *Leucaena* em latossolos.

O comportamento produtivo das duas cultivares de *Leucaena* em relação à correção da acidez do solo foi distinto (Tabelas 4, 5 e 6). Enquanto que a cultivar Cunningham respondeu significativamente à calagem ($P < 0,05$), a produção de massa de forragem do híbrido 11x25 não definiu ($P > 0,05$) em resposta aos níveis de acidez testados.

Tabela 4. Massa seca acumulada (folhas+ramos) de dois cultivares de *Leucaena* em dois cortes nas datas de 16/03/2004 e 14/05/06.

Saturação por bases (%)	Cultivares		Média
	11x25	Cunningham	
	kg/ha		
20	6.934 aA	3.448 bB	5.191
40	7.839 aA	5.653 bAB	6.746
60	6.802 aA	6.843 aA	6.822
Média	7.192	5.315	6.253
CV (%)	17,3		

Médias, na mesma linha, seguidas de letras minúscula iguais e, na mesma coluna, seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 5. Matéria seca acumulada (folhas+ramos) de dois cultivares de *Leucaena* em dois cortes nas datas de 17/01/2005 e 07/06/2005.

Saturação por bases (%)	Cultivares		Média
	11x25	Cunningham	
	kg/há		
20	6.276 aA	3.910 bB	5.092
40	8.240 aA	6.024 bA	7.132
60	6.803 aA	6.100 aA	6.451
Média	7.106	5.344	6.225
CV (%)	14,2		

Médias, na mesma linha, seguidas de letras minúscula iguais e, na mesma coluna, seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Na comparação entre os materiais, a superioridade de produção de massa vegetal da cultivar híbrida, em relação a Cunningham, obtida em condições de baixa saturação por bases, demonstra o maior potencial de resposta dessa planta. A produção média acumulada de folhas e ramos do híbrido 11x25 foi 34% maior do que a obtida pela cv. Cunningham. No entanto, na saturação por bases de 20% essa diferença foi de 79,5% (Tabela 6).

Tabela 6. Massa seca acumulada (folhas+ramos) de *Leucaena* em quatro cortes nos anos de 2004 e 2005.

Saturação por bases (%)	Cultivares		Média
	11x25	Cunningham	
	kg/ha		
20	13.210 bA	7.358 aB	10.284 B
40	16.078 bA	11.677 aA	13.878 A
60	13.604 aA	12.943 aA	13.274 A
Média	14.298 a	10.660 b	12.479
CV (%)	14,1		

Médias, na mesma linha, seguidas de letras minúscula iguais e, na mesma coluna, seguidas de letras maiúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Em solo ácido de cerrado de Roraima, ARAÚJO NETO et al. (1994) avaliaram o desempenho, de cultivares de *Leucaena leucocephala* (cv. Cunningham e cv. Texas, 29A9) e de híbridos (*Leucaena leucocephala* x *L. diversifolia*), incluindo o material 11X25. O solo da área experimental, com 51% de saturação por alumínio e pH em água de 4,8 na camada superficial (0 a 20 cm), recebeu a aplicação de 695 kg/ha de calcário para elevar a saturação por bases para 25%. Observaram diferenças significativas entre os materiais avaliados quanto a produção de massa vegetal e proteína bruta no período de chuvas. O híbrido 11X25 foi o mais produtivo, no primeiro ano, superando todos materiais avaliados, diferindo apenas do cv. Texas no segundo ano de avaliação. A maior produção total de proteína foi alcançada com o híbrido 11X25, que não diferiu do híbrido 11X26 ($P < 0,05$), indicando o potencial dos híbridos para formação de pastagens naquela região. Entretanto, contradizem as observações feitas por PRIMAVESI et al. (1994) em solos com saturação por bases natural de 22% em São Carlos, SP, onde os

mesmos materiais não apresentaram diferenças quanto a produção total e da fração consumível.

2.3.3 Produção de massa seca e características químicas do solo

O estudo das relações entre a produção de massa seca e características químicas do solo, relacionadas à acidez do solo, permitiram verificar diferenças marcantes entre a cultivar híbrida e a cv. Cunningham. As doses crescentes de calcário promoveram alterações no pH do solo, na saturação por alumínio, disponibilidade de Ca e Mg e na saturação por bases. A produção de massa seca vegetal da cv. Cunningham apresentou resposta quadrática em relação aos incrementos no valor de pH do solo; a produção equivalente a 80% da produção máxima estimada de massa seca foi obtida com pH 5,35. A produção de massa seca decresceu linearmente com o aumento da saturação por Al (Figura 3). Para cada ponto porcentual de aumento na saturação por Al trocável, a produção de massa seca diminuiu em 50 kg/ha. Em relação à produção máxima obtida observou-se redução na produção de massa seca de até 50% em razão do aumento de saturação por alumínio.

O comportamento produtivo apresentado pela cv Cunningham pode ser atribuído à sua maior suscetibilidade ao alumínio trocável em condições de baixo pH. A toxidez de Al constitui-se em um dos maiores limitadores ao crescimento de plantas em solos ácidos. O tecido das raízes é afetado, restringindo seu crescimento, especialmente da raiz principal, responsável pelo aprofundamento do sistema radicular (FOY, 1988). A aplicação de calcário e gesso em latossolos com elevada saturação por alumínio possibilitou incrementos significativos na produção *L. leucocephala* cv. Cunningham (HUTTON & SOUSA, 1987; SOUSA et al., 1992).

Analisando o comportamento produtivo das cultivares em relação aos teores de Ca e Mg no solo e saturação por bases, verifica-se, mais uma vez desempenho, diferenciado na produção de massa seca (Figura 4). A cv. Cunningham apresentou resposta quadrática tanto aos teores de Ca+Mg como aos níveis de saturação por bases no solo. A produção de massa seca equivalente a 80% da produção máxima

estimada foi obtida com teores de Ca+Mg de 1,53 cmol/dm³ e 25,7% de saturação por bases. Para híbrido 11x25 não se observou efeito significativo ($P>0,01$) de Ca+Mg e de saturação por bases na produção de massa vegetal.

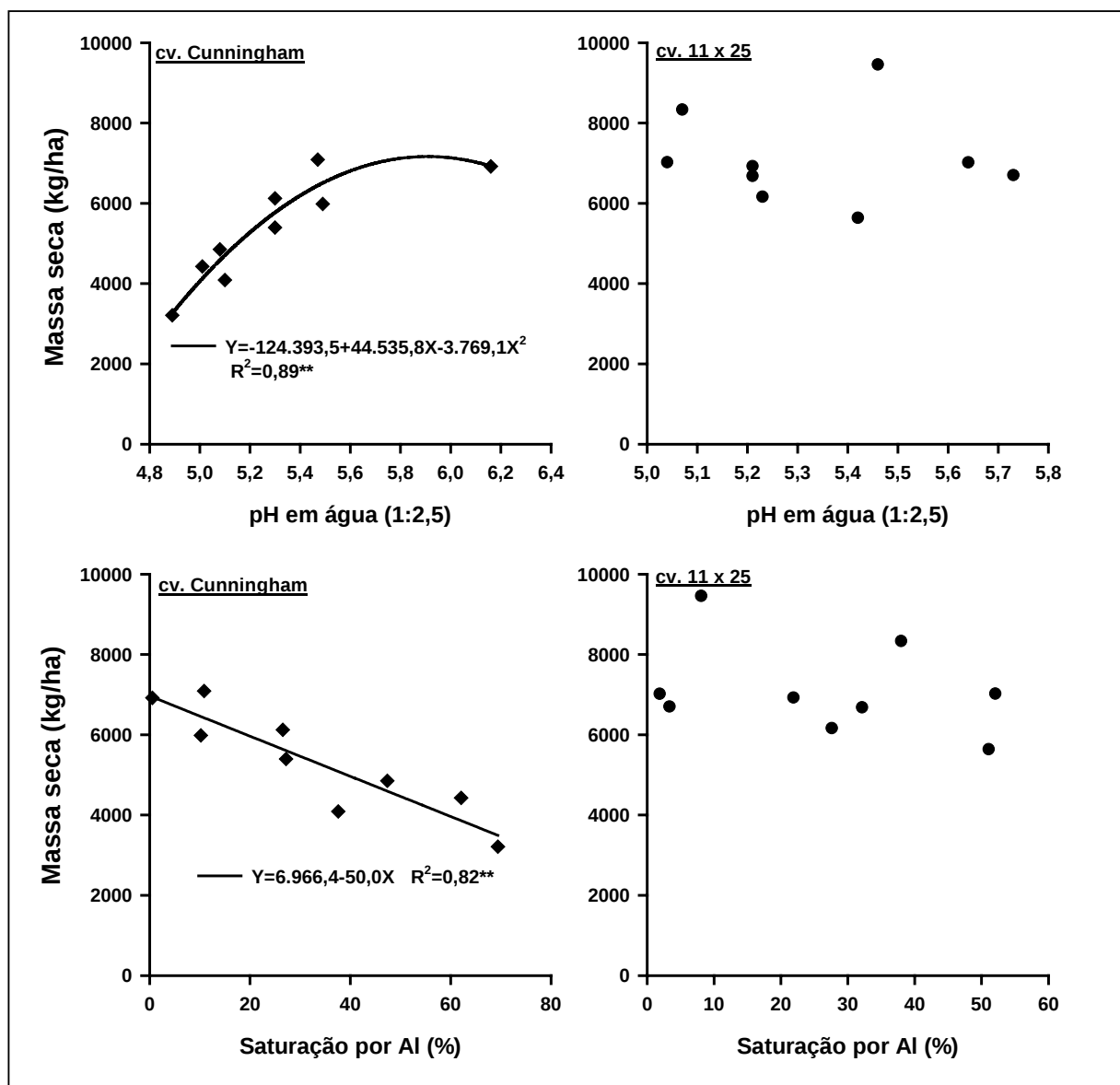


Figura 3. Relação entre massa seca acumulada em dois cortes, em 2005, e pH em água e saturação por alumínio na camada de 0 a 20 cm de profundidade para as cultivares de *Leucaena*, híbrido 11x25 e cv. Cunningham. (**= $P<0,01$).

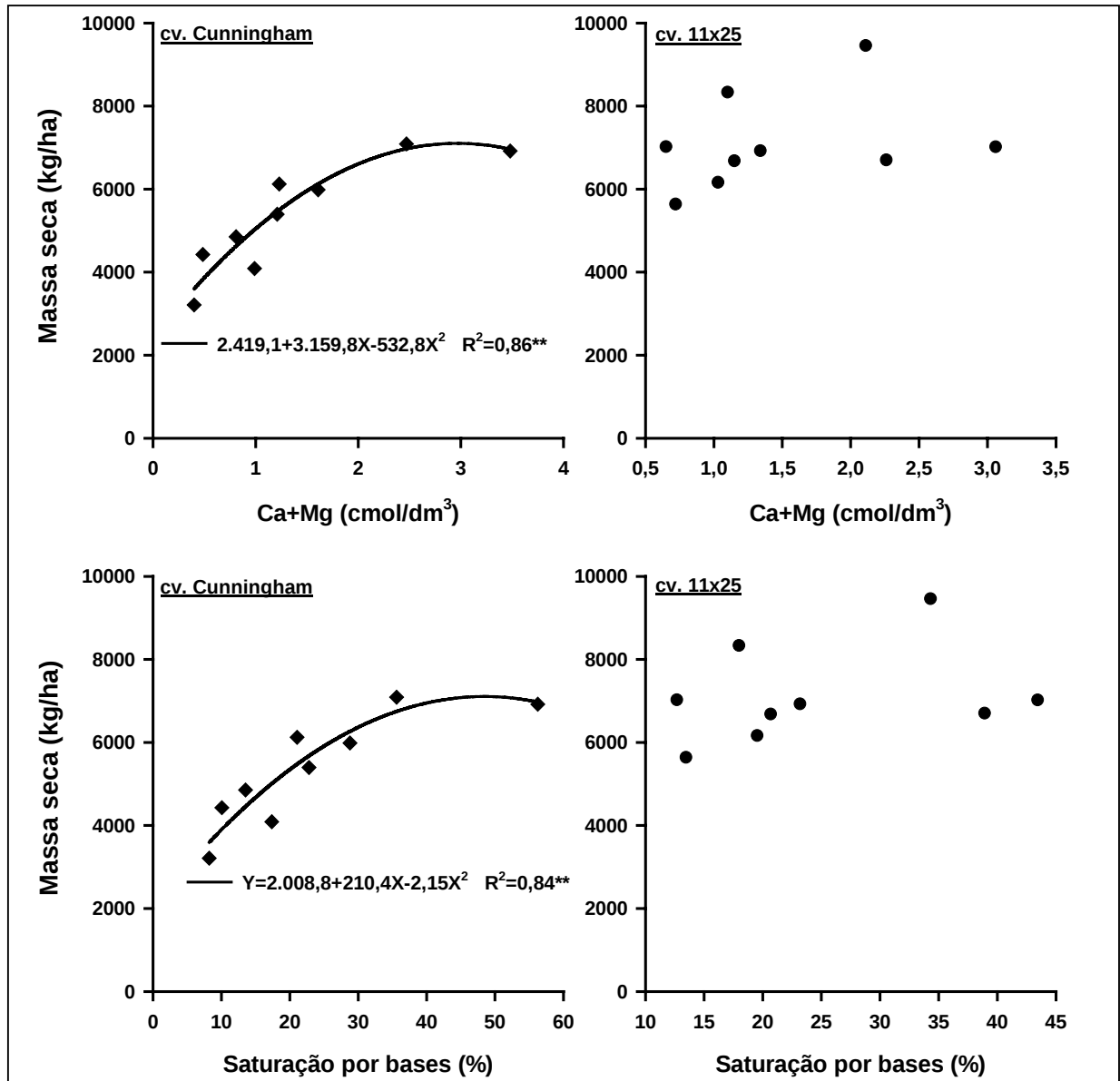


Figura 4. Relação entre massa seca acumulada em dois cortes, em 2005, e teores de Ca+Mg e saturação por bases na camada de 0 a 20 cm de profundidade para os cultivares de *Leucaena*, híbrido 11x25 e cv. Cunningham. (** = $P < 0,01$).

BARCELLOS (2006; Capítulo 4) relatou que áreas implantadas com o híbrido 11X25 consorciado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, em LATOSSOLO VERMELHO argilosos de Cerrado, no ano de 1998, e sob pastejo com bovinos, apresentavam boa persistência e produtividade depois de quatro anos de utilização. No período relatado, não foram realizadas adubações de manutenção. As análises químicas de solo, no final da estação seca do ano de 2002, indicavam os seguintes valores nas camadas de 0 a 20; 20 a 40 e 40 a 60 cm de profundidade, respectivamente: 1,15; 0,42 e 0,23 mg/dm³ de P; 2,40, 1,74 e 0,68 mg/dm³; Ca+Mg; saturação por bases de 31%, 24% e 12%; e saturação por alumínio de 6%, 12% e 34%.

As melhores condições de fertilidade na camada de 0 a 20 cm de profundidade reforçam a proposição de correção superficial do solo para cultivo de *Leucaena* (OLVERA & BLUE, 1985). Essa prática poderia ser obtida por associação com culturas anuais (BARCELLOS et al., 2001; ZOBY et al., 1990). Entretanto, a adaptação do material híbrido às condições de baixa fertilidade nas camadas inferiores do solo faz-se notória pela sobrevivência das plantas, fato não observado por HUTTON e SOUSA (1986), mesmo com o atendimento das exigências de P, K e Ca a profundidade de um metro, no cultivo da cultivar Cunningham. A deficiência de cálcio nos pontos de crescimento da raiz e dos ramos tem levado a morte de plantas após três anos de implantação (BLARNEY & HUTTON, 1994)

2.3.4 Efeito de doses de fósforo na produção de *Leucaena* cv. 11x25.

A produção de massa vegetal seca do híbrido não respondeu significativamente a doses de calcário ($P > 0,05$) e a interação entre fósforo e calcário também não foi significativa ($P > 0,05$). Entretanto, houve incremento significativo na produção de massa seca em resposta às doses crescentes de fósforo (Figura 5). Nos dois anos de avaliação a resposta ao fósforo foi linear. Essa resposta linear, para as doses de fósforo estudadas, pode significar que o potencial de produção não foi atingido e que a recomendação de VILELA et al. (2000) está subestimando a necessidade de fósforo para *Leucaena*. No entanto, é importante ressaltar que essa recomendação

estabeleceu o nível crítico de P no solo equivalente a 80% da produção máxima esperada. Além disso, possivelmente, outros fatores não controlados, disponibilidade de água no solo, podem ter afetado a produção de forragem de *Leucaena*. Na Austrália, SHELTON & BREWBAKER (1998) observaram resposta a fósforo até a dose de 230 kg de P_2O_5 /ha.

Ao longo do período de avaliação por cortes, os efeitos foram menos perceptíveis quanto às doses de fósforo, fato também observado por VILELA et al. (1992) em gramíneas e leguminosas herbáceas de diferentes gêneros. Em espécies perenes e de porte arbóreo são esperadas respostas menos expressivas na fase adulta em razão do maior volume de solo explorado pelo sistema radicular. Contribui também para explicar uma menor resposta no presente experimento o fato da área experimental ter sido cultivada em anos anteriores, aumentando a quantidade total de fósforo no solo não detectado pelos procedimentos de análise laboratorial.

A eficiência de uso de fósforo (kg de MS/kg de P_2O_5) estimada pelo coeficiente de regressão (Figura 6), independente do nível de saturação por base, foi de 25,0 kg de MS/kg de P_2O_5 aplicado. Considerando a produção total máxima estimada para saturação por base de 40% (2,5t/ha de calcário) a eficiência foi de 32,4 de MS/kg de P_2O_5 e de 31,7 kg de MS/kg de P_2O_5 para saturação por base de 60% (4,12 t/ha de calcária).

Trabalhando com a cv. Cunningham em solos de Cerrado em Rondônia, COSTA et al. (1992) verificaram a existência de interação entre doses de fósforo e calcário na produção de massa seca dessa cultivar. A eficiência de uso de fósforo, entre 0 e 100 kg/ha P_2O_5 , foi de 30 kg de MS/kg de P_2O_5 e de 44 kg de MS/kg de P_2O_5 nas doses de calcário de 2,0t/ha e de 4t/ha, respectivamente. Portanto, a eficiência no uso de fósforo pela 11x25, em condições de acidez corrigida parcialmente, parece ser maior do que o observado por COSTA et al. (1992). Já em condições de solos corrigidos a eficiência de uso de fósforo foi menor. Esses resultados evidenciam uma tendência que auxilia a reforçar a interpretação sobre a melhor adaptação do híbrido 11x25 a solos ácidos

Embora as produtividades com cv Cunningham relatada por COSTA et al. (1992) tenham sido superiores às observadas no presente trabalho, a comparação, quanto à

resposta a doses crescentes de fósforo, permite verificar que foi muito mais expressiva naquela cultivar do que o observado com o material híbrido.

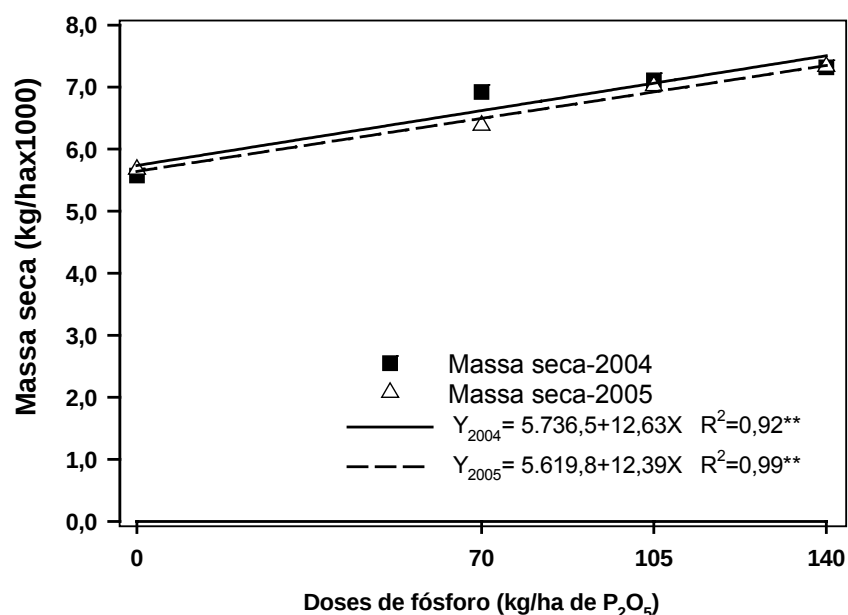


Figura 5. Produção média de massa seca de *Leucaena* cv. 11x25 acumulada de dois cortes, por ano de avaliação, em resposta às doses de fósforo aplicadas no momento da semeadura

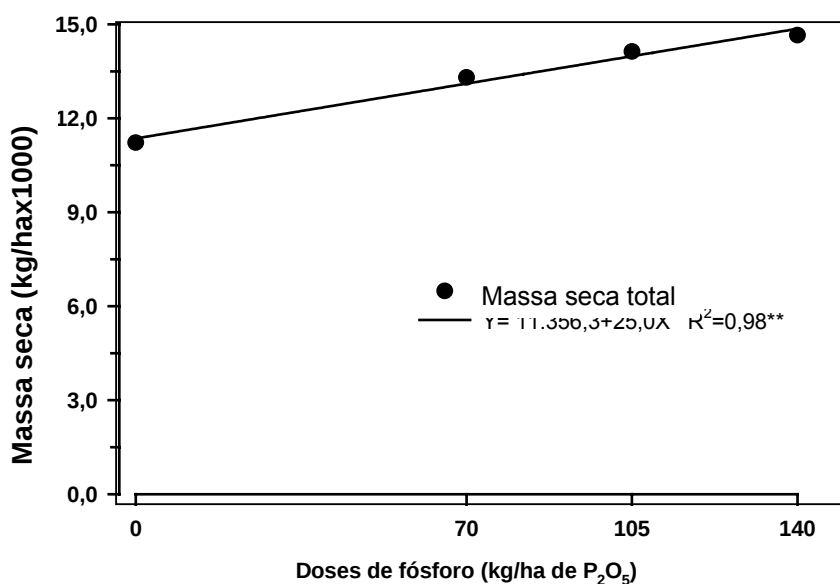


Figura 6. Produção de massa seca de *Leucaena* cv. 11x25, acumulada em quatro cortes, em resposta às doses de fósforo aplicadas no momento da semeadura.

2.3.5 Proporção folhas e ramos e composição mineral.

Na avaliação das duas cultivares, não foi constatado efeito significativo de doses de fósforo e de calagem sobre a proporção de folhas e ramos ($P>0,05$). Ao longo dos cortes de avaliação se observa uma tendência da cultivar híbrida apresentar uma proporção maior de ramos no primeiro corte. Esse comportamento não é observado na cv Cunningham. Nos cortes subsequente proporção de folhas é sistematicamente maior para as duas cultivares (Figura 7).

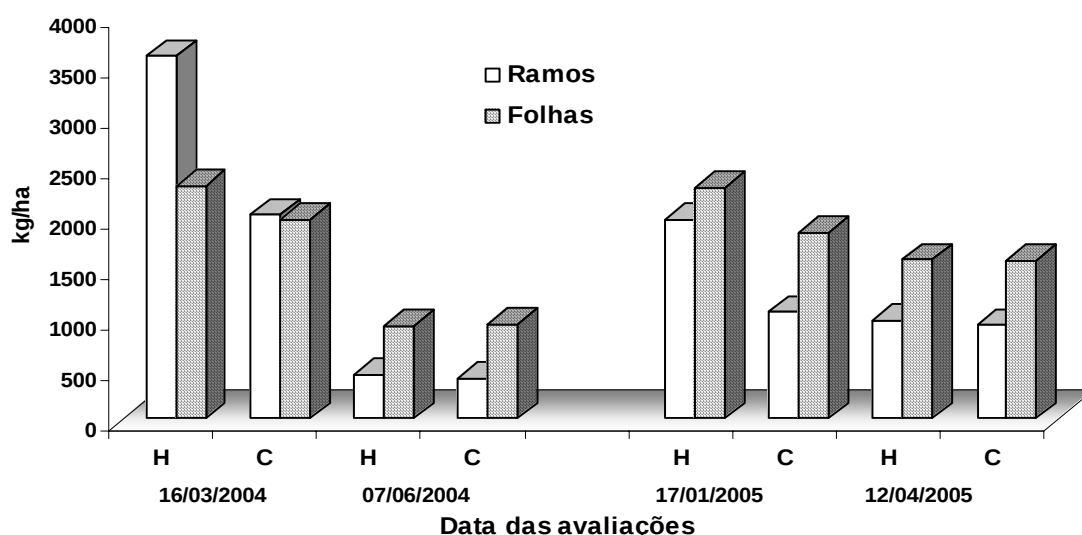


Figura 7. Produção total e proporcional de folhas e ramos de *Leucaena* híbrida (H) e *L. leucocephala* cv. Cunningham (C) em quatro datas de avaliação (altura de corte a 40 cm do solo) na dose de 140 kg/ha de P_2O_5 aplicado no sulco de plantio (média das saturações por bases).

A relação da massa seca de folha:ramo, obtida em cada avaliação, foi diferente ($P<0,05$) entre os dois cultivares (Tabela 7). Essa relação foi mais larga na cv Cunningham. Contudo, no segundo corte de cada ano (2004 e 2005) não se observou diferença na relação folha:ramo entre as duas cultivares (Tabela 7). A cv Cunningham apresentou relação folha:ramos, média dos quatro cortes, 22% superior ao híbrido 11x25.

Tabela 7. Relação folha:ramos em quatro cortes, realizados a 40 cm do solo em duas cultivares de *Leucaena*.

Cultivares	2004		2005	
	16/03/04	07/06/04	17/01/05	12/04/05
11x25	0,64 A	2,14 A	1,16 A	1,62 A
Cunningham	0,98 B	2,38 A	1,75 B	1,69 A
CV (%)	17,8	16,4	19,8	39,0

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Dentre as características agronômicas desejáveis apontadas na cv. Cunningham destaca-se o grande número de ramificações, resultando maior produção de material consumível (GRAY, 1967). PIZARRO & COSTA, 1983 avaliando a cv. Peru encontraram, na média de três anos, a proporção 55% de material consumível enquanto GUEVARRA et al. (1978) relatam valores de 67,5 e 70% para as cultivares K8 e K 431, respectivamente. PRIMAVESI et al. (1994) avaliaram o híbrido 11X25 e encontraram, na média de dois anos, a proporção de 71% de parte consumível e 53,9% de folhas.

Segundo HUTTON (1987) os materiais híbridos obtidos apresentam características herdadas de *L. diversifolia* que resultam em menor número de ramificações e conseqüente redução da proporção de folhas em relação aos ramos. Recomenda, ainda, manejo de corte ou pastejo na fase de estabelecimento, para eliminar a dominância apical e induzir as ramificações. HUTTON & BEATTIE (1976) afirmam que a maior produção da fração lenhosa pode ser usada como indicador do vigor da planta para produção da fração consumível.

O corte da parte aérea mostrou ter influência sobre proporção de folhas e ramos do híbrido 11X25. No primeiro corte, as folhas representaram 39,2% da massa total e no segundo corte 68,1%. No segundo ano de avaliação o efeito dos dois cortes iniciais do primeiro ano elevou a proporção para 53,7% e 61,8% no terceiro e quarto cortes, respectivamente. A cv Cunningham não expressou, de forma tão acentuada o efeito dos cortes, gerando os valores de 49,5%, 70,0%, 63,6% e 62,8% para os cortes de um a quatro, respectivamente.

A análise dos nutrientes no tecido das plantas de *Leucaena* indicou valores discrepantes para alguns nutrientes em relação a dados existentes na literatura. Os valores de N na fração folhas foram iguais ($P < 0,05$) para os cultivares nas duas datas de avaliação (Tabela 8). A concentração superior a 31 g/kg equivale a teores de proteína bruta da ordem de 19%, geralmente encontrados nos trabalhos de referência para a espécie (NORTON, 1994; GARCIA et al., 1996). Os valores de P, verificados na dose de 140 kg/ha de P_2O_5 , estão abaixo do nível relatados por GARCIA et al. (1996; Tabela 8).

Tabela 8. Teores de nutrientes nas folhas de duas cultivares de *Leucaena*, coletadas no primeiro corte (16/03/2004) a uma altura de 40 cm do solo.

Cultivares	N	P	Ca	Mg	Cu	Zn
	g/kg				mg/kg	
11x25	31,6 A	1,51 A	10,29 B	3,72 B	9,92 A	15,22B
Cunningham	31,5 A	1,54 A	12,31 A	4,16 A	9,64 A	17,91 A
CV (%)	4,0	5,6	9,1	7,5	14,2	8,9

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Não foram encontrados efeitos significativos de doses de P sobre a concentração de N, P, Ca, Mg, Cu e Zn na parte aérea dos dois cultivares ($P < 0,05$; Tabela 8); assim como os valores de saturação por bases também não alteraram a concentração desses nutrientes nas folhas ($P < 0,05$).

Foram observadas diferenças estatísticas entre os dois materiais para os teores de Ca, Mg e Zn nas folhas. A cv Cunningham apresentou teores mais elevados em ambas avaliações. Comportamento semelhante foi observado sobre a fração de ramos para o elemento Zn (Tabela 10 e 11). Os teores de Ca e Mg nas folhas e ramos foram diferentes entre as duas cultivares (Tabelas 8, 9 e 11), exceto na avaliação de ramos em 16/03/2004 (Tabela 10). A menor concentração de Ca e Mg na parte aérea da cultivar 11x25 é mais um indicador de sua adaptação a solos ácidos.

Com a cv Cunningham, variando doses de fósforo entre zero e 300 kg P_2O_5 /ha e com 2 e 4 t/calcário/ha, em solos de Cerrado, COSTA et al. (1992) encontraram efeito

significativo da interação de fósforo e calcário sobre a concentração de N e efeito de P e calcário sobre a concentração de P e Ca no tecido.

RUAYSOONGNEM et al. (1989) avaliaram de forma detalhada a cultivar Cunningham quanto ao nível crítico interno para N, P e Ca, dentre outros elementos, e a quantidade de nutrientes aplicada ao solo para atingir 90% da produção máxima. Os valores obtidos foram: 4,1% e 645 kg/ha de N; 0,25% e 225 kg/ha de P; e 0,49% e 225 kg/ha de Ca. A grande quantidade requerida de fósforo e cálcio para atingir os níveis críticos externos reforça a característica de grande exigência de *Leucaena*. Portanto, os valores inferiores obtidos para P no tecido, no presente trabalho (Tabelas 8 e 9), podem estar associados ao não atendimento dos requerimentos das plantas e a interação entre o alumínio trocável do solo, gerando ineficiência na absorção de fósforo, e deficiência de cálcio.

Os resultados de produção de massa seca e eficiência de uso de fósforo pela cultivar 11x25 são indicadores da adaptação a solos ácidos e do potencial de uso na região de Cerrado.

Tabela 9. Teores de nutrientes nas folhas de duas cultivares de *Leucaena*, coletadas no segundo corte (07/06/2004) a uma altura de 40 cm do solo.

Cultivares	N	P	Ca	Mg	Cu	Zn
	g/kg				(mg/kg)	
11x25	33,3 A	1,31 A	9,73 B	0,93 B	7,53 A	11,3 B
Cunningham	34,0 A	1,31 A	14,21A	1,66 A	7,28 A	15,2 A
CV (%)	5,5	4,8	11,1	16,1	16,7	9,5

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 10. Teores de nutrientes nos ramos de duas cultivares de *Leucaena*, coletadas no primeiro corte (16/03/2004) a uma altura de 40 cm do solo.

Cultivares	N	P	Ca	Mg	Cu	Zn
	g/kg				mg/kg	
11x25	9,8 A	0,69 A	4,85 A	1,85 A	4,39 A	16,63 B
Cunningham	9,6 A	0,76 A	4,17 A	2,06 A	4,58 A	19,47 A
CV (%)	13,9	14,9	16,9	16,3	20,3	19,6

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Tabela 11. Teores de nutrientes nos ramos de duas cultivares de *Leucaena*, coletadas no segundo corte (07/06/2004).

Cultivares	N	P	Ca	Mg	Cu	Zn
	g/kg				mg/kg	
11x25	10,8 A	0,77 A	4,60 A	2,24 B	3,93 B	15,56 B
Cunningham	11,1 A	0,79 A	4,44 A	3,02A	5,27 A	18,28 A
CV (%)	7,0	13,1	12,1	7,7	14,6	10,2

Médias seguidas de letras maiúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

2.4 Conclusões

O híbrido 11x25 de *Leucaena leucocephala* X *Leucaena diversifolia* apresenta maior adaptação a solos ácidos e de baixa fertilidade que a cultivar comercial Cunningham.

O híbrido 11X25 produz mais massa seca que a cv. Cunningham nos níveis de 20% e 40% de saturação por base.

A produção de massa seca do híbrido 11X25 não foi afetada pelas variações nas propriedades químicas do solo como pH, saturação por alumínio, saturação por bases e teores de Ca e Mg. A cv. Cunningham apresenta relações definidas de resposta.

O híbrido 11X25 responde linearmente à aplicação de fósforo até a dose máxima de 140 kg de P_2O_5 /ha, aplicada no sulco de semeadura.

Os teores de nutrientes, em ambas cultivares, estão abaixo dos níveis críticos internos a exceção do nitrogênio.

A proporção de folhas e ramos não é afetada pelos tratamentos de calagem e fósforo. A cultivar 11x25 apresenta maior proporção de ramos do que a cv. Cunningham.

CAPÍTULO 3 – VALOR NUTRITIVO DE DIETAS CONTENDO PROPORÇÕES *Leucaena* HÍBRIDA E *Brachiaria brizantha* CV. MARANDU

RESUMO - O objetivo do experimento foi avaliar a nova cultivar de *Leucaena* híbrida (Lh) associada com a cv. Marandu (B.b.) quanto ao consumo, digestibilidade e alterações nos parâmetros sangüíneos, empregando 18 novilhos confinados em gaiolas metabólicas. Os tratamentos, arranjados em DIC com três repetições, foram compostos de forragens frescas, exclusiva de B.b. (Lh0) e misturadas com Lh na proporções de 7,5% (Lh7,5); 15% (Lh15); 30% (Lh30) e 60% (Lh60) , acrescidos a um tratamento adicional com 30% de alfafa (A30). O coeficiente de digestibilidade aparente (Dap) dos nutrientes foi determinado pela coleta total de fezes. O valor nutritivo da forragem das dietas ofertadas foi superior ao da forragem residual, indicando seleção, embora não tenha sido alterada a proporção de B.b. e de Lh ingeridos, determinada pela técnica de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes. O consumo de proteína bruta (PB) foi influenciado pela maior participação da Lh, registrando-se maiores valores para o nível de 60%. A inclusão de Lh não apresentou efeito ($P>0,05$) sobre o consumo de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) e Dap da MS e PB, porém, reduziu ($P<0,05$) a Dap da FDN e FDA. As dietas Lh30 e A30 não diferiram quanto a Dap. A concentração de uréia sangüínea elevou-se (NUP) com a ingestão PB segundo modelo de resposta quadrático ($R^2=0,89$; $P<0,01$). O valor de NUP reduziu segundo modelo de resposta quadrático, em função da digestibilidade da FDN e FDA. A concentração de triiodotironina (T_3) decresceu com aumento de Lh na dieta ($R^2 0,84$; $P<0,01$), sendo atribuída ao efeito da mimosina. Dietas com mais de 26% de *Leucaena* geraram valores de NUP elevados, indicando falta de sincronia entre energia:PB.

Palavras-chave: consumo, seletividade, $\delta^{13}\text{C}$, isótopo de carbono, leucena, uréia sangüínea, digestibilidade.

3.1 Introdução

A pastagem é um importante componente para a produção de proteína animal nas áreas tropicais e subtropicais do mundo. O valor nutritivo das gramíneas tropicais durante o período de seca é baixo e, na maioria das vezes, os teores de proteína bruta (PB) não atingem o valor mínimo de 7%. É sabido que níveis de PB abaixo desse valor afetam a atividade dos microrganismos celulolíticos presentes no rúmen, limitando o consumo e a digestibilidade da forragem e, conseqüentemente, acarretam baixo desempenho animal. Por sua vez, a inclusão de maior teor de proteína na dieta não repercute, necessariamente, em maior consumo de forragem. A relação entre proteína e energia, expressa em termos de matéria orgânica digestível:proteína bruta (MOD:PB), exerce forte influência no consumo animal (MOORE et al., 1999).

Durante a estação chuvosa, com intenso crescimento das gramíneas forrageiras tropicais, geralmente, a oferta de nutrientes permite um bom desempenho animal. Entretanto, ocorrem oscilações na oferta de proteína e material prontamente fermentescível no rúmen, em função do manejo e da intensidade de uso das pastagens, deficiências na nutrição da planta e seu ciclo fenológico.

O gênero *Brachiaria*, pelas características produtivas e de adaptação ao ambiente, predomina nas pastagens cultivadas no Brasil, sendo empregado nas etapas do processo de produção animal. Uma das principais espécies de gramínea é a *B. brizantha* cv. Marandu de ampla adoção nos sistemas de produção. Entretanto, segundo MALAFAIA et al. (1997) grande parte da PB na cv. Marandu encontra-se nas frações B3 e C, com valores de 34,12% e 27,75%, respectivamente, ou seja, metade da proteína é pouco degradável ou indisponível para ação microbiana. BALSALOBRE (2002) verificou valores de 46% a 50%, das mesmas frações, em *Panicum maximum* cv. Tanzânia.

As leguminosas forrageiras desempenham papel importante, pois podem suprir tanto em quantidade como em qualidade a dieta animal. Segundo POPPI & McLENNAN (1995), reunindo dados de inúmeros autores, verificaram que ganhos diários adicionais de 300 g/animal somente poderiam ser obtidos, quando cerca de 150

g de proteína adicional chegasse ao intestino. Esse suprimento poderia ser obtido pela ingestão de leguminosas desde que essas incrementassem o consumo de forragem em pelo menos 30%.

Leucaena tem sido apontado como um dos gêneros de grande potencial para exploração pecuária em ambientes tropicais. As experiências relatadas na Austrália, Ásia, América Central e do Norte confirmam o potencial forrageiro dessa planta. Caracteriza-se por ser produtora de forragem de excelente valor nutritivo e seus macronutrientes, importantes para nutrição animal, são encontrados de forma balanceada na forragem (MEULLEN et al. 1979; NORTON et al., 1994; AUSTIN et al., 1995), sendo comparável a outras leguminosas como alfafa (NAS, 1977). Dentre os elementos considerados como limitantes, destacam-se o sódio e os microelementos cobre e zinco (KLEINJANS, 1984; AUSTIN et al., 1995) Uma das importantes características da planta de *Leucaena* é a capacidade de produção de proteína, o que permite complementar ou suprir a deficiência existente na maioria das gramíneas forrageiras.

Extensa revisão sobre composição química, valor nutritivo e produtividade de *Leucaena* foi apresentada por GARCIA et al. (1996) que relatam resultados obtidos em 65 trabalhos no período de 1946 a 1992. Em termos médios, foram encontrados valores na forragem (g/100gMS) de: 29,2 de PB nas folhas e de 22,3 na forragem, comparável com alfafa e representando 40% da PB dos grãos de soja (*Glicine whittii*); valores altos de FDA variando de 34,1 a 36,1 a forragem apresenta valores de enxofre de 0,22, considerado médio; 1,80 de cálcio, 0,26 de fósforo, 0,33 de magnésio; e as folhas são ricas em caroteno (Vitamina A). Os valores totais de proteína degradável no rúmen variam de 64,7% a 78% e de energia digestível (ED) entre 1,29 e 1,16 Mcal/kg de matéria seca, considerados valores moderados. NORTON et al. (1994) reuniram informações de inúmeros trabalhos sobre espécies e híbridos. Os valores observados para *L. leucocephala* e híbridos com *L. diversifolia* variaram de 34,2% a 40,7% para FDN, 12,1% a 19,4% para FDA e de 51% a 78% para DIVMS.

MIRANDA et al. (2003) compararam os aminoácidos de *Leucaena leucocephala* e *Neonotonia wightii* (soja perene) quanto à degradação ruminal e digestibilidade

intestinal. Os valores observados de proteína bruta e a composição dos aminoácidos foram muito semelhantes entre as espécies. A *Leucaena* apresentou o maior valor de proteína não degradada no rúmen (PNDR = 45,57%) em função do escape ruminal e valores de digestibilidade intestinal (% da PNDR) de 23,56% e 10,74% de PNDR digestível no duodeno. Soja perene apresentou apenas 8,12% PNDR e digestibilidade intestinal de 47,87% e 3,89% PNDR digestível no duodeno.

Segundo GARCIA et al. (1996), a digestibilidade aparente total da proteína em *Leucaena* variou de 64,7% a 78%, enquanto a degradabilidade da proteína no rúmen foi de 42%. Os autores, citando GARCIA (1988), constataram por meio de modelos que apenas 48% da PB não degradada no rúmen foi digerida pós-rúmen. A associação de alimentos com fontes de proteína degradável no rúmen e de energia é indicada em dietas ricas em *Leucaena*, para obtenção de maior eficiência da atividade da microbiota ruminal (RODRIGUEZ & BORGES, 1989). A produção de proteína microbiana no rúmen é maximizada quando a relação entre a disponibilidade de energia (matéria orgânica fermentável) e proteína (nitrogênio) é sincronizada (FIRKINS, 1996; HAMMOND, 1994).

Grandes proporções de proteína não degradada no rúmen (PNDR) também foram relatadas em *Leucaena* por NORTON et al. (1994). Os autores verificaram que 60% da proteína da forragem seca ou 35% da proteína da forragem fresca alcançou o intestino delgado, fato atribuído, em parte, à presença de tanino na dieta. POPPI & McLENNAN (1995) demonstraram a importância da inclusão de *L. leucocephala* na dieta, em função da presença de tanino. A adição de 30% de *Leucaena* à dieta da gramínea gerou menor concentração de proteína, em relação à mistura com trevo-branco, embora tenha possibilitado equivalente suprimento de proteína no intestino. LARKIN et al. (1997) constataram efeitos positivos na produção animal, quando os teores de tanino foram menores que 0,2% da matéria seca. Em concentrações maiores que 1%, houve complexação da proteína e acima de 5% redução na palatabilidade e digestibilidade.

Dietas com baixos teores de tanino propiciam a complexação da proteína em pH ruminal, próxima à neutralidade, prevenindo a degradação por microrganismos do rúmen. A menor degradação ruminal da proteína pode contribuir com redução de

perdas de nitrogênio amoniacal. Em valores de pH diferenciados da faixa da neutralidade, ao longo do trato digestivo, os complexos sofrem ação da secreção gástrica (pH 2,5 a 3,5) e pancreática (pH 8,0) tornando a proteína disponível no abomaso para absorção no intestino delgado (KUMAR & D'MELLO, 1995). Mc NEILL et al., 1998 consideram esse processo benéfico ao controle de amônia ruminal permitindo maior fluxo de proteína no abomaso. Segundo REED (1995), a concentração plasmática de nitrogênio, na forma de uréia (NUP), de amônia no rúmen e de perda de nitrogênio pela urina foram menores quando a dieta de cabras e ovelhas era composta com leguminosas que continham tanino.

Segundo POPPI & McLENNAN (1995) perdas de nitrogênio, na forma de amônia (NH_3) ou ineficiência na transferência ocorrem quando a relação de 210 g de PB/kg MO digestível é ultrapassada. Esses valores representam a relação PB/energia disponível para os microrganismos do rúmen de 1,33; 1,19 ou 0,93 g PB/Mcal de EM, para uma degradabilidade potencial da proteína de 1,0; 0,9 e 0,7 respectivamente. Em plantas com presença de taninos, valores menores de transferência líquida da PB poderão ocorrer em função da menor degradação da proteína.

A concentração de uréia sanguínea tem sua origem no acúmulo de N-NH_3 no rúmen. Durante os processos digestivos no ambiente ruminal a carência de energia (carboidratos fermentescíveis) para possibilitar a absorção dos aminoácidos pelos microrganismos leva à fermentação dos mesmos, como fonte de energia, resultando no aumento da concentração de amônia (RUSSEL et al., 1983). As concentrações de amônia no rúmen são ainda acrescidas da uréia reciclada via saliva (OWENS & ZINN, 1988). Parte dessa amônia é metabolizada por microrganismos, especialmente, bactérias celulolíticas que utilizam a amônia como única fonte de composto nitrogenado (NOLAN, 1993). O excedente, em concentrações elevadas, é absorvido pela parede do rúmen de forma passiva, sendo transportada pela corrente sanguínea até o fígado onde é ativado o ciclo da uréia. Como resultante, ocorrem gastos de energia para síntese da uréia e elevação das concentrações séricas de uréia sanguínea (NUP). Posteriormente, são excretados por via renal, constituindo-se na principal rota de perda e eliminação do nitrogênio. A resultante desse processo é o balanço energético negativo pelo dispêndio

de energia e aminoácido, comprometendo o desempenho animal (HAMMOND, 1994; GREANEY et al., 1996) e ineficiência no uso de proteína (MOSS & MURRAY, 1992; BONSI et al., 1995), insumo de alto valor biológico e econômico.

A determinação da concentração de uréia no plasma sanguíneo (NUP) origina valores que são empregados como indicadores da relação proteína energia nas dietas (HAMMOND, 1983). Concentrações em torno de 9 a 12 mg/dL seriam a referência para obtenção de desempenho animal adequado. Valores inferiores indicaram resposta positiva no desempenho pela adição de proteína à dieta, bem como respostas em ganho de peso com suplementação energética, quando os valores de NUP eram elevados, indicando excesso de proteína em relação à energia consumida (HAMMOND, 1983; HAMMOND et al., 1993). Ademais, altas concentrações de uréia sérica (> 12 mg/dL) podem comprometer o desempenho animal em função do dispêndio de energia e aminoácidos necessários para sua produção no fígado e posterior excreção (HAMMOND, 1994; GREANEY et al., 1996).

VALADARES et al. (1997), trabalhando com novilhos zebus, alimentados com rações contendo concentrado e teores de proteína bruta de 7,0 a 14,5%, verificaram, por intermédio de análise de regressão, que a máxima produção microbiana correspondeu a concentrações de N-uréia plasmática (NUP) variando de 13 a 15 mg/dL. A partir desse valor, esses autores consideraram que poderiam ocorrer perdas e ineficiência no aproveitamento da proteína dietética.

Estudos *in vivo* com animais recebendo dietas com *Leucaena* permitem verificar a influência desse componente no aproveitamento da forragem ingerida. Não obstante a possibilidade de maior ingestão de proteína e atendimento dos requerimentos mínimos para uma boa atividade ruminal, dietas com leguminosa, geralmente, elevam o teor de lignina que atua de forma adversa na digestibilidade da forragem (NORTON, 1994; FORBES, 1995). A participação de frações mais lignificadas, como ramos de *Leucaena* na dieta animal, tem levado à redução dos coeficientes de digestibilidade da MS, PB, FDN e FDA (BAMUALIM et al., 1980; SAAVEDRA et al., 1987).

Em estudos com ovinos recebendo dietas com palhada de milho em substituição crescente a *L. leucocephala*, COSTA et al. (1990) verificaram resposta linear positiva

para digestibilidade aparente da PB e quadrática sobre o consumo voluntário da MS. Resultados antagônicos foram obtidos por MASAMA et al. (1997) trabalhando com *L. leucocephala*, entre outras leguminosas, e milho desintegrado com palha e sabugo. A resposta foi crescente para consumo voluntário de matéria seca e para digestibilidade da matéria orgânica, com inclusão diária na dieta de 0, 50, 100 e 150 gramas de matéria seca da leguminosa.

FRANZOLIN NETO & VELLOSO (1986a) avaliaram, com carneiros em gaiolas metabólicas, dieta pura de *Leucaena* e misturas da leguminosa na proporção de 30% e 60% com capim de Rhodes. Obtiveram coeficientes de digestibilidade da MS e PB de 49,5% e 43,3%, respectivamente, quando em consumo puro de *Leucaena*. Na associação com a gramínea, não houve diferença no coeficiente de digestibilidade entre gramínea pura e dietas com diferentes proporções da leguminosa. Detectaram, ainda, resposta positiva em digestibilidade associativa, obtida com a proporção de 60% de *Leucaena* e 40% de gramínea na dieta para proteína bruta e extrato etéreo.

Novilhos alimentados durante 112 dias em gaiolas, com dietas com proporções de 0%; 10%; 20%; 40%; 67% e 100% de *Leucaena leucocephala*, complementadas com feno de sorgo, apresentaram consumo diário reduzido de forragem nas dietas de 67% e 100% (40 a 50 g/kg^{0,75}). O consumo nas dietas com 0%; 10% e 20% foi de 80 a 90 g/kg^{0,75} e apresentaram, ainda, ganhos em peso de 0,3 a 0,5 kg/dia. Na proporção 40%, o consumo foi normal na fase inicial reduzindo acentuadamente ao longo do período experimental. O comportamento ingestivo e a redução no desempenho dos animais foram atribuídos à presença tóxica de mimosina na dieta (JONES & HEGARTY, 1984).

A utilização de *Leucaena* em larga escala, na alimentação animal, tem apresentado restrições especialmente para monogástricos. Foram observados ganhos de peso reduzidos, problemas com fertilidade e queda de pêlos em eqüinos, porcos, coelhos, peixes e galinhas. Em ruminantes, foram detectados efeitos em menor escala e de magnitude variável em função de diferentes aspectos. Tais problemas são atribuídos à mimosina, amioácido não-protéico (β N 3-hiroxi-4 oxipiridil cr- ácido aminopropiônico) de ocorrência natural em todas as espécies do gênero *Leucaena* e

em *Mimosa pudica* (BRAY, 1994). Embora mimosina seja um agente tóxico na planta, geralmente, não é o principal causador da toxidez (JONES, 1994). Os produtos primários da degradação ruminal da mimosina originam os isômeros 2-hidroxi-3(1H)piridina ou 3-hidroxi-4(1H)piridina (2,3 ou 3,4 - DHP) que efetivamente produzem a toxidez. Seu acúmulo, no animal, pode causar queda de pêlos, ganho reduzido em peso, ulcerações no esôfago e no rúmen e alterações na tireóide e perda de apetite (HEGARTY et al., 1964). A produção do isômero 3,4 DHP ocorre tanto no processo de degradação da mimosina no rúmen como nas folhas, pós-colheita, pela ação de enzimas. Mimosina e seus isômeros, quando não degradados no rúmen, podem ser identificados no plasma sangüíneo, fígado, rins bem como nas fezes e na urina.

O DHP é reconhecido como um análogo estrutural do aminoácido tirosina e seus produtos neurotransmissores, dopamina e noradrenalina, encontrados no cérebro, agindo sobre o metabolismo do iodo. Como análogo à tirosina, apresenta capacidade de inibir a tirosina carboxilase e tirosinase. (D'MELLO, 1992; CROUSE et al., 1962 apud KUMAR & D'MELLO, 1995), levando a efeito bociogênico. Como consequência, produzindo acentuada depressão nos teores dos aminoácidos iodados triiodotironina (T_3), proveniente da conversão da tiroxina (T_4). Maior parte da T_3 circulante é derivada da desiodinização periférica da T_4 pelas enzimas 5' desiodinase (DIKSON, 1993).

JONES & HEGARTY (1984) verificaram que reduções no ganho de peso em animais que consumiam *Leucaena* estavam associadas à diminuição da T_3 no soro sangüíneo, indicando efeitos da mimosina quando os valores assumiram 1 nmol/l (equivalente a 65,1 ng/dL). Relatam, ainda, que o indicador T_3 apresenta a vantagem sobre a T_4 em função de uma resposta mais imediata à ação tóxica do DHP. BERRY et al. (1983) afirmam que a T_3 apresenta maior potencial biológico sobre a taxa de crescimento corporal do que a T_4 . A potência da T_3 , *in vivo* chega a ser três vezes maior que a T_4 (DIKSON, 1993).

O hábito de consumo seletivo por bovinos, associado ao comportamento ingestivo, exercido sobre frações da planta e componentes da vegetação, é de difícil mensuração. Em uma pastagem monoespecífica, a simulação de pastejo feita por amostragem permite obter frações representativas do material ingerido (EUCLIDES et

al., 1992). À medida que aumenta a complexidade da vegetação em pastagens consorciadas com gramínea e leguminosas ou na presença de outras plantas de valor forrageiro, a representatividade da amostra obtida por simulação pode ficar comprometida e não representar a dieta dos animais (CORBETT, 1981). O uso da técnica de isótopos de carbono apresenta grande utilidade nos estudos em fisiologia vegetal, fotossíntese, dinâmica da matéria orgânica no solo, sendo de grande valia para estudos relacionados à dieta de animais.

A discriminação isotópica (ou fator de enriquecimento ou fracionamento) na planta deve-se à rota de fixação de CO₂ atmosférico das plantas de ciclo C₃ e C₄ (SMITH & EPSTEIN, 1971). Plantas de ciclo fotossintético C₄ apresentam composição isotópica média de $-13,1 \pm 1,2\text{‰}$ δ , com amplitude de -9‰ a -17‰ δ . As plantas de ciclo C₃ apresentam amplitude entre -24‰ δ a -34‰ δ (BOUTTON, 1996).

A nova cultivar de *Leucaena* híbrida, desenvolvido por HUTTON (1990), com características de adaptação a solos ácidos e com toxidez de alumínio, representa uma possibilidade de expandir o uso e adoção da espécie em diferentes ambientes. Até o momento não foram desenvolvidos trabalhos para ampliar o conhecimento das propriedades nutritivas dessa nova cultivar. Da mesma forma, sua associação com gramíneas forrageiras e implicações relativas ao valor nutritivo da forragem, consumo por bovinos e digestibilidade *in vivo* não foram aprofundados. O desenvolvimento de estudos nesse sentido pode contribuir para melhor explicar o desempenho animal em condições de pastejo, bem como inferir sobre alternativas de uso mais eficiente da forragem produzida pela nova cultivar.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o valor nutritivo da forragem, condicionado pela inclusão do híbrido 11X25 de *Leucaena* na dieta e estabelecer relações com a digestibilidade das frações fibrosas e da proteína, permitindo melhor entendimento sobre a qualidade da sua associação com *Brachiaria bizantha* cv. Marandu. Pretende-se testar a hipótese que a inclusão da leguminosa na dieta possibilita aumentar qualitativamente o valor nutritivo da dieta animal.

3.2 Material e métodos

3.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido nas instalações da Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF, no período de janeiro a abril de 2005. As análises de laboratório, para determinação do valor nutritivo da forragem, foram processadas no laboratório de nutrição animal e de tecidos da Embrapa. As determinações de concentração plasmática de N-uréia (NUP) e T_3 (triiodotironina) foram realizadas em parceria com o Laboratório Santé, localizado em Brasília.

3.2.2 Animais e tratamentos experimentais

Foram utilizados no experimento 18 novilhos zebuínos F1, do cruzamento Nelore X Tabapuã, com peso médio de 215 kg ($DP \pm 22,6$ kg) e idade de 14 meses, previamente amansados. Os animais foram tratados com anti-helmíntico e receberam controle de ectoparasitos antes de serem alojados, individualmente, em dezoito gaiolas metabólicas, apropriadas para ensaios de digestibilidade *in vivo* com coleta total de fezes.

Os tratamentos experimentais constaram de dietas de forragem fresca com diferentes proporções de *Leucaena* misturada à gramínea *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. A leguminosa utilizada foi o híbrido de *Leucaena leucocephala* e *L. diversifolia* originada de cruzamentos e de seleção feitas por HUTTON, (1990). Adicionalmente, foi estabelecido um tratamento com uma única proporção de alfafa (*Medicago sativa*) e a cultivar Marandu. A área de alfafa foi estabelecida com a cultivar Crioula, originária do programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Gado de Leite. As proporções, em porcentagem, dos diferentes componentes da dieta estão descritas na Tabela 1.

Tabela 1. Composição, em porcentagem, das dietas experimentais (tratamentos) oferecidas a bovinos em ensaio de digestibilidade em gaiolas metabólicas, com base em matéria seca das forragens.

Tratamentos	Participação na dieta experimental		
	<i>B. brizantha</i>	<i>Leucaena</i>	Alfafa
	%		
Lh0	100	0	0
Lh7,5	92,5	7,5	0
Lh15	85	15	0
Lh30	70	30	0
Lh60	40	60	0
A30	70	0	30

3.2.3 Produção de forragem para composição das dietas

A forragem da gramínea e das leguminosas foi produzida em áreas da Embrapa Cerrados, em solos de mesma fertilidade natural e classe textural (LATOSSOLO VERMELHO textura argilosa). As áreas haviam sido previamente estabelecidas sendo a fertilidade do solo, por ocasião da semeadura, corrigida para atender à exigência de cada espécie.

Foram promovidos pastejos escalonados (sete dias de diferença), em três áreas adjacentes, para condicionamento do pasto. O manejo adotado para gramínea foi o pastejo com bovinos, empregando altas lotações para obter o rápido rebaixamento do pasto, seguido de aplicação de 30 kg/ha de nitrogênio, na forma de uréia e 60 kg/ha de cloreto de potássio, depois o pastejo. A primeira área foi pastejada 36 dias antes da data prevista para início do fornecimento aos animais, mantidos em gaiolas, para execução do ensaio. Assim, tanto no período pré-experimental como no de avaliação,

os animais receberam forragem acumulada em um período de rebrotação de 36 dias (primeiro dia de fornecimento) a 43 dias (sétimo dia de fornecimento). Procedimento semelhante de escalonamento, por meio de corte mecanizado, foi adotado para as leguminosas, sendo que a forragem oferecida aos animais correspondia ao acúmulo de 45 a 52 dias para *Leucaena* híbrida e de 30 a 37 dias para alfafa Crioula. Os procedimentos adotados na instalação do ensaio em gaiola metabólica, condução e processamento das amostras tomaram como referência às proposições de RYMER (2000).

3.2.4 Rotina de alimentação

O período pré-experimental iniciou em 22/02/2005, estendendo-se até 06/03/2005, totalizando 13 dias. A etapa experimental teve duração de sete dias, sendo finalizada em 13/03/2005. Durante essa etapa, foram determinados o consumo voluntário de massa seca (CVMS) e a produção diária de fezes. Amostras de sangue foram coletadas para determinação de parâmetros sanguíneos em duas datas durante essa etapa

Os animais receberam alimentação duas vezes ao dia, às 9h30 e às 17 h. A quantidade ofertada foi de 15% a 20% superior à ingestão média diária dos animais. O consumo de água e de sal mineralizado foi à vontade.

A forragem residual diária foi coletada antes da alimentação matutina, pesada e subamostrada para determinação de matéria seca. A produção total diária das fezes de cada animal, resultante de um período de 24 horas, foi coletada em bandejas revestidas com sacos plásticos, pesada, homogeneizada, subamostrada e armazenada em temperatura de -18 °C para posterior processamento.

3.2.5 Preparação das dietas experimentais

A *B. brizantha* foi cortada diariamente, a uma altura de cerca de 20 cm do solo, no período da tarde para evitar o excesso de umidade e em quantidade suficiente para

o fornecimento vespertino e o matutino. Metade da forragem cortada foi guardada em câmara fria, para fornecimento da refeição do período matutino do dia seguinte. Quanto às leguminosas, o corte no campo foi feito com 24 horas de antecedência, permanecendo a forragem à sombra, em local coberto e ventilado, para emurhecimento, até o início do processamento da forragem.

A proporção de leucena, oferecida aos animais, era composta de folhas e ramos com espessura de até 0,6 cm de diâmetro. A alfafa foi cortada a uma altura de 10 cm do solo. A forragem de gramínea e das leguminosas foi triturada separadamente, em desintegrador de forragem (Modelo DPM 1), para posterior pesagem e homogeneização das diferentes dietas impostas. Os fragmentos da gramínea, após trituração, apresentavam em média cerca de 4 cm. As leguminosas, em função da estrutura do tecido, foram trituradas gerando partículas com menos de 0,5 cm. Grande parte das hastes da alfafa apresentou comprimento dos fragmentos com mais de 5 cm e as folhas menos de 0,5 cm.

A composição das dietas e a quantidade oferecida aos animais foram calculadas com base na matéria seca dos diferentes componentes.

A determinação da matéria seca da forragem ofertada foi feita duas vezes ao dia, após a trituração da forragem. Empregou-se o método da desidratação em microondas (STAPLES 1988; SOUZA et al., 2002).

Um segundo conjunto de amostras de gramínea e de leguminosas foi secado em estufa de ar forçado, a 65 °C por 72 horas, para as análises laboratoriais.

3.2.6 Tratamento das amostras e procedimentos laboratoriais.

3.2.6.1 Amostras de forragem

As amostras de forragem das dietas e do resíduo, individualizadas por animal, foram secadas em estufas a 65 °C por 72 horas e moídas em moinho tipo Wiley com malha da peneira de 1 mm. As amostras diárias da forragem ofertadas foram reunidas

por espécie em proporções iguais, com base em matéria seca, para posterior composição das amostras de trabalho das diferentes dietas.

Amostras do resíduo de forragem foram também processadas em estufa e moídas. O conjunto de subamostras do período experimental gerou amostras compostas, considerando a proporção diária do resíduo de forragem rejeitado por animal. Essas amostras, após análise laboratorial, foram empregadas para cálculo do consumo efetivo das frações fibrosas, proteína e lignina. Empregou-se, no cálculo do consumo efetivo, a massa total de forragem ofertada e as respectivas proporção de cada um dos componentes de interesse. Na massa residual o mesmo procedimento foi adotado. O valor obtido na forragem ofertada foi deduzido do valor do resíduo, gerando a informação do consumo das frações fibrosas, proteína e lignina.

Parte das amostras de trabalho foi finamente moída para cada uma das espécies componentes da dieta e nas respectivas proporções para determinação da abundância natural de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$). Amostras das frações folhas e hastes de *Brachiaria brizantha* e folhas e ramos de *Leucaena* foram também processadas para verificação da discriminação isotópica entre frações da planta. Os resultados obtidos foram empregados na verificação da seletividade dos animais que receberam diferentes dietas e ajustes em função da digestibilidade dos componentes da dieta.

Nas análises da forragem, para determinação de FDN e FDA e lignina empregou-se o método seqüencial, descrito por VAN SOEST (1994). O equipamento utilizado para determinação de fibra foi da marca TECNAL modelo DF 149 similar ao "Fiber Analyser" (Ankon Technology), adotando-se os procedimentos laboratoriais descritos por CAMPOS et al. (2004). Na determinação de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA= NIDA x 6,25) utilizou-se o resíduo de um segundo conjunto de amostras processadas para determinação de FDA. Essas amostras foram digeridas, destiladas em equipamento Micro Kjeldahal e posteriormente tituladas para determinação do nitrogênio total. Na determinação de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica, empregou-se a técnica de dois estágios proposta por TILLEY & TERRY (1963). As amostras após digestão foram processadas em muflas para determinação das cinzas

3.2.6.2 Amostras de fezes e determinação de $\delta^{13}\text{C}$

As amostras das fezes foram secadas em estufas de ar forçado a 40 °C por 48 horas e moídas. A temperatura mais baixa de secagem teve por objetivo minimizar as perdas de nitrogênio. Com base na proporção diária da produção fecal, foram geradas amostras compostas para análise em laboratório.

Parte das amostras foi finamente moída para determinação da abundância natural de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$). Juntamente com essas amostras, foram encaminhadas para laboratório amostras de fezes de três animais que consumiram, durante 11 dias consecutivos, dieta exclusiva de *Leucaena*.

Com a utilização da técnica de $\delta^{13}\text{C}$, foi avaliada a proporção de plantas de ciclo fotossintético C_3 e C_4 na dieta, nas fezes e frações da planta. Para quantificação proporcional dos isótopos de massa atômica diferente (^{12}C e ^{13}C) empregou-se espectrometria de massa. Na estimativa da proporção de leguminosa na dieta, foram utilizados os valores de $\delta^{13}\text{C}$ na seguinte equação:

Y =	$\delta \text{ Bb} - \delta \text{ A}$	X 100, onde
	$\delta \text{ Bb} - \delta \text{ L}$	

Y = % de leguminosa ingerida pelos bovinos;

$\delta \text{ Bb}$ = valor do $\delta^{13}\text{C}$ na amostra de fezes coletadas dos bovinos alimentados exclusivamente com gramíneas;

$\delta \text{ A}$ = valor do $\delta^{13}\text{C}$ na amostra de fezes coletadas dos bovinos alimentados com uma dieta composta de gramínea e leguminosa e;

$\delta \text{ L}$ = valor do $\delta^{13}\text{C}$ na amostras de fezes coletadas dos bovinos alimentados exclusivamente com leguminosa.

Em função da possibilidade de interferência nos resultados, devida a diferenças na digestibilidade das forrageiras avaliadas, promoveu-se sua correção com base na proposta de JONES et al. (1979), empregando-se a seguinte equação:

% da leguminosa na dieta =	100	onde,
	$[A((L-1)-M)/(B(M-(G-1)))] + 1$	

A= 100 - digestibilidade % da leguminosa;

B= 100 - digestibilidade % da gramínea;

G= $\delta^{13}\text{C}$ da gramínea;

L= $\delta^{13}\text{C}$ da leguminosa; e

M= $\delta^{13}\text{C}$ das fezes obtidas de uma mistura desconhecida.

3.2.6.3 Amostras de sangue

Amostras de sangue foram coletadas de todos os animais, nas datas de 9/03/2005 e 11/03/2005, por punção da veia coccidial, imediatamente antes do fornecimento da refeição da manhã, 2 horas, 4 horas e 6 horas depois da alimentação matutina. A coleta foi feita em tubos com anticoagulantes (EDTA) e, as amostras foram imediatamente, centrifugadas por 15 minutos a 2000 rpm para extração do plasma sangüíneo, conforme descrito por VALADARES et al. (1997). As amostras foram então congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, para posterior análise da concentração plasmática de N-Uréia (NUP) e determinação de T_3 (triiodotironina).

Nas análises de NUP, usou-se o kit Uréia Labtest, seguido de leitura das amostras em espectrofotômetro com leitura mono e bicromática (BIOPLUS 2000) com alcance de onda de 550 nm para leitura em absorbância.

Nas análises de T_3 , empregou-se o método quimioluminescência com a preparação da amostras com kit e equipamentos de leitura Bayer.

3.2.7 Análise estatística

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado (DIC), sendo os dezoito animais distribuídos em seis tratamentos com três repetições.

Na análise estatística foi empregado o software SISVAR, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 1999), em seu procedimento ANOVA. A verificação das fontes de variação foi feita por meio dos testes de Tukey, sendo as diferenças estatísticas testadas a 5% de probabilidade. Para análise de regressão polinomial foi empregado o mesmo software.

As variáveis estudadas foram consumo voluntário de matéria seca/dia (CVMS), CVMS/kg de peso vivo (PV), consumo de massa seca, PB, FDN e FDA em g/kg de peso metabólico/dia ($\text{g kgPV}^{-0,75} \text{ d}^{-1}$) e coeficientes de digestibilidade aparente da MS, PB, FDN e FDA. Contrastes ortogonais foram desenvolvidos na comparação dos tratamentos com *Leucaena* e alfafa na proporção de 30% da dieta (Lh30xA30), empregando o teste de Scheffé ($P < 0,05$).

Os efeitos da proporção de *Leucaena* e de alfafa sobre a concentração de uréia sangüínea (NUP) foram comparados nos tempos de coleta. Adotou-se, nesse caso, a análise em parcela subdividida, tendo nas parcelas os tratamentos e nas subparcelas os tempos de coleta. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e regressão polinomial (SISVAR).

Foi adotado, para avaliar os dados de T_3 em relação às dietas estudadas, procedimento de análise de comparação de médias pelo teste “t” de Student, seguido de análise de regressão. Foram também estabelecidas as relações entre as proporções de leguminosa na dieta e nas fezes, por meio de estudos de regressão, empregado os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das amostras.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Composição química dos componentes das dietas experimentais

Ultrapassado o período de adaptação, com duração de 13 dias, e feitos os devidos ajuste do consumo individualizado dos animais, iniciou-se o período experimental, no qual foram coletadas amostras diárias de forragem dos três componentes da dieta. Uma vez processada as amostras elas foram analisadas em laboratório, dando origem aos resultados de composição média da forragem ofertada, pura e nas respectivas proporções dos tratamentos (Tabela 1).

Os valores observados de PB em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foram baixos, considerando que o rebrotamento representava acúmulo de forragem obtido durante um período de 36 a 43 dias de crescimento, após a aplicação de 30 kg/ha de N. Os valores encontram-se acima de 7% de PB, considerados como referência mínima para que não haja prejuízos ao crescimento e ao desenvolvimento de micorganismos ruminais, conseqüências negativas sobre a digestão das frações fibrosas e consumo de matéria seca (MINSON, 1990). Descontado o valor da fração insolúvel em detergente ácido (PIDA) a proteína metabolizável da forragem foi da ordem de 8,34%.

Os valores de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) das amostras de *Brachiaria brizantha* estão no do intervalo de 58% a 62%, observado por diferentes autores (EUCLIDES et al., 1993; EUCLIDES et al., 1996) em condições semelhantes de crescimento da gramínea. Tal resposta pode ser explicada pela estratégia de corte de uniformização para condicionamento do pasto, feito por meio de pastejo, simulando uma condição real de pastagem. A forragem, posteriormente ceifada e ofertada aos animais em gaiola, apresentava perfilhos e folhas de idades diferentes que contribuíram para redução dos valores de PB e elevação da FDN e FDA. O corte mecanizado e uniforme a 20 cm de altura, pode ter contribuído para elevação dos valores de FDN e FDA, uma vez que houve inclusão de material mais lignificado à forragem ofertada aos animais.

Tabela 2. Composição da forragem fresca¹ e das dietas experimentais de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Leucaena* nas proporções de 7,5% (Lh7,5), 15% (Lh15), 30% (Lh30), 60% (Lh60) e alfafa na proporção de 30% (A30), expressa em % da matéria seca ofertada a bovinos em gaiolas metabólicas.

Forragens	MS ¹	MM ²	PB ³	FDN ⁴	FDA ⁵	LDA ⁶	DIVMS ⁷	DIVMO ⁸	NIDA ⁹	PIDA ¹⁰	EM ¹¹
	%										
<i>B. brizantha</i>	29,50	8,08	9,46	76,11	39,98	4,86	56,77	61,76	11,87	1,12	2,34
<i>Leucaena</i>	38,70	5,95	19,81	56,71	38,31	11,62	39,52	42,02	30,49	6,04	1,59
Alfafa	40,00	10,41	19,13	62,36	44,50	12,30	52,71	58,83	17,75	3,39	2,21
Dietas											
Lh7,5	30,19	8,02	9,90	73,27	38,96	4,94	56,70	61,64	13,02	1,28	2,34
Lh15	30,88	7,72	10,92	74,07	37,96	5,58	55,99	60,67	14,32	1,56	2,30
Lh30	32,26	7,60	12,10	68,55	38,38	6,99	53,06	57,42	17,25	2,08	2,18
Lh60	35,02	6,64	15,99	62,11	37,03	9,95	48,06	51,48	24,22	3,87	1,95
A30	32,65	8,78	11,81	70,94	40,91	7,10	56,87	62,34	12,22	1,44	2,36
Média	32,20	7,75	12,14	69,79	38,65	7,26	54,14	58,69	16,21	2,05	2,16

¹ MS= Matéria seca; ² MM= Matéria mineral; ³ PB= Proteína bruta (NX6,25); ⁴ FDN= Fibra em detergente neutro; ⁵ FDA= Fibra em detergente ácido; ⁶ LDA= Lignina em detergente ácido (% da FDA); ⁷ DIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca; ⁸ DIVMO= Digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica. ⁹ NIDA= Nitrogênio insolúvel em detergente ácido, % em relação ao N total. ¹⁰ PIDA= Proteína insolúvel na FDA (% da MS); ¹¹ EM = Energia metabolizável (Mcal)= DIVMOx1,05x3,62; KEARL, 1982).

A *Leucaena* híbrida apresentou teores de PB dentro de padrões normais encontrados na literatura. Uma grande fração da proteína da matéria seca, 30,49%, estava insolúvel em detergente ácido (NIDA).

Os valores de energia metabolizável calculados com base na equação proposta por KEARL (1982), foram menores que o das demais plantas forrageiras empregadas na formulação das dietas. GARCIA et al. (1996) também relataram valores moderados de energia metabolizável nessa leguminosa.

O valor médio de FDN obtido de 56,71% é elevado, superando a amplitude relatada para essa fração que variou de 35,1% a 39,5% (GARCIA et al., 1996) e de 34,2% a 40,7% para NORTON (1994). Quanto aos valores encontrados de FDA, existe maior concordância com os dados obtidos pelos mesmos autores. LONGO (2002) encontrou valores de FDN, FDA, lignina e PIDA em feno de folhas e ramos de

Leucaena de 57,2%; 35,3%; 19,5% e 3,9% respectivamente, valores muito próximos aos encontrados na Tabela 2 em relação às frações fibrosas.

A análise da DIVMS de *Leucaena* registrou o valor de 39,52%, considerado muito baixo, quando comparado aos dados disponíveis na literatura que, em sua grande maioria, indicam valores superiores a 60% (GARCIA et al., 1996). Cabe ressaltar que os trabalhos analisam, preferencialmente, a fração folha, o que eleva os valores de DIVMS. A inclusão de ramos mais lignificados na composição da dieta pode reduzir, sensivelmente, o aproveitamento do alimento (BAMUALIM et al., 1980; SAAVEDRA et al., 1987). A constatação dos autores pode ser uma das explicações para os valores encontrados da DIVMS, FDN e FDA.

A análise das frações ramos finos de *Leucaena*, que originaram a forragem para composição das dietas, revelaram valores médios de: 27,27%±5,48 de DIVMS; 61,16%±4,35 de FDN; e 46,67%±3,94 de FDA. Portanto, os resultados descritos na Tabela 1 permitem inferir que houve participação elevada de ramos e que esses foram responsáveis pela elevação das frações fibrosas e da redução na digestibilidade. O processo de corte das amostras no campo, com ramos de diâmetro inferior a 0,6 cm, não expressariam a dieta resultante da capacidade seletiva dos animais no processo de pastejo. Essas interferências limitam a extrapolação dos resultados para situações reais nas quais o animal seleciona sua dieta. Sistemas de alimentação adotando o corte e o fornecimento *in natura* estão propensos a incorrer nos mesmos problemas verificados no presente ensaio.

A forragem da alfafa apresentou valores muito baixos de DIVMS e elevadas quantidades de FDN, FDA e lignina. Embora tenha sido feito escalonamento de corte, as condições climáticas de elevada precipitação e temperatura, durante a fase de crescimento, contribuíram para aumento na proporção de hastes e diminuição de folhas. Aumentos na proporção de hastes lignificadas em função da elevação da temperatura no ambiente foram observados por VAN SOEST (1994). Em condições tropicais, MONTEIRO et al. (1998) avaliaram a cultivar Crioula e encontraram valores de 20,47% de PB, 39,46% de FDN e 28,03 de FDA, valores de PB superiores e das frações fibrosas inferiores aos encontrados neste trabalho.

Mesmo com as características apresentadas no presente ensaio os valores obtidos na amostra de alfafa superaram a DIVMS e PB metabolizável resultante das amostras de *Leucaena*.

A forragem residual apresentou valores médios de DIVMS com diferenças significativas entre tratamentos em função da adição de *Leucaena* na dieta ($P < 0,05$; Tabela 3). Os menores valores foram observados no resíduo da dieta Lh60.

Os valores de FDN residual na dieta com maior proporção de *Leucaena* (Lh60) e com alfafa (A30) foram menores e diferiram dos demais tratamentos. Os maiores valores foram observados para a dieta exclusiva de gramínea (Lh0) e com a menor participação da leguminosa (Lh7,5). Os valores de FDA não apresentaram diferenças significativas no resíduo. O teor de lignina foi maior no resíduo da dieta com maior participação da *Leucaena* (Lh60), diferindo dos demais tratamentos ($P < 0,05$).

Esses resultados reforçam a observação quanto às características da forragem ofertada em que a presença de ramos e de material lignificado de *Leucaena* influenciou a composição química da forragem. Também evidenciam que os animais exerceram sua capacidade de seleção sobre a forragem ofertada.

Comparando a composição da forragem ofertada aos animais (Tabela 2) e os valores de DIVMS, FDN, FDA e lignina na fração residual (Tabela 3), observam-se grandes diferenças. Contribuiu para essa resposta o comportamento seletivo dos animais associado ao fato da forragem ter sido oferecida com excedente de 15%, em relação ao consumo estimado para cada animal na etapa pré-experimental.

O valor da DIVMS da forragem, na dieta exclusiva de gramínea (Lh0), apresentou redução de 8,29%, quando comparada com a ofertada. Com a adição de *Leucaena* na dieta, os valores de DIVMS foram decrescentes até atingir redução de 16,8% na dieta com maior participação da leguminosa (Lh60). A dieta que continha alfafa (A30) foi selecionada com menor intensidade pelos animais, se aproximando dos resultados obtidos na dieta exclusiva de gramínea. A tendência observada para os valores de FDN, FDA e LDA foi inversa, sendo constatados incrementos com o aumento da proporção de *Leucaena* na dieta. Os teores de FDN, FDA e LDA no resíduo incrementaram em 12,01%; 22,63% e 36,14%, respectivamente, para dieta com maior

participação da *Leucaena* (Lh60). O resíduo da dieta exclusiva de gramínea e com alfafa teve pequena elevação em relação ao ofertado, demonstrando menor efeito de seleção pelos animais.

A constatação das diferenças entre a composição da forragem ofertada e o resíduo exigiu que todas as estimativas de consumo de PB, FDN, FDA e LDA fossem corrigidas para valores efetivos. Tal procedimento considerou a porcentagem das frações na oferta total e a quantidade de forragem consumida, deduzindo-se a concentração das frações, proporcionais a cada resíduo, para alcançar os valores de forragem efetivamente consumidos.

Tabela 3. Caracterização da forragem residual das dietas e diferença percentual em relação à dieta ofertada de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Lh0) e *Leucaena* nas proporções de 7,5% (Lh7,5), 15% (Lh15), 30%(Lh30), 60% (Lh60) e alfafa 30% (A30) .

Dietas	DIVMS		FDN		FDA		LDA	
	%		%		%		%	
Lh0	52,06 BA	-8,29	77,48A	+1,80	41,94A	+4,90	4,94B	+1,60
Lh7,5	51,16 BA	-9,70	77,89A	+6,31	43,39A	+11,30	5,80B	+17,40
Lh15	49,28 BA	-11,98	76,47 B	+3,24	43,42A	+14,38	6,68B	+19,70
Lh30	46,61 B	-12,15	74,95 BC	+9,33	44,55A	+16,07	8,43B	+20,60
Lh60	39,97C	-16,80	69,57 C	+12,01	45,41A	+22,63	13,58A	+36,40
A30	52,22 A	-8,17	72,00 BC	+1,55	42,96A	+5,01	6,54B	+0,92
Média	48,55		74,83		43,66		7,66	
⁵ DMS	5,46		5,25		5,63		4,60	
⁶ CV(%)	4,11		2,56		4,71		21,69	

¹DIVMS= Digestibilidade *in vitro* da matéria seca ²FDN= Fibra em detergente neutro; ³FDA= Fibra em detergente ácido; ⁴LDA= Lignina em detergente ácido (% da FDA); ⁵DMS= diferença mínima significativa; ⁶CV%= coeficiente de variação; Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

3.3.2 Análise da composição botânica da dieta

Para promover a estimativa da proporção efetivamente consumida de gramínea e de leguminosa da dieta, realizou-se a avaliação de ¹³OC dos componentes *Brachiaria*

bizantha e *Leucaena*. Inicialmente, foi determinado o valor nas diferentes frações da planta constatando-se que a discriminação isotópica apresenta pequena variação entre folhas e hastes da gramínea e entre folhas e ramos da leguminosa (Tabela 4).

Os valores obtidos para $\delta^{13}\text{C}$ estão dentro dos padrões que caracterizam plantas de ciclo de fixação do carbono C3 e C4 (BOUTTON, 1996). Os valores nas fezes, obtidos de animais consumindo forragem exclusiva de gramínea e de leguminosa, foram ligeiramente inferiores. Esses valores estão dentro dos intervalos de variação descritos por JONES et al. (1979) que constataram valores entre 0,4% e 2% menores nas fezes em relação à forragem ofertada.

Tabela 4. Valores de $^{13}\delta\text{C}$ em frações de gramínea e de leguminosa e valores médios das frações e obtidos nas fezes de bovinos e respectivos desvios-padrão (DP), em dietas exclusivas de *Brachiaria brizantha* ou *Leucaena*.

Plantas/fração		Ofertado		Fezes	Diferença
		Forragem	Média		
		$\delta^{13}\text{C} \text{ ‰} \pm \text{DP}$			
<i>B. brizantha</i>	Folha	-11,32 $\pm$ 0,36	-11,39	-12,21 $\pm$ 0,03	0,82
	Haste	-11,46 $\pm$ 0,35			
<i>Leucaena</i>	Folha	-27,38 $\pm$ 0,20	-27,14	-27,49 $\pm$ 0,07	0,35
	Ramo	-26,89 $\pm$ 0,22			

Os valores observados na Tabela 3 indicam o efeito da seletividade animal, exercida sobre as frações mais digestíveis da forragem em oferta. Entretanto, a habilidade de selecionar do animal não foi capaz de alterar a proporção da gramínea e da leguminosa ingeridas, em relação à composição das dietas experimentais formuladas.

Os valores observados na Figura 1 evidenciam o comportamento ingestivo dos animais. O coeficiente de determinação de $R^2 = 0,99$ indica estreita relação entre os valores observados $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes e nas diferentes proporções de *Leucaena* ofertada aos animais. À medida que houve aumento na proporção de *Leucaena* na dieta os valores de $\delta^{13}\text{C}$ das fezes diminuíram. Variações em uma unidade em $\delta^{13}\text{C}$ representam o incremento de 6,7% de leguminosa na dieta. Observando a Figura 2,

verifica-se que os valores das dietas e das fezes também apresentam grande correlação ($R^2=0,99$).

Em condições de pastejo, a seletividade animal sobre componentes da vegetação pode ser exercida com maior destreza. Diferenças significativas entre frações mais nutritivas, DIVMS e PB e frações da planta, influenciadas pelas estações do ano, pelo manejo do pastejo e densidade de forragem são freqüentes na literatura (STOOBS, 1973; OTOYA, 1986, EUCLIDES et al., 1992, LASCANO, 1999; SARMENTO, 2003). Em condições artificiais, nas quais a forragem perde parte de suas características físicas pela ação do corte e trituração, a capacidade seletiva do animal fica prejudicada, o que poderia explicar a não-diferenciação da composição botânica da dieta ingerida em relação à ofertada.

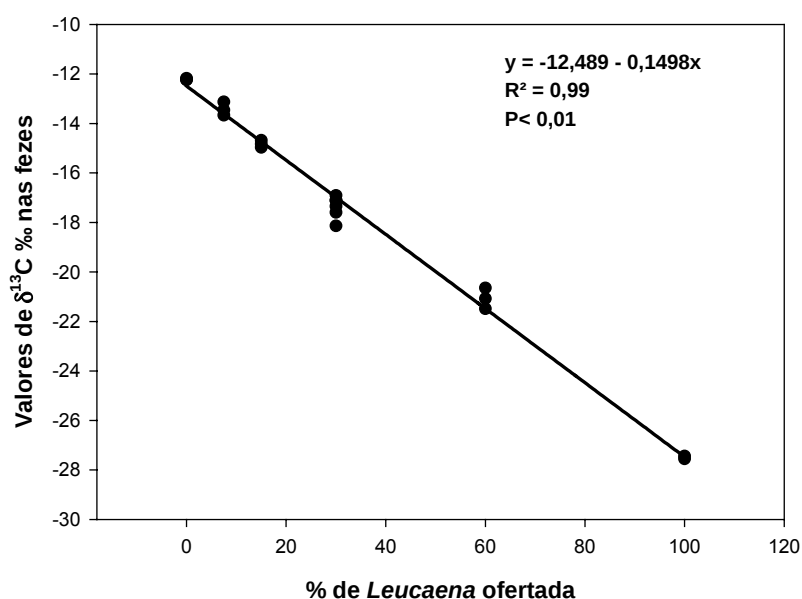


Figura 1. Relação entre porcentagem de leguminosa na dieta e valores estimados e valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes de bovinos confinados em gaiolas metabólicas, recebendo dietas com diferentes proporções de *Leucaena* e *Brachiaria brizantha* e em dieta pura com *Leucaena*.

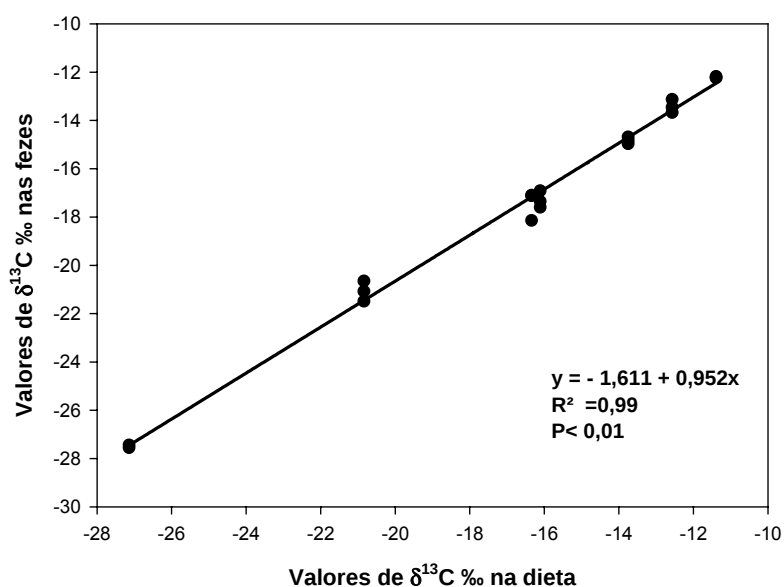


Figura 2. Relação entre os valores de $\delta^{13}\text{C}$ na dieta e valores observados nas fezes de bovinos confinados em gaiolas metabólicas recebendo dietas com diferentes proporções de *Leucaena* e *Brachiaria brizantha* e em dieta exclusiva com *Leucaena*.

As diferenças na digestibilidade dos componentes da dieta podem afetar o resultado das análises de $\delta^{13}\text{C}$. A maior participação nas amostras de fezes do componente menos digerido da dieta altera os resultados, sendo a recíproca verdadeira. Quando as diferenças de digestibilidade são muito grandes, a correção por esse fator permite a eliminação do erro (JONES et al., 1979; JONES & LASCANO, 1992). MACEDO (1999), trabalhando dieta composta de diferentes proporções de *Brachiaria dictioneura* e *Desmodium ovalifolium*, verificou pequena variação na digestibilidade *in vivo* e *in vitro* dos componentes da dieta. As análises de correlação nos valores de $\delta^{13}\text{C}$ entre fezes e dieta ofertada indicaram valores altos ($R^2=0,99$), não exigindo correção pela digestibilidade dos componentes.

Embora tenham sido obtidas correlações altas no presente trabalho, entre valores de $\delta^{13}\text{C}$ da dieta e das fezes, procedeu-se a correção pela digestibilidade *in vitro* dos componentes, uma vez que estas apresentam diferenças expressivas (Tabela 2). O coeficiente de digestibilidade aparente da MS das dietas não apresentou diferenças significativas (Tabela 6), embora uma tendência de redução à medida que foi

adicionada *Leucaena* à dieta, reforçando a necessidade de correção. Ao empregar o procedimento de correção pela DIVMO, em função da proporção na dieta experimental, ficou evidenciado, mais uma vez, que a composição botânica da oferta refletia a composição da dieta ingerida.

Na Figura 3, encontra-se a relação obtida entre a participação na dieta e os valores estimados da proporção de *Leucaena* ingerida, com base na correção dos valores de $\delta^{13}\text{C}$. A participação da leguminosa na dieta ingerida aumentou segundo modelo quadrático em função da sua participação na dieta ofertada. O modelo linear também teve ajuste significativo, explicando 97% da variação observada ($Y = -4,409 + 1,2044\text{Lh}$; $R^2 = 0,95$; $P < 0,01$). Entretanto, o modelo quadrático representa melhor a resposta biológica em função de diferenças em digestibilidade da MS e o significativo aumento da proporção de *Leucaena* no tratamento Lh60 (Figura 3).

Uma possível explicação para resposta linear e quadrática significativas e a alta correlação entre $\delta^{13}\text{C}$ da dieta e das fezes poderia ser atribuída ao efeito de compensação entre a menor FDN da *Leucaena* associada à menor digestibilidade dessa fração.

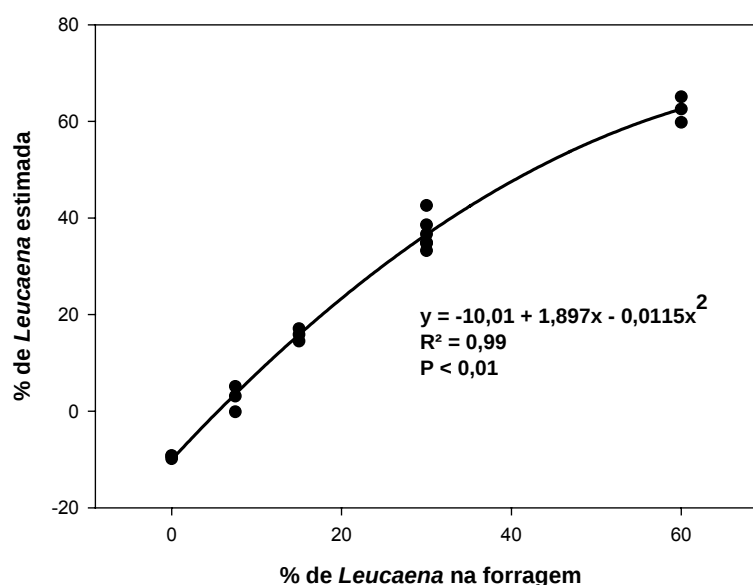


Figura 3. Relação entre a participação da leguminosa na dieta e valores estimados nas fezes, empregando correção pela digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) em dietas com diferentes proporções de *Leucaena* e *Brachiaria brizantha*.

3.3.3 Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

O consumo voluntário de MS diário, em kg e em porcentagem do peso vivo, não apresentou diferenças significativas entre as dietas. Na análise por contrastes também não foi verificada diferença entre as dietas com mesma proporção de *Leucaena* (Lh30) e alfafa (A30) (Tabela 5).

Embora o consumo diário de MS tenha apresentado ampla variação, de 69,3 g kgPV^{-0,75} (Lh60) a 83,6 g kgPV^{-0,75}(Lh15), não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$). Variações no consumo foram relatadas por diversos autores à medida que proporções de *Leucaena* foram adicionadas às dietas.

Tabela 5. Consumo voluntário diário de matéria seca (CVMS d⁻¹) e em relação ao peso vivo (PV) e metabólico (PV^{-0,75}) de bovinos recebendo dietas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Lh0) e *Leucaena* nas proporções de 7,5% (Lh7,5), 15% (Lh15), 30% (Lh30), 60% (Lh60) e alfafa 30% (A30).

Dietas	CVMS d ⁻¹		
	kg	% PV	g kgPV ^{-0,75}
Lh0	4,19A	1,976 ^a	75,38 A
Lh7,5	4,45A	2,255 ^a	77,35 A
Lh15	4,78A	2,172 ^a	83,62 A
Lh30	4,86A	2,102 ^a	82,75 A
Lh60	3,88A	1,814 ^a	69,33 A
A30	4,60A	2,070 ^a	80,44 A
¹ DMS	2,24	0,65	27,22
² CV(%)	18,34	11,78	12,70
Contraste			
Lh30XA30	ns ³	Ns	ns

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (5%); ¹DMS= diferença mínima significativa; ²CV%= coeficiente de variação; ns = não significativo.

JONES & HEGARTY (1984), trabalhando com novilhos recebendo dieta com feno de sorgo e *Leucaena* em diferentes proporções, verificaram que dietas com 0%,

10% e 20% da leguminosa apresentaram consumo diário estatisticamente igual, variando de 87,5 g kg PV^{-0,75} na dieta exclusiva de sorgo a 75,1 g kg PV^{-0,75} com a proporção de 20% da leguminosa, próximo ao encontrado neste trabalho. Quando a proporção de *Leucaena* foi elevada para 40% e 67%, o consumo foi reduzido a 53,9 e 22,1 g kg PV^{-0,75} respectivamente.

LONGO (2002), trabalhando com ovinos alimentados com feno de *Leucaena* e *Cynodon* sp., verificou consumo voluntário diário de matéria seca de 68 e 62 g kg PV^{-0,75} para as dietas com 40% e 60% de *Leucaena*, respectivamente, superiores ao obtido com proporção de 20% da dieta (52 g kg PV^{-0,75}).

Diferenças significativas no consumo de MS poderiam ser esperadas em face da maior ingestão de proteína nas dietas com maior participação de *Leucaena* (Tabela 5). O maior suprimento de PB poderia atuar sobre o ambiente ruminal, favorecendo o crescimento de bactérias celulolíticas, aumentando a taxa de digestão e síntese de proteína microbiana, resultando em incremento do consumo de MS (NOCEK & RUSSEL, 1988). Entretanto, esse comportamento não foi observado, indicando interação com outros componentes ou nutrientes da dieta.

O consumo das frações FDN e FDA, em relação ao peso vivo (PV) e metabólico (PV^{0,75}), não foi diferente entre os tratamentos (Tabela 6). Considerando que houve redução nos teores de FDN na dieta ofertada pela adição de *Leucaena*, poderiam ser esperados aumentos no consumo de MS. RESENDE et al. (1994) observaram, em bovinos de diferentes grupos raciais, incluindo Nelore, relação linear crescente na ingestão de matéria seca, em relação ao PV e PV^{0,75}, em dietas com teores decrescentes de FDN.

Tabela 6. Consumo voluntário diário (CVMS d⁻¹), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), em relação ao peso vivo (PV) e metabólico (PV^{-0,75}) de bovinos recebendo dietas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Lh0) e *Leucaena* nas proporções de 7,5% (Lh7,5), 15% (Lh15), 30% (Lh30), 60% (Lh60) e alfafa 30% (A30).

	CVMS d ⁻¹						
Dietas	PB	FDN	FDA		PB	FDN	FDA
	% PV				g kgPV ^{-0,75}		
Lh0	0,24 D	1,49 A	0,78 A		9,41 D	57,03 A	29,69 A
Lh7,5	0,26 CD	1,43 A	0,75 A		10,36 CD	55,48 A	29,25 A
Lh15	0,30 BC	1,59 A	0,79 A		11,46 BC	61,63 A	30,62 A
Lh30	0,33 B	1,42 A	0,78 A		12,78 B	55,22 A	30,39 A
Lh60	0,43 A	1,06 A	0,59 A		16,59 A	40,46 A	22,80 A
A30	0,32 B	1,47 A	0,84 A		12,21 B	56,74 A	32,46 A
¹ DMS	0,05	0,58	0,28		1,53	24,83	11,89
² CV%	6,06	15,19	13,61		4,62	16,36	14,85
Contraste							
Lh30XA30	ns ³	ns	ns		ns	ns	ns

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (5%); ¹DMS= diferença mínima significativa; ²CV%= coeficiente de variação; ³ ns = Contraste não significativos (5%)

A existência de associação dos teores de FDN e FDA da forragem com o consumo e a digestibilidade está amplamente abordada na literatura (VAN SOEST, 1994; FORBES, 1995). O resíduo da extração por meio de detergente ácido, constituído pelas frações mais indigestíveis da dieta, como lignina e celulose, estão inversamente relacionadas com a digestibilidade dos nutrientes. A FDN também guarda relação inversa, sendo mais associada ao consumo e à eficiência (VAN SOEST, 1994).

Tabela 7. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA) em dietas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (Lh0) e *Leucaena* nas proporções de 7,5% (Lh7,5), 15% (Lh15), 30% (Lh30), 60% (Lh60) e alfafa 30% (A30) e ajuste das regressões para dietas com proporções de *Leucaena*.

Dietas	MS	PB	FDN	FDA
	%			
Lh0	57,00 A	51,46 A	59,30 A	51,56 A
Lh7,5	53,33 A	54,73 A	53,36 AB	42,86 BC
Lh15	51,66 A	54,46 A	51,50 AB	36,53 BC
Lh30	50,03 A	56,23 A	46,76 B	34,60 C
Lh60	50,03 A	68,16 A	35,33 C	21,50 D
A30	53,00 A	64,06 A	51,73 AB	43,93 AB
¹ DMS	7,70	18,75	10,10	8,53
² CV%	5,34	14,69	7,57	6,98
Contraste				
Lh30XA30	ns ³	ns	**	**
Regressões				
Linear	-	**	**	**
Quadrática	ns	ns	ns	Ns

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey (5%); ¹DMS= diferença mínima significativa; ²CV%= coeficiente de variação; ** =Significância dos contrastes e dos modelos de regressão (5%); ns = não significativo.

Os valores de coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca não apresentaram diferenças significativas (Tabela 7). Os valores observados para os coeficientes foram também verificados em trabalhos com caprinos e ovinos, cujos valores oscilaram entre 50% e 60% empregando dietas com gramíneas de baixa qualidade (BONSI et al., 1995; FRANZOLIN NETO & VELLOSO, 1986a).

O coeficiente de digestibilidade da proteína não apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$; Tabela 7). Entretanto, houve resposta significativa ($P < 0,05$) segundo modelo linear crescente à medida que aumentava a proporção da *Leucaena* na dieta. Suspeita-se que o tamanho das partículas da *Leucaena*, após trituração e

preparo das dietas, tenha ficado muito pequeno, podendo ter provocado aumento na taxa de passagem e conseqüentemente menor ataque dos organismos, interferido nos resultados (NORTON et al., 1994; FANZOLIN NETO & VELLOSO, 1986a). Os valores obtidos para coeficiente de digestibilidade da PB em *Leucaena* são elevados. Em consumo puro da leguminosa, GARCIA et al. (1996) relatam valores entre 64,7% e 78%, sendo que sua degradabilidade no rúmen foi da ordem de 42%.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da FDN e FDA apresentaram diferenças com a adição de *Leucaena* (Tabela 7). O menor valor de digestibilidade da FDN e FDA foi verificado na dieta Lh60 que diferiu dos demais. Os coeficientes de digestibilidade da FDN e FDA, em função da participação da *Leucaena* na dieta, respondeu segundo um modelo de regressão linear decrescente (Figuras 4 e 5).

Outros componentes da dieta podem estar atuando na depressão da digestibilidade das frações fibrosas. A lignina exerce forte impacto na redução da digestibilidade e do consumo de alimentos. Dietas com leguminosa, geralmente, elevam o teor de lignina que atua de forma adversa na digestibilidade da forragem (FORBES, 1995; NORTON, 1994).

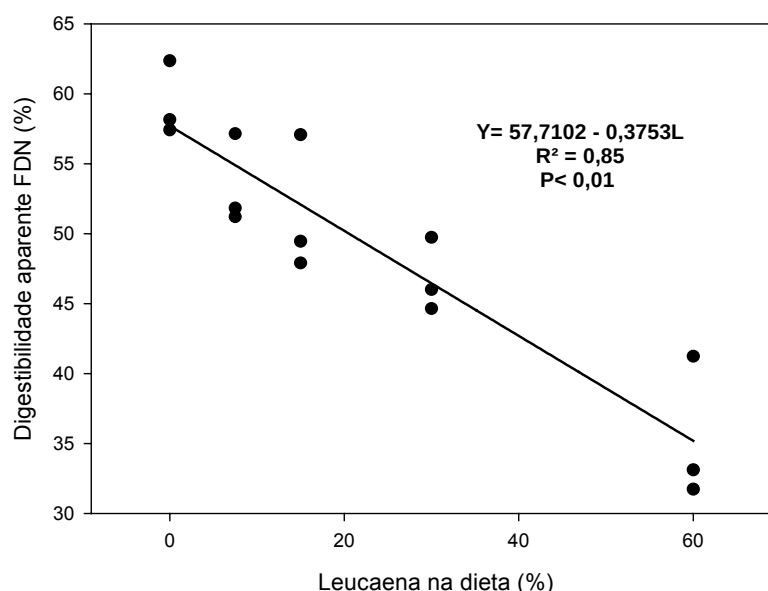


Figura 4. Relação entre a digestibilidade aparente da FDN, consumida por bovinos em gaiolas metabólicas, e a participação de *Leucaena* na dieta.

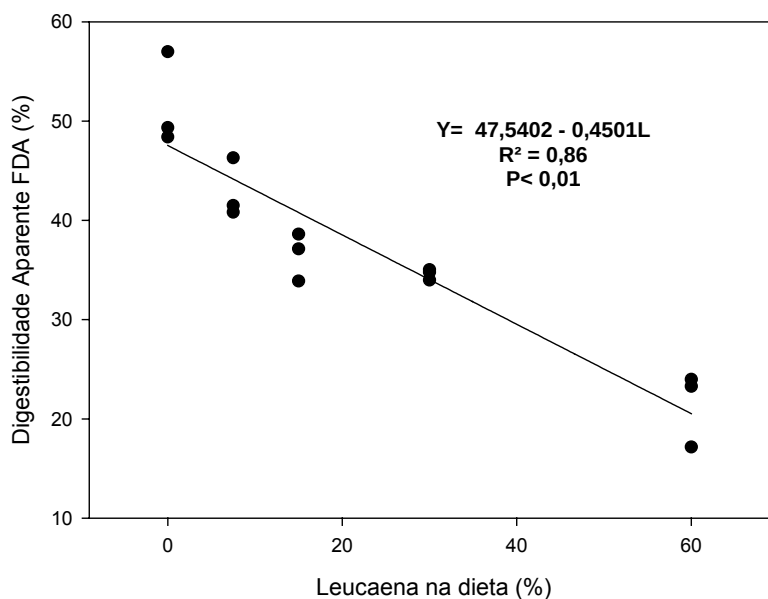


Figura 5. Relação entre a digestibilidade aparente da FDA, consumida por bovinos em gaiolas metabólicas, e a participação de *Leucaena* na dieta.

Os valores de lignina na dieta foram crescentes em função da adição de *Leucaena* (Tabela 2). Quando se analisa a digestibilidade da FDN efetivamente consumida em relação à proporção de lignina nessa fração, obtida pela determinação da LDA, verifica-se o decréscimo de sua digestibilidade aparente. As reduções na digestibilidade aparente das frações fibrosas responderam segundo modelo linear em função do aumento na proporção de lignina (Figura 6).

Relação semelhante entre a porcentagem de lignina na FDA como porcentagem da FDN e a digestibilidade da FDN foram relatadas JUNG & ALLEN (1995). Os autores consideram que essa relação é extremamente útil para avaliar a qualidade da forragem quando a comparação é estabelecida sobre materiais de diferentes idades ou composição.

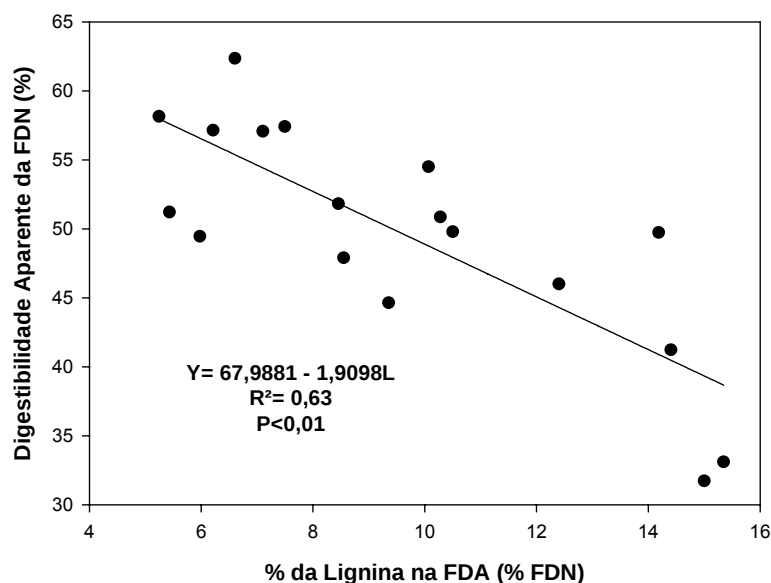


Figura 6. Relação entre a quantidade percentual de lignina da FDA ingerida, em porcentagem da FDN, e a digestibilidade aparente da FDN.

3.3.4 Fatores anti nutricionais em *Leucaena*

A ação de fatores anti nutricionais pode também afetar o consumo e a digestibilidade das dietas experimentais. Entre esses, os taninos condensados (TC) poderiam atuar sobre a redução da aceitabilidade e consumo de forragem, por sua adstringência, e atuar diretamente no rúmen, reduzindo a taxa de passagem (REED, 1995; BUTTER et al., 1999). LONGO (2002) não verificou, em dietas com feno de *Leucaena*, efeitos de redução de consumo em função de TC. Assinalou, ainda, a possibilidade da existência de ação aditiva entre TC e LDA afetando a digestibilidade da matéria seca e da proteína. Essa interação pode ter ocorrido no trabalho em discussão, devido aos altos teores de lignina encontrados na forragem ofertada aos animais.

Especificamente no caso de *Leucaena*, a concentração de TC é baixa (GODOY et al., 2003). Nos materiais cv. Cunningham e *L. diversifolia*, origem paterna do material híbrido 11X25, as concentrações de TC/kg de matéria seca, em diferentes frações, são baixas (WHEELER et al., 1994), à exceção das ráquis das folhas que superaram muito

pouco o valor de 40g TC/kg de matéria seca. Esse valor é considerado, inclusive, benéfico à proteção da degradação ruminal da proteína dietética (BUTTER et al., 1999; POPPI et al., 1997; REED, 1995), permitindo absorção ao longo do intestino delgado.

Os teores de tanino das dietas não parecem ter influenciado os coeficientes de digestibilidade da PB das dietas uma vez que não foram verificadas diferenças significativas (Tabela 6). Entretanto, houve significância do modelo linear para regressão que explica o aumento da digestibilidade aparente da PB à medida que aumenta a proporção de *Leucaena* ($P < 0,05$). FRANZOLIN NETO & VELLOSO (1986a), trabalhando com carneiros, também não verificaram aumento nos coeficientes de degradabilidade da proteína pela adição de *Leucaena* à dieta.

Outro fator antinutricional que poderia trazer efeitos sobre o consumo e a digestibilidade seria a mimosina. A presença dela na dieta de ruminantes gerou menor consumo e efeitos subclínicos que reduziam de 30% a 50% o ganho em peso de animais (KUMAR & D'MELLO et al., 1995; DALZELL et al., 2005). No Brasil, não foram detectados efeitos tóxicos em ruminantes (FRANZOLIN NETO & VELLOSO, 1986b; SAAVEDRA et al., 1987), o que levaria à conclusão da existência de bactérias no rúmen capazes de neutralizar os efeitos da mimosina e do DHP (JONES & MEGARRITY, 1983; HUTTON, 1987).

Durante o período de adaptação dos animais, observou-se a redução do consumo de forragem por alguns animais, especialmente, nas dietas com maior presença de *Leucaena*. Essa constatação levou à formulação da hipótese de que o consumo poderia estar sendo deprimido pela ação de algum princípio tóxico existente na forragem ofertada. Foi então especulada a possibilidade dos efeitos tóxicos da mimosina.

Para isso, foram determinados os valores de triiodotironina (T_3) no plasma sanguíneo dos animais, durante a fase de coleta de dados experimentais, para verificação das concentrações e detecção dos efeitos da mimosina e DHP. As avaliações indicaram alterações expressivas nas concentrações de T_3 à medida que *Leucaena* era adicionada às dietas. Os valores médios de T_3 , em dietas puras com *Brachiaria brizantha*, eram da ordem de 185 ng/dL, valores normais encontrados na

literatura (JONES & HEGARTY, 1984; FRANZOLIN NETO & VELLOSO, 1986b; SAAVEDRA et al., 1987) sofrendo redução a 80 ng/dL na dieta com a participação máxima da leguminosa (Lh60). A relação que descreve a redução dos teores de T_3 em função dos incrementos de *Leucaena* na dieta pode ser observada na Figura 7.

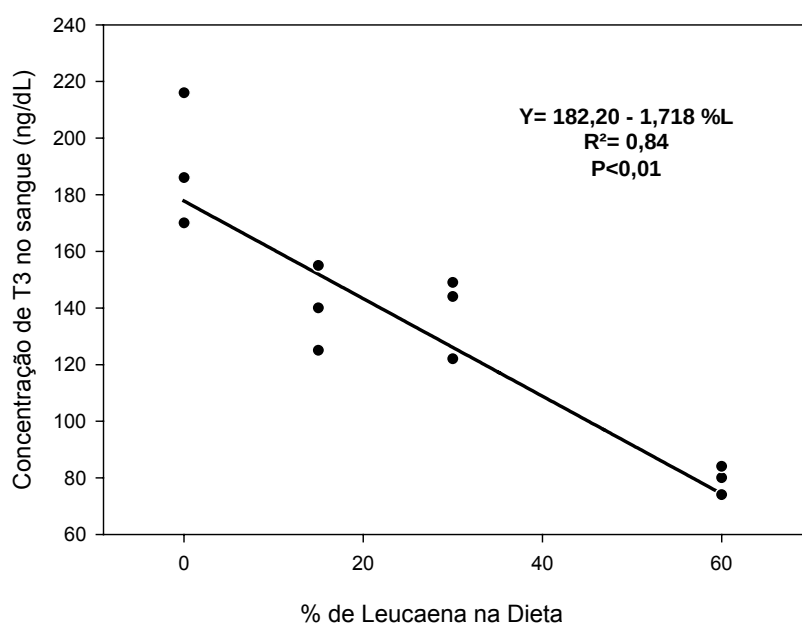


Figura 7. Relação entre a participação de *Leucaena* na dieta de bovinos e a concentração de triiodotironina (T_3) no plasma sanguíneo de bovinos em gaiolas metabólicas.

JONES & HEGARTY (1984) relatam reduções acentuadas de tiroxina (T_4) em bovinos após seis semanas de consumo de dietas contendo 40%, 67% e 100% de *Leucaena*. Os valores de T_3 , que é convertido da T_4 no fígado e nos rins, apresentaram resposta mais rápida aos efeitos tóxicos existentes em *Leucaena*. Segundo esses autores, valores inferiores a 65 ng/dL indicavam toxidez causada por mimosina.

A redução acentuada de T_3 , observada no presente trabalho, foi atribuída aos efeitos tóxicos da mimosina e seus produtos secundários (DHP). Cabe ressaltar que os resultados podem estar associados à falta de hábito dos animais no consumo de *Leucaena* e, portanto, não apresentavam ambiente ruminal adaptado. Recomenda-se o processo de adaptação progressiva como forma de superar os efeitos tóxicos causados

pela mimosina. A limitação do consumo a 30% da dieta também é preconizada para que não seja superada a marca limite de 1% de mimosina na dieta (JONES & HERGARTY, 1984; JONES, 1994).

Essas premissas são extremamente complexas de serem manejadas devido à interação da planta com ambiente de cultivo em que a fertilidade do solo, o estresse hídrico, as variedades, as frações da planta, e a idade de rebrotamento alteram a concentração de mimosina (GUPTA et al., 1992; BRAY & HOEKSTRA, 1985). Restrição de consumo e de processos de adaptação parece ser de manejo complexo em pastagens extensivas ou na utilização em larga escala. O hábito não necessariamente resulta em processo de adaptação ou superação do problema, haja vista que animais adaptados ao consumo de *Leucaena* e inoculados com a bactéria *Sinergistes jonesse* na Austrália apresentaram sinais de toxidez levando à mortalidade de animais, após período de seca prolongada (KLIEVE et al., 2002; DALZELL et al., 2005).

Os resultados observados no presente trabalho alertam para necessidade de mais estudos e a pertinência da introdução de bactérias exógenas ao meio ruminal para prevenção de problemas com a toxidez de mimosina. Esse tema foi abordado por PEREIRA & ALCÂNTARA (1993) permanecendo questionamentos e a necessidade de estudos mais profundos sobre estratégias de introdução de organismos exógenos e sua manutenção no meio ruminal em rebanhos cuja alimentação inclui ocasionalmente *Leucaena*.

As observações sobre a inexistência de problemas de toxidez de mimosina em regiões tropicais podem ter sido subestimadas. Problemas de toxidez com efeitos subclínicos podem ter limitado o consumo e o desempenho animal. Em observação feita a campo, em condições de pastejo, BARCELLOS (2006-Capítulo 4) verificou alterações nos valores de T_3 em animais adaptados à dieta com *Leucaena*. Os ganhos por animal foram elevados durante os primeiros 60 dias de pastejo, sendo posteriormente igualados aos computados em pastagens puras.

3.3.5 Concentração de Nitrogênio-uréia plasmática (NUP)

O estudo da concentração NUP tem sido empregado para correlacionar com o estado nutricional de animais (HAMMOND et al., 1993), concentração de N-NH₃ no rúmen (MOSS & MURRAY, 1992), estimar a taxa de excreção de nitrogênio e ingestão e a eficiência do uso da proteína (VALADARES et al., 1997).

O fornecimento de dietas contendo *Leucaena* e alfafa alterou os níveis de NUP. Na Tabela 8, podem ser observados os efeitos das dietas experimentais sobre a concentração de uréia sanguínea em momentos diferentes de coleta, após o fornecimento da refeição diária aos animais. Houve interação entre tempos de coleta e os tratamentos ($P < 0,05$), assim como dos tratamentos dentro de cada tempo de coleta. Os valores de NUP não se alteraram entre os tempos de coleta para as dietas Lh0, Lh7,5, Lh15 e Lh60. A amostragem anterior ao fornecimento da refeição (tempo zero) apresentou uma tendência de ser menor que nos demais intervalos de amostragem, sendo encontradas diferenças significativas apenas pra as dietas L30 e A30.

Tabela 8. Média das concentrações plasmáticas de NUP (mg/dL) em bovinos consumindo *Brachiaria brizantha* cv Marandu e *Leucena* nas proporções de 7,5% (Lh7,5), 15% (Lh15), 30% (Lh30), 60% (Lh60) e alfafa 30% (A30, obtidas em diferentes tempos de coleta). Média de duas avaliações.

Tempo (h)	Tratamentos					
	Lh0	Lh7,5	Lh15	Lh30	Lh60	A30
	mg/dL					
0	3,00 A c	3,16 A c	4,16 A cb	5,00 B b	20,00 A a	13,10 B ab
2	2,50 A b	4,66 A b	7,33 A b	7,50 AB b	24,83 A a	19,33 AB a
4	4,66 A c	6,50 A c	9,00 A c	13,00 A b	24,00 A a	21,66 A ab
6	5,16 A b	5,00 A b	10,50 A b	12,30 AB b	26,00 A a	21,83 A a
Média	3,83	4,83	7,75	9,45	23,70	19,00

Médias nas colunas seguidas das mesmas letras maiúsculas e minúsculas, na mesma linha, não diferem ($P < 0,05$).

A dieta Lh60 favoreceu a manutenção de elevadas concentrações de NUP durante as coletas. O fornecimento da segunda refeição, associado a eventos de

consumo noturno e degradação mais lenta da proteína da *Leucaena*, pode contribuir para explicar a manutenção dos elevados valores de NUP.

A análise do comportamento dos valores do NUP dentro de cada tempo de coleta e entre tratamentos que continham leucaena, identificou diferenças significativas para as dietas Lh60 onde foram alcançando as maiores concentrações de uréia sanguínea. . Não foram observadas diferenças significativas entre as dietas com 60% de participação de *Leucaena* (Lh60) e 30% de alfafa (A30).

O desenvolvimento de equações de regressão das concentrações de NUP em função dos níveis de proteína das dietas, para os diferentes tempos de coleta, pode ser observado na Tabela 9. As regressões foram significativas ($P < 0,05$) em todos os tempos de avaliação, tendo sido observados maiores coeficientes de determinação às 4 e 6 horas após a alimentação dos animais. Procedimento de análise semelhante com novilhos recebendo diferentes proporções de PB na dieta resultou em maiores valores de R^2 (0,83) obtidos às 4 e 6 horas após a alimentação (VALADARES et al., 1997), concordando com os resultados obtidos.

Tabela 9. Equações de regressão das concentrações plasmáticas de N-uréia (mg/dL), em função dos níveis de proteína bruta das dietas em diferentes tempos de coleta. (Média de duas avaliações)

Tempo (h)	Equações	R^2	Significância
0	$\hat{Y} = 10,23 + 0,218\%PB$	0,58	**
2	$\hat{Y} = 9,82 + 0,201\%PB$	0,65	**
4	$\hat{Y} = 8,95 + 0,252\%PB$	0,73	**
6	$\hat{Y} = 9,03 + 0,235\%PB$	0,78	**

** $P < 0,05$; PB= proteína bruta: R^2 = coeficiente de determinação.

O valor médio de PB na forragem de gramínea que compôs as dietas experimentais era de 9,46%. Entretanto, foram observados baixos valores de NUP na dieta pura de gramínea, o que pode ser atribuído à participação das frações nitrogenadas B3 e C que apresentam pouca degradação ruminal e indisponibilidade, respectivamente (SNIFFEN et al., 1992). Segundo MALAFAIA et al. (1997) *Brachiaria*

brizantha apresenta valores de 34,12% e 27,73% nas frações B3 e C, ou seja, mais de 50% da PB não é degradada no rúmen. A adição de *Leucaena* na dieta, mesmo em condições de boa oferta de PB na forragem da gramínea associada, pode ter significado nutricional importante.

Ao estabelecer a relação entre proteína efetivamente consumida pelos animais nas dietas com *Leucaena* e os teores de NUP, verificou-se que houve padrão de resposta segundo modelo quadrático com a elevação da PB (Figura 8).

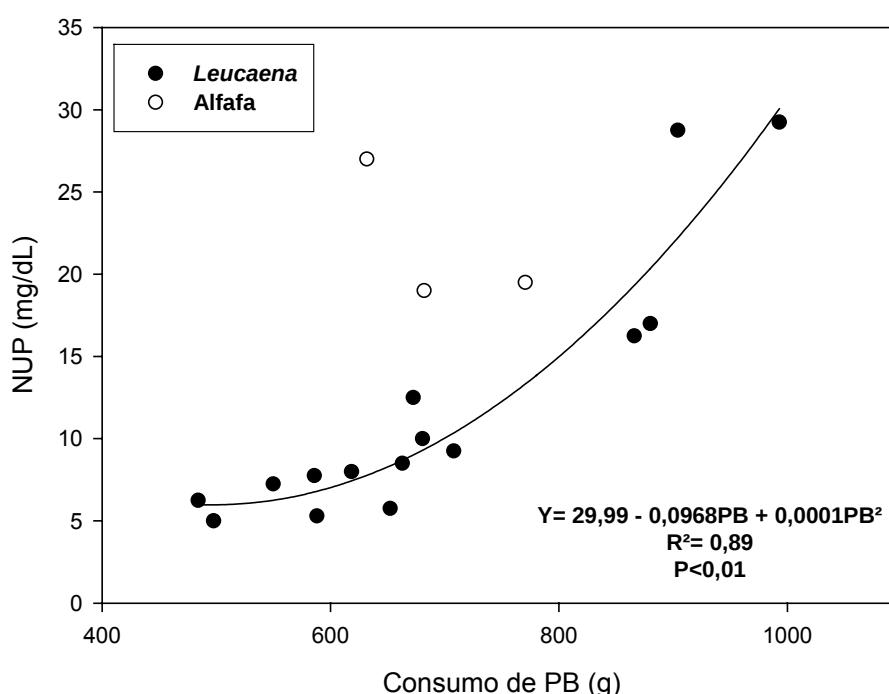


Figura 8. Relação entre consumo efetivo de proteína bruta (PB) e valor de uréia sangüínea (NUP) de animais em gaiola metabólica recebendo dietas com *Brachiaria brizantha* com diferentes proporções de *Leucaena* e valores de NUP para animais consumindo alfafa na proporção de 30% da dieta. Valores médios de NUP obtidos em duas datas de coleta (4º e 6º dias da fase experimental) e em dois momentos de coleta (quatro e seis horas após a primeira refeição do dia).

Os valores de NUP observados para o tratamento A30 mostram um comportamento diferenciado em relação às dietas com *Leucaena*. Houve elevação na concentração de NUP com menores valores de PB ingerido, o que pode ser justificado

pela maior degradabilidade da proteína da alfafa, elevando os teores de N-NH₃ no rúmen. Colaboram para explicar a resposta os fatos de as dietas Lh60 e A30 não diferirem, e o menor valor de NUP na dieta A30 ter-se verificado na amostra no tempo zero.

CABRAL et al. (1999) avaliaram as frações protéicas de vários alimentos e encontraram valores na matéria seca de 18,75% de PB sendo 26, 67% na fração A, 6,0% na fração B1, 42,83% na fração B2, 15, 01%, na fração B3 e 9,49% na fração C, em fenos de alfafa. Os resultados indicam que 63,3% da proteína do feno encontrava-se nas frações de mais rápida degradação(A, B1 e B2), podendo explicar os resultados obtidos no presente trabalho.

Especificamente, no caso de *Leucaena*, a presença de tanino tem resultado em menores valores de proteína degradada no rúmen, variando em torno de 45% a 50% (GARCIA et al., 1996; MIRANDA et al., 2003) servindo para melhor controlar a concentração de amônia ruminal. Frações de proteína com degradação mais lenta, como B2, podem ter contribuído para o padrão das respostas.

MANELLA et al. (2003) em áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, suplementada com banco de proteína de *Leucaena* (BP), verificaram valores de NUP nos meses de novembro e fevereiro, estação das chuvas, de 3,4 e 2,7 mg/dL nas pastagens puras e 4,6 e 3,2 mg/dL, quando os animais tinham acesso a banco de PB. Os autores afirmam que houve baixo consumo de *Leucaena*, o que poderia justificar pequena alteração nos valores de NUP. Quando suplementados com concentrado protéico, durante todo ano, os valores de NUP variaram de 10,7 a 12,6 mg/dL. As informações relatadas são coerentes com os resultados encontrados para situação em análise.

VALADARES et al. (1997), trabalhando com novilhos zebu e dietas suplementadas com concentrado, verificaram que a máxima produção microbiana correspondeu a concentrações de NUP variando de 13 a 15 mg/dL. Concentrações maiores corresponderiam a uso ineficiente da proteína da dieta, acarretando perdas.

HAMMOND (1983) estabeleceu valores de NUP que indicavam sincronismo entre proteína na dieta e energia, favorecendo a produção de proteína microbiana.

Esses valores oscilavam entre nove e 12 mg/dL. Valores de NUP acima ou abaixo dessa faixa indicavam a possibilidade de resposta animal a suplementação energética ou protéica, respectivamente.

Os valores de NUP, observados no presente ensaio, que compreendem o intervalo indicado como adequado por HAMMOND et al. (1993), estimados pela equação de regressão (Figura 9) equivalem 640 e 712 g PB ingerida. Esses valores indicam dietas com participação de cerca de 15% a 26% de *Leucaena* ($Y = -68,9375 + 0,1326PB$; $R^2 = 0,87$; $P < 0,01$). Portanto, dietas com participação superior a 30% de *Leucaena* apresentavam potencial elevado de perdas de nitrogênio via excreção urinária dentro das condições estabelecidas no presente estudo.

O sincronismo entre proteína degradável no rúmen e energia é apontado como um dos mecanismos que permite aproveitamento eficiente da proteína ingerida. As espécies forrageiras tropicais apresentam limitações, morfofisiológicas que restringem a digestão da parede celular além de apresentarem menor conteúdo celular (CORSI & NASCIMENTO JUNIOR, 1994; WILSON, 1997). Assim a suplementação energética pode ser uma alternativa para favorecer maior produção de proteína microbiana. A elevação das concentrações de NUP demonstra ter grande relação com a falta de sincronismo entre a proteína ingerida e a oferta carboidratos fermentescíveis no rúmen. *Leucaena* é reconhecida como planta que apresenta baixa concentração energética sendo, inclusive, recomendada a suplementação com fontes prontamente fermentescíveis, quando a dieta apresenta elevadas quantidades da planta (PRATCHETT & PETTY, 1993; GARCIA et al., 1996).

Analisando as relações estabelecidas entre a digestibilidade das frações fibrosas (FDN e FDA), fica evidenciada a redução da digestibilidade aparente da forragem à medida que *Leucaena* foi adicionada à dieta, comprometendo a disponibilidade de energia para produção microbiana. A relação entre NUP e a digestibilidade aparente da FDN e da FDA apresentou modelos quadráticos de resposta (Figuras 9 e 10). A dieta contendo alfafa (A30) expressa de forma mais acentuada a falta de sincronismo energia proteína com elevação acentuada da concentração de NUP com digestibilidade aparente da FDA em torno de 50%.

RENNÓ et al. (2000) verificaram, em dietas com proporções de proteína, que as concentrações de NUP apresentaram relação linear significativa com o aumento de PB e FDN na dieta.

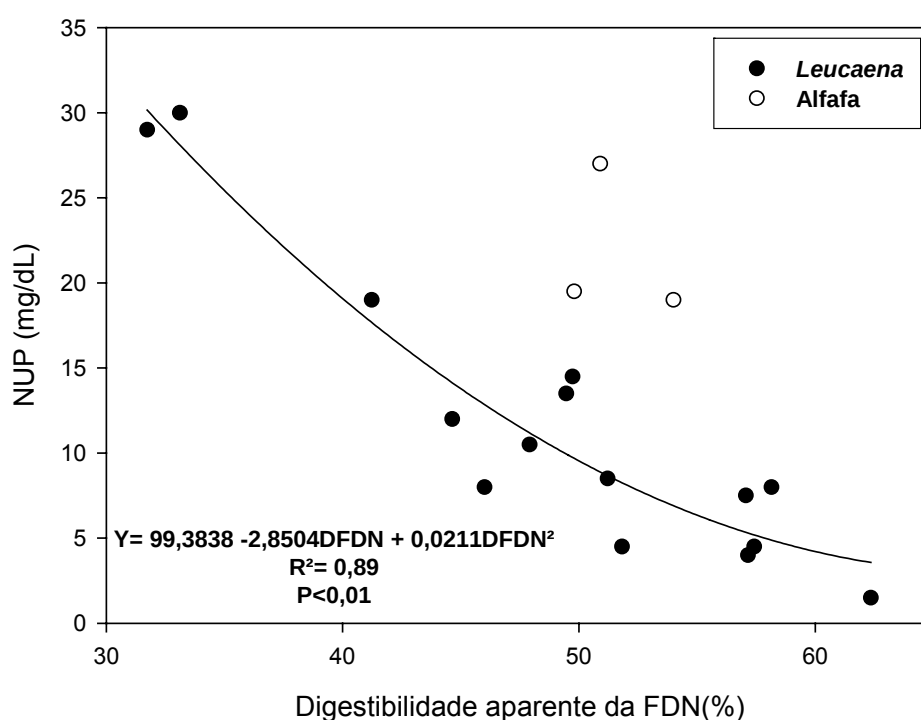


Figura 9. Relação entre a digestibilidade aparente da FDN (DFDN) e a concentração de uréia sangüínea no plasma (NUP) de bovinos consumindo dietas com diferentes proporções de *Brachiaria brizantha* e *Leucaena*.

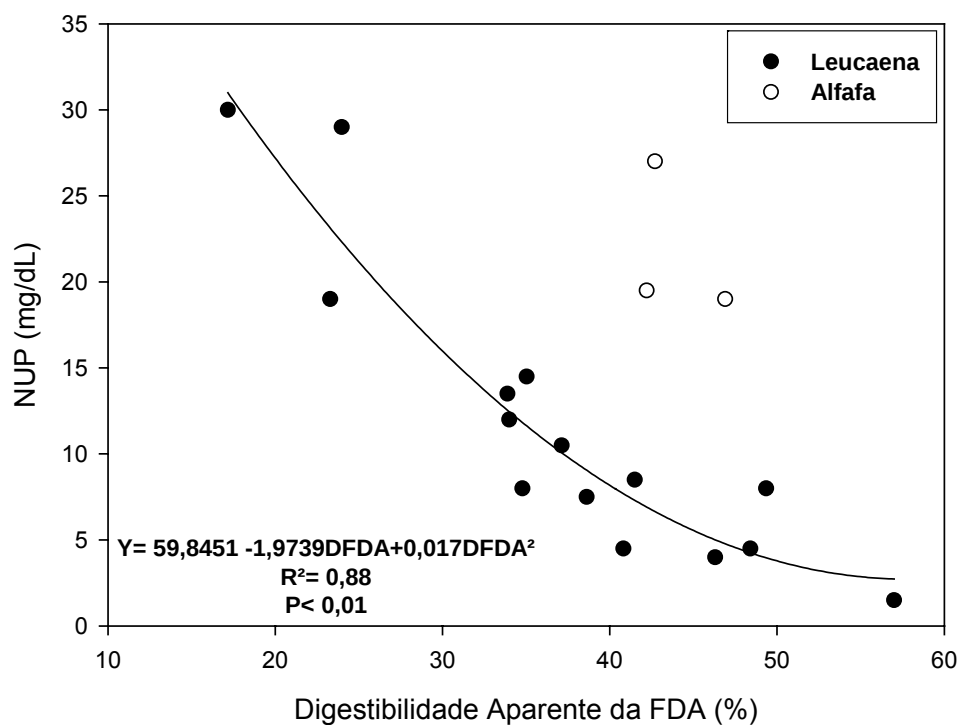


Figura 10. Relação entre a digestibilidade aparente da FDA (DFDA) e a concentração de uréia sangüínea no plasma (NUP) de bovinos consumindo dietas com diferentes proporções de *Brachiaria brizantha* e *Leucaena*.

3.4 Conclusões

Os animais exerceram sua capacidade de seleção sobre a forragem ofertada, gerando resíduos com menores valores de DIVMS e maiores teores de FDN, FDA e LDA. A seletividade animal, entretanto, não alterou a proporção da leguminosa e da gramínea ingerida, refletido a proporção das dietas experimentais propostas.

O aumento na proporção de *Leucaena* na dieta experimental não alterou o consumo de matéria seca total da forragem. Houve incremento significativo ingestão de proteína bruta.

Os coeficientes de digestibilidade da FDN e da FDA foram reduzidos com o aumento da participação de *Leucaena* na dieta.

Os valores de T_3 no plasma sangüíneo são indicativos da existência de efeitos tóxicos causados pela mimosina e seus metabólitos. .

A elevação nas concentrações de uréia sangüínea (NUP) com o aumento do consumo de proteína, causado pela adição de leguminosa na dieta, evidenciam o aproveitamento ineficiente da proteína para produção de massa microbiana no rúmen. Proporções superiores a 26% de *Leucaena* na dieta registram valores de NUP superiores a 12 mg/dL.

Os resultados relativos para avaliação da nova cultivar de *Leucaena* híbrido em relação ao consumo e aos efeitos sobre a digestibilidades dos nutrientes ficaram prejudicados pela grande participação de ramos na forragem que compôs as diferentes dietas experimentais.

CAPÍTULO 4 – PRODUÇÃO DE FORRAGEM E QUALIDADE DE *Leucaena* HÍBRIDA CONSORCIADA COM *Brachiaria brizantha* cv. MARANDU NA REGIÃO DO CERRADO

RESUMO- O objetivo do trabalho foi avaliar a cultivar híbrida de *Leucaena* (Lh) consorciada com Marandu (B.b.) em ensaio de pastejo com lotação variável em sistema rotacionado (12 dias de ocupação e 36 dias de descanso). Os tratamentos (T) foram pastos puros de B.b. (T1), adubados com 60 kg/ha/ano de nitrogênio (N;T2) e Lh em faixas consorciada com B.b. e N (T3). Cada T com duas repetições. A oferta média diária de forragem foi de 11,74% em relação ao PV (ano1- a1) e 9,41% (ano 2- a2). A produção total de forragem de Lh foi de 1234 kg/ha (a1) e 1795 kg/ha (a2). Os ajustes de lotação ocorreram em intervalos de 24 dias. Utilizaram-se novilhas Nelore (nov) com peso vivo (PV) inicial de 240 kg. A pastagem comportou lotações, em 150 dias da estação de chuva (a1) de 2,56(T1), 4,35(T2) e 4,58(T3) nov/ha e ganhos de 470, 438 e 530 g/nov/dia ($P<0,10$), respectivamente. Em 145 dias (a2) as lotações foram 2,37 (T1), 3,11 (T2) e 3,70 (T3) nov/ha e ganhos de 498, 539 e 694 g/nov/dia ($P<0,10$). Na estação seca não houve diferenças entre T. Na média dos dois anos o GMD foi incrementado em 25% e a produtividade em 33% em T3 comparado com T2. O PV médio final das novilhas neste T, aos 22 meses de idade, foi 324 kg (a1) 360 kg (a2). A participação média de Lh na dieta variou de 22,3% a 4,2% durante o período de ocupação ($\delta^{13}\text{C}$ nas fezes) resultando em valores de uréia sanguínea superiores ($P<0,05$) em T3 (15,75 mg/dL) em relação a T2 (6,7 mg/dL). O valor de T₃ no plasma diferiu ($P<0,05$) entre T2 (182ng/dL) e T3 (134ng/dL), indicando efeito da mimosina. Maior eficiência bio econômica na conversão do N fertilizante foi observada no T3 (kgPV/kg de N aplicado).

Palavras-chave: leucena, nitrogênio, novilhas, recria, mimosina, uréia sanguínea.

4.1 Introdução

A pecuária bovina brasileira, em regiões tropicais, está baseada em pastagens cultivadas de gramíneas, em especial, do gênero *Brachiaria*, adaptadas às condições edafoclimáticas. Os sistemas de produção predominantes são extensivos. A produtividade animal é deprimida pela sazonalidade da oferta de forragem, com forte influência no seu valor nutritivo, principalmente, na estação seca, e pelas ineficiências inerentes aos processos de colheita e conversão do alimento pelos ruminantes. A proteína consumida pelos bovinos, geralmente em quantidades restritas a sua degradação e o desbalanço protéico energético no ambiente ruminal, limitam seu aproveitamento e o desempenho animal.

O desempenho animal em pastagens tropicais tem demonstrado que, em parte, as deficiências apresentadas pelas gramíneas forrageiras tropicais, que comprometem o ganho por animal, são compensadas pela maior produção de massa de forragem, levando à maior capacidade de suporte e, conseqüentemente, à maior produção por área. A intensificação dos sistemas de produção, em regime de pastagens, tem sido estudada e defendida por diversos autores, em inúmeros trabalhos, como alternativa para tornar a atividade pecuária bovina de corte competitiva (CORSI & MARTHA JUNIOR, 1997; CORRÊA, 1999; CORSI et al., 2001; AGUIAR et al., 2002), incluindo a necessidade de suplementação protéica e energética de forma estratégica.

A limitação na oferta de proteína e de material prontamente fermentescível no rúmen, em pastagens tropicais, por vezes, somente poderá ser superada pelo aporte externo, via suplementação ou pela diversificação dos componentes da vegetação. A suplementação energética e protéica em pastagens configura-se como alternativa para atender a exigência dos animais, sendo amplamente discutida na literatura, especialmente, para superar as limitações da oferta na estação seca (EUCLIDES et al., 2001; PAULINO et al., 2001; REIS et al., 2005).

As leguminosas forrageiras desempenham a importante função de fornecimento de proteína degradável no rúmen, complementando as eventuais deficiências da gramínea, bem como quantidades significativas de proteína para absorção ao longo do

trato digestivo. A presença de taninos condensados em leguminosas forrageiras, em proporções reduzidas, tem trazido benefícios à proteção da degradação ruminal e utilização da proteína (BUTTER et al., 1999). A absorção de aminoácidos no intestino apresenta relações com os mecanismos de consumo, especialmente, em ruminantes com acesso a dietas pobres em proteína (PRESTON & LENG, 1987).

Embora sejam reconhecidas como alternativa às limitações da produção animal em pastagens tropicais, as leguminosas forrageiras ainda são pouco adotadas. Os principais entraves, para sua adoção nos sistemas de produção, são atribuídos à pequena oferta de cultivares, a falta de adaptação a solos ácidos e persistência em condições de pastejo.

Direcionar o avanço no conhecimento para novas cultivares de gramíneas e possíveis associações com outros gêneros, a exemplo de leguminosas forrageiras, é uma vertente que contempla aspectos de grande relevância. Como resultado poderá ser obtida maior longevidade das pastagens, em função do aporte de nitrogênio via reciclagem e fixação simbiótica (CANTARUTTI et al., 2001) e incremento na produção animal (BARCELLOS et al., 2001a).

Segundo POPPI e McLENNAN (1995), reunindo dados de inúmeros autores, verificaram que ganhos diários adicionais de 300 g/animal/dia somente poderiam ser obtidos quando cerca de 150 g de proteína adicional chegasse ao intestino. Esse suprimento poderia ser obtido pela ingestão de leguminosas desde que essas incrementassem o consumo de forragem em pelo menos 30%.

Na estação de crescimento, a digestibilidade das gramíneas tropicais varia entre 55% e 65% permitindo, na maior parte do tempo, o atendimento da relação entre matéria orgânica digestível e proteína. Entretanto, oscilações na digestibilidade da forragem selecionada, a ingestão de proteína de alta degradabilidade ruminal e de nitrogênio não-protéico podem afetar a eficiência do aproveitamento da proteína. Segundo HAMMOND (1994) e FIRKINS (1996) a produção de proteína microbiana no rúmen é maximizada quando a relação entre a disponibilidade de energia (matéria orgânica fermentescível) e proteína é sincronizada.

A análise do plasma sanguíneo permite determinar a concentração de nitrogênio-uréia plasmática (NUP), cujos valores são empregados como indicadores da relação proteína energia nas dietas (HAMMOND, 1983). Concentrações em torno de 9 a 12 mg/dL seriam a referência para alcançar ganhos adequados por animal. Respostas positivas foram obtidas, em ganho de peso, com suplementação energética quando os valores de NUP superam o valor referencial, indicando excesso de proteína em relação à energia consumida (HAMMOND, 1983; HAMMOND et al., 1993). Ademais, altas concentrações de uréia sérica podem comprometer o desempenho animal em função do dispêndio de energia e aminoácidos necessários para sua produção no fígado e posterior excreção (HAMMOND, 1994; GREANEY et al., 1996). POPPI et al. (1997) consideram que leguminosas podem maximizar as perdas de proteína uma vez que não oferecem a quantidade de energia necessária para que os microrganismos capturem a amônia produzida no rúmen.

O gênero *Leucaena* tem sido apontado como de grande aplicabilidade para exploração pecuária em ambientes tropicais. Os esforços de pesquisa no desenvolvimento de novas cultivares e resultados obtidos em sistemas de produção na Austrália, Ásia, América Central e do Norte evidenciam a importância e os impactos gerados por essa leguminosa. Grande parte dos trabalhos encontrados na literatura tem sua origem na Austrália, onde efetivamente a espécie foi adotada nos sistemas de produção de carne, viabilizando a terminação de animais para exportação. Atualmente, existem cerca de 100 mil hectares estabelecidos com *Leucaena* com perspectivas de crescimento significativo nos próximos anos (MULLEN et al., 2005). A persistência em condições de pastejo pode superar a vinte anos de utilização (JONES & HARRISON 1980)

A adoção de *Leucaena* na alimentação animal exerce a função de incremento na oferta global de forragem e de proteína. Diferentes formas de utilização são relatadas e incluem o corte e o fornecimento aos animais *in natura* ou na forma de feno, pastejo direto em áreas exclusivas da leguminosa (bancos de proteína), complementando a pastagem de gramínea nativas e cultivadas ou em consórcio. Os sistemas de pastejo adotados variam de controlado, com horas de acesso diário à leguminosa, lotação

rotacionada e contínua. A forma mais freqüente de uso são sistemas com lotação rotacionada e preferencialmente restringindo o consumo diário da leguminosa a 30% da dieta. Segundo NORTON (1994), *Leucaena* deve participar na dieta com valores entre 30% e 50% ou de 0,8% a 1,2% do peso vivo por dia para alcançar bom desempenho de bovinos, ovinos e cabras que recebam dietas de baixa qualidade. No Brasil, grande parte dos trabalhos enfocou o uso dessa leguminosa na forma de bancos de proteína.

JONES (1994) relata dados compilados de 13 experimentos desenvolvidos na Austrália e na América Latina com a inclusão da *Leucaena* na dieta, em consumo puro ou em complementação de pastagens nativas e cultivadas. O autor observou que houve incremento superior a 70% no ganho em g/animal/dia em oito situações, quando comparada com a pastagem pura. Apenas em um ensaio não houve resposta a incrementos em ganho de peso, sendo observados, nos demais, de 160 g a 700g/animal/dia na complementação de pastagens nativas e de 370 a 670 g/animal/dia em pastagens cultivadas.

JONES & MEGARRITY (1983) observaram produções de 1420 kg de peso vivo/ha ano em pastagens de capim Pangola consorciado com *Leucaena* e 1330 kg em pastagens puras fertilizadas com doses 300 a 600 kg/ha ano de nitrogênio. PETTY et al. (1994) relatam que, após introdução da leguminosa em áreas irrigadas na Austrália, a produção animal evoluiu de 800 kg/ha/ano para 1700 kg/ha/ano.

Inúmeros trabalhos desenvolvidos no Brasil demonstraram o potencial de uso de *Leucaena* na alimentação animal em condições de pastejo. LOURENÇO et al. (1996) em Nova Odessa, SP, avaliaram o desempenho animal de *B. brizantha* cv. Marandu em pastagem pura e em associação com *L. leucocephala*. A *Leucaena* foi utilizada como banco de proteína e em consórcio, gerando ganhos de 464 g/animal/dia e produtividades de 535 kg/ha, superando em mais 37% os resultados obtidos no tratamento com gramínea pura.

MANELLA et al. (2002) avaliaram o desempenho de bovinos Nelore em pastagens de *B. brizantha*, suplementada durante todo ano, durante a seca, acesso a banco de proteína *L. leucocephala* e pastagem pura sem suplementação. Verificaram ganhos médios diários, durante um período de 314 dias, de 649, 562, 534 e 447

g/animal respectivamente. Constataram também que, na comparação dos tratamentos durante a estação das chuvas, os ganhos obtidos em pastagens com *Leucaena* (741g/dia) não diferiram dos obtidos com animais do tratamento suplementado durante todo o ano (782g/dia). Os resultados também sugerem a necessidade de suplementação protéica em pastagens de *B. brizantha* durante a estação de chuvas como forma de otimizar o ambiente do rúmen.

A utilização de *Leucaena* em larga escala na alimentação animal tem apresentado restrições, especialmente, para monogástricos. Foram observados ganhos em peso reduzidos, problemas com fertilidade e queda de pêlos, em eqüinos, porcos, coelhos e limitação no uso em peixes e galinhas. Em ruminantes, foram detectados efeitos em menor escala e de magnitude variável em função de diferentes aspectos. Tais problemas são atribuídos à mimosina, aminoácido não-protéico (β N 3-hidroxi-4 oxipiridil cr- ácido aminopropionico) de ocorrência natural em todas as espécies do gênero *Leucaena* e em *Mimosa pudica* (BRAY, 1994). O produto primário da degradação ruminal da mimosina origina os isômeros 2-hidroxi-3(1H)piridina ou 3-hidroxi-4(1H)piridina (2,3 ou 3,4 - DHP) que efetivamente produzem a toxidez. A síntese de DHP também pode ocorrer pela ação de enzimas da própria planta, imediatamente após seu corte ou trituração. Amostras de fezes, urina e soro sangüíneo são empregadas para verificação da presença de DHP e sua correlação com efeitos tóxicos (JONES & HEGARTY, 1984; JONES & MEGARRITY, 1983; FRANZOLIN NETO & VELLOSO, 1986b).

O DHP é reconhecido como um análogo estrutural do aminoácido tirosina e seus produtos neurotransmissores, dopamina e noradrenalina, encontrados no cérebro, agindo sobre o metabolismo do iodo. Como análogo à tirosina, apresenta capacidade de inibir a tirosina carboxilase e tirosinase (D'MELLO, 1992; CROUSE et al., 1962 apud KUMAR & D'MELLO, 1995), levando a um efeito bociogênico. Como consequência, produz acentuada depressão nos teores dos aminoácidos iodados triiodotironina (T_3), proveniente da conversão da tiroxina (T_4). JONES & HEGARTY (1984) verificaram que reduções no ganho de peso em animais que consumiam *Leucaena* estavam associadas à diminuição da T_3 no soro sangüíneo. A superação dos efeitos tóxicos da mimosina,

pode ser obtida por práticas de manejo como consumo restrito, de difícil adoção na prática. A descoberta e a inoculação de animais com uma bactéria capaz de degradar a mimosina (*Synergistes jonesi*), permitiram ampliar a adoção de *Leucaena* e significativos incrementos na produção dos rebanhos (JONES & MEGARRITY 1983; QUIRK et al., 1988).

Dentre as limitações agronômicas apontadas em *Leucaena* identifica-se sua restrita adaptação a solos ácidos, tornando a espécie pouco compatível com a menor exigência da maioria das gramíneas forrageiras cultivadas. Esse fato é mais notório quando nos referimos à cultivar comercial Cunningham, principal material cultivado nas condições brasileiras.

A existência de variabilidade genética entre espécies de *Leucaena*, para adaptação a solos ácidos com toxidez de alumínio, tem sido alvo de estudos. A identificação de grupos distintos quanto à tolerância a alumínio, por meio de análise multivariada, foi descrita com populações de plantas cultivadas no Brasil (MALUF et al., 1984; MALUF et al., 1985). A seleção de híbridos de *Leucaena* tolerantes a solos ácidos tem se mostrado possível, especialmente pela utilização de *L. diversifolia* (Shlecht.) Beth & Hook, sendo possível a realização de cruzamentos férteis com *L. leucocephala* (HUTTON, 1981).

Cruzamentos entre *L. leucocephala* e *L. diversifolia*, *L. shannoni* e *L. pulvulenta* foram desenvolvidos no Centro Internacional de Agricultura Tropical- CIAT (HUTTON, 1985, HUTTON, 1987; HUTTON, 1990) e avaliados no Brasil no período de 1982 a 1987 (HUTTON, 1990). Esse processo permitiu identificar populações com características superiores de adaptação a solos ácidos. Entretanto, conciliar o componente agronômico com as exigências de resistência a pragas e a doenças e a redução dos fatores anti nutricionais demandará ações de programas de melhoramento da espécie.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho animal em pastagem consorciada com o híbrido interespecífico, desenvolvido por HUTTON (1990). Visa conhecer melhor sua adaptação às condições de pastejo, em solos ácidos de Cerrado, a influência do aporte de proteína na dieta e reflexos sobre a resposta animal e a

produtividade. Para atender a esses objetivos do trabalho foram avaliados atributos da pastagem, tais como produção, composição botânica, valor nutritivo, e parâmetros sangüíneos, possibilitando melhor interpretar e explicar a resposta da pastagem e do animal. Dessa forma, será possível testar o potencial da nova cultivar e seus impactos sobre a intensificação da produção, por meio da melhor nutrição animal e maior eficiência no uso de insumos em regime de pastagens consorciadas.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local do experimento e histórico da área

O experimento foi conduzido nas instalações do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados - Embrapa Cerrados, localizada em Planaltina-DF no período de dezembro de 2003 a julho de 2005.

A área selecionada para implantação do experimento fazia parte, originalmente, de ensaio instalado no ano agrícola de 1998/1999, em que se avaliou o desempenho animal em pastagens renovadas de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich) Stapf cv. Marandu exclusivas e consorciadas com *Leucaena* híbrida.

A leguminosa forrageira estabelecida foi o híbrido interespecífico de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. com *L. diversifolia* (Schltdl.) Benth, proveniente do programa de melhoramento desenvolvido pela Embrapa Cerrados (HUTTON, 1990).

Parte da implantação da área de *B. brizantha* foi feita em plantio simultâneo com a cultura do arroz. Em uma segunda parte, o plantio da *Leucaena* foi em associação com a cultura da soja. Adotou-se a semeadura da *Leucaena* em faixas de 2 metros, contendo duas linhas espaçadas em um metro, e seis metros entre faixas. Utilizaram-se 14 sementes de *Leucaena* por metro, tendo ocupado 25% da área total de plantio. A soja foi semeada entre as faixas de *Leucaena*, em espaçamento de 45 cm entre linhas. Depois da colheita da soja a área foi sobressemeada com *B. brizantha* (BARCELLOS et al, 2001b).

Na ocasião do estabelecimento dos cultivos, foram aplicados ao solo 3,5 toneladas de calcário e 350 kg/ha da fórmula (NPK) 04:30:16, no sulco de plantio das culturas de soja, arroz e *Leucaena*. No período de 1999 a 2003 as pastagens foram utilizadas com carga variável e intermitente.

4.2.2 Instalação e condução do experimento de pastejo

Em outubro de 2003 foram selecionados 5,28 ha e 2,64 ha, repectivamente, das áreas previamente estabelecidas com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *B. brizantha* consorciada com *Leucaena* híbrida, relativas à implantação do ano agrícola 1998/1999. As áreas selecionadas apresentavam características homogêneas quanto a histórico de uso, fertilidade química do solo e idade de implantação. As mesmas foram subdivididas em seis piquetes de 1,32 ha, para distribuição de três tratamentos experimentais com duas repetições. Cada piquete foi ainda dividido em 4 subpiquetes (0,33 ha) para possibilitar a adoção de sistema de pastejo rotacionado em cada repetição do tratamento. A Figura 1 caracteriza as pastagens exclusivas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.



Figura 1. Características da parcela experimental implantada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Dois piquetes de *Brachiaria brizantha* receberam apenas adubação de manutenção. Os outros quatro piquetes, dois com gramínea pura e dois consorciados, receberam, além da adubação de manutenção, nitrogênio em cobertura. Dessa forma, foram definidos os seguintes tratamentos experimentais: T1= *Brachiaria brizantha* cv. Marandu exclusiva (testemunha); T2= cv. Marandu exclusiva + 60 kg/ha/ano de nitrogênio; e T3= cv. Marandu consorciado com *Leucaena* em faixas + 60 kg/ha/ano de nitrogênio. Promoveu-se sorteio para aleatorização dos tratamentos correspondentes aos piquetes exclusivos de gramínea. Um segundo sorteio foi realizado para definição das duas repetições dos piquetes consorciados.

A adubação de manutenção, em cobertura, foi feita com 60 kg/ha de P_2O_5 e 30 kg/ha de K_2O , no primeiro ano e 60 kg/ha de K_2O no segundo. As linhas de *Leucaena* receberam, em dezembro de 2003, 30 g por metro linear de fertilizante contendo na fórmula 20% e 10% de P_2O_5 e K_2O , respectivamente, aplicados com implemento sulcador/distribuidor.

O nitrogênio (N) foi aplicado a lanço em dose única no primeiro ano, na forma de sulfato de amônio (SA), no mês de dezembro de 2003. No segundo ano, a fonte de N foi uréia, aplicada em duas doses nos meses de dezembro de 2004 e janeiro de 2005. A adoção de duas aplicações de nitrogênio, no segundo ano, teve por objetivo minimizar os riscos de perdas de N por volatilização, fenômeno de ocorrência comum ao se aplicar uréia em condições de elevada temperatura do ambiente e distribuição errática de chuvas.

Por ocasião da seleção da área experimental e subdivisão dos piquetes, o solo apresentava as seguintes características químicas (Tabela 1), resultante do efeito residual dos corretivos e fertilizantes empregados na implantação dos pastos.

Tabela 1. Análise química do solo de 18 subamostras em três profundidades, em áreas de pastagem de *Brachiaria brizantha* consorciada com *Leucaena* híbrida (Bb+L) e *B. brizantha* pura (Bb).

Profundidade cm	pH H ₂ O	Pmg/dm ³	Kmg/dm ³	Alcmol _c /dm ³	H+Alcmol _c /dm ³	Ca+Mgcmol _c /dm ³	SB	T	V %	m %
00-20	5,57	1,15	25,13	0,18	5,42	2,40	2,46	7,87	31,00	9,46
20-40	5,39	0,42	19,38	0,25	5,53	1,74	1,79	7,32	24,50	12,56
40-60	5,16	0,23	11,13	0,36	5,04	0,68	0,71	5,75	12,00	33,64

SB= soma de bases; T= capacidade de troca de cátions; P= fósforo; K= potássio; V= saturação por bases; m= saturação por alumínio.

A precipitação pluviométrica, observada na fase experimental, foi de 1613 mm, de agosto de 2003 a julho de 2004, e de 1280 mm, de agosto de 2004 a maio de 2005. A precipitação pluviométrica mensal, durante a condução do ensaio, pode ser observada nas Figuras 2 e 3.

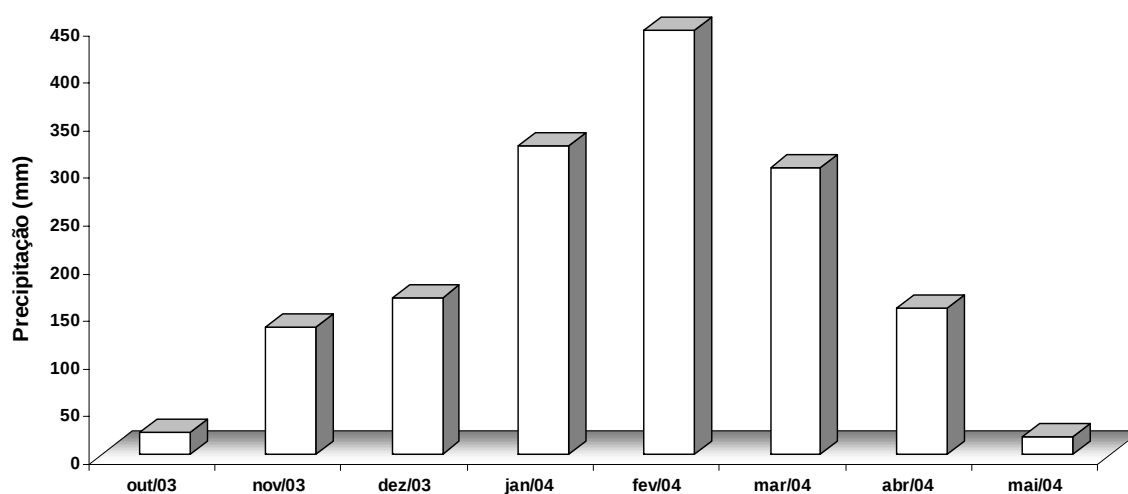


Figura 2. Precipitação pluviométrica mensal na estação principal da Embrapa Cerrados-Brasília, DF no período de outubro de 2003 a maio de 2004.

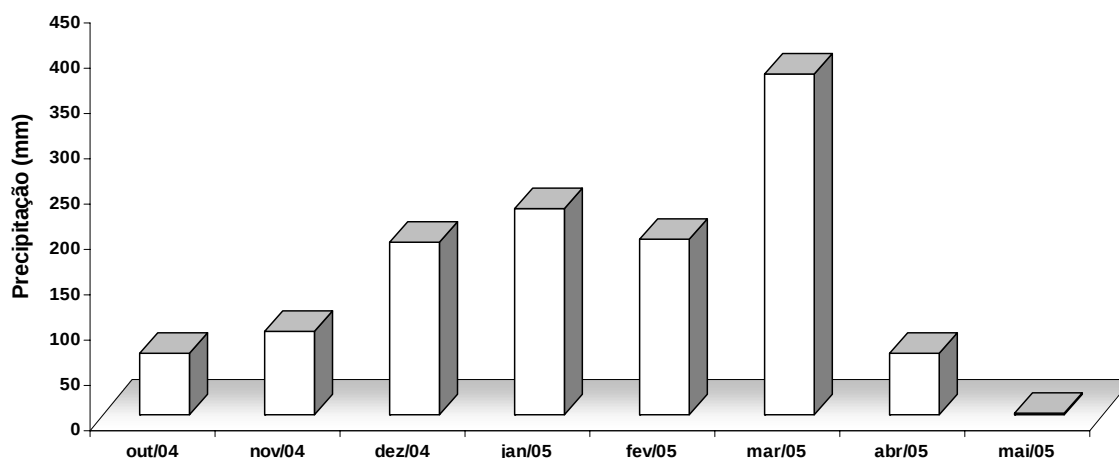


Figura 3. Precipitação pluviométrica mensal na estação principal da Embrapa Cerrados-Brasília- DF, no período de outubro de 2004 a maio de 2005.

4.2.3 Amostragem da massa de forragem e sua composição

A área experimental foi pastejada por bovinos, em sistema de lotação rotacionada e variável. O ciclo de pastejo por piquete teve a duração de 48 dias, compreendendo um período de 12 dias de ocupação seguido de 36 dias de descanso. Amostras de forragem foram coletadas para quantificação e caracterização da massa de forragem das espécies forrageiras componentes da pastagem.

A determinação da massa de forragem de *Brachiaria bizantha*, pré e pós-pastejo, foi feita pelo método destrutivo, com corte da forragem rente ao solo. Foram tomadas cinco amostras representativas da pastagem, com área de 1m², por subpiquete. A unidade amostral apresentava forma retangular, constituída por uma faixa de corte com 0,50 m de largura por dois metros de comprimento (1 m²). O corte foi feito com roçadeira costal, adaptada com barra de corte (poda de cerca viva), com lâmina de 0,50 m. As amostras tiveram, ainda no campo, eliminadas as respectivas frações de forragem morta. Em seguida, foram embaladas e pesadas para obtenção de massa verde (MV) e subamostradas. As subamostras foram pesadas e secas em estufas de ar

forçado a 65°C, até atingir peso constante, para determinação do teor de matéria seca (MS). A partir do teor de matéria seca de cada subamostra estimou-se a massa verde seca por hectare (MVS). Foram adotados os mesmos procedimentos, em número de unidades amostrais e processamento, para cálculo da forragem residual depois de pastejo.

A massa verde seca total em kg/ha (MVST) pré pastejo da gramínea e da leguminosa foi acrescida do acúmulo de forragem, com base em MS da *Brachiaria brizantha*. Empregou-se para esse cálculo, a diferença entre a massa acumulada durante o período de pousio (em média 36 dias) e a massa do resíduo obtido antes do pousio. O valor resultante foi dividido pelo número de dias de pousio, gerando a taxa de acúmulo diário de forragem (kgMS/dia). Esse valor foi empregado para estimar o acúmulo de forragem durante o período de ocupação seguinte, multiplicando-se o valor estimado em kgMS/dia pelo período de pastejo (12 dias).

A massa de forragem da *Leucaena* foi obtida pela coleta de cinco amostras distribuídas, aleatoriamente, ao longo das linhas de plantas, tendo a unidade amostral um metro de comprimento. Foram coletados, manualmente, todas as folhas e ramos com diâmetro inferior a 0,6 cm (fração consumível), encontrados nas plantas dispostas ao longo da linha de amostragem. Fez-se a subamostragem da massa vegetal coletada para determinação do seu teor de matéria seca, por meio da secagem em estufas de ar forçado. Após a secagem das amostras, promoveu-se a separação das frações folhas e ramos, seguida de pesagem. No cálculo da massa total da leguminosa considerou-se o valor médio da massa das amostras (folhas e ramos), referente a 1 metro, multiplicado pelo comprimento total das linhas de *Leucaena* de cada subpiquete. Com base no peso em MS médio das amostras e o comprimento total das linhas de *Leucaena* foi possível determinar a massa total de forragem de leguminosa por hectare (MVS).

Durante todo o período experimental, não foram verificados resíduos de forragem da *Leucaena*, uma vez que a massa acumulada durante o período de descanso (36 dias) desaparecia durante os 12 dias de ocupação. Considerando que as perdas de forragem em *Leucaena* são pequenas durante o pastejo pelo animal e a ausência de danos à forragem causada pelo pisoteio, considerou-se a forragem desaparecida como

equivalente à consumida. Não foi computado o acúmulo de massa de forragem de *Leucaena* durante o período de ocupação.

Todas as amostras foram obtidas em dois dos quatro subpiquetes de cada tratamento. O ajuste de lotação se baseou na massa de forragem existente no subpiquete (0,33ha), acrescida da taxa de acúmulo de forragem de *B. bizzanthera* projetado para o período de ocupação (1º ao 12º dia). No período subsequente de pastejo (13º ao 24º dia) era mantida a lotação estabelecida no período de ocupação anterior. Ao término dos dois períodos de ocupação (24 dias), por ocasião da pesagem dos animais, novo ajuste de lotação era feito com base na massa de forragem estimada no respectivo subpiquete. O mesmo procedimento era então adotado para os dois períodos de ocupação seguintes (25º ao 36º dia e 37º ao 48º dia), completando o ciclo de pastejo.

A obtenção das amostras de forragem para análise química foi feita pelo método de simulação de pastejo ("hand plucking"; SOLLEMBERGER & CHERNEY, 1995). As amostras, compostas de 20 subamostras, foram obtidas em cada um dos tratamentos, imediatamente após a entrada dos animais nos subpiquetes, possibilitando a observação e simulação do pastejo seletivo dos animais. O material coletado foi embalado e secado, em estufa de ar forçado a 65°C, para posterior moagem e encaminhamento ao laboratório.

Outro conjunto de amostras de forragem pré-pastejo, em número de cinco por piquete, foi coletado em uma área de 0,5 m² para avaliação da composição do dossel. Cada amostra teve sua altura avaliada, seguida de cortes nas frações acima de 45 cm, entre 30 e 45 cm, 15 e 30 cm e 0 e 15 cm. Os marcos de amostragem eram encaixados e sobrepostos, conforme a altura do dossel, e posteriormente cortados de cima para baixo, reunindo-se toda a forragem existente naquele volume (0,50 X 0,50 X 0,15 cm). As amostras, por estrato, foram ensacadas, levadas a câmara fria para manutenção da integridade das amostras e, posteriormente, processou-se a separação dos componentes morfológicos: material morto, folhas e colmos. Em função da proporção de cada um dos componentes, foi possível definir a densidade (kg/ha/cm) da matéria verde seca das frações folhas (DMVSF), dos colmos (DMSVC) e total (DMVST). As

datas de avaliação foram: 11/03/04, 30/04/04 e 25/05/04, no primeiro ano, e 26/01/05, 28/03/05 e 26/04/05, no segundo ano.

4.2.4 Manejo do pastejo e animais avaliadores

Foram utilizadas novilhas PO da raça Nelore marca BRGN, provenientes do programa de melhoramento da raça, desenvolvido pela Embrapa Cerrados. A idade média dos animais, no início do experimento, foi de 14 meses e peso de $231,5 \pm 20,5$ kg no primeiro ano de avaliação e $230,4 \pm 18,5$ kg no segundo ano. Os animais foram tratados com anti-helmíntico antes de ingressarem no experimento. O controle sanitário, durante a fase experimental, seguiu as orientações do calendário de controle recomendado para a região.

Foi adotado sistema de carga variável com ajuste da lotação (MOTT & LUCAS, 1952) para uma oferta média (OF%) de 11 kg de MVST por 100 kg de peso vivo (PV) por dia, no primeiro ano de avaliação, e de 9 kg de MVST por 100 kg PV no segundo ano. As pesagens dos animais foram feitas após jejum de 16 horas, ocorrendo no início do experimento e a intervalos médios de 24 dias. As características dos animais empregados no ensaio e da pastagem podem ser observadas na Figura 4.

O peso vivo animal por hectare foi constituído pelo peso das novilhas avaliadoras e novilhas volante. As novilhas avaliadoras, em número de três por piquete, foram distribuídos aleatoriamente pelos tratamentos, permanecendo de 21/12/2003 a 02/08/2004, no primeiro ano de avaliação (219 dias), e de 01/12/2004 a 05/07/2005 no segundo ano (217 dias). Os animais volantes (“put and take”), para ajuste da lotação com base na massa de forragem e a oferta pré-definida, eram novilhas da raça Nelore de mesma, idade e peso médio dos animais avaliadores. Os animais volantes permaneciam em pastagens de *Brachiaria brizantha* adjacentes ao experimento e com mesmo histórico de uso, quando não participavam do pastejo nas parcelas experimentais.



Figura 4. Características das parcelas experimentais e das novilhas avaliadoras e volantes em pastagens exclusivas de *Brachiaria bizzantha* cv. Marandu (A) e consorciadas com *Leucaena* híbrida (B).

Para cálculo do ajuste do peso vivo animal por hectare, empregou-se a seguinte fórmula:

$$\text{kg de PV animal/ha} = (\text{kg MVST /ha} \times \text{área do piquetex}100) / (\text{OF\%} \times \text{período ocupação})$$

O ganho médio diário foi estimado dividindo-se a média da massa acumulada pelas três novilhas avaliadoras pelo número de dias do intervalo de pesagens (± 24 dias).

A taxa de lotação, em novilhas/ha, foi estimada por período de 24 dias, pela divisão do somatório do peso vivo de todas as novilhas (peso vivo animal/ha) pela média do peso vivo das novilhas avaliadoras. Para cálculo do número de dias animal/ha empregou-se a taxa de lotação, em novilhas por tratamento, para cada período de pastejo, multiplicado pelos dias de pastejo no período. O ganho/ha é resultante do produto do ganho médio diário dos animais avaliadores pelo número de dia animais /ha.

4.2.5 Coletas de amostras de fezes e sangue

Para determinação da proporção de leguminosa na dieta, no segundo ano de avaliação, empregou-se a técnica de isótopos de carbono ($\delta^{13}\text{C}$). Foram coletadas amostras de fezes dos três animais avaliadores, de cada repetição, nos tratamentos que receberam nitrogênio (*B. brizantha* exclusiva - T2 e consorciada - T3). As amostras foram tomadas no 5º dia do período de ocupação, representando a dieta inicial, e no final do período (12º dia), diretamente do reto dos animais. Depois de secadas, as amostras foram finamente moídas e encaminhadas a laboratório para análise e discriminação isotópica.

Amostras de sangue dos animais avaliadores, no segundo ano de avaliação, representativas do início do período de pastejo (5º dia), foram obtidas por punção da veia coccidial. A coleta foi feita em tubos com anticoagulante (EDTA) e imediatamente, centrifugadas por 15 minutos a 2000 rpm para extração do plasma sangüíneo, conforme descrito por VALADARES et al. (1997). As amostras foram então congeladas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$,

para posterior análise da concentração plasmática de N-Uréia (NUP) e determinação de T₃ (triiodotironina).

Os procedimentos para análise de $\delta^{13}\text{C}$, NUP e T₃ seguiram os mesmos procedimentos anteriormente descritos na execução do experimento em gaiola metabólica (Capítulo 3).

4.2.6 Análises laboratoriais das amostras de forragem

As amostras destinadas às análises químicas e de valor nutritivo, provenientes do procedimento de amostragem por simulação de pastejo, foram secadas em estufas de ar forçado e moídas em moinhos tipo Wiley com malha de 1 mm. Foram processadas análises para determinação de FDN e FDA e lignina, empregando o método seqüencial descrito por VAN SOEST, 1994.

O equipamento utilizado para determinação de fibra foi da marca TECNAL modelo DF 149 similar ao “Fiber Analyser” (Ankon Technology), adotando-se os procedimentos laboratoriais descritos por CAMPOS et al. (2004).

A determinação de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA= NIDA x 6,25) utilizaram o resíduo de um segundo conjunto de amostras processadas para determinação de FDA. Essas amostras foram digeridas seguindo para destilação em equipamento Micro Kjeldahal e posteriormente tituladas para determinação do nitrogênio total (A.O.A.C., 1975).

Na determinação de digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da matéria orgânica, empregou-se a técnica de dois estágios proposta por TILLEY & TERRY (1963). As amostras, após digestão, foram incineradas em muflas para determinação do teor de cinzas possibilitando cálculos da digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO).

4.2.7 Determinação da eficiência da fertilização nitrogenada

A eficiência da adubação nitrogenada, definida pela relação entre kg de peso vivo (PV)/ kg de N fertilizante aplicado, foi avaliada nos tratamentos T2 e T3. As produtividades de peso vivo (PV/ha) obtidas nos tratamentos T2 e T3 foram deduzidas da obtida na parcela sem N (T1). Dessa forma, a diferença líquida representou o acréscimo na produtividade obtido pela aplicação de N. A diferença líquida foi dividida pela quantidade de nitrogênio aplicada anualmente (60 kg de N /ha/ano) gerando a eficiência do uso do fertilizante nos dois tratamentos (kg PV/kg de N aplicado).

Para composição dos custos do quilograma de N aplicado, para as fontes sulfato de amônio e uréia, empregou-se o valor vigente do kg do insumo no mercado, adicionando-se os custos variáveis relativos à aplicação dos fertilizantes nitrogenados, fosfatados e potássicos e os custos de manutenção. Os custos de manutenção foram calculados sobre o incremento de lotação gerado pela fertilização da pastagem e gastos correspondentes com mão de obra, mineralização do rebanho, controle sanitário e manutenção de infra-estrutura, dentro de um modelo hipotético de fazenda.

Definiu-se também o ponto de nivelamento, obtido pela razão entre o valor financeiro do ganho de peso vivo líquido, obtido nas diferentes pastagens (T 2 e T3) e o custo dos fertilizantes e dos demais custos variáveis.

Para valoração da produção de peso vivo líquido por tratamento adotou-se o preço de mercado da arroba de peso vivo animal, equivalente a R\$ 52,00. Em síntese, o ponto de nivelamento define a relação de kg PV/ kg de N aplicado que deverá ser obtida para amortizar todos os custos variáveis decorrentes da utilização da fertilização nitrogenada.

4.2.8 Análise estatística

Os dados experimentais foram submetidos à ANOVA sendo considerado como delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três tratamentos e duas repetições.

A análise estatística empregou o software SISVAR, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 1999), em seu procedimento ANOVA, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey.

Foram realizados testes de comparação entre as médias obtidas por períodos de avaliação, compreendidos pela estação de chuvas e seca de cada ano de avaliação, das variáveis: massa de forragem total das frações folhas e hastes e da massa de forragem total de folhas em relação ao peso vivo. A comparação dos teores de PB na *Brachiaria bizantha* cv Marandu e em *Leucaena* foi feita pela média dos tratamentos e entre anos, dentro de cada tratamento.

As observações da composição botânica selecionada pelos animais em pastejo, empregando a discriminação isotópica de carbono, estão apresentadas na forma gráfica, associada à estatística descritiva da variabilidade das amostras, e comparação de médias pelo teste “t Student”.

A densidade de folhas e de colmos e da massa total de forragem, em três datas de avaliação, em cada ano, está apresentada na forma de tabela para fins de caracterização da vegetação. As médias anuais da densidade de forragem (kg/ha/cm) por tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os dados obtidos de taxa de lotação, ganho/novilhas/dia e produção de peso vivo por animal e por hectare foram comparados pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade. O modelo estatístico de análise, dos dados obtidos com animais, foram os seguintes: $Y_{ijk} = \mu + T_i + P(i)j + e_{ijk}$, onde: μ = média geral para variável Y; i = pastagens; j = piquete de cada tratamento; e = erro experimental; e k = animais por piquete, para GMD; e $Y_{ij} = \mu + T_i + P(i)j$, para taxa de lotação, kg de PV/novilha e kg de PV /ha .

Os efeitos dos tratamentos sobre teor de PB, MVS de *Brachiaria bizantha* e os ganhos médios diários foram comparados em diferentes datas. Adotou-se, nesse caso, a análise de medidas repetidas no tempo (SISVAR).

Foi feita a comparação das médias, pelo teste t “Student” (5%), dos valores de uréia plasmática (NUP) e triiodotironina (T_3), obtidos dos animais com acesso a pastagens exclusivas de *Brachiaria brizantha* e consorciadas com *Leucaena*. Foi desenvolvida análise regressão polinomial entre a proporção de *Leucaena* estimada na dieta dos animais e os valores de T_3 obtidos das amostras de sangue.

4. 3 Resultados e discussão

4.3.1 Caracterização e quantificação da massa de forragem

4. 3.1.1 Características químicas da forragem

Amostras de forragem, obtidas por simulação de pastejo, foram analisadas para caracterização química e DIVMS segundo os tratamentos, em duas épocas do ano, definidas pela estação de chuvas e início da estação seca. Os valores obtidos, nos dois anos de avaliação, podem ser verificados na Tabela 2.

Os valores de DIVMS, FDN, FDA e hemicelulose das amostras de *B. brizantha* apresentaram pouca variação entre tratamentos e anos. Não foram encontradas diferenças significativas ($P>0,05$) no período de chuvas para DIVMS, FDN e FDA entre tratamentos e entre avaliações dentro de cada tratamento. A DIVMS foi inferior na estação seca do primeiro ano em relação à estação chuvosa ($P<0,05$). Esse comportamento reflete em parte as observações feitas por EUCLIDES et al. (1996), na comparação entre cinco gramíneas, incluindo *B. brizantha*, que apresentaram variação na digestibilidade e proteína durante a estação chuvosa. Os valores obtidos com a análise química da forragem estão coerentes com observações feitas em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu empregando amostras coletadas com frações e idade de rebrotamento semelhantes (LASCANO & EUCLIDES, 1996; EUCLIDES & MEDEIROS, 2003; FERNANDES et al, 2003).

O procedimento de coleta das amostras por simulação de pastejo leva à padronização do valor nutritivo da forragem analisada, uma vez que existe uma tendência de seleção das frações mais novas da planta, com grande participação de folhas, na tentativa de representar a forragem selecionada pelos animais. Considerando que as ofertas de forragem calculadas foram elevadas, 11% no primeiro ano e 9% no segundo ano, e com grande participação de folhas e oportunidade de seleção pelo animal, os resultados das análises devem representar com confiabilidade a dieta

selecionada pelos animais (EUCLIDES et al., 1992, SOLLEMBERGER & CHERNEY, 1995).

Tabela 2. Composição química das amostras de *B. brizantha* e *Leucaena*, obtidas por simulação de pastejo, em duas estações dos anos agrícola de 2003/04 e 2004/05, em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b) pura, com fertilização nitrogenada (B.b.+N) e consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+ Lh) e de folhas da leguminosa (Lh).

ANO 1	Chuvos				Seca		
	(26/12/2003 a 24/05/2004)				(25/05/2004 a 02/08/2004)		
	B.b. (T1)	B.b.+N (T2)	B.b+N+Lh (T3)	Lh (T3)	B.b. (T1)	B.b.+N (T2)	B.b+N+Lh (T3)
Variável	% da matéria seca						
¹ PB	10,33	12,64	13,45	24,15	9,55	11,82	12,91
² FDN	66,23	65,36	65,12	42,00	67,18	66,09	64,86
³ FDA	28,38	28,19	29,04	10,00	29,08	28,28	28,43
Hemicelulose	37,84	37,12	36,08	18,00	38,1	37,11	36,42
⁴ LDA	3,71	5,92	5,81	4,92	4,30	7,35	7,30
⁵ DIVMS	66,39	67,56	66,53	62,17	60,78	60,76	61,11
ANO 2	(01/12/2004 a 24/04/2005)				(25/04/2005 a 05/07/2005)		
	B.b. (T1)	B.b.+N (T2)	B.b+N+Lh (T3)	Lh (T3)	B.b. (T1)	B.b.+N (T2)	B.b+N+Lh (T3)
	% da matéria seca						
PB	9,83	10,25	11,01	23,67	8,10	8,41	10,15
FDN	66,27	67,15	65,57	38,67	69,06	63,49	66,25
FDA	30,00	30,32	30,86	16,51	30,48	30,36	29,40
Hemicelulose	36,27	36,83	33,71	22,16	38,58	33,13	36,85
LDA	2,98	2,31	2,79	4,52	3,44	3,82	3,22
DIVMS	64,71	64,72	61,36	53,10	64,06	63,09	64,20

1PB= proteína bruta; 2FDN= fibra detergente neutro; 3FDA= fibra detergente ácido; 4LDA= lignina em detergente ácido; 5DIVMO= digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica

No presente trabalho, tanto a oferta total de forragem como a da fração folhas estiveram acima da capacidade de ingestão dos animais. Segundo HODGSON (1990) ofertas de forragem entre duas a três vezes a capacidade de ingestão dos animais possibilita máximo consumo e ofertas de 10% a 12% do peso vivo por dia maximiza desempenho animal, desde que não ocorram limitações na qualidade da forragem.

De acordo com os resultados das análises da forragem, não existiriam limitações, quanto à gramínea ofertada aos animais, para que o desempenho animal fosse deprimido pelo valor nutritivo da forragem. As relações estabelecidas por DUBLE et al. (1971) demonstram que em forragens cuja qualidade é elevada, e a digestibilidade da

massa seca é superior a 60%, ganhos máximos poderiam ser obtidos mesmo com menores ofertas de forragem.

Os valores médios de PB das amostras de *Brachiaria brizantha* foram mais elevados em algumas data de avaliação, nos pastos que receberam fertilizante nitrogenado principalmente, naqueles com *Leucaena*, nos dois anos de avaliação. Os valores médios de PB, obtidos ao longo do período de avaliação, podem ser observados nas Figuras 5 e 6.

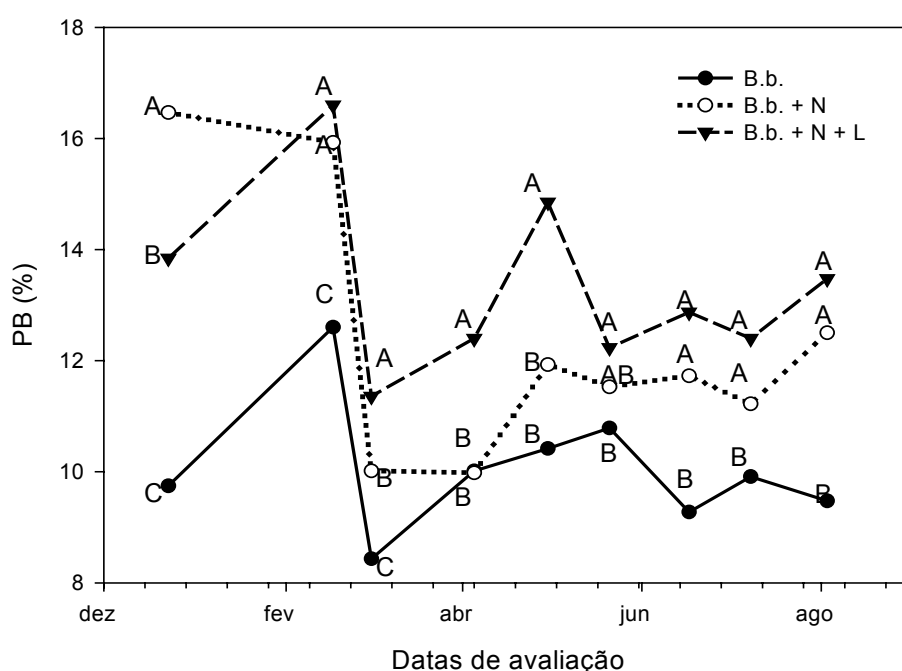


Figura 5. Porcentagem de proteína bruta (PB) de amostras de *Brachiaria brizantha* (B.b) obtida por simulação de pastejo em pastagens sem adubação nitrogenada (B.b), adubadas com nitrogênio (B.b+N), e consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+Lh) no período de 23/12/2003 a 02/08/2004. Médias seguidas de mesma letra, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Os valores elevados de PB em amostras de forragem dos tratamentos T2 e T3, na primeira avaliação, em dezembro de 2003 (Figura 5), refletem o efeito da recente aplicação de fertilizante nitrogenado, realizada 21 dias antes da obtenção das amostras. Houve manutenção das concentrações de PB na avaliação seguinte, acompanhada de relativa redução a longo da estação.

No segundo ano de avaliação, a aplicação parcelada de N não gerou concentrações tão elevadas como as do primeiro ano de avaliação (Figura 6). Na primeira amostragem, observam-se valores de PB mais elevados nos tratamentos T2 e T3, em função de efeito residual do primeiro ano e do menor efeito de diluição na massa de forragem, em decorrência do menor acúmulo no início da estação chuvosa. Na segunda amostragem, houve decréscimo acentuado de PB na forragem, confirmando o efeito de diluição na massa de forragem. A aplicação de 30 kg/ha de nitrogênio, na forma de uréia em T2 e T3, depois do primeiro período de ocupação, em dezembro de 2004, resultou no incremento de PB observado em fevereiro de 2005, 36 dias após a aplicação. A segunda aplicação de uréia, ocorrida em fevereiro de 2005, não interferiu nas concentrações de PB da amostra da gramínea.

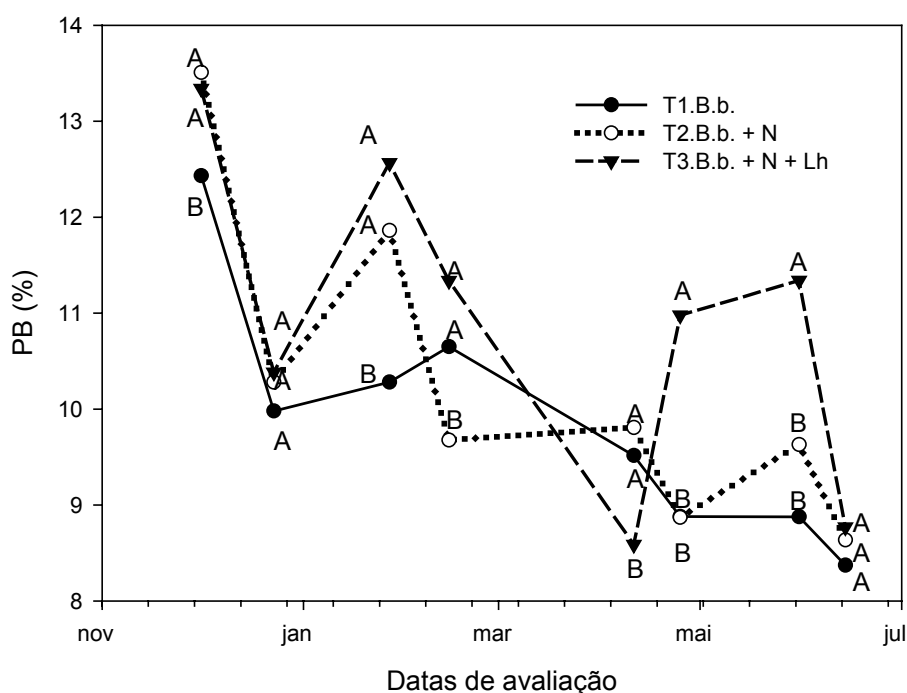


Figura 6. Porcentagem de proteína bruta (PB) de amostras de *Brachiaria brizantha* (B.b) obtida por simulação de pastejo em pastagens sem adubação nitrogenada (B.b), adubadas com nitrogênio (B.b+N), e consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+Lh) no período de 01/12/2004 a 05/07/2005. Médias seguidas de mesma letra, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Em parte, esse comportamento pode ser explicado pela menor quantidade de N aplicado e por possíveis perdas de N resultantes do processo de volatilização na forma de amônia. A menor precipitação e a distribuição irregular das chuvas no mês de fevereiro podem ter intensificado as perdas de N por volatilização.

Pequenas doses entre 25 e 60 kg N/ha/ durante o ciclo de crescimento, em pastagens de capim “coast cross”, resultaram em perdas de amônia por volatilização variando entre 13% e 24% do N aplicado (PRIMAVESI, et al., 2003). As fontes do N fertilizante também exercem forte influência sobre os níveis de perda do N, variando de 5% a 10% do N aplicado, se a fonte empregada estiver na forma de sulfato ou nitrato de amônio. Quando a fonte do fertilizante for uréia, esses valores variam de 10% a 25% podendo chegar, em condições desfavoráveis, a 80% do N aplicado (MARTHA JUNIOR et al, 2004).

Os valores observados de PB, nos dois anos de avaliação, podem ser considerados adequados à exigência de diferentes categorias animais (NRC, 1996), visto que se amntiveram acima do nível crítico de 7%, mesmo no início da estação seca, o que poderia limitar as condições no ambiente ruminal (MINSON, 1990).

A análise estatística dos valores médios de PB de amostras de *Brachiaria brizantha* colhida nos dois anos, pode ser observada na Tabela 3. Embora não se observem diferenças significativas entre amostras de pastos adubados exclusivos e consorciados com *Leucaena*, observa-se tendência de maior concentração de PB nas amostras de pastos com *Leucaena*.

Esta tendência poderia ser atribuída à transferência de nitrogênio fixado simbioticamente pela leguminosa. O potencial de fixação simbiótica de *Leucaena* é muito elevado (FERRARIS, 1979; NOBLE & JONES, 1997), embora em condições adversas de solo, como acidez e baixo pH, desfolhação, dentre outros, os valores possam ser reduzidos. Em solos de baixa fertilidade, sob pastejo e em consórcio com *B. decumbens*, BURLE et al. (2003) verificaram contribuições da ordem de 15 kg de N/ha, em um período de nove meses de crescimento, sendo que 13 kg de N/ha foram reciclados no sistema.

Os valores da fração analisada de *Leucaena*, representada por folhas, apresentou elevada concentração de PB, estando de acordo com as observações feitas por GARCIA et al. (1996) e NORTON (1994). A análise da amostra de *Leucaena*, considerando a proporção de folhas e ramos, obtida por simulação, indicou grande variação de PB entre as frações analisadas. Os valores estimados para dieta, obtida por simulação de pastejo, evidenciaram a grande participação da fração folha, com mais de 76% na composição. Os valores médios ponderados de PB, considerando a concentração de PB e a proporção das frações, resultaram em amostras de forragem com valores de PB superiores a 20% (Tabela 3). Dessa forma, foi possível o fornecimento suplementar de proteína e seleção, pelos animais, de dietas com melhor nutritivo.

Tabela 3. Teores médios, por ano de avaliação, de proteína bruta da gramínea *Brachiaria brizantha* (B.b) em pastagens puras, adubadas ou não com nitrogênio (B.b+N), e consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+Lh) e das frações da planta de *Leucaena*, em amostras obtidas por simulação de pastejo.

Período	Tratamentos			<i>Leucaena</i>			
	B.b.	B.b.+N	B.b.+N+Lh	Folhas	Ramos	Folhas	Média ¹
	% PB					%	% PB
2003/04	10,14 Ab	12,34 Aa	13,32 Aa	24,15 A	12,43 A	82,1A	20,04A
2004/05	9,91 Aa	10,39 Ba	10,74 Ba	23,67 A	10,29 B	71,3A	19,83A
Média	10,03 a	11,40 a	11,99 a	23,91	11,36	76,7	20,93

Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). ¹ Valor obtido pela ponderação do teor PB e participação das frações folhas e ramos na amostra.

4.3.1.2 Quantificação da massa de forragem

Os valores da massa de forragem de *Brachiaria brizantha*, no primeiro ano de avaliação, exibem acentuada variação ao longo da estação de crescimento (Figura 7). Variações climáticas e entre piquetes de amostragem também contribuíram para o comportamento apresentado. Os valores relativos aos tratamentos T2 e T3 foram superiores, em resposta à fertilização nitrogenada ($P < 0,05$).

Entretanto não foram observadas diferenças em relação à massa de forragem composta de folhas ($P<0,05$). A massa da fração colmos apresentou menor participação em amostras do pasto de *Brachiaria brizantha* sem nitrogênio ($P<0,05$) em relação aos demais tratamentos (Tabela 4).

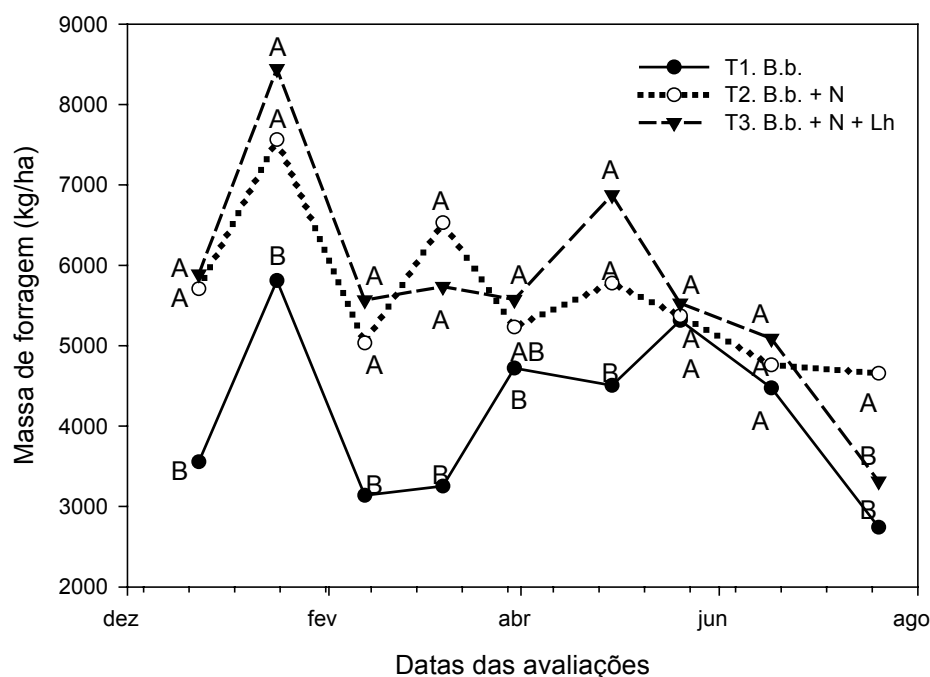


Figura 7. Massa seca verde total de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sem adubação nitrogenada (T1), com nitrogênio (T2) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (T3), observada nas avaliações realizadas no período de 21/12/2003 a 20/07/2004. Médias seguidas de mesma letra, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

As diferenças observadas entre tratamentos são atribuídas à interação de dois componentes do manejo da pastagem: a fertilização nitrogenada, em uma única dose de 60 kg/ha, no início da estação chuvosa (10/12/2003), e a oferta de forragem de 11%, definida no protocolo experimental. Houve, após a aplicação de nitrogênio, intenso crescimento da gramínea com acúmulo de colmos. A estrutura do dossel formada no início da estação de crescimento manteve-se durante parte do período de avaliação, em função do pastejo leniente, cuja oferta real foi de 11,18 % em T2 e 11,25% em T3 (Tabela 4), representando elevada oferta de folhas, da ordem de 4%.

A oferta total de forragem de folhas da gramínea e de folhas totais, incluindo a participação de *Leuceana* em T3, foi superior em T1 em relação aos demais tratamentos ($P < 0,05$) que não difeririam entre si (Tabela 4). Essas diferenças possibilitaram aos animais da pastagem exclusiva de gramínea, sem aplicação de nitrogênio (T1), maior oportunidade de seleção que possibilitou ganho por animal compatível com pastos exclusivos com fertilização nitrogenada (T2).

Tabela 4. Massa verde seca (MVS) total e das frações folhas e colmos da *Brachiaria brizantha* (B.b.) e oferta total e da fração folhas em relação ao peso vivo, em pastagens de *Brachiaria brizantha* sem adubação nitrogenada (T1), com nitrogênio (T2) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (T3), no período de 21/12/2003 a 20/07/2004.

Tratamentos	Massa			Oferta		
	Total ¹	Folhas B.b.	Colmos B.b.	Total ²	Folhas B.b.	Folhas Totais ³
	kg MVS/ha			kg MVS/100kg PV/dia		
T1. B.b.	4168B	1802 A	2363 B	12,79 A	5,53 A	5,53 B
T2. B.b.+ N	5625 A	2045 A	3580 A	11,18 B	4,08 B	4,08 A
T3. B.b.+ N + Lh	5779 A	1902 A	3600 A	11,25 B	3,86 B	4,35 A
Média	4124	1916	3181	11,74	4,49	4,65
CV%	11,00	11,40	11,04	6,48	5,51	6,80
DMS	470	251	333	0,99	0,39	0,44

¹ Total = oferta total de MVS (kg/ha) de *B. brizantha* e *Leucaena*; ²Total= oferta total de MVS em % do PV/dia. ³ Folhas total = Oferta total de folhas de B.b. e *Leucaena* (folhas e ramos) em % do PV/dia.; Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

Os dados contidos na Tabela 5 permitem visualizar a maior densidade de folhas nos tratamentos T2 e T3, na data de 11/03/2004, nos estratos superiores a 30 cm de altura, e uma grande densidade de colmos em relação à densidade matéria seca de folhas nos estratos inferiores. Na forragem do tratamento T1, pode ser observada maior densidade de matéria seca de folhas (DMVSF) nos estratos inferiores com densidade semelhante à observada nos tratamentos T2 e T3, nos estratos mais elevados. No

início da estação seca, avaliação de 25/05/2005, houve redução na densidade de colmos em função, provavelmente, do consumo dessa fração do dossel na altura de 15 a 30 cm.

COSTA et al. (1992), trabalhando com duas cultivares de *Panicum maximum* Jacq, verificaram que a aplicação de nitrogênio promoveu alongamento de colmos possibilitando maior oferta de folhas verdes nos estratos superiores da vegetação. SARMENTO (2003), trabalhando com *Brachiaria brizantha*, sob diferentes alturas de pastejo, verificou efeito de consumo animal quando o pasto apresentava maior altura, não sendo possível identificar a influência da densidade de folhas, uma vez que não houve diferença dessa variável entre tratamentos. Em plantas forrageiras de clima temperado, a altura do dossel apresenta relação estreita com o consumo de forragem e desempenho animal. Em espécies de clima tropical, a densidade volumétrica da forragem parece ser o principal componente da estrutura para determinação do consumo (STOOBS, 1973; HODGSON et al., 1994).

Tabela 5. Distribuição das densidades de matéria verde seca de folhas (DMVSF) e matéria verde seca colmos (DMVSC) em pasto de *Brachiaria brizantha* (T1), fertilizadas com nitrogênio (T2) e consorciada com *Leucaena* (Lh) em faixas (T3), em três avaliações no ano de 2004, após 36 dias de rebrota.

(10), em três avaliações no ano de 2004, após 60 dias de febreira.						
Estratos	Tratamentos					
	T1. B.b		T2. B.b. + N		T3. B.b +N+L	
	DMVSF	DMVSC	DMVSF	DMVSC	DMVSF	DMVSC
	Kg/ha/cm					
(cm)	11/03/2004					
>45	2,58	6,40	17,07	13,33	20,84	13,48
30-45	7,11	2,44	18,76	20,89	15,60	20,94
15-30	18,98	13,96	9,78	32,00	5,41	30,24
0-15	5,87	21,51	2,46	31,56	2,59	26,72
30/04/2004						
>45	0,00	0,00	2,31	4,62	1,24	2,84
30-45	9,51	5,60	12,27	15,11	8,71	17,33
15-30	12,67	14,27	13,60	26,31	11,82	27,02
0-15	9,82	23,91	4,89	42,22	4,36	33,96
25/05/2004						
>45	0,00	0,00	0,00	0,00	1,92	0,00
30-45	0,60	4,83	2,42	3,62	3,31	12,73
15-30	18,51	12,21	14,47	11,97	27,13	19,35
0-15	21,61	38,63	24,63	51,02	18,35	48,01

A variação na massa de forragem dos piquetes, no segundo ano de avaliação, apresentou padrão diferente daquele observado no primeiro ano, com menor produção de massa de forragem e valores crescentes ao longo da estação de crescimento (Figura 8). O regime de distribuição de chuvas, com precipitações mais elevadas no mês de março de 2005 (Figura 3) e a aplicação parcelada do nitrogênio, em duas doses, são consideradas as causas prováveis desse padrão de variação da massa forrageira. O tratamento T1, embora não tivesse recebido nitrogênio, comportou-se de forma similar aos demais tratamentos, em resposta às variações climáticas.

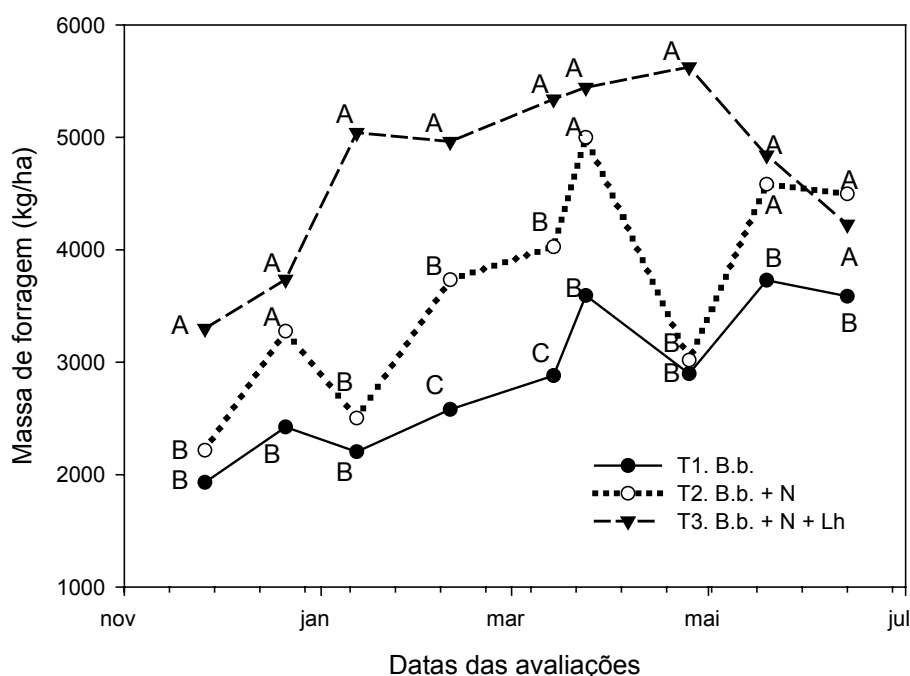


Figura 8. Massa total de matéria seca verde de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sem adubação nitrogenada (T1), com nitrogênio (T2) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (T3), observada nas avaliações realizadas no período de 01/12/2004 a 13/06/2005. Médias seguidas de mesma letra, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

A comparação da massa de forragem, nos diferentes tratamentos, pode ser observada na Tabela 6. Todos os tratamentos diferiram quanto à massa de forragem, tendo o T3 apresentado os maiores valores. Diferentemente do primeiro ano, a menor

quantidade de folhas foi observada para o T1. Entretanto, a massa de colmos manteve-se, da mesma forma, mais elevada em T2 e T3, sendo superior quando da presença de *Leucaena* na pastagem.

Tabela 6. Medidas de massa verde seca (MVS) total e das frações folhas e colmos da *Brachiaria brizantha* (B.b.) e oferta do total de forragem e da fração folhas em relação ao peso vivo, em pastagens não adubadas (T1) ou adubada com nitrogênio (T2) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (T3), no período de 01/12/2004 a 13/06/2005 (ANO 2).

Tratamentos	Massa			Oferta		
	Total ¹	Folhas	Colmos	Total ²	Folhas	Folhas Total ³
	kg MVS/ha			kg MVS/100kg Peso Vivo/dia		
T1. B.b.	2869 C	1529 C	1339 C	9,51 A	5,11 A	5,11 B
T2. B.b. + N	3649 B	1905 B	1745 B	9,61 A	4,97 A	4,97 B
T3. B.b +N + Lh	4573 A	2143 A	2202 A	9,13 A	5,04 A	5,98 A
Média	3697	1859	1762	9,41	5,04	5,35
CV%	11,90	11,96	12,21	8,44	7,65	7,21
DMS	130,70	28,90	53,72	2,34	0,71	0,69

¹ Total = oferta total de MVS (kg/ha) de *B. brizantha* e *Leucaena*; ²Total= oferta total de MVS em % do PV/dia. ³ Folhas total = Oferta total de folhas de B.b. e *Leucaena* (folhas e ramos) em % do PV/dia. Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

O parcelamento nas doses de nitrogênio, associado ao uso mais intensivo da pastagem pela adoção de uma oferta de 9%, alterou a estrutura do dossel levando a menor densidade de colmos aos estratos inferiores a 30 cm nos tratamentos T2 e T3 (Tabela 7). Essa estrutura da vegetação diferencia-se da observada no primeiro ano de avaliação. Houve tendência de redução na altura da gramínea seguida de maior densidade de folhas nos estratos de 15 a 30 cm de altura.

A *Brachiaria brizantha*, componente do tratamento T3, apresentou uma tendência de elevação da altura da vegetação, apresentando maior densidade de folhas nos estratos superiores. Uma das possíveis explicações poderia ser atribuída à maior oferta

de nitrogênio nesse tratamento, em função da fixação simbiótica pela leguminosa, compensando parte das prováveis perdas de N causadas pela volatilização da amônia (NH_3).

A oferta total de forragem e de folhas de *Brachiaria brizantha* mostra o mesmo comportamento na comparação entre tratamentos, não diferindo entre si na média do período de avaliação ($P>0,05$). Foram observados maiores valores de massa total de folhas ofertada ($P<0,05$) no tratamento consorciado (T3) devido à participação de folhas de *Leucaena*. A maior produção de forragem de *Leucaena*, no segundo ano, levou à maior participação da leguminosa na oferta total, interferindo nos resultados observados.

Tabela 7. Distribuição das densidades de massa verde seca total (DMVST) e massa verde seca de folhas (MVSF) em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b.), fertilizadas com nitrogênio (B.b.+N) e consorciada com *Leucaena* (Lh) em faixas (B.b.+N+Lh) em três avaliações no ano de 2005, após 36 dias de rebrota.

		Tratamentos				
Estratos	T1. B.b		T2. B.b. + N		T3. B.b +N+Lh	
	DMVST	DMVSF	DMVST	DMVSF	DMVST	DMVSF
	Kg/ha/cm					
(cm)	26/01/2005					
>45	0,00	0,00	0,00	0,00	11,51	1,26
30-45	28,19	11,60	19,44	13,97	19,31	9,99
15-30	35,28	13,19	44,69	21,83	24,93	20,76
0-15	18,05	35,55	18,66	47,41	10,64	34,84
28/03/2005						
>45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30-45	3,36	0,45	15,42	3,13	20,97	5,11
15-30	23,66	8,25	44,45	24,71	37,13	26,17
0-15	14,79	27,23	13,94	31,42	18,69	43,52
26/04/2005						
>45	0,00	0,00	4,89	0,00	2,78	0,00
30-45	5,15	4,34	10,52	7,24	22,58	9,37
15-30	26,68	17,62	23,22	17,77	41,68	28,18
0-15	31,04	40,37	20,68	37,53	16,06	58,07

A comparação das médias das densidades de forragem total dos piquetes experimentais, em cada ano de avaliação, pode ser observada na Tabela 8. A densidade total no primeiro ano foi mais elevada nas pastagens que receberam

fertilização nitrogenada, embora não tenham sido observadas diferenças entre T2 e T3, nos dois anos de avaliação. A grande participação de colmos no primeiro ano contribuiu para as diferenças na densidade total de forragem. Os valores observados para densidade de folhas não diferiram, entre tratamentos, em cada ano de avaliação. Alterações na intensidade de uso, com a redução da oferta efetiva média de 11,74%, no primeiro ano, para 9,41% no segundo ano, associado a manejo dos fertilizantes e a variações climáticas, especialmente distribuição de chuvas, colaboraram para mudanças na estrutura do dossel, resultando em densidades de folhas superiores no segundo ano de avaliação.

Tabela 8. Densidades médias de massa verde seca total (DMVST) e de folhas (DMVSF), média de três datas de avaliação, nos anos de 2004 e 2005, em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b.), fertilizadas com nitrogênio (B.b. + N) e consorciada com *Leucaena* (Lh) em faixas (B.b.+N+Lh) após 36 dias de rebrota.

Tratamentos	2004		2005	
	DMVST	DMVSF	DMVST	DMVSF
	Kg/ha/cm		Kg/ha/cm	
T1. B.b.	84,14 A	35,95 A	114,93 A	62,06 A
T 2. B.b. + N	124,96 B	40,88 A	140,31 AB	71,97 A
T3. B.b +N + Lh	127,77 B	41,07 A	154,51 B	75,42 A
Média	112,29	39,30	136,58	69,48
CV%	13,25	20,33	19,24	20,45

Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

4.3.1.3 Participação da *Leucaena* na oferta total de forragem

A produção acumulada total de forragem de *Leucaena*, considerando folhas e ramos finos, na média das repetições, foi de 1234 kg/ha de massa seca, no período de 150 dias de estação chuvosa do primeiro ano de avaliação. No segundo ano de avaliação, totalizando 145 dias, a massa total acumulada foi 1795 kg/ha.

A participação da leguminosa ao longo da estação de chuva, nos dois anos de avaliação, em relação à massa total de folhas de *Brachiaria brizantha*, pode ser observada na Figura 9. Os valores apresentaram menor variação no primeiro ano, ao

longo da estação de crescimento, no primeiro ano. No segundo ano, a participação da leguminosa na composição da forragem foi maior, à exceção do período em que houve um ataque severo de Psíldeo (*Heteropsylla cubana*) causando redução acentuada na produção de massa de forragem.

A redução do volume e da distribuição das chuvas, no mês de fevereiro, foi associada ao severo ataque de Psíldeo. Com a regularização das chuvas no mês de março, houve redução dos danos causados pela praga e retomada do rebrote da leguminosa. BRAY (1998) verificou a influência de variáveis ambientais e do manejo da *Leucaena*, indicando que períodos de intensa precipitação e elevada temperatura são desfavoráveis ao inseto e que o manejo em regime de pastejo, favorece a manutenção da população do inseto.

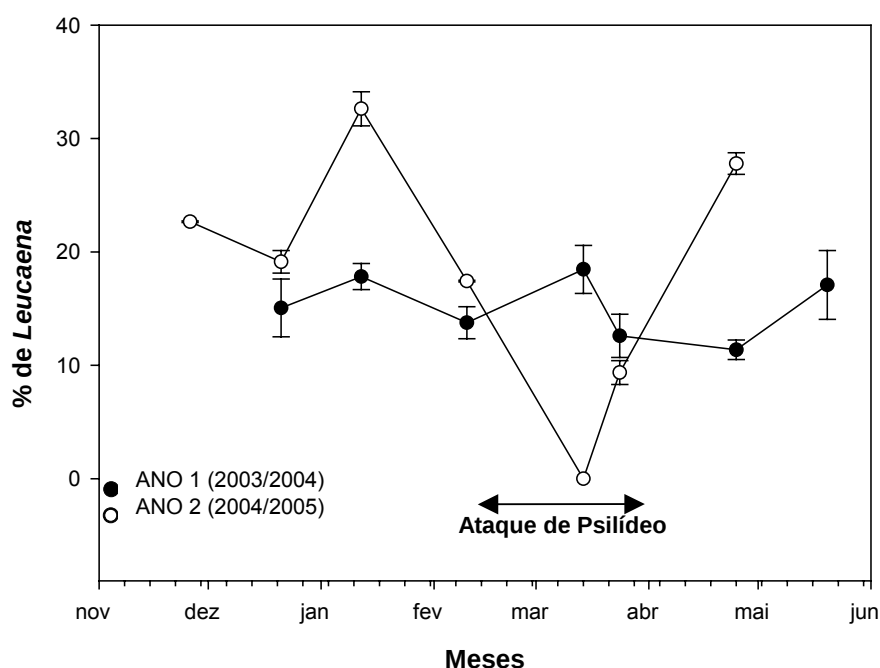


Figura 9. Participação de *Leucaena* na composição botânica, em relação à matéria seca (MS) total de folhas, em pastagem consorciada com *Brachiaria brizantha* cv Marandu em dois anos durante duas estações de chuva e respectivos desvios-padrão da média.

Na Tabela 9, podem ser observadas as quantidades médias de massa de forragem total e das frações folhas de *B. brizantha* e folhas e ramos de *Leucaena*. A massa de forragem de *Leucaena*, disponível para os animais, não diferiu entre os anos

de avaliação ($P>0,05$). Em relação à oferta total de forragem, a participação de *Leucaena* foi superior no segundo ano, mas não diferiu quando considerada sua participação na massa de folhas.

As massas de forragem observados de 370 kg/ha e 437 kg/ha desapareceram integralmente durante o período de ocupação pelos animais. A participação da *Leucaena* na massa de forragem, durante o período compreendido pela estação de chuvas, nos dois anos de avaliação, possibilitou a produção adicional de 252 kg de PB, no primeiro ano, e 335 kg no segundo ano, considerando os valores PB observados na Tabela 3, ponderados pelas frações folhas e ramos.

Considerando que as perdas são desprezíveis, em condições de pastejo (JONES, 1994), toda a forragem acumulada foi considerada como consumida. Valores semelhantes de consumo foram observados PETTY et al. (1998) em áreas de pastagem irrigadas de capim Pangola consociado com *Leucaena*. A média anual forragem ofertada equivalia a 742 kg/ha sendo o consumo médio estimado de 350 kg/ha. Essas ofertas de *Leucaena* resultaram em ganhos por animal da ordem de 730 g/cabeça na estação seca e 600g/animal na estação chuvosa e produtividade de 1575 kg/ha/ano.

MANELLA et al. (2002) observaram disponibilidade da cv. Cunningham, em banco de proteína, de 3263 kg/ha na estação chuvosa, representando 42% da oferta total de forragem. Os autores não mencionam a quantidade de *Leucaena* consumida, entretanto comentam que o consumo foi restrito (MANELLA, et al., 2003) em função do manejo do banco de proteína. Mesmo assim, os ganhos gerados por animal foram superiores ao tratamento com gramínea pura. As características de menor degradabilidade da proteína de *Leucaena* foram apontadas como responsáveis pelos resultados, compartilhando observação de outros autores (FRANZOLIN NETO, et al, 1992; PETTY et al., 1998).

Tabela 9. Massa de forragem total e parcial de folhas e ramos, e participação média de *Leucaena* em relação à massa total de forragem e da fração de folhas em dois

anos de avaliação, durante o período de chuvas, em pastagens consorciadas com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu.

Período	Massa de forragem			Participação na massa	
	Total	Folhas (B.b)	Leucaena ¹	Total	Folhas
	kgMS/ha			%	
26/12/03 a 24/05/04	6346 A	2093 A	370,5 A	5,84 B	17,70A
01/12/04 a 25/04/2005	4637 B	2134 A	437,8 A	9,44 A	20,51A
Média	5492	2113	403,1	7,64	19,10
CV%	9,09	10,83	19,31	16,41	17,24

¹ Leucaena= folhas e ramos; Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%)

4. 3.2 Avaliação do desempenho animal

As lotações médias e o ganho médio diário de peso vivo das novilhas (GMD) e por área (kg/ha) foram analisados separadamente por ano, nas duas estações do ano. O período chuvoso, de 150 dias, no primeiro ano de avaliação, e 145 dias no segundo, representa a fase na qual havia maior participação da *Leucaena* na composição botânica da forragem. O período relativo à estação seca teve duração de 69 e de 71 dias no primeiro e segundo ano, respectivamente. A avaliação com animais foi conduzida até o momento em que a massa de forragem dos piquetes passou a não comportar a lotação mínima de três novilhas/ha (animais avaliadores), em conformidade com os valores preestabelecidos de oferta de forragem (11% e 9%).

A taxa de lotação média, observada nas pastagens durante a estação de chuvas do primeiro ano, para uma oferta média de 11 kg de matéria seca/ 100 kg de peso vivo/ha nos três tratamentos, aparecem na Tabela 10.

Tabela 10. Taxa de lotação, ganho diário por animal e por hectare na recria de novilhas Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b.) adubadas ou não com

nitrogênio (B.b+N) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (B.b.+N+Lh) no período 26/12/2003 a 24/05/2004 (150 dias de estação chuvosa- Ano 1).

Tratamentos (T)	Taxa de Lotação	Ganho em peso		
	Nov ¹ /ha	g/Nov/dia	kg/Nov	kg/ha
T1. B.b.	2,56B	470 B	70,50 A	179 C
T2. B.b. + N	4,35 A	438 B	66,00 B	286 B
T3. B.b +N + Lh	4,58 A	530 A	80,00 A	364 A
Média	3,83	479	72,16	282
CV%	2,06	2,81	2,83	6,17
DMS	0,31	54,68	8,27	69,16

¹ Nov = Novilhas. Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%)

Os tratamentos de adubação nitrogenada de 60 kg/ha de nitrogênio no mês de dezembro de 2003 (T2 e T3), propiciaram lotações superiores ($P<0,10$) àquelas da pastagem sem nitrogênio (T1), não havendo diferenças entre eles (T2 e T3).

Durante a estação chuvosa do primeiro ano, maior GMD ($P<0,10$) foi observado em pastos adubados com N e consorciados com *Leucaena* (T3), em relação ao obtido nos tratamentos exclusivos com gramínea (T1 e T2) que não mostraram diferenças significativas entre si. Esse resultado reforça a argumentação da ausência do efeito do N sobre o desempenho animal, apesar de seu efeito sobre a capacidade de suporte da pastagem.

Esse modelo de resposta tem sido sistematicamente observado na literatura. O clássico trabalho desenvolvido por QUINN et al. (1961) exemplifica essa observação, uma vez que os autores demonstraram resposta em pastagens de colônio a doses crescentes de nitrogênio, de zero a 200 kg/ha, apenas quanto à capacidade de suporte e produtividade.

A inexistência de diferenças entre tratamentos exclusivos de gramínea (T1 e T2) no GMD, entre, pode também ser explicada pela maior proporção de folhas no

tratamento sem nitrogênio (T1), embora não tenha sido identificada diferença na densidade de folhas entre tratamentos.

O crescimento acentuado da gramínea, em função do nitrogênio aplicado, aumentou ($P < 0,05$) a proporção de colmos relativamente ao tratamento sem nitrogênio. A oferta média diária de folhas nos tratamentos T1, T2 e T3, ao longo da estação, representava 5,53%, 4,08% e 4,35% do peso vivo, respectivamente (Tabela 4). Outros parâmetros como DIVMS, variando entre 67,56% e 66,39% entre tratamentos, não explicam as diferenças de ganho de peso vivo das novilhas.

Diferenças mais acentuadas e significativas foram constatadas quando o animal complementa sua dieta com *Leucaena*. Considerando a produção total de forragem de *Leucaena*, obtida durante a estação de crescimento, e a inexistência de perdas de forragem no processo de pastejo, a forragem desaparecida nos períodos de pastejo, indica que os animais consumiram na estação chuvosa, em média, 0,67% do peso vivo em folhas e ramos da leguminosa. No primeiro ano, as elevadas lotações, de mais de 4 novilhas/ha, alcançadas no tratamento consorciado (T3), e a pequena proporção de *Leucaena*, em média 17% (Tabela 9), devem ter contribuído para reduzir a diferença de GMD entre T1 e T3.

Adicionalmente, as ofertas elevadas de forragem podem ter reduzido a eficiência de utilização, ocasionando perdas excessivas e diminuição na produtividade do sistema, conforme observações de Da SILVA & PEDREIRA (1996) e MOTT (1960).

A análise do ganho médio diário (GMD), ao longo da estação de chuvas, pode ser observada na Figura 10. No primeiro ciclo de pastejo, iniciado em 26/12/2003, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. O volume de chuvas reduzido, associado à irregularidade de distribuição, limitou a resposta da planta forrageira e do ganho de peso, igualando todos os tratamentos na fase inicial de pastejo ($P < 0,10$).

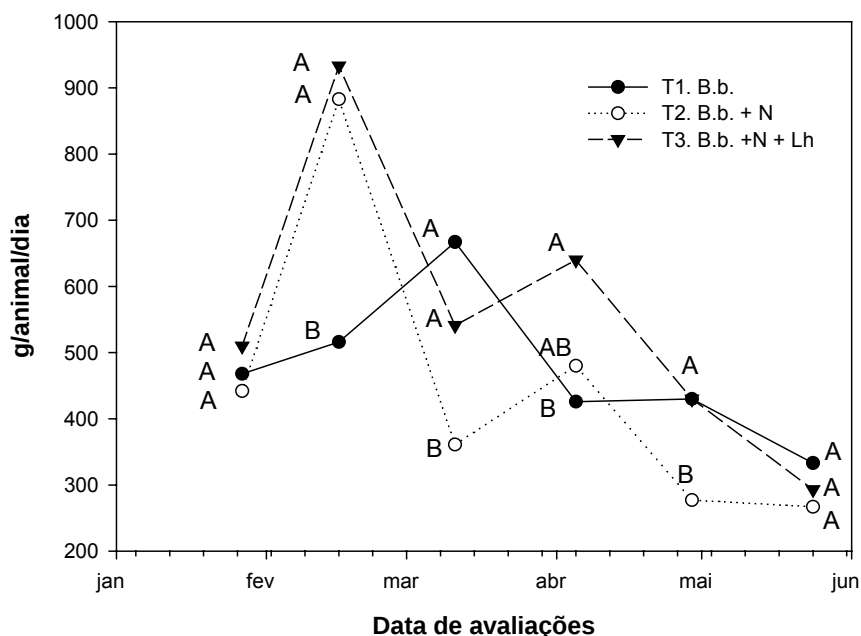


Figura 10. Ganho médio diário em pastagens de *Brachiaria brizantha* pura adubada com nitrogênio (Bb+N) ou consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+Lh) e *B.brizantha* sem nitrogênio, durante 150 dias da estação chuvosa (Ano 1). Médias seguidas letras iguais, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

A fertilização nitrogenada teve impacto sobre o GMD somente no segundo ciclo de pastejo, quando diferenças significativas foram observadas, relativamente ao tratamento sem nitrogênio (T1). O GMD por animal foi reduzindo ao longo da estação chuvosa. O tratamento T3 apresentou GMD superior ao T2 em apenas duas ocasiões ($P < 0,10$), nos meses de março e abril, embora tivesse apresentado tendência de superioridade ao longo da estação. O T1 demonstrou menor oscilação do GMD ao longo da estação, superando, inclusive, ganhos obtidos no tratamento com nitrogênio (T2). A redução no GMD de todos os tratamentos, ao longo da estação de chuvas, pode estar relacionado ao desaparecimento dos efeitos de ganho compensatório e ao valor nutritivo da forragem, em função da *Brachiaria brizantha* ter atingido a fase de frutificação, à partir do final do mês de fevereiro.

Durante o período de avaliação da estação seca, 69 dias entre as datas de 25/05/2004 a 02/08/2004, não foram verificadas diferenças entre as taxas de lotação e o desempenho animal (Tabela 11). Os animais mantiveram GMD da ordem de 200 g/novilha/dia. O pastejo foi interrompido, no início do mês de agosto, pois a massa de forragem existente nos tratamentos era insuficiente para manter os três animais avaliadores durante o período de ocupação.

Tabela 11. Peso vivo médio, taxa de lotação, ganho por animal e por hectare na recria de novilhas nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b.) adubadas ou não com nitrogênio (B.b+N) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (B.b.+N+Lh) no período 25/05/2004 a 02/08/2004 (69 dias de estação seca) (Ano 1).

Tratamentos	Taxa de lotação	Ganho em peso		
	Nov ¹ /ha	g/Nov/dia	kg/Nov	kg/ha
T 1. B.b.	2,31A	199 A	14,00 A	37,00 A
T 2. B.b. + N	2,31A	199 A	14,00 A	32,50 A
T 3. B.b +N + Lh	2,46A	228 A	16,00 A	37,00 A
Média	2,35	209	14,66	34,50
CV%	5,55	32,51	33,86	31,77
DMS	0,52	275	20,13	44,43

¹ Nov. = Novilhas. Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%)

Ao final do período experimental do primeiro ano as novilhas alcançaram 309 kg, 311 kg e 324 kg de peso vivo, aos 22 meses de idade, nas pastagens exclusivas de gramínea (T1 e T2) e consorciada (T3), respectivamente (Figura 11), com diferença estatística apenas entre o tratamento T3 e os demais (T1 e T2; $P < 0,10$), que não apresentaram diferenças entre si ($P > 0,10$).

As fêmeas alcançaram peso de cobertura equivalente ao preconizado para novilhas Nelore, de 290 a 320 kg de peso vivo, que representa 65% do peso adulto (NRC, 1996). Entretanto, a análise feita do aparelho reprodutivo das novilhas, com o

aparelho de ultra-som, não identificou corpo lúteo desenvolvido, indicando que o sistema de alimentação possibilitou a expressão da precocidade dos animais sem que fosse atingida sua puberdade (LANNA & PARKER, 1998).

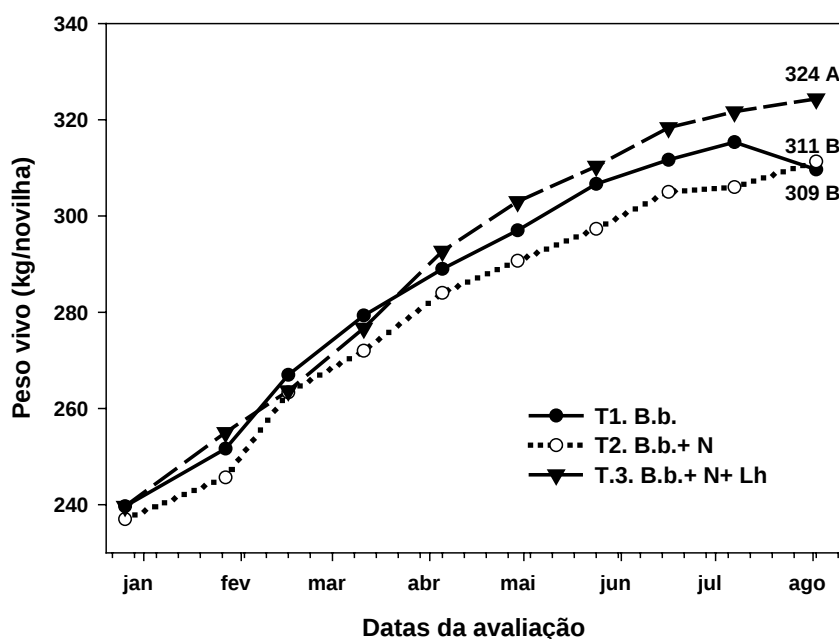


Figura 11. Peso vivo de novilhas recriadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* (T1.B.b.) não adubadas ou com nitrogênio (T2.B.b.+N) e consorciada com *Leucaena* híbrida (T3.B.b.+N+Lh) no período de 26/12/2003 a 02/08/2004. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

A produtividade animal (Figura 12) nos pastos consorciados, no primeiro ano, foi de 399 kg/ha em 219 dias de pastejo, superando em 26% e 84% os respectivos valores correspondentes aos pastos de *Brachiaria brizantha* com (T2) e sem nitrogênio (T1). A produtividade obtida em pastos com adubação nitrogenada foi 47% superior ao resultado alcançado sem o fertilizante. A mais alta produtividade dos pastos consorciados e adubados com nitrogênio decorreu de sua maior taxa de lotação e mais alto ganho de peso vivo das novilhas.

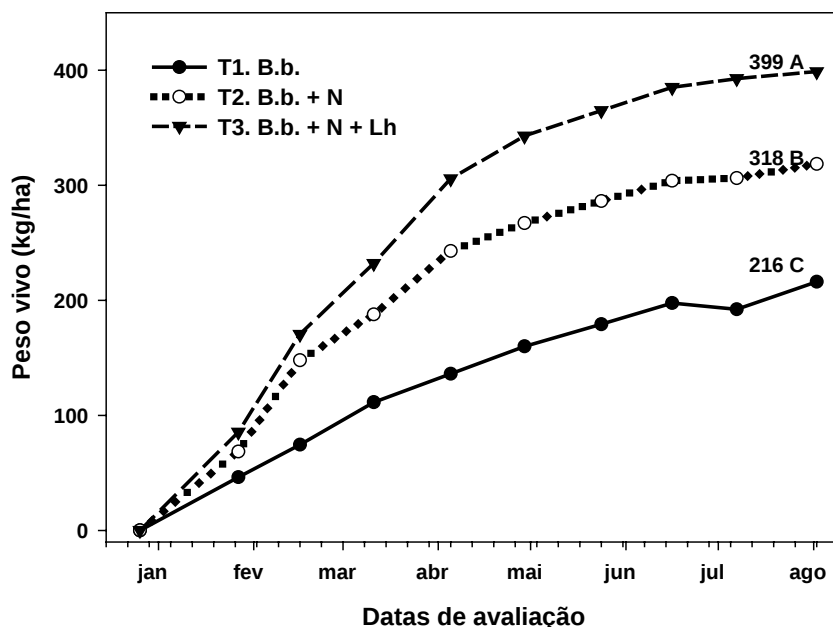


Figura 12. Ganho em peso vivo por hectare, de novilhas recriadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* (T1. B.b.) adubadas ou não com nitrogênio (T2. B.b.+N) e consorciada com *Leucaena* híbrida (T3.B.b.+N+Lh) no período de 26/12/2003 a 02/08/2004. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

No segundo ano de avaliação, um novo lote de fêmeas, com as mesmas características das utilizadas no primeiro ano, ingressou no experimento em 01/12/2004. O período de avaliação da estação chuvosa durou 145 dias, finalizando em 25/04/2005. No segundo ano, o ajuste de lotação foi feito para uma oferta de 9 kg de matéria seca/100 kg de peso vivo/dia (9%). A mudança na quantidade de massa de forragem ofertada por animal teve por objetivo aumentar a eficiência de pastejo e melhorar o controle da estrutura da pastagem, uma vez que a oferta de 11%, adotada no primeiro ano, gerou grande acúmulo de hastes da gramínea.

Os valores médios de taxa de lotação e ganho em peso exibem o mesmo padrão observado no primeiro ano. As taxas de lotação em valores decrescentes de T3 para T2 para T1 ($P < 0,10$), apresentam-se, no segundo ano, inferiores às observadas no

primeiro ano de avaliação, apesar da menor oferta de forragem praticada no segundo ano.

Tabela 12. Peso vivo médio, taxa de lotação, ganho por animal e por hectare na recria de novilhas Nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b.) adubadas ou não com nitrogênio (B.b+N) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (B.b.+N+Lh) no período 01/12/2004 a 25/04/2005 (145 dias de estação chuvosa) (Ano 2).

Tratamentos	Taxa de lotação	Ganho em peso		
	Nov ¹ /ha	g/Nov/dia	kg/Nov	kg/ha
T1. B.b.	2,37 C	498 B	72,33 B	170 C
T2. B.b. + N	3,11 B	539 B	78,20 B	237 B
T3. B.b +N + Lh	3,70 A	694 A	100,68 A	348 A
Média	3,06	577	83,74	252
CV%	2,57	5,39	5,38	5,07
DMS	0,31	126	18,27	51,74

¹ Nov. = Novilhas. Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%)

Os GMD do segundo ano exibem o mesmo padrão daqueles observados no primeiro ano, embora superiores a estes. No segundo ano de avaliação, maior ganho em peso ($P<0,10$) foi observado para T3. O GMD e o ganho acumulado por animal não diferiram entre T1 e T2. A maior produtividade foi observada em pastos consorciados e adubados com nitrogênio, repetindo o desempenho constatado no primeiro ano de avaliação ($P<0,10$).

O consumo médio de *Leucaena* foi superior ao alcançado no primeiro ano, atingindo 1,1% do peso vivo dos animais. Os valores de consumo de 0,67% e 1,1% dos pesos vivo, observado, respectivamente, no primeiro e segundo ano de avaliação, encontram-se próximos à faixa de 0,8% a 1,2% do PV, indicada como adequada para obtenção de bom desempenho animal (NORTON, 1994).

Considerando os valores médios de participação da *Leucaena* na massa total de forragem, não foram observadas diferenças entre anos (Tabela 9). Entretanto, a participação média de *Leucaena* em relação às folhas de *B. brizantha* foi de 21,76%, desconsiderada a avaliação de março de 2005, em que o ataque de Psílideo limitou a produção de massa da leguminosa.

A maior produção animal e produtividade, alcançadas no segundo ano de avaliação, podem ser atribuídas às características da forragem ofertada aos animais. A produção total de forragem foi menor, evidenciada pela menor lotação obtida no segundo ano de avaliação entretanto, a forragem produzida apresentou melhor estrutura, com maior proporção de folhas no dossel, favorecendo o consumo e a eficiência de pastejo.

As variações de GMD e sua comparação em cada período de avaliação podem ser observadas na Figura 13. Diferenças significativas, em termos de GMD, foram verificadas nas duas primeiras avaliações. Esse comportamento pode expressar um efeito de ganho compensatório dos animais. A maior presença de *Leucaena* na dieta pode ter potencializado o GMD. Esse fato também foi constatado por MANELLA et al. (2002) na utilização dessa leguminosa como banco de proteína. Esses resultados chamam a atenção para a possibilidade da utilização dessa leguminosa para maximização dos ganhos compensatórios em animais que passaram por períodos de escassez de forragem ou deficiência protéica na dieta durante a estação seca.

A redução acentuada no GMD de T2 e T3, no segundo ciclo de pastejo, não encontra explicação em variáveis ambientais, como volume e distribuição da precipitação pluviométrica. Entretanto, grande variação pode se percebida no teor de proteína da forragem. Os valores observados para PB, nas amostras da primeira avaliação por simulação de pastejo, indicavam concentrações médias de 13%. Esse resultado pode expressar a qualidade do rebrotamento inicial da estação chuvosa, associado ao efeito residual do nitrogênio aplicado no ano anterior. A redução verificada para teores médios de 10,4% no período subsequente pode ser devida ao efeito de diluição, em função do acúmulo de massa de forragem ocorrido até que os animais ingressassem nos piquetes subsequentes. A redução na concentração de PB foi mais

pronunciada no tratamento T2. No ciclo de pastejo a uréia aplicada à gramínea elevou os teores de PB na forragem.

Os GMDs do T1 repetiu o comportamento observado no primeiro ano, mantendo-se muito próximo do obtido em T2, chegando inclusive a superá-lo. No final da estação chuvosa, todos os tratamentos apresentaram o mesmo GMD. A menor oferta de *Leucaena* e a menor taxa de reposição de folhas da gramínea, associadas ao estágio fenológico avançado e a redução na oferta de água no solo, nivelam o valor nutritivo da forragem e o potencial de resposta animal.

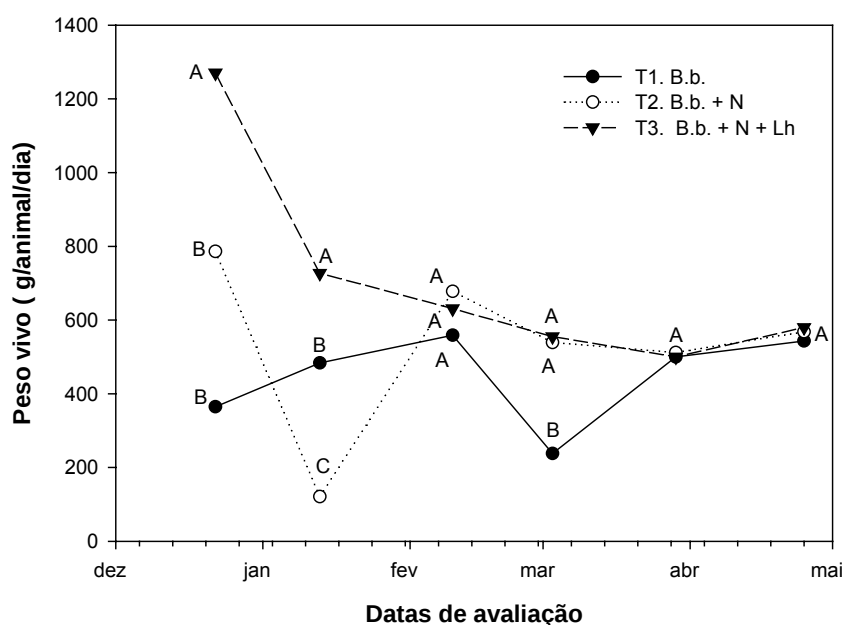


Figura 13. Ganho médio diário de peso vivo de novilhas em pastagens de *Brachiaria brizantha* pura adubada com nitrogênio (Bb+N) ou consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+Lh) e *B.brizantha* sem nitrogênio, durante 145 dias da estação chuvosa (Ano 2004/2005). Médias seguidas de letras iguais, em cada data de avaliação, não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%).

A curta duração e a variabilidade no desempenho dos animais não permitiram a verificação de diferenças significativas, embora os ganhos por animal nos tratamentos T2 e T3, com reflexos na produtividade, tivesse sido superiores aos observados no T1 (Tabela 13).

Tabela 13. Peso vivo médio, taxa de lotação, ganho por animal e por hectare na recria de novilhas nelore em pastagens de *Brachiaria brizantha* (B.b.) adubadas ou não com nitrogênio (B.b.+N) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (B.b.+N+Lh) no período 25/04/2005 a 05/07/2005 (71 dias de estação seca) (Ano 2).

Tratamentos	Taxa de lotação	Ganho em peso		
	Nov ¹ /ha	g/Nov/dia	kg/Nov	kg/ha
T1. B.b.	2,31 B	238A	17,00 A	39,25 B
T2. B.b. + N	2,31 B	357 A	25,35 A	64,70 A
T3. B.b. +N + Lh	2,75 A	408 A	29,00 A	78,20 A
Média	2,46	334	23,78	60,71
CV%	1,66	21,32	21,53	11,97
DMS	0,16	288	20,75	29,45

¹ Nov = Novilhas. Médias seguidas de letras iguais, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%)

No segundo ano de avaliação, confirmaram-se os dados obtidos no primeiro ano, evidenciando o impacto da leguminosa sobre a produção e a produtividade dos animais. O peso vivo das novilhas atingiu, aos 21 meses de idade, 318 kg, 334kg e 360 kg de peso para os tratamentos T1, T2 e T3 respectivamente. O peso final das novilhas foi maior em T3, superando o peso em T1 e T2 que não diferiram entre si ($P < 0,10$; Figura 14).

Conforme observado, no primeiro ano, as fêmeas não apresentaram sinais de puberdade, embora o peso delas, ao final do período experimental, estivesse acima do recomendado para ingresso em programa de reprodução.

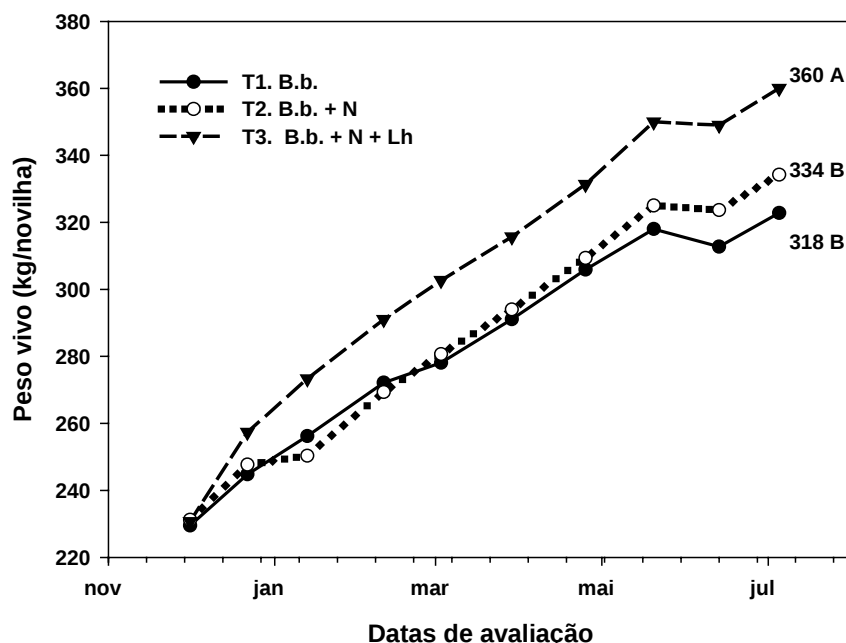


Figura 14. Peso vivo de novilhas recriadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* (B.b.) adubadas ou não com nitrogênio (B.b.+N) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (B.b.+N+Lh) no período de 01/12/2004 a 05/07/2005. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%)

A produção por hectare apresentou resultados que confirmam a interação entre lotação e ganho por animal gerando os maiores valores no T3 (Figura 15). A produtividade atingiu 426 kg/ha, em um período de 215 dias, superando os resultados de 301 kg e 209 kg/ha dos tratamentos T2 e T1 respectivamente. Os valores em T3 foram 40,59% e 103,8% superiores aos resultados obtidos em T2 e T1 respectivamente. A aplicação de nitrogênio em T2 possibilitou aumento de 44,97% na produtividade em relação ao tratamento T1.

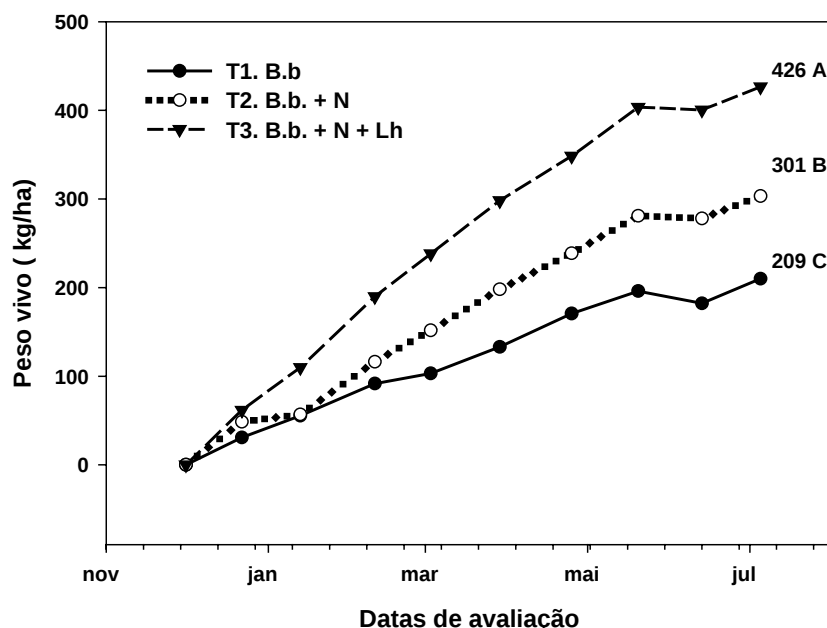


Figura 15. Ganho em peso vivo por hectare, de novilhas recriadas em pastagem de *Brachiaria brizantha* (B.b.) adubadas ou não com nitrogênio (B.b.+N) e consorciada com *Leucaena leucocephala* (B.b.+N+Lh) no período de 01/12/2004 a 05/07/2005. . Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey (10%)

Os ganhos obtidos por animal e por hectare são compatíveis com os observados por LOURENÇO & LEME (1999) e MANELLA et al. (2002) empregando pastagens de *Brachiaria brizantha* suplementadas com banco de proteíana de *Leucaena*. Ganhos por animal de 741 g/animal e produtividade de 559 kg/ha foram obtidos em uma estação de chuvas de 174 dias, na recria de machos nelore (MANELLA et al. 2002). Os incrementos no ganho por animal e na produtividade foram da ordem de 14,8% e 15,02%, respectivamente, em relação à pastagem pura de *Brachiaria brizantha*.

LOURENÇO (1993) verificou ganhos em novinhos com acesso a *Leucaena leucocephala* implantada em faixas de 726 g/animal, durante um período de 123 dias da estação chuvosa. O incremento obtido em relação à pastagem pura de *B. brizantha* foi de 84%.

No presente trabalho, com estação de chuvas de 150 dias no primeiro ano, e 145 dias no segundo, foram obtidos GMD de 530 g/animal e 694 g/animal nos respectivos anos, na recria de fêmeas nelore. A produtividade alcançou 399 kg/ha e 426 kg/ha. Esses valores representam um incremento médio ponderado pelo período de avaliação

dos dois anos de cerca de 25% no ganho por animal e 33% na produtividade, em relação ao tratamento com pastagem exclusiva de gramínea fertilizada com nitrogênio (T2). A magnitude das respostas poderia ser superiores se os animais empregados fossem machos cuja velocidade de ganho é potencialmente superior à obtida com fêmeas.

A produção de forragem de *Leucaena* não foi grande durante a condução do ensaio, como a observada em outros trabalhos (MANELLA et al. 2002; LOURENÇO, 1993) mas, geraram impacto no desempenho animal. Os resultados obtidos no incremento da produção animal como na produtividade evidenciam o potencial do híbrido de *Leucaena* (11X25) para composição dos sistemas baseados em pastagens. Os valores alcançados são compatíveis com os relatados na literatura com ensaios empregando *Leucaena*, embora as comparações sejam limitadas pelas características dos protocolos experimentais e das condições de ambiente. As características de solo com baixa fertilidade, existentes no presente ensaio, e a persistência do híbrido às condições de pastejo em associação com *B. brizantha*, evidenciam o potencial forrageiro da nova cultivar.

4.3.3 Composição botânica da dieta e parâmetros sanguíneos

O consumo médio de *Leucaena*, com base na forragem desaparecida durante o período de ocupação foi de 0,67% e 1,10 % do peso vivo, respectivamente no primeiro e segundo ano.

Considerando a lotação média e o total de proteína obtido com a produção de massa de forragem da *Leucaena*, durante a estação chuvosa, o consumo adicional de PB foi de 402 g/novilha/dia no primeiro ano e de 616 g/novilha/dia no segundo ano.

Os valores de ganho em peso observados nas pastagens consorciadas, durante a estação de chuvas podem ser atribuídos a esse aporte adicional de PB. Mesmo em condições de grande oferta, comum às forrageiras tropicais na estação chuvosa, a adição de PB pode trazer reflexos sobre o consumo, dependendo da degradação

ruminal e da quantidade de PB não degradada que será absorvida no intestino delgado (POPPI & McLENNAM, 1995).

As características de baixa degradabilidade ruminal da proteína de *Leucaena*, certamente contribuíram para o desempenho animal. Os incrementos obtidos no GMD, com participação de *Leucaena* na dieta, foram de 107g/animal/dia, no primeiro ano, e 177g/animal/dia no segundo, quando comparado com a pastagem pura que recebeu adubação nitrogenada (T2).

No segundo ano de avaliação, a composição da dieta animal, em dois momentos do período de ocupação e em seis datas ao longo do período de chuvas, demonstrou o comportamento seletivo dos animais. Na Figura 16, estão representados a composição botânica da forragem em oferta, indicado pela proporção de *Leucaena* na oferta total de forragem, a dieta selecionada no início do período de ocupação e no final do período de ocupação, obtidos pela determinação de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes dos animais avaliadores e na forragem.

O valor observado da proporção de *Leucaena* reflete a estimativa da dieta dos primeiros dias de pastejo. O emprego da técnica de $\delta^{13}\text{C}$ não apresenta sensibilidade para detecção de mudanças abruptas na dieta animal, uma vez que a substituição do bolo alimentar no rúmen segue uma cinética específica que descreve um padrão lento e gradual de alteração nos valores dos isótopos das fezes. Assim, amostras de fezes podem representar a dieta dos três dias que antecederam a coleta (COATES et al., 1991). A estabilização dos valores de $\delta^{13}\text{C}$, depois da exclusão da leguminosa da dieta, leva de 8 a 10 dias para restabelecer os padrões relativos ao consumo de gramínea pura (MACEDO, 1999).

Pode ser observado que, ao longo do período de avaliação, houve consumo preferencial da *Leucaena*, uma vez que a proporção estimada de participação na dieta superou a participação da oferta total de forragem. O valor médio de forragem de *Leucaena* na composição da massa total foi de 12,06%, desconsiderando a avaliação em que não houve participação da leguminosa, em meados do mês de março de 2005. A participação média na dieta, obtida no início do período de pastejo, foi de 22,31%. No final do período de pastejo a participação na dieta representava apenas 4,17%.

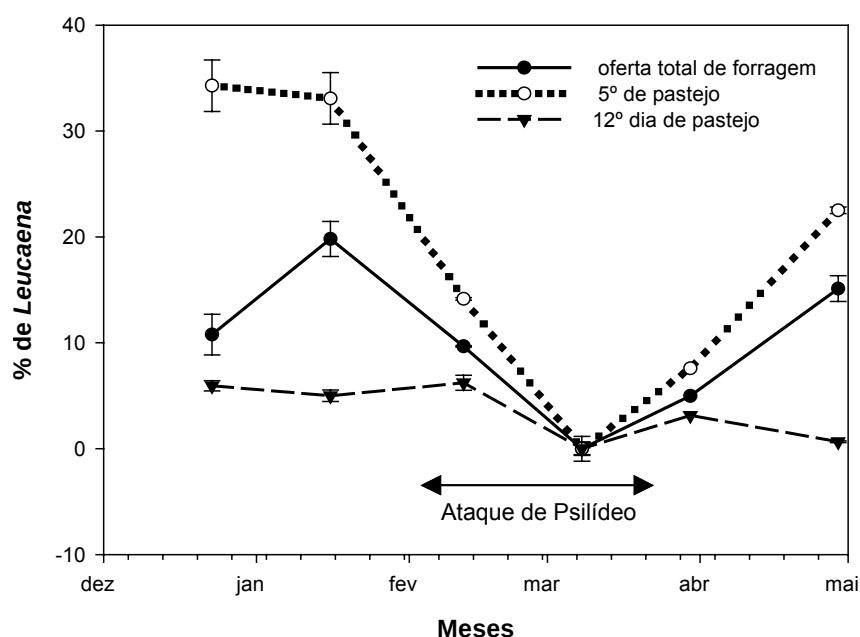


Figura 16. Participação de *Leucaena* (Lh) na oferta total de forragem e na dieta de bovinos, influenciada pelo ataque de psilídeo, em pastagens consorciadas com *B. brizantha*, em duas datas do período de ocupação (5º e 12º dias), determinada pela proporção de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes, em avaliações realizadas de dezembro de 2004 a final de abril de 2005, e respectivos desvios-padrão da média.

Na Figura 17, é possível visualizar o desaparecimento da forragem de *Leucaena* em quatro momentos ao longo do período de ocupação. Esse comportamento no consumo fez com que o fluxo de ingestão de PB fosse alterado ao longo do período de ocupação podendo ter influenciado no desempenho animal.

A oferta reduzida de *Leucaena*, associada ao consumo preferencial leva a rápida redução na densidade de folhas. Essas características do animal e da vegetação podem ter influenciado o consumo total de forragem em função de alterações no tempo de pastejo.

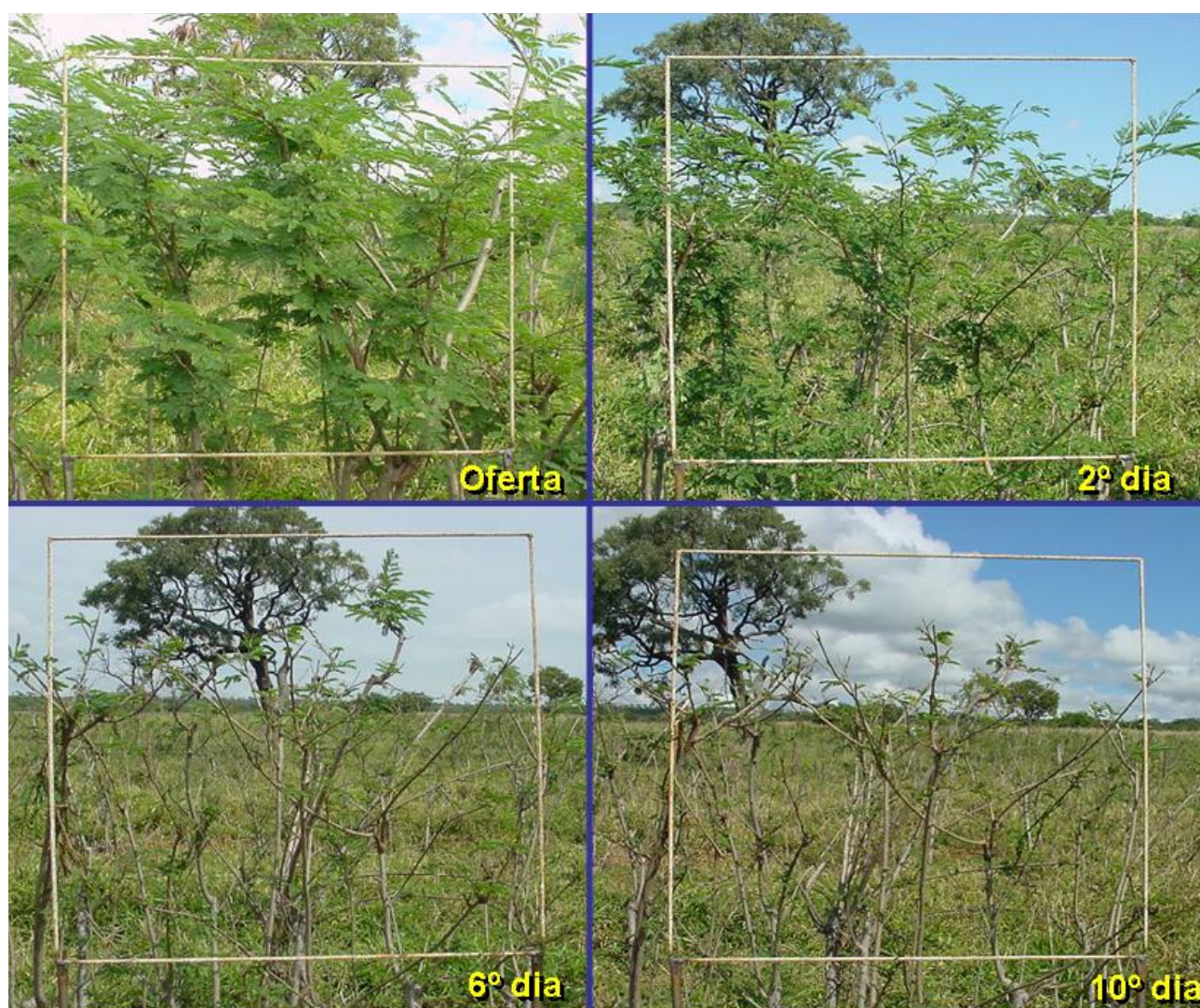


Figura 17. Desaparecimento de forragem de *Leucaena* em quatro momentos do período de ocupação de 12 dias, em pastagem consorciada com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu

O consumo preferencial, nos primeiros dias de pastejo, foi verificado por PETTY et al. (1998). Os autores relatam que o consumo médio anual de *Leucaena* foi de 46%, em pastagens consorciadas com capim-Pangola, com participação de 100% da dieta no primeiro dia de pastejo a 18% no final, em um período de ocupação de sete dias. Os autores argumentam que a redução na densidade de folhas de *Leucaena* pode ter contribuído para redução do consumo de forragem, em função do maior tempo despendido para apreensão da leguminosa.

A participação de *Leucaena* na dieta gerou alterações nos valores de uréia plasmática (NUP) ao longo da estação de chuvas, influenciadas pela proporção da leguminosa na dieta (Figura 18). Foram observadas diferenças significativas nos valores de NUP, pelo teste de médias ($P < 0,05$) entre os animais que consumiram *Brachiaria brizantha* (T2) e os da pastagem consorciada (T3). Os valores de NUP podem ter sido ainda mais elevados, se for considerado que a participação de *Leucaena*, nos primeiros dias de pastejo, pode ter sido superior ao estimado (Figura 18).

Os valores médios observados para NUP durante o período de chuvas do segundo ano foram de 6,7 mg/dL para os animais que consumiam pastagens puras de *Brachiaria brizantha* (T2) e de 15,75 mg/dL para aqueles que consumiram *B. brizantha* e *Leucaena* (T3). Grande variação, com valores próximos a 20 mg/dL, foi observada ao longo do período de avaliação, sinalizando a possibilidade de ineficiência da retenção da proteína da dieta na forma de ganho de peso animal.

O comportamento observado nas variações do valor do NUP estão em conformidade com os descritos em ensaio em gaiola metabólica (Capítulo 3), em que valores estimados por regressão indicavam que dietas com participação superior a 26% de *Leucaena* apresentavam valores de NUP superiores a 15 mg/dL atingindo valores de 26 mg/dL quando a dieta continha 60% de *Leucaena*.

A elevação na concentração de NUP, em animais consumindo *Leucaena*, não deveria ocorrer de forma tão intensa como observado no presente trabalho. *Leucaena*

apresenta baixa degradabilidade da proteína (MIRANDA et al. 2003; GARCIA et al. 1996), pela presença de tanino (POPPI & McLENNAN, 1995), o que reduziriam as concentrações de N-NH₃ no líquido ruminal (BONSI et al., 1995).

MANELLA, et al. (2003) avaliaram os valores de NUP em animais consumindo *Brachiaria brizantha* pura ou com acesso a banco de proteína de *Leucaena*, em épocas do ano. Relatam valores, em pastagens de *Brachiaria brizantha* pura, de 3,1 mg/dL enquanto que animais que tiveram acesso a banco de proteína apresentaram valores de 4,4 mg/dL que não diferiram entre si ($P < 0,05$).

Os valores observados para NUP em pastagens puras (MANELLA, et al., 2002) foram inferiores aos encontrados neste trabalho. Os teores de proteína bruta de 7,1%, observados na forragem na estação de chuvas, determinado em amostras de forragem verde seca, foram inferiores aos valores médios de 11,99% observados no presente trabalho. A menor oferta de N na forragem, associada ao pequeno consumo de *Leucaena*, pode explicar a resposta. Colabora para explicar essa diferença a adoção de fertilização nitrogenada neste trabalho, influenciando no aumento de N na forragem e por consequência na dieta. Segundo CARVER et al. (1978) existe relação linear entre doses crescentes de nitrogênio em *Cynodon dactylon* e a concentração de NUP.

Embora grande parte da proteína de *Leucaena* seja potencialmente absorvida no intestino, a fração degradada no rúmen, associada ao N existente na gramínea e uréia reciclado via saliva animal, pode ter aumentado a concentração de N-NH₃ no rúmen. Esse incremento pode não ter sido acompanhado pela disponibilização de frações fermentescíveis do alimento, causando desbalanço na relação energia:PB (HAMMOND, 1994; FIRKINS, 1996). A eficiência da produção de proteína microbiana pode ter sido reduzida fazendo com que ocorresse absorção passiva da amônia pela parede do rúmen, levando à produção de uréia no fígado.

Segundo VALADARES et al. (1997) novilhos alimentados com rações concentradas e com teores de proteína bruta de 7,0% e 14,5% obtiveram a máxima produção microbiana com valores de NUP entre 13 a 15 mg/dL. Valor acima do relatado poderia incorrer em perdas de N via excreções urinárias, tornando ineficiente o uso da proteína da dieta. Gastos energéticos para produção de uréia no fígado podem também

despender energia, resultando em comprometimento do ganho dos animais (HAMMOND, 1994; GREANEY et al., 1996). Essas constatações levantam a possibilidade de ocorrência dos mesmos processos no presente trabalho o que pode ter comprometido, em parte, a expressão do GMD dos animais submetidos a dietas com *Leucaena*.

HAMMOND (1983) constatou, em bovinos consumindo dietas iso energéticas associadas a doses crescentes de proteína, aumento nas concentrações de NUP. Os valores de NUP foram incrementados de 2,6 mg/dL para 11,1 mg/dL com a variação de 6% para 18% de PB na dieta. Para novilhos em crescimento, os valores de NUP entre 11 e 15 mg/dL estavam associados com as máximas taxas de ganho (BYERS & MAXON, 1980), valores coerentes com as observações de VALADARES et al. (1997).

HAMMOND (1993) relata respostas positivas no GMD de bovinos suplementados com energia, quando NUP encontra-se na faixa de 9,6 a 17,6 mg/dL, sendo valor de referência para respostas à suplementação energética a concentração de 12 mg/dL.

A suplementação energética, durante a estação chuvosa em pastagens consorciadas com *Leucaena* ou como banco de proteína, deverá ser mais bem estudada para verificar o potencial real de incremento proporcionado pela proteína suplementar oferecida ao animal. PETTY, et al. (1998) verificaram incrementos significativos em áreas de pastagem irrigadas de *Leucaena* e *Digitaria eriantha* quando suplementadas com milho ou melaço. Obtiveram elevadas produções com ganhos médios diários de 730g/dia, sem suplementação, a 1,1 kg/dia, com suplementação de 1,5 kg de milho/dia. As lotações chegaram a 6,25 cabeças/ha, na fase de terminação, ganhos individuais de 250 a 340 kg/animal/ano e produtividades de 1570 a 2110 kg/ha/ano.

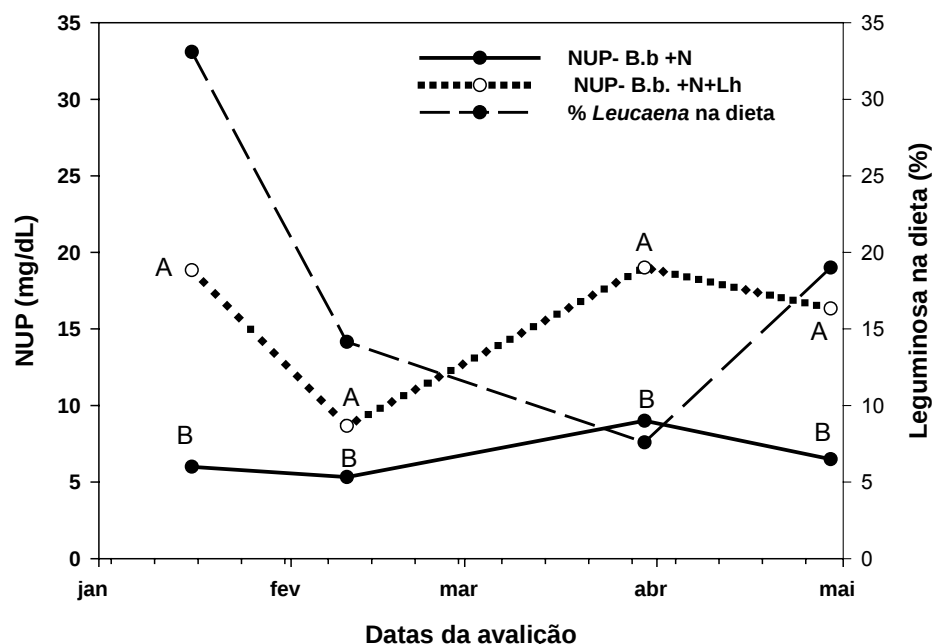


Figura 18. Participação de *Leucaena* na dieta de bovinos, estimada pela técnica de discriminação isotópica de carbono, em pastagens de *B. brizantha* pura (B.b+N.) ou consorciada com *Leucaena* (B.b.+N+Lh), e valores estimados de uréia sangüínea (NUP), na média de seis animais por tratamento, em quatro épocas do ano. Médias de NUP com letras diferentes em cada data de avaliação diferiram estatisticamente pelo t “Student” ($P < 0,05$).

4.3.4 Efeitos da mimosina sobre parâmetro sangüíneo

O plasma sangüíneo dos animais dos tratamentos T2 e T3 foi analisado quanto à concentração de triiodotironina (T_3). As coletas de sangue ocorreram nos dias 10/02/2005 e 18/04/2005 em três animais de cada tratamento. Os animais em T3 consumiam *Leucaena* desde 01/12/2004, ocasião em que ingressaram nos piquetes experimentais. Portanto, no momento da coleta, havia transcorrido 71 dias e 138 dias em relação ao início do pastejo, permitindo adaptação dos animais e do ambiente ruminal.

Os valores de T_3 no plasma foram comparados pelo teste de média, verificando-se valores menores ($P < 0,05$) para os animais do tratamento com leguminosa. A média

dos valores de T_3 em pastagens puras foi de $182,33 \pm 25,45$ ng/dL para o tratamento com gramínea pura (T2) e $133,91 \pm 16,44$ ng/dL para o tratamento consorciado (T3). O desenvolvimento de regressão verificou que a redução de T_3 apresentou modelo linear de resposta, decrescendo a concentração no plasma sanguíneo à medida que aumentava a proporção de leguminosa na dieta ($R^2 = 0,63$; $P < 0,01$; Figura 19).

Avaliações feitas em gaiolas metabólicas com animais recebendo dietas com *Brachiaria brizantha* e diferentes proporções de *Leucaena* apresentaram o mesmo comportamento de redução nas concentrações de T_3 (Capítulo 3). Os valores médios observados para a concentração de T_3 em dietas puras de gramínea foi de 190 ng/dL enquanto, na dieta com 60% de participação de *Leucaena*, o valor foi de 79 ng/dL, depois de 19 dias de consumo (Figura 19).

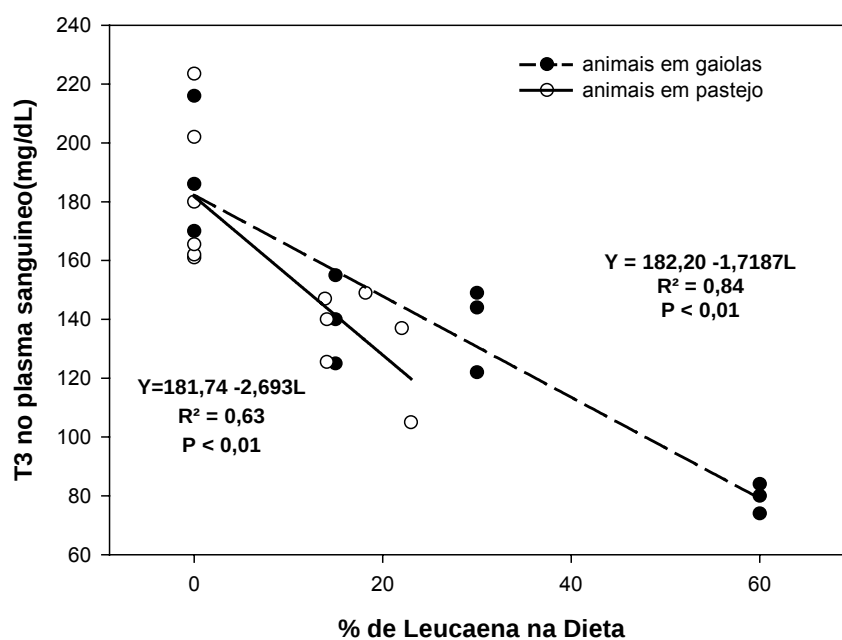


Figura 19. Relação entre a participação de *Leucaena* na dieta de bovinos (Lh) e a concentração de triiodotironina (T_3) no plasma sanguíneo, em animais mantidos em gaiola metabólica e dietas com proporções conhecidas de *B.brizantha* e *Leucaena* e em condições de pastejo (coleta na pastagem no quinto dia após início do ciclo de pastejo).

A redução nas concentrações de T_3 não apresentou efeitos clínicos perceptíveis nos animais em pastejo. Entretanto, efeitos subclínicos podem ter restringido o ganho

por animal ao longo da estação chuvosa. JONES & HEGARTY (1984) verificaram reduções acentuadas de consumo e perdas de peso em novilhos cuja dieta ultrapassava a 40% de *Leucaena*. Os valores de T_3 nessa situação foram reduzidos para cerca de 65,1 ng/dL após 12 semanas de consumo. Existe, portanto, forte indício da atuação da mimosina e seu metabólito o DHP, sobre a tireóide, influenciando no metabolismo do iodo.

JONES (1994) relatou que amostras de urina de bovinos, provenientes do Brasil, apresentavam, em 50% dos casos, presença de DHP, sugerindo a inexistência de bactérias ativas que degradassem o princípio ativo. Posteriormente, o autor observou que trabalhos identificaram a presença da bactéria.

FERREIRA et al. (1996) analisaram a eliminação de DHP por via urinária em búfalos alimentados com diferentes proporções de *Leucaena leucocephala*. Verificaram rápida metabolização da mimosina gerando excreções de DHP 80 minutos após a ingestão da leguminosa, indicando toxicidade latente da mimosina.

LOURENÇO et al. (1992) não verificaram efeitos tóxicos de mimosina em bovinos consumindo a proporção de 50% da dieta de *Leucaena leucocephala* no início da estação seca. Relatos de trabalhos de FRANZOLIN NETO & VELLOSO (1986b) e SAAVEDRA et al. (1987), com ovinos consumindo proporções de 40% a 60% de *Leucaena*, não indicaram redução dos níveis de Tiroxina (T_4) no sangue dos animais.

As razões que levaram a redução nos valores de T_3 nas condições do presente estudo ainda não são claras. Estudos para determinação da concentração de mimosina nas plantas e na excreção urinária e nas fezes de animais consumindo o híbrido de *Leucaena* deverão ser conduzidos.

A possibilidade de concentrações elevadas de mimosina, nas frações consumidas do material híbrido 11X25, é pequena, em função da participação da *L. leucocephala* cv. Cunningham e *L. diversifolia* como progenitores, uma vez que essas espécies apresentam concentrações reduzidas de mimosina. Corrobora com essa assertiva o fato das plantas serem atacadas pelo Psilídeo, indicando teores reduzidos de mimosina, uma vez a presença do aminoácido está associado a menor suscetibilidade ao seu ataque (BRAY, 1994).

Por sua vez, o manejo do pastejo, com períodos de rebrotamento de 36 dias, pode contribuir para elevação das concentrações de mimosina. O gênero *Leucaena* apresenta valores variáveis em função das frações botânicas e taxa e estágio de crescimento. Períodos de crescimento ativos da planta determinam maiores teores de mimosina nas folhas (GUPTA et al., 1992). Em condições de estresse hídrico, pode ocorrer a duplicação dos teores de mimosina (BRAY & HOEKSTRA, 1985). Segundo BRAY (1994), os valores de mimosina podem atingir, nas extremidades em crescimento ativo, de 8% a 12%, em folhas jovens de 4% a 6% e, em vagens novas e sementes, de 4% a 5%, com ampla variação dentro de espécies.

Durante uma longa estiagem no ano de 2003, foram constatados casos de toxidez com mimosina em rebanhos australianos, levando os animais à morte. Os animais estavam sobre controle e manejo preventivo, obtido pela inoculação do rebanho com a bactéria *Sinergistes jonessi* (DALZELL et al., 2005). Os autores promoveram levantamento que diagnosticou que 52% dos animais avaliados, ingerindo proporções diferentes de *Leucaena*, não apresentavam capacidade de degradação no rúmen do princípio tóxico do DHP.

Estudos deverão ser desenvolvidos, em condições de pastejo, para verificação de passíveis relações entre variáveis ambientais e a concentração de mimosina na planta, sua degradação ruminal e efeitos sobre o desempenho animal.

4.3.5 Eficiência da fertilização nitrogenada

A adubação nitrogenada em pastagens cumpre a função de manter elevada capacidade produtiva das plantas forrageiras, uma vez que esse nutriente é considerado como o mais limitante à produção de forragem. Seu uso estratégico permite produção adicional de forragem para equilíbrio entre a massa de forragem e a demanda do rebanho. Em sistemas mais intensificados o uso de fertilizantes visa ampliar a produtividade, gerada pelo aumento na produção de forragem, permitindo maior capacidade de suporte (CORSI & NUSSIO, 1993).

Gramíneas forrageiras tropicais apresentam resposta linear de produção de forragem a doses crescentes de fertilizante nitrogenado (PRIMAVESI, et al., 2001; MARTHA JUNIOR, 2003). A eficiência do nitrogênio, entretanto, tende a reduzir à medida que as doses de N fertilizante são aumentadas, além de variar com as fontes do fertilizante nitrogenado, influenciando a eficiência de conversão do N aplicado. (PRIMAVESI, et al., 2001; MARTHA JUNIOR et al, 2004a).

O processo de conversão do N aplicado é uma resposta às variáveis ambientais que influenciam a produção da forragem (kg de massa seca de forragem/ha), a ser consumida pelo animal (eficiência de pastejo) e, por fim, convertida em produto animal (kg de MS/kg de peso vivo; HODGSON, 1990). A administração das ineficiências inerentes ao processo de produção de forragem, de consumo e conversão pelo animal constitui-se no manejo do pastejo, que definirá a produtividade, o desempenho animal e a longevidade da pastagem (MOTT, 1960). A falta de domínio e controle sobre as ineficiências no processo de conversão do fertilizante nitrogenado em produção vegetal e produto animal tem restringido sua aplicação em maior escala, gerando questionamentos sobre seu retorno bio econômico.

Valores observados na literatura sobre a eficiência de fertilização nitrogenada, em gramíneas tropicais, são muito diferenciados. GOMIDE (1989) compilando dados de inúmeros autores, encontrou valores variando entre 0,44 e 0,90 kgPV/kg de N aplicado em pastagens de capim goudura e pangola e valores de 2,4 a 2,8 kgPV/kg de N em pastagens de capim–elefante, colômbio e pangola.

Segundo MARTA JUNIOR et al. (2004 b) o valor médio de eficiência é da ordem de 1,45 kgPV/kg de N, para um potencial estimado de 3,5 a 4,0 kgPV/kg de N. Os mesmos autores, trabalhando com um conjunto de 105 observações de gramíneas tropicais, encontraram uma distribuição de frequência que, em 48% dos casos, os resultados de eficiência do N-fertilizante estavam na faixa de 1,2 a 2,4 kgPV/kg de N. Em 30% a eficiência era considerada boa, superando a 1,8 kgPV/kg de N e em apenas 13% dos casos, a classificação foi tida como excelente, ultrapassando a 2,4 kgPV/kg de N.

A produtividade animal, com base na aplicação 60 kg de N/ha/ano, foi estudada por dois anos consecutivos nas pastagens de *Brachiaria brizantha* pura (T2) e consorciada com *Leucaena* (T3). A produtividade de referência considerou os valores obtidos em kgPV/ha no tratamento sem aplicação de N (T1). Os incrementos líquidos consideraram a produtividade adicional obtida com a aplicação do N (T2) e com a presença da leguminosa na pastagem (T3; Tabela 14).

Tabela 14. Produtividade adicional de peso vivo por hectare, em pastagens de *Brachiaria brizantha* adubada com 60 kg de nitrogênio (N)/ha e consorciada com *Leucaena* (Lh), em dois anos de avaliação, e a eficiência em kg de peso vivo (PV)/ kg de N aplicado, considerando a produção anual e a produção adicional com a inclusão do efeito residual da aplicação de N.

Tratamentos	Ano 1		Ano 2		Média (Anual)
	Anual	Anual + Residual ¹	Anual ²		
	kg PV/ha adicional ³				
T2. <i>B.brizantha</i> +N	102	120	94		98
3. <i>B.brizantha</i> + N + Lh	183	214	217		200
	Kg PV /kg de N aplicado				
2. <i>B.brizantha</i> + N	1,70	2,00	1,57		1,63
3. <i>B.brizantha</i> + N + Lh	3,05	3,56	3,62		3,33

¹ Produtividade, em kgPV/ha, referente aos ganhos por animal obtidos antes da aplicação de N no ano 2, no período de 21/12/2003 a 23/12/2004). ² Produtividade obtida depois da aplicação de N no ano 2 acrescida do efeito residual do ano 1. ³ Valor obtido pela dedução das produtividades, em peso vivo/ha, dos tratamentos com N (T2) e com *Leucaena* (T3) da produtividade obtida no tratamento sem nitrogênio (T1).

As produtividades adicionais superaram o tratamento sem nitrogênio (T1), na média dos dois anos, em 98 kgPV/ha (T2) e em 200 kgPV/ha quando o nitrogênio foi aplicado à pastagem consorciada. A presença de *Leucaena* na pastagem foi responsável por aumentos de 79% e 131%, respectivamente no ano 1 e 2, em relação ao tratamento que recebeu nitrogênio. Esses resultados propiciaram valores de eficiência 1,70 kgPV/kg de N aplicado e 1,57 kgPV/kg de N aplicado, nos dois anos de

avaliação para o tratamento T2. Em presença de leguminosa a eficiência variou de 3,05 a 3,62 kgPV/kg de N aplicado nos mesmos períodos de avaliação.

Quando computado o efeito residual, calculado com base na produtividade obtida entre as aplicações, as eficiências atingiram 2,00 kgPV/kg de N aplicado (T2) e 3,56 kgPV/ha (T3). O efeito residual do nitrogênio e um possível ganho de peso compensatório dos animais, no primeiro período de pastejo subsequente à estação seca e anterior à aplicação de N do segundo ano, geraram incrementos na eficiência do fertilizante de 0,30 kgPV/kg N aplicado e 0,51 kgPV/kg N, respectivamente em T2 e T3.

No segundo ano a produtividade anual atingiu valor superior ao obtido em T2 no primeiro ano. Valores elevados de 3,62 kgPV/kg de N aplicado em T3, confirmam a maior eficiência do N-fertilizante quando associado a leguminosa.

Os valores observados, considerando os ganhos durante a estação de crescimento e acrescida do efeito residual, em pastagens puras e com dose moderada de N (T2), estão de acordo com os intervalos considerados na literatura. O aumento significativo na eficiência do uso de N, obtido em pastagens consorciadas com *Leucaena*, evidencia o efeito cumulativo da associação do nitrogênio, atuando sobre o aumento na capacidade de suporte da pastagem, e da *Leucaena*, sobre os GMDs. Os resultados se aproximam da eficiência máxima potencial no uso de fertilizantes nitrogenados em pastagens.

As respostas agronômicas, que permitem o cálculo da eficiência do N-fertilizante, devem ser analisadas sob a ótica da eficiência bio econômica, em termos de kg de PV/kg de nitrogênio aplicado, levando-se em consideração a relação entre o valor dos insumos necessários à produção adicional e o valor do produto comercializável. Nesse cálculo o incremento na taxa de lotação, em função da fertilização nitrogenada, exerce influência sobre os custos variáveis de produção.

Em estudos desenvolvidos por MARTHA JUNIOR et al. (2004a) foram constatados que os custos de N aplicado sob forma de sulfato de amônio e de uréia, variaram entre R\$ 3,10/kg e R\$ 1,80/kg, respectivamente, o que implica pontos de nivelamento (razão entre o valor do ganho de peso vivo e o custo do N fertilizante) entre 1,0 e 1,7 kgPV/kg de N aplicado, considerando um valor de arroba de peso vivo de R\$

54,00. A adição de outros custos variáveis, devido a maior lotação animal, custos de manutenção e manejo do rebanho, resultante do N aplicado, corrige o ponto de nivelamento elevando seu valor em R\$ 1,20 a R\$ 1,70. Portanto, o ponto de nivelamento em sistemas, baseados exclusivamente em pastagens, deve ser da ordem de 2,2 a 3,2 kgPV/kg de N – sulfato de amônio e de 1,8 a 2,6 kgPV/kg de N- uréia, com base nos valores estabelecidos para insumos e produto comercializável.

Neste trabalho, adotou-se análise semelhante à proposta por MARTHA JUNIOR et al. (2004) utilizando-se os resultados obtidos de incrementos na lotação e produtividade sob os tratamentos avaliados nos dois anos de avaliação. A composição dos custos, pertinente aos fertilizantes e manutenção, pode ser observada nas Figura 20 e 21.

A proporção observada para custo de manutenção, de 9,8% e 12,0% nos respectivos anos de avaliação, reflete os custos variáveis adicionais gerados pelo aumento na lotação, correspondente aos gastos realizados com a mineralização e sanidade do rebanho, mão-de-obra e gastos gerais com manutenção. Os custos com fertilizantes representam a aplicação anual da proporção de 3,0:1,0:1,5 dos elementos N : P₂O₅ : K₂O .

Com base no valor obtido na composição dos custos e o valor do kgPV, considerando a arroba equivalente a R\$ 52,00, foi possível estabelecer o ponto de nivelamento, onde a produção de peso vivo remunera os custos variáveis totais adicionais. Os valores observados foram de 2,55 kgPV/kg de N aplicado, quando a fonte de N foi o sulfato de amônio e de 2,05 kgPV/kg quando a fonte foi uréia. As razões observadas no presente trabalho estão dentro dos intervalos observados observadas no trabalho MARTHA JUNIOR et al. (2004b), para as mesmas fontes de N utilizadas.

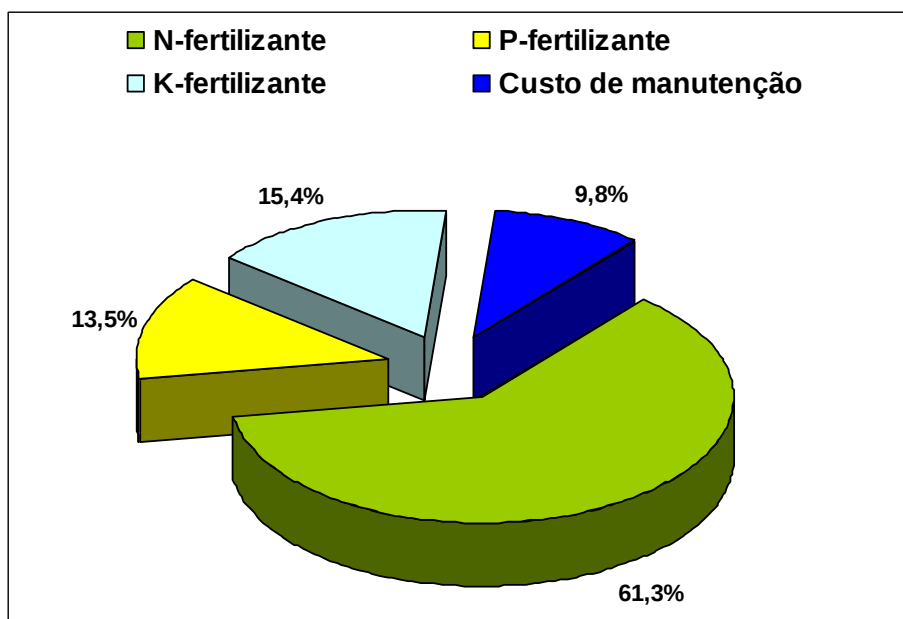


Figura 20. Composição proporcional de custos referentes à aplicação de fertilizante nitrogenado (N-Sulfato de amônio), fosfatado (P) e potássico (K) e custos de manutenção do rebanho.

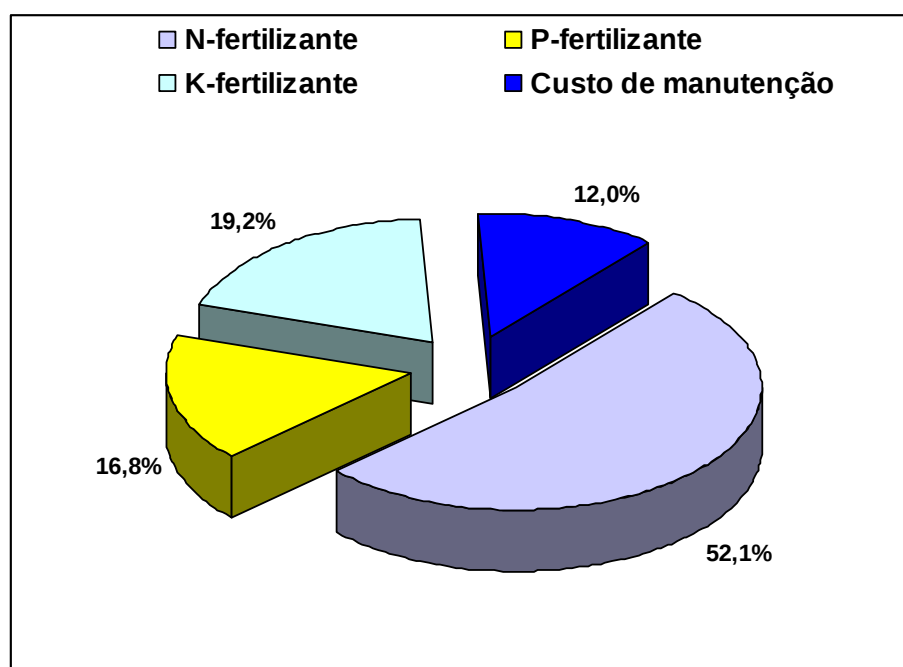


Figura 21. Composição proporcional de custos referentes à aplicação de fertilizante nitrogenado (N-Uréia), fosfatado (P) e potássico (K) e custos de manutenção do rebanho.

A eficiência do nitrogênio na produção de peso vivo animal, em pastagens de *Brachiaria brizantha* adubada com nitrogênio ou ainda consorciada com *Leucaena*, obtida nos tratamentos T2 e T3, estão apresentadas nas Figuras 22 e 23, acompanhada dos respectivos pontos de nivelamento observados nos dois períodos de avaliação.

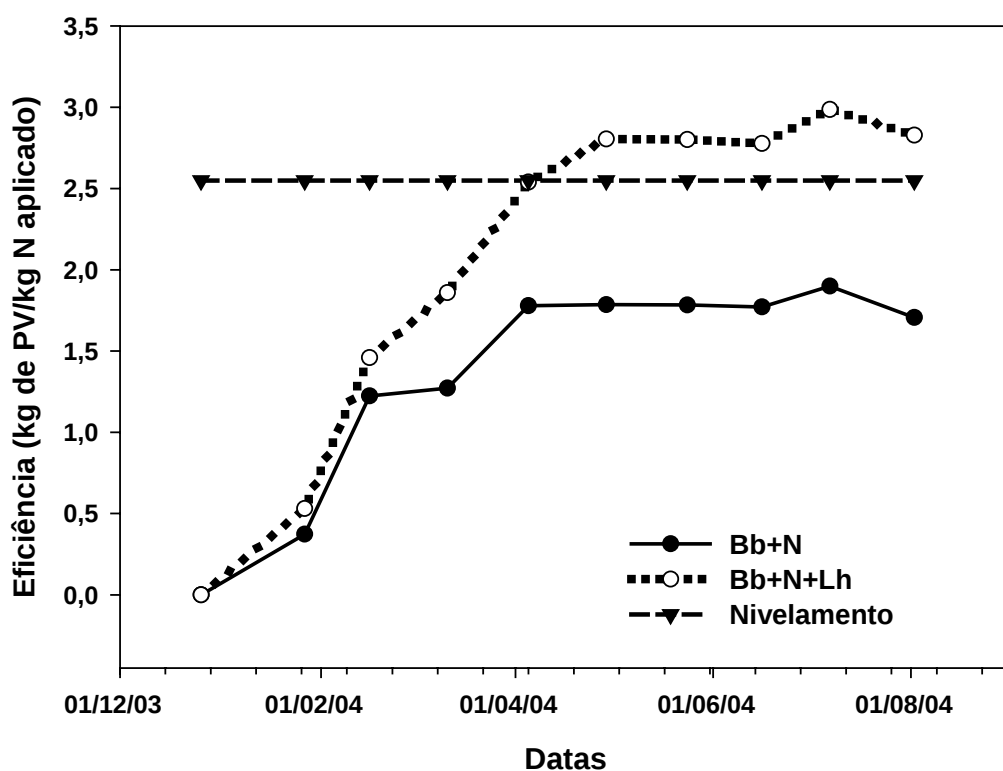


Figura 22. Eficiência na produção de peso vivo por quantidade de nitrogênio (N) aplicado como fonte o sulfato de amônio (kg PV/ Kg N), em pastagem de *Brachiaria brizantha* pura (B.b+N) e consorciada com *Leucaena* híbrida (B.b.+N+Lh) - Ano 1.

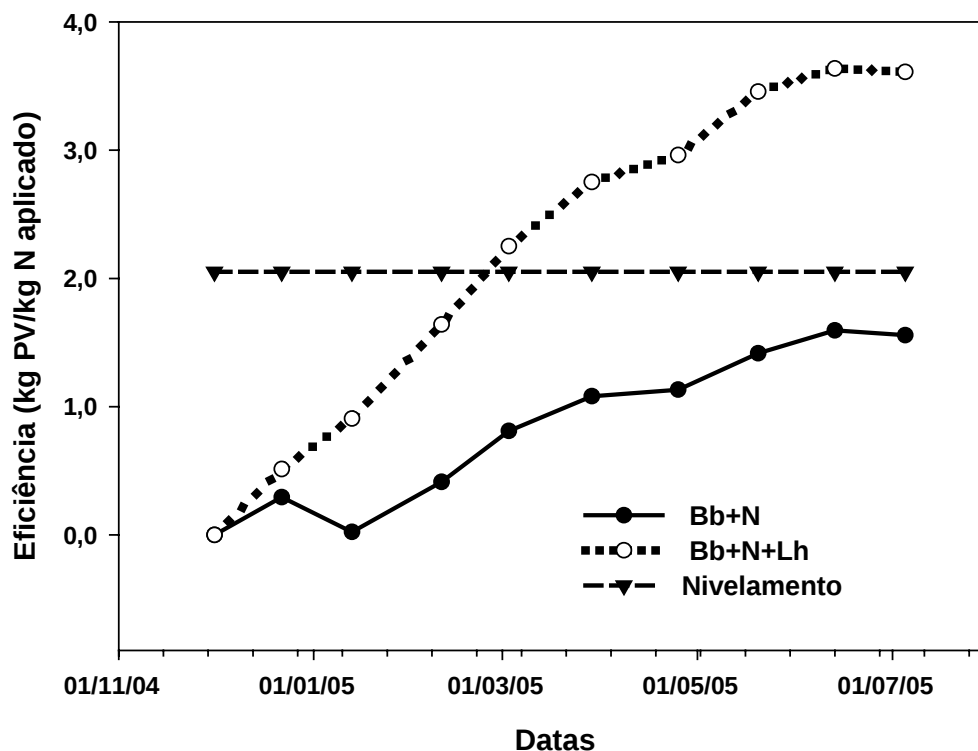


Figura 23. Eficiência na produção de peso vivo por quantidade de nitrogênio (N) aplicado como fonte a uréia (kg PV/ Kg N), em pastagem de *Brachiaria brizantha* pura (B.b+N) e consorciada com *Leucaena* híbrida (B.b.+N+Lh) - Ano 2.

Nos dois períodos avaliados a aplicação de 60 kg/ha de nitrogênio à pastagem pura de gramínea não permitiu que o ponto de nivelamento fosse atingido. Os valores de eficiência estão dentro de parâmetros considerados normais, entretanto, a relação entre insumo e produto foi desfavorável, além da produtividade adicional ter sido reduzida (94 kg PV) em relação ao T1. Maiores produtividades poderiam ser obtidas com outra categoria animal, como machos em recria ou terminação, possibilitando resultados econômicos mais favoráveis. Fica evidenciada a fragilidade bio-econômica do uso de fertilizantes, especialmente nitrogenados, em função das características inerentes ao processo produtivo e das relações de troca entre insumos e produtos.

Os valores de eficiência do N fertilizante alcançaram os pontos de nivelamento, independentemente da fonte de fertilizante, quando em presença da leguminosa. A presença de *Leucaena* no sistema ampliou, a possibilidade de alcançar uma das proposições econômicas básicas no processo de fertilização nitrogenada em pastagens; ou seja, o pagamento dos custos dos fertilizantes e demais insumos necessários, para sustentar a maior lotação advinda de seu uso, resultando em retorno econômico favorável.

Diante das incertezas na relação de troca entre insumos e produtos, e das ineficiências inerentes ao processo de conversão do N fertilizante, a consorciação da pastagem adubada com *Leucaena* mostra-se recomendável para minimizar os riscos econômicos da exploração animal em regime de pastagem, por seu papel na melhoria do valor nutritivo da dieta e conseqüente desempenho animal.

4.4 Conclusões

O híbrido de *Leucaena*, em pastagens consorciadas com *Brachiaria brizantha*, responde pelos incrementos significativos no ganho médio diário, na produção por animal e na produtividade, quando comparado com o desempenho animal em pastagem pura de gramínea, nos dois anos de avaliação. O acréscimo no ganho médio diário de peso foi de 25% e a produtividade foi elevada em 33%, em relação à pastagem pura de *Brachiaria brizantha*, no mesmo nível de fertilização nitrogenada. O consumo adicional de proteína por animal proporcionado pela leguminosa é de 402g/animal/dia no primeiro ano e 616 g /animal dia no segundo ano.

Os animais apresentam consumo preferencial da leguminosa com base na análise $\delta^{13}\text{C}$ das fezes. A participação de *Leucaena* foi de 22,31% da dieta, avaliada no quinto dia do período de pastejo, e 4,17% ao término do período de pastejo.

As diferenças observadas de uréia sangüínea entre animais consumindo pastagem pura (6,7 mg/dL) e em pastagem consorciada (15,75 mg/dL) indicam condições nutricionais adequadas para expressão de maiores ganhos por animal no tratamento consorciado. Entretanto, a grande variação nos valores de NUP ao longo do período de avaliação, com valores médios próximos a 20 mg/dL, indicam a possibilidade de perda de nitrogênio via excreção urinária. Há, portanto, indícios de desbalanço entre energia e proteína, o que pode estar comprometendo o ganho por animal e a eficiência do uso da proteína da dieta.

Na condução do ensaio não foram observados sintomas clínicos e depressão aparente do ganho por animal, mas os resultados demonstram a necessidade de mais estudos sobre os efeitos da mimosina, uma vez que houve redução significativa nos valores de triiodotironina em animais consumindo dietas com *Leucaena*.

Os incrementos obtidos no GMD e na produtividade na pastagem consorciada resultaram em maior eficiência em termos de kgPV/kg de N aplicado. Os valores obtidos indicam retorno bioeconômico da fertilização nitrogenada em pastagens consorciadas com o híbrido interespecífico 11X25 de *Leucaena*.

CAPÍTULO 5. CONSIDERAÇÕES E IMPLICAÇÕES

A cultivar de *Leucaena* 11X25, originária do cruzamento interespecífico, apresenta capacidade de produção de forragem superior à da cultivar comercial Cunningham, em solos com baixos valores de saturação por bases. A produção de massa vegetal deste híbrido não respondeu à elevação na saturação de Al, pH e teores de cálcio e magnésio do solo. Considerando que essas características químicas do solo restringem a implantação e a longevidade da cultivar Cunningham, em associação com gramíneas ou em cultivo puro, o híbrido apresenta vantagens agronômicas valiosas que o credenciam como mais uma alternativa forrageira para implantação de pastagens consorciadas. Outra característica relevante é a persistência por mais de seis anos sob pastejo em solos com baixa fertilidade química.

A utilização do híbrido em pastagens consorciadas pode ser adotada com sucesso com a maioria das forrageiras cultivadas em ambiente de pastagens. Dentre as possíveis associações com gramíneas forrageiras, poderão ser incluídas as espécies do gênero *Brachiaria* predominantes em mais de 80% das pastagens cultivadas. A compatibilização da exigência nutricional das plantas na comunidade vegetal pode significar maior longevidade e persistência dos componentes, assegurando menores investimentos e rentabilidade para a atividade pecuária.

A intensificação de sistemas de produção em regime de pastagens deverá ser pautada pelo uso eficiente dos recursos naturais e financeiros, buscando minimizar riscos de perdas econômicas. A utilização de leguminosas como *Leucaena*, com maior expectativa de persistência em associação com gramíneas forrageiras, incrementando a produção por animal e a produtividade, vêm ao encontro dessas premissas. A capacidade de tamponamento exercida pela leguminosa quanto à manutenção de um valor nutritivo mais elevado e constante na forragem, assegurando maior ganho por animal, é um dos aspectos do processo de intensificação da produção animal e minimização de riscos.

O aporte adicional de proteína produzido pela *Leucaena* em pastagens consorciadas abre novas alternativas para intensificação da produção durante a

estação chuvosa. O valioso aporte de proteína poderá ser convertido, com melhores resultados, em proteína animal pela associação com fontes suplementares de energia na dieta. Os valores observados no presente trabalho indicam a possibilidade de ganhos em eficiência na utilização da proteína pela obtenção de um melhor sincronismo entre energia e proteína na dieta. Esses estudos ganham importância à medida que houver maior participação da leguminosa na dieta. Estudos com animais em recria e terminação, visando ao sincronismo energético e protéico deverão ser conduzidos para comprovação da possibilidade de maximização da produção e viabilidade econômica.

Os resultados obtidos em dois anos de avaliação na recria de fêmeas Nelore, em pastos consorciados com *Leucaena*, registraram taxas diárias de ganho de peso que permitiram alcançar peso de cobertura (300 kg PV) com idade inferior a 20 meses. Entretanto, esses resultados não foram acompanhados pela puberdade das fêmeas, o que indica a necessidade, nesse regime alimentar, de animais mais precoces. Portanto, uma melhor indicação seria a utilização da *Leucaena* em consórcio para terminação de fêmeas, especialmente animais cruzados, e recria e terminação de machos.

Estudos do efeito da mimosina sobre parâmetros fisiológicos, como o metabolismo do iodo, produtivo e reprodutivo em fêmeas, necessitam ser aprofundado, uma vez que foi detectado indício de toxidez causada por esse aminoácido. A recomendação de uso, em larga escala, do novo híbrido de *Leucaena* deverá ser precedida da avaliação dos reais riscos de intoxicação e possíveis prejuízos ao desempenho animal. Deverão ser avaliadas a pertinência e a eficácia da introdução da bactéria *Sinergistes jonesii* em rebanhos alimentados com essa leguminosa, visando eliminar ou minimizar os efeitos da mimosina e seus derivados (DHP).

A ocorrência de psílideo (*Heteropsylla cubana*) em *Leucaena* já havia sido assinalada como responsável por danos severos às plantas, sendo uma das principais limitações à adoção e ao uso de *Leucaena* na Ásia e Oceania. No Brasil, embora identificada a presença do inseto, os danos relatados não foram severos; entretanto, à medida que os cultivos forem ampliados existe a possibilidade de que os ataques sejam mais intensos e causem danos à produção de forragem. O caminho para superação do problema passa pela pesquisa e desenvolvimento de cultivares resistentes à praga.

Países que cultivam tradicionalmente essa leguminosa já dispõem de cultivares resistentes, empregando a mesma base genética da cultivar híbrida 11X25. Fontes de resistência existem, sendo necessários trabalhos de melhoramento focados na busca de cultivares tolerantes ou resistentes à praga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDISON, K.B., CAMERON, D.G. AND BLIGHT, G.W. Effect of leucaena and peanut meal supplements fed to steers grazing native pasture in sub coastal southeast Queensland. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 18, n. 3, p. 121-130, 1984.

ADLER, P.R.; WILCOX, G.E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 16, n. 11, p. 1153-1163, 1985.

AGUIAR, A.P.A.; REIS, G.S., AMARAL, G.C. et al.. Produtividade de carne em sistemas intensivos nas pastagens de Mombaça, Tanzânia e Tifton-85 na região do Cerrado. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2002. 1 CD-ROM

AHN, J.H., ROBERTSON, B.M., ELLIOTT, R., GUTTERIDGE, R.C. AND FORD, C.W. Quality assessment of tropical browse legumes: tannin content and protein degradation. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 27, n. 1-2, p. 147-156, 1989.

ANUÁRIO DBO 2005. **Revista DBO**, São Paulo, n. 292, p.3-58, 2005.

ALLISON, M.J., MAYBERRY, W.R.; McSWEENEY, C.S.; STAHL, D.A. Synergistes jonessi, gen. nov., sp. Nov.: a rumen bacterium that degrades toxic pyridinediols. **Systematic and Applied Microbiology**, Stuttgart, v 15, p. 522-529, 1992.

ANDREW, C. S.; JOHNSON, A. D.; SANDLAND, R. L. Effect of aluminium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 24, n. 3, p.325-339, 1973.

ANUALPEC 2004. **Anuário da Pecuária Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2003. 376 p.

ARAÚJO NETO, R.B.; SIQUEIRA, S.C.P.; GIRARDI, J.L. **Comportamento de cultivares híbridos de Leucaena spp. Em condições de Cerrado de Roraima**. Boa Vista: Embrapa/CPAF, 1994, 5 p. (Embrapa CPAF. Comunicado Técnico n. 3)

ARRUDA, Z.N. A pecuária bovina de corte no Brasil e resultados econômicos de sistemas alternativos de produção. In: SIMPÓSIO SOBRE PECUÁRIA DE CORTE, 4, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 259-273.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analytical chemists**. 12 ed. Washington: AOAC, 195. 1094p.

AUSTIN, M.T; WILLIAMS, M.J.; HAMMOND, A.C.; FRAN, J.H.; CHAMBLISS, C.G. Establishment, forage production and nutritive value of *Leucaena* in central Florida. **Agronomy Journal**, Madison, v. 87, n. 5, p. 915-920, 1995.

BALSALOBRE, M.A. **Valor alimentício do capim Tanzânia**. 2002. 113 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BAMUALIM, A., JONES, R.J. AND MURRAY, R.M. Nutritive value of tropical browse legumes in the dry season. **Proceedings of the Australian Society of Animal Production**, Armidale, v. 13, p. 229-232, 1980.

BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8, 1996, Brasília. **Anais ...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p.130-136.

BARCELLOS, A.O. Avaliação agronômica de híbrido interespecífico de *Leucaena* e sua qualidade em associação com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu 2006, 217p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006. (no prelo)

BARCELLOS, A.O.; ANDRADE, R.P.; KARIA, C.T.; VILELA, L. Potencial e uso de leguminosas forrageiras dos gêneros *Stylosanthes*, *Arachis* e *Leucaena*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, 2001a. p. 365-426.

BARCELLOS, A.O; VILELA, L.; ZOBY, J.L.F. **Estabelecimento de *Leucaena* associada com cultivos anuais**. Brasília:Embrapa Cerrados, 2001. 4p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico 64)

BARIONI, L. G., MARTHA JÚNIOR, G. B., RAMOS, A. K. B., VELOSO, R. F. RODRIGUES, D. C., VILELA, L. 2003. Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo.. In SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20, 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-153

BARRY, T.M.; DUNCAN, S.J. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. Voluntary intake. **British Journal of Nutrition**, 51, 485-91.

BARRY, T.M.; FROSS, D.A. The condensed tannin content of vegetative *Lotus pedunculatus*, its regulation by fertilizer application, and effect upon protein solubility. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 34, n. 5, p. 1047-1056, 1983.

BARROS, A. L. M., ZIMMERMANN, A., SOUZA, C. R. S., ICHIHARA, S.M. Considerações acerca da avaliação de projetos de investimentos. In SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 20, 2003, Piracicaba. **Anais...** FEALQ: Piracicaba, São Paulo, 2003. p. 301 -326

BERRY, J.N.; DUNCAN, S.J.; SADLER, W.A.; MILLAR, K.R.; SHEPPARD, A.D. Iodine metabolism and thyroid hormone relationships in growing sheep fed on kale (*Brassica oleracea*) and ryegrass (*Lolium perenne*)-clover (*Trifolium repens*) fresh-forage diets. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 49, n. 4, p. 241-253, 1983.

BYERS, F.M.; MAXON, A.L. Protein and selenium levels for growing and finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 50, n.6. p. 1137-1144, 1980.

BLAIR, G. J; LITHGOW, K. B; ORCHARD, P. W. The effects of pH and calcium on the growth of *Leucaena leucocephala* in an oxisol and ultisol soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.106, n. 2, p.209-214, 1988.

BLARNEY, F.P.C.; HUTTON, E.M. Tolerance of *Leucaena* to acid soil. In. *Leucaena- OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS*, 1994, Bongor. **Proceedings....**Bongor-Indonésia: ACIAR, 1994, p. 83-86.

BLUNT, C.G.; JONES, R.J. Steer liveweight gain in relation to the proportion of time on *Leucaena leucocephala* pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.11, n. 2, p. 159-164, 1977.

BONSI, M.L.K.; OSUJI, P.O.; TUAH, A.K. Effect of supplementing teff straw with different levels of leucaena or sesbania levels on the degradabilities of teff straw, sesbania, leucaena, tagasaste and vernonia and certain rumen and blood metabolites in Ethiopian Menz sheep. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 52, n. 1-2, p. 101-129, 1995.

BOUTTON, T.W. Stable carbon isotope ratios of soil organic matter and their use as indicators of vegetation and climate change. In: BOUTTON, T.W.; YAMASHI, S. **Mass spectrometry of soils**. New York:Marcel Dekker, 1996. cap. 2, p. 47-82.

BRAY, R.A. The Leucaena Psyllid. In: GUTTERIDGE, R.C; SHELTON, H.M. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. Wallingford, CAB International, 1994. chap. 6, p. 283-291.

BRAY, R.A.; COOKSLEY, D.G; HALL, D.G.; RATCLIFF, D. Performance of fourteen Leucaena lines at five sites in Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 28, p. 69-76, 1988.

BRAY, R.A.; HOEKSTRA, J. The effect of moisture stress on mimosine content of *Leucaena leucocephala*. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15, 1985, Kyoto. **Proceedings...**Nagoya:The Japanese Society of Grassland Science, 1985., p. 356-357.

BRAY, R.A. Possibilities for developing low mimosine *Leucaena*. In: *Leucaena- OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS* 1994, Bongor,. **Proceedings...** Bongor-Indonésia: ACIAR, 1994. p. 119-124.

BURLE, S.T.M.; SHELTON, H.M.; DALZELL, S.S. Nitrogen cycling in degraded *Leucaena leucocephala-Brachiaria decumbens* pastures on a acid infertile soil in south-east Queensland, Australia. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 37, p. 119-128. 2003.

BURNS, J.C.; LIPPKE, H.; FISHER, D.S. The relationship of herbage mass characteristics to animal responses in grazing experiments. In. MARTEN, G.C. **Grazing research: design, methodology and analysis**. Madson: Crop Science Society of America/American Society of Agronomy, 1989. chap. 1, p. 7-20.

BUTTER, N.L.; DAWSON, J.M.; BUTTERY, P.J. Effects of dietary tannins on ruminants. In: CAYGILL, J.C.; MUELLER-HARVEY, I. **Secondary Plants Products: antinutritional and beneficial actions in animal feeding**. Nottinhan: Nottinhan University Press, 1999, cap. 5, p. 51-70.

CABRAL, L.S; VALADARES FILHO; MALAFAIA, P.A.M.; et al. Frações protéicas de alimentos tropicais e suas taxas de digestão estimadas através da incubação com proteases oriundas da microbiota ruminal. In. REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA

DE ZOOTECNIA, 38, 1999, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre-RS:Sociedade Brasileira de Zootecnia,1999. 1 CD-ROM.

CADISCH, G., SCHUNKE, R.M. GILLER, K.E. Nitrogen cycling in a pure grass pasture and a grass-legume mixture on a red latosol in Brazil. **Tropical Grassland**, Brisbane, v.28, n.1, 1994.

CAMPBELL, A.G. Grazed pasture parameter. I. Pasture dry-matter production and availability in a stocking rate and grazing management experiment with dairy cows. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 67, n.2, p.199-210, 1966.

CAMPOS, F.P. NUSSIO,C.M.B.; NUSSIO, L.G. **Métodos de análise de alimentos**. In:_____. Piracicaba:FEALQ, 2004. 135p.

CANTARUTTI, R.B.; BODDEY, R.M. Transferência de nitrogênio das leguminosas para gramíneas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 1997, Viçosa- MG. **Anais....** Viçosa/UFV, 1997. p. 431-455.

CANTARUTTI, R.B.; TARRÉ, R.; MACEDO, R. et al. Forage legume presence and grazing intensity effect on nitrogen dynamics in *Brachiaria* pastures in South of Bahia, Brazil. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba:FEALQ, 2001. p. 102-103.

CARVALHO, P.C.F; POLI, C.H.E.C.; NABINGER, C; MORAES, A. Comportamento ingestivo de bovinos em pastejo e suas relações com a estrutura da pastagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001, Piracicaba. **Anais....**, Piracicaba:FEALQ, 2001. p. 853-871.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (CIAT). Informe Anual 1972. Cali, Colômbia: CIAT, 1973. 192 p.

CARVER, L.A.; BARTH, K.M. et al. Plasma urea nitrogen levels in beef steers grazing nitrogen-fertilized bermudagrass and orchardgrass-ladino pastures. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 47, n.4, p. 927-934. 1978

CLEM, R.L.; ESDALE, C.R., CONWAY, M.J.; MACINTYRE, D. Beef production from commercial *Leucaena leucocephala* pastures in dry subtropical environment. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North:New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2023-2025.

COATES, D.B.; SCHACHENMANN, P. & JONES, R.J. Reliability of extrusa samples collected from steers fistulated at oesophagus to estimate the diet of resident animals in grazing experiments. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v.27, n.6, p. 739-745, 1987.

COATES, D.B.; VAN DER WEIDE, A.P.A.; KERR, J.D. Changes in faecal $\delta^{13}\text{C}$ in response of legume (C3) and grass (C4) in the diet of sheep and cattle. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 116, n.2, p. 287-295, 1991.

COOKSLEY, D.G; GOWARD, E.A. Effect of plant density and spatial arrangement on the yield of *Leucaena leucocephala* cv Peru in subcoastal south-eastern Queensland. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 28, n. 5, p. 577-585. 1988.

CORBETT, J.L. Measurement of the forage intake of grazing animals. In: WHEELER, J.L. & MOCHRIE, R.D. **Forage evaluation: concepts and techniques**. Armidale:CSIRO, 1981. p. 287-312.

CORRÊA, L.A. Produção de gado de corte em pastagens adubadas. In: SIMPÓSIO GOIANO SOBRE PRODUÇÃO DE BOVINO DE CORTE, 1999 Goiânia. **Anais**. Goiânia:CBNA, 1999. p. 81-94.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1997, Piracicaba. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p.161-192

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; BALSALOBRE, M.A.A. et al. Tendências e perspectivas da produção de bovinos sob pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 17, 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p.3-69.

CORSI, M.; NASCIMENTO JUNIOR, D. Princípios de fisiologia e morfologia de plantas forrageiras aplicadas no manejo de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C; FARIA, V.P. (Ed). Pastagens: Fundamentos da exploração racional. 2ed. Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 15-48.

CORSI, M.; NUSSIO, L.G. Manejo do capim-elefante: correção e adubação do solo. In. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 10, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1993. p.87-115.

COSTA, B.M; MENDONÇA, C.A.G. CALAZANS, J.A.M. **Forrageiras arbóreas suculentas para formação de pastagens**. Cruz das Almas: IPEAL, 1973. 24p. (Ministério da Agricultura-IPAL-Circular 34)

COSTA, E.S.; SOUZA, A.A.; BEZERRA NETO, F. Valor nutritivo e efeito de diferentes níveis de feno de *Leucaena* sobre o consumo e digestibilidade de rações. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 9, p. 1357-1366. 1990.

COSTA, N.L., PAULINO, V.T, OLIVEIRA.J.R.C. et al. Efeito da calagem e fertilização fosfatada sobre o rendimento de forragem e composição química da *Leucaena*

(*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) nos Cerrados de Rondônia- Brasil. In: PRIMERA REUNIÓN SOBRE SABANAS. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), 1, 1992, Brasília. Brasília: EMBRAPA-CIAT, 1992. p. 415-419. (Documento de Trabajo 117).

COUTINHO, L. 2004. Terreno fértil. Revista Veja, 37:65-70. (Veja Edição Especial).

COUTO, W., HUTTON, E.M., BARCELLOS, A.O. Fontes de Ca^{+2} no crescimento de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* cv. Cunningham) In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 22, Camburiú-SC, 1985. **Anais...** Camburiú:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1985. p.327

D' MELLO, J.P.F. Anti- nutritional substances in legumes seeds. In: D'MELLO, J.P.F.; DEVENDRA,C. **Tropical Legumes in Animal Nutrition**. Wallingford: CAB International, 1995, cap. 6, p. 136-171.

D' MELLO, J.P.F. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 38, n. 2-3, p. 237-261, 1992.

Da SILVA, S.; CORSI. M. Manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20, 2003, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba:FEALQ, 2003. p. 155-186.

DALZELL, S.A. STEWART, J.L; TOLERA, A. McNEILL, D.M. Chemical composition of *Leucaena* an implications for forage quality. In: *Leucaena*- ADAPTATION, AVAILABILITY AND FARMING SYSTEM, 1998, Hanoi. **Proceedings...** Hanoi:ACIAR, 1998. p. 227-246. (ACIAR Proceedings, 86)

DALZELL, S.A; BURNETT, D.J.; DOWSETT, J.E.; FORBES V.E.; SHELTON, H.M. Toxicity in beef cattle grazing *Leucaena leucocephala* in Queensland, Australia In:INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005, Dublin. **Proceedings...** Dublin-Ireland: University College Dublin, 2005. section 6, p. 544.

DIKSON, W. Glândulas endócrinas. In: SWENSSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993, cap. 6, 1993. p. 521-548.

DUBLE, R.L.; LANCASTER, J.A.; HOLT, E.C. Forage characteristics limiting animal performance on warm-season perennial grasses. **Agronomy Journal**, Madison , v.63, n.4 , p. 795-798, 1971.

EUCLIDES, V. P. B; EUCLIDES FILHO, K; COSTA, F. P.; FIGUEREDO, G. R. Desempenho de novilhos F1s angus-nelore em pastagens de *Brachiaria decumbens* submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 470-481, 2001a.

EUCLIDES, V.P.B. Produção intensiva de carne bovina em pasto. In. Simpósio de produção de gado de corte, 2, 2001, Viçosa,. **Anais...** Viçosa: Bittencourt et al.. Departamento de Zootecnia, 2001b. p 55-82.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VIEIRA, A.; OLIVEIRA, M.P. de. Evaluation of *Panicum maximum* cultivars under grazing. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17. 1993. Palmerston North, **Proceedings...** Palmerston North. New Zeland Grassland Assciation, 1993b. p. 1999-2000.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; VIEIRA, A.; OLIVEIRA, M.P. de. Evaluation of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria brizantha* under grazing. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17. 1993, Palmerston Northa. Palmerston North, **Proceedings...** Palmerston North. New Zeland Grassland Assciation, 1993a. p. 1997-1998.

EUCLIDES, V.P.B.; CARDOSO, E.G.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Voluntary intake of *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk and *Brachiaria brizantha* cv. Marandu under grazing. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n.6 p. 2200-2208, 2000.

EUCLIDES, V.P.B.; EUCLIDES FILHO, K.; ARRUDA, Z.J.; FIGUEIREDO, G.R. Desempenho de novilos em pastagens de brchiaria decumbens submetidos a diferentes regimes alimentares. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.27 n. 2, 1998a, p. 246-254.

EUCLIDES, V.P.B.; MEDEIROS S.R. **Valor nutritivo das principais gramíneas cultivadas no Brasil**. Campo Grande –MS:Embapa Gado de Corte, 2003. 43p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos 139)

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Animal production in tropical pastures recovered by subsoiling and fertilization in the cerrados of Brazil. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba:FEALQ, 2001. p.841-842.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.;OLIVEIRA, M.P. Avaliação de diferentes métodos de amostragem para se estimar o valor nutritivo de forragens sob pastejo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 4, 1992. p. 691-702.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; et al. Valores nutritivos de cinco gramíneas sob pastejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECHNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais.....** Fortaleza:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996. p. 90-92.

EUCLIDES, V.P.B.; MACEDO, M.C.M.; OLIVEIRA, M.P. Beef cattle production on renovated grass pasture in the savannas of Brazil. In. INTERNATIONAL GRASSLAND

CONGRESS, 18, 1997, Winnipeg, Saskatoon.. **Proceedings...** , (s.l: s.n., 1997) p. 29-109/29-110.

FALVEY, L. The effects of *Leucaena leucocephala* on cattle in the Northern Territory. **Australian Veterinary Journal**, Brunswick, v. 52, p. 243, 1976.

FARQUHAR GD, EHLERINGER JR, HUBICK KT .Carbon isotope discrimination and photosynthesis. Annual Review Plant Physiology. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v.40, p. 503-537,1989.

FERNANDES, L.O.; REIS, R.A.; PAES, J.M.V. et al. Desempenho de novilhos Limosin mantidos em pastagens de *Brachiaria brizantha*. In. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2003. 1. CD-ROOM.

FERREIRA, D.F. **Sistema para análise de variância para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras:Universidade Federal de Lavras, 1999. 92p.

FERRARIS, R. Productivity of *Leucaena leucocephala* in the wet tropics of North Queensland. **Tropical Grassland**, Brisbane, v.13, n. 1, p. 20–27. 1979.

FERREIRA, T.A.; ALCÂNTARA, P.B. et al. Avaliação qualitativa da marcha de excreção de DHP (Dihidroxipuiridina) pela urina de búfalos consumindo *Leucaena leucocephala*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais.....** Fortaleza:Sociedade Brasileira de Zotecnia, 1996. p. 286-287.

FIRKINS, J.L. Maximizing microbial protein syntesis in the rumen. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v.126 (supplement), p.1347-1354, 1996.

FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animal**. Wallinford:CAB International, 1995, cap. 10, p. 204-225.

FOY, C. D. Plant adaptation to acid aluminum-toxic soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 19, p. 959-987, 1988.

FRANÇA DANTAS, M.S.; VILELA, L.; ARAUJO, R.B. et al. Interação genótipo X ambiente de *Leucaena spp.* Nas condições dos Cerrados. In: PRIMERA REUNIÓN SOBRE SABANAS. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), 1, Brasília, 1992. Brasília: EMBRAPA-CIAT, 1992. p. 367-373. (Documento de Trabajo 117).

FRANZOLIN NETO, R., VELLOSO, L. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit em rações para ovinos. 1. Valor nutritivo. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v.15, n.5, p.409-414, 1986a.

FRANZOLIN NETO, R., VELLOSO, L.. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit em rações para ovinos. 2. Toxicidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 15 n.5, p. 415-424, 1986b.

GARCIA, G.W.; FERGUSON, T.U. et al. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.60, n. 1-2, p. 29-41, 1996.

GILLER, K.E; ILSON, K.F. **Nitrogen fixation in tropical systems**. Wallingford-UK: CAB. 313p. 1991.

GODOY, P.B.; BUENO, I.C.S; CABRAL FILHO, S.L.S.et al,. Caracterização de leguminosas forrageiras quanto a composição química e a quantificação de taninos. In. REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...**Santa Maria-RS:Sociedade Brasileira de Zootecnia,2003. 1 CD-ROM.

GOEDERT, W.J. Management of the cerrado soil of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, Cambridge, v. 34, p. 405-428, 1983.

GÓIS, S.L.L.; VILELA, L.; PIZARRO, E.A et al. Efeito de calcário, fósforo e potássio na produção de forragem de *Arachis pintoi*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996, p. 73-74.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba:Sociedade Brasileira de Zootecnia/FEALQ, 2001. p. 808-825.

GOMIDE, J.A. Aspectos biológicos e econômicos da adubação de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 1989, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal:FUNEP, 1989. p.237-270.

GRACE, N.D.; BODY, D.R. The possible use of long chain (C19-32) fatty acids in herbage as an indigestible faecal marker. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 97, n.3, p. 734-735, 1981.

GREANEY, K. B., REYNOLDS, G. W., ULYATT, M. J., *et al.* The metabolic cost of hepatic ammonia detoxification. **Proceedings of New Zealand Society of Animal Production**, Armidale, v.56, p.130-132, 1996.

GRAY, S.G. Inheritance of growth habit and quantitative characters in intervarietal crosses in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Australian Journal of Agricultural Research**, Victoria, v.18, n.1, p.63-70, 1967.

GUEVARRA, A.B.; WHITNEY, A.S. THOMPSON, J.R. Influence of intra-row spacing and cutting regimes on the growth and yield of *Leucaena*. **Agronomy Journal**, Madison, v. 70, n. 6, p. 1033-1037, 1978.

GUPTA, B.K.; AHUJA, A.K.; MALIK, N.S. I. Seasonal variation in antiquality factors of *Leucaena leucocephala* in India. **Leucaena Research Report**, v. 13, p.26-28, 1992.

HAMILTON, R.I.; DONALDSON, L.E.; LAMBOURNE, L.J. *Leucaena leucocephala* as a feed for dairy cows: direct effect on reproduction and residual effects on the calf and lactation. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 22, n. 4, p.681-692, 1971.

HAMMOND, A.C. High "BUN" level a sign of protein waste. **Agricultural Research**, Washington, 1994.

HAMMOND, A.C. The use of blood urea nitrogen concentration as an indicator of protein status in cattle. **The bovine practitioner**, Stillwater, v.18, p. 114-118, 1983.

HAMMOND, A.C., KUNKEL, W.E.; BATES, D.B.; SOLLENBERGER, L.E. Use of blood urea nitrogen concentration to predict response to protein or energy supplementation in

grazing cattle. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Palmerston North. Palmerston North, **Proceedings...** Palmerston North. New Zeland Grassland Assciation, 1993a. p. 1989-1991.

HAYNES, R. J. Effects of liming on phosphate availability in acid soil. A critical review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 68, n. 3, p. 289-308, 1982.

HERGARTY, M.P.; SCHINKEL, P.G.; COUT, R.D. reaction of sheep to the consumption of *Leucaena glauca* Benth. And to its toxic principle mimosine. **Australian Journal Agricultural Research** , Victoria, v. 15, n. 1, p. 27-40, 1964.

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. John Wiley & Sons Inc., Longman Scientific & Thecnical, 1990. 203p.

HODGSON, J; Da SILVA. S. Options in tropical pasture management. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais....**, Recife:Sociedade Brsileira de Zootecnia, 2002. p. 180-204.

HODGSON, J. Ingestive behaviour. In. LEAVER, J.D. (ed.) **Herbage inteke handbook**. Hurley: British Grassland Society, 1982. p. 113-138.

HUDGHES, C.E. **Leucaena- A genetic Resources Handbook**. Oxford: Oxford University Press, 1998. 280p (Tropical Forestry Paper 37).

HUTTON, E. M. Acid soil tolerant hybrids in the tree legume, leucaena. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 15, 1985, Kyoto. **Proceedings...** Nagoya:The Japanese Society of Grassland Science, 1985. p.199-201.

HUTTON, E. M. **Consultant final report**. Brasília-DF/ IICA/ Embrapa-PROCENSUL II. 1987. 24p.

HUTTON, E. M. Natural crossing and acid tolerant in some leucaena species. **Leucaena Research Report**, Trinidad, v. 2, n.1, p. 2-4, 1981.

HUTTON, E. M.; GRAY, S. G. Problems of adapting *Leucaena glauca* as a forage for the Australian tropics. **Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v.27, p.187-196, 1959.

HUTTON, E.M. Breeding and selecting leucaena for acid tropical soil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 19, n. 2 p. 263-274, 1984.

HUTTON, E.M. Field selection of acid-soil tolerant *Leucaena* form *L. leucocephala* x *L. diversifolia* crosses in a tropical oxisoil. **Tropical agriculture**, Trinidad, v. 32, n. 1, p. 2-8, 1990.

HUTTON, E.M.; BEATTIE, V.W. Yield, characteristics in three bred lines of the legume *Leucaena leucocephala*. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 10, n. 3, p. 187-194, 1976.

HUTTON, E.M.; CHEN, C.P. Meeting the challenge of *adapting Leucaena leucocephala* to the acid oxisols of South America and south-east Asia. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17, 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North. New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2124-2125.

HUTTON, E.M.; SOUSA, F.B. Degeneration of Cunningham leucaena in a acid soil. **Leucaena Research Report**, Trinidad, v. 7, p. 28-30. 1986.

HUTTON, E.M.; SOUSA, F.B. Field reaction of Cunningham leucaena to calcium treatments at plantain in a oxisoil. **Leucaena Research Report**, Trinidad, v. 8, p. 1-24. 1987.

IBGE. 1997. Anuário Estatístico do Brasil – 1997. Rio de Janeiro, Brasil.

IBGE. 2002. Pesquisa Pecuária Municipal. Rio de Janeiro, Brasil.

JAKSON, F.S.; BARRY, T.N.; LASCANO, C.; PALMER, B. The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forage legumes. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 71, n. 1, p. 103-110, 1996.

JONES, R.J.; BLUNT, C.G.; HOLMES, J.H.G. Enlarged thyroid glands in cattle grazing *Leucaena* pastures. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 10, n. 3, p. 113-116, 1976.

JONES, R.M.; HARRISON, R.E. Note on the survival of individual plants of *Leucaena leucocephala* in grazed stands. **Tropical Agriculture**, Trinidad, 57, n. 3, p. 265-266, 1980.

JONES, R.M. The role of *Leucaena* in improving the productivity of grazing cattle. In **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**, 1994, Wallingford. Wallingford, Oxford: CAB International, 1994, chap. 4.5, p. 232–244

JONES, R.J.; HEGARTY, M.P. The effect of different proportions of *Leucaena leucocephala* in the diet of cattle on growth, feed intake thyroid function and urinary excretion of 3-hidroxy-4(1H)- piridone. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 35, p. 317-325, 1983.

JONES, R.J.; LASCANO, C.E. Oesophageal fistulated cattle can give unreliable estimating of the proportion of legumes in the diets of resident animals grazing tropical pastures. **Grass and Forage Science**, Oxford, v.47, n. 1 , p.128-132, 1992.

JONES, R.J.; MEGARRITY, R.G. Comparative toxicity responses of goats fed on *Leucaena leucocephala* in Australia and Hawaii. **Australia Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 34, n. 6, p. 781-790. 1983.

JONES, R.J.; PALMER, B. In vitro digestión studies using ¹⁴C-labelled polyethylene glycol (PEG) 4000: comparison of six tanniniferous shrub legumes and the grass *Panicum maximum*. **Animal Feed Science and Technology**, v.85, n. 3-4, p. 215-221, 2000.

JONES, R.J.; LUDLOW, M.M; THOUGHTON, J.H. & BLUNT, C.G. Estimation of the proportion of C₃ and C₄ plant species in the diet of animals from the ratio of natural ¹²C and ¹³C isotopes in the faeces. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.92, n.1, p. 91-100, 1979.

JONES, R.M., McLENNAM, M.W.; DOWSETT, K.F. The effect of *Leucaena leucocephala* on the reproduction of beef cattle grazing leucaena/grass pastures. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 23, n.3, 108-114, 1989.

JUNG, H.G.; ALLEN, M.S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Anima Science**, Champaign, v. 73 n. 9, p. 2774-2790, 1995.

KEARL, L. C. **Nutrient requirements of ruminants in developing countries**. Logan:International Feedstuffs Institute/ Utah Agricultural Experimental Station/ Utah State University. 1982. 381p.

KLEIJANS, J.K. Mineral composition of *Leucaena leucocephala* foliage. **Leucaena Research Report**, v. 5 p. 52-83, 1984

KLIEVE, A.V.; OUWERKERK, D.; TURNER, A. et al. The production and storage of a fermentor-grown bacterial culture containing *Syneristes jonessi*, for protecting cattle against mimosine and 3-hydroxy-4(1H)-pyridone toxicity from feeding *Leucaena leucocephala*. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v.53, n. 1, p. 1-5, 2002.

KUMAR, R., D'MELLO, J.P.F. Ant-nutritional factors in forage legumes. In: D'MELLO, DEVENDRA, C. **Tropical Legumes in Animal Nutrition**. Wallingford CAB International, 1995. p. 95-133.

LANNA, D.P., PARKER, I.H. Eficiência biológica e econômica de bovinos de corte. In: WORKSHOP SOBRE QUALIDADE DE CARNE E MELHORETAMENTO GENÉTICO DE BOVINOS DE CORTE, São Carlos, 1998. **Anais....** São Carlos: FUNDEPES, 1998. p.83-104.

LARKIN, P.J., TANNER, G. J., JOSEPH, R.G., KELMAN, W.M. Modifying condensed tannin content in plants. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1997. Winnipeg, Saskatoon. **Proceedings...**, (s.l: s.n., 1997). p. 167-178.

LASCANO, C. E. Selective grazing on grass-legume mixtures in tropical pastures. In: GRASSLAND ECOPHYSIOLOGY AND GRAZING ECOLOGY, 1, 1999, Curitiba **Anais....** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999. p.151-164.

LASCANO, C.E.; EUCLIDES, V.P.B. Nutritional quality and animal production of Brachiaria. In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VILLE, C.B. **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali/Campo Grande: CIAT/ EMBRAPA-CNPQC, 1996. p.106-123.

LESLEIGHTER, L.C; SHELTON, H.M. Adaption of the shrub legume *Leucaena leucocephala* in Central and Southeast Queensland. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 20, n.2, p. 97-106, 1986.

LESUEUR, D.; DATE, R.A.; MULLEN, B.F. Rhizobium specificity in *Leucaena*. . In: *Leucaena- ADAPTATION, AVAILABILITY AND FARMING SYSTEM*, 1998, Hanoi. **Proceedings...** Hanoi: ACIAR, 1998. p. 86-95. (ACIAR Proceedings, 86)

LONGO, C. **Avaliação do uso de *Leucaena leucocephala* em dietas de ovinos da raça Santa Inês sobre o consumo, a digestibilidade e a retenção de nitrogênio**. 2002, 49 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Centro de Energia Nuclear na Agricultura- CENA/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LOCH, D. S.; FERGUSON, J. E. Tropical and subtropical forage seed production: review. In: **Forage seed production. 2. Tropical and subtropical species**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1999. p. 1-40.

LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Desempenho animal em pastagens associado a banco de proteína suplementar. REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36, 1999, Porto Alegre. **Anais...** porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. 1 CD-ROM

LOURENÇO, A.J.; CARRIEL, J.M.; BEISMAN, D.A. Desempenho de bovinos nelore em pastagens de *Brachiaria Brizantha* associada à *Leucaena leucocephala*. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33, 1996, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1996, p.10-12.

LOURENÇO, A.J.; MATSUI, E.; ARCARO JUNIOR, I. Variação de valores de $\delta^{13}\text{C}$ nas fezes, leite e sangue de vacas em lactação mantidas em pastagens exclusivas de gramíneas ou consorciadas. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v.41, n. 1, p. 183-192, 1984.

LOWRY, J.B.; TANGENDJAJA, B. COOK, N.W. Measurements of mimosine and its metabolites in biological material. **Journal of Science Food and Agriculture**, London, v. 36, n. 9 p. 799-807, 1985.

LUDLOW, M.M.; THOUGHTON, J.H. & JONES, R.J. A technique for determination the proportion of C3 and C4 species in plant samples using stable natural isotopes of carbon. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge v.87, n. 3, p.625-632, 1976.

LUGÃO, S.M.B. **Produção de forragem e desempenho animal em pastagens de *Panicum maximum* Jacq. (acesso BRA-006998) adubadas com nitrogênio na região noroeste do Paraná**. 2001, 151f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

LUZ, C. ;VITTI, G.C; CANTOS NETO, B.; SUGIMOTO, L.S. **Nutrição e adubação de pastagens em São Paulo**. Piracicaba: ESALQ-LSN/ FEALQ/ GAPE/ IAP, 2002. 69p.

LUZ, P. H. DE C.; HERLING, V.R.; BRAGA,G.J ET AL. Efeitos de Tipos, Doses e Incorporação de Calcário sobre Características Agronômicas e Fisiológicas do Capim-Tobiatã (*Panicum maximum* Jacq.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29 n.4 , p. 125-131, 2000

MACEDO, M.C.M. Sistemas de produção em pastos nas savanas da América tropical: limitações e sustentabilidade. In: REUNION LATINOAMERICANA DE PRODUCCION, ANIMAL, 16; CONGRESO URUGUAYO DE PRODUCCION ANIMAL, 3, 2000, Montevideo. **Anales...**(Argentina):ALPA. Delmercosur.com, 2000. 1 CD ROOM. Conferencias.

MACEDO, M.C.M. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. A produção animal e o foco do agronegócio, 42, 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2005, p.56-84.

MACEDO, R. **Avaliação do consumo e da composição da dieta de bovinos alimentados com diferentes proporções de *Brachiaria dictyoneura*, cv. Llanero (CIAT 6133) e *Desmodium ovalifolium*, cv. Itabela (CIAT 350).** 1999, 68 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 1999.

MALAFAIA, P.A.M.; VALADARES FILHO, S.C.; VIEIRA, R.A.M. et al. Cinética ruminal de alguns alimentos investigada por técnicas gravimétricas e metabólicas. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.27, n. 2, p.370-380, 1997.

MALUF, A.M.; MARTINS, P.S.; MALUF, W.R. Avaliação de populações de *Leucaena* para tolerância a alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 19, v. 7, p. 859-866, 1984.

MALUF, A.M.; MARTINS, P.S.; MALUF, W.R. Persistência de cotilédones na plântula como parâmetro para avaliação da tolerância ao alumínio em *Leucaena leucocephala*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 20, v. 3, p. 355-360. 1985.

MANELLA, M.Q; LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica e com a cesso a banco de proteína de *Leucaena leucocephala*. Característica de fermentação ruminal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32 n 4, p. 1002-1012 , 2003.

MANELLA, M.Q; LOURENÇO, A.J.; LEME, P.R. Recria de bovinos Nelore em pastos de *Brachiaria brizantha* com suplementação protéica e com a cesso a banco de proteína

de *Leucaena leucocephala*. Desempenho animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31 n. 6, p. 2274-2282, 2002.

MANNETJE, L.´t. An introduction to grassland vegetation and its measurement. In:_____. **Measurement of Grassland Vegetation and Animal Production**. Hurley:CAB, 1978. p. 1-7.

MANNETJE, L.´t; EBERSHON, J.P. Relations between sward characteristics and animal production. **Tropical Grassland**, Brisbane v. 14, n. 3, p. 273-280, 1980.

MANNETJE, L.´t; JONES, R.J.; STOBBS, T.H. Pasture evaluation by grazing experiments. In: SHAW, N.M.; BRAYAN, W.W., (eds.)**Tropical Pastures Research**. 1976, Hurley, England:Commonwealth. Bureau of Pastures Field Crops, 1976, p. 149-234.(CAB, Bulletin 51.)

MARTENS, D.R. regulation forage intake. In: FAHEY, G.C. Jr; COLLINS, M.; MARTENS, D.R.; MOSER, L.E. (ed). **Forage quality evaluation and utilization**. Madison. American Society of Agronomy. Crop Science of America . Soil Science of America, 1994. 988 p.

MARTHA JÚNIOR, G.B. **Produção de forragem e transformações do nitrogênio do fertilizante em pastagem irrigada de capim Tanzânia**. Piracicaba, 2003. 149p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

MARTHA JÚNIOR, G.B.; CORSI , M. TRIVELIN, P.C.O. et al. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. **Grass and Forage Science**, Oxford, v. 29, p. 80-90, 2004.

MASAMA, E.; POPPS, J.H.; NGONGONI, N.T. MAASDORP, B.V. Effects of supplementation with foliage from the tree *Acacia angustissima*, *Cajanus cajan*, *Calliandra calothyrsus* and *Leucaena leucocephala* on feed intake, digestibility, nitrogen metabolism of sheep given maize stover *ad libitum*. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.69, n. 1-3, p. 233-240, 1997.

MAYA, F.L.A. **Produtividade e viabilidade econômica da recria e engorda de bovinos em pastagens adubadas intensivamente com e sem uso de irrigação**. Piracicaba, 2003. 83f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

MAYERS, R.W.; LAMB, C.S.; COLGROVE, P.M. The use of dosed and herbage n-alkane as markers for determination of herbage intake. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.107, n. 1, p.161-170, 1986.

McMANUS, W. Oesophageal fistulation technique as an aid diet evaluation of the grazing ruminant. In: WHEELER, J.L. & MOCHRIE, R.D (eds). **Forage evaluation: concepts and techniques**. Melbourne: CSIRO, 1981. p. 249-260.

McNEILL, D.M.; OSBORNE, N.; KOMPLONG, M.; NANKERVIS, D. Condensed tannins in the genus *Leucaena* and their nutritional significance for ruminants. In: SHELTON, H.M.; GUTTERIDGE, R.C.; MULLEN, B.F.; BRAY, R.A. (Eds.). ***Leucaena*- adaptation, availability and farming system**. Hanoi:ACIAR, 1998. p. 205-214.(ACIAR Proceedings n. 86)

MEGARRITY, R.G. An automated colorimetric method for mimosine in *Leucaena* leaves. **Journal of Science food and Agriculture**, v. 29, p. 182-186, 1978.

MEULEN, U; STRUCK, S., SCHULKE, E; EL HARITH, E.A. A review of the nutritive value and toxic aspects of *Leucaena*. **Tropical Animal Production**, San Domingo, v.4, p. 114-126. 1979.

MINSON, D.J. 1990. **Forage in ruminant nutrition**. New York. Academic Press. 483p.

MIRANDA, L.F; RODRIGUEZ, N.; SAINZ, R. et al. Degradação e digestão intestinal de aminoácidos de forrageiras tropicais. In. REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. Anais...Santa Maria-RS:Sociedade Brasileira de Zootecnia,2003. 1 CD-ROOM

MONTEIRO, A.L.G.; COSTA, C.; SILVEIRA, A.C. Produção e distribuição da produção de matéria seca e composição bromatológica da cultura da alfafa (*Medicago sativa* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 23-26, 1998.

MOORE, J.E.; BRANT, M.H.; KUNKL, E.E. HOPKINS, D.I. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility and animal performance. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 77, suppl.2, 1999, p. 122-133.

MOSS, R.J.; MURRAY, R.M. Rearing dairy calves on irrigated tropical pasture. I. Effect of protein level on liveweight gain and blood components. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 32, n. 5, p. 569-579, 1992.

MOTT, G.O. Grazing pressures and de measurements of pastures production. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 8, 1960, Reading. **Proceedings...** Reading: University of Reading, 1960. p. 606-611.

MOTT, G.O; LUCAS, H.L. The design conduct and interpretation of grazing trials on cultivated and improved pastures. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 6, 1952, State College. **Proceedings...** Pensylvania: State College Press, 1952. p.1380-1385.

MUELLER-HARVEY, I. Tannins: their nature and biological significance. In: CAYGILL, J.C.; MUELLER-HARVEY, I. (Eds.). **Secondary Plants Products: antinutritional and beneficial actions in animal feeding**. Nottinhhan: Nottinhhan University Press, 1999, chap. 3, p. 17-39.

MULLEN, B.F.; SHELTON, H.M.; DALZELL. *Leucaena* in northern Australia: a forage tree legume success story. In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 20, 2005, Dublin. **Proceedings...** Dublin-Ireland: University College Dublin, 2005. section 6, p. 333.

NAS. **Leucaena: promising forage and tree crop for the tropics**. 1977. Washington-DC: National Academy of Science. 115p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1996. 242p.

NOCEK, J.E.; RUSSEL, J.B. Protein and energy as an integrated system. Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.71, n.10, p.2070-2107, 1988.

NOBLE, A.D; JONES, R.J. Long tern impact of *Leucaena*-based grazing systems on soil acidity. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1997. Winnipeg, Saskatoon. **Proceedings...** , (s.l: s.n., 1997) p. 47-48.

NOBLE, A.D; THOMPSON, C.H; JONES, R.J.; JONES, RM. The long-term impact of two pastures production systems on soil acidification in southern Queensland. **Australian Journal Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 38, n. 3, p. 335-343,1998.

NOLAN, J.V. Ntogen kinetics. In; FORBES, J.M.; FRANCE, J. Quantitative apstects of ruminant digestion and metabolism. Wallinford-UK: CAB International, 1993, chap. , p. 123-143.

NORTON, B.W. The nutritive value of tree legumes. In: GUTTERIDGE, R.C; SHELTON, H.M. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**. Wallingford, CAB International, 1994. chap. 4, p. 192-201.

NORTON, B.W.; LOWRY,B.; McSWEENEY, C. In: *Leucaena*- OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS, 1994, Bongor. **Proceedings....**Bongor- Indonésia: ACIAR, 1994, p. 103-111. (ACIAR Proceedings n. 86)

OAKES, A.J; FOY, C.D. Acid soil tolerance of *Leucaena* species in greenhouse trials. **Journal of Plant Nutrition**, v. 7, n.12 , p 1759-1774. 1984.

OLVERA, E.; BLUE, W.G. establishment of *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit in acid soil. **Tropical Agriculture**, Trinidad ,v. 62, n. 1, p. 73-76, 1985.

OTOYA, V.E. Efecto de la época del año y días de ocupación en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 8, n. 1, p. 2-5, 1986.

OWENS, F.N., ZINN, R. Protein metabolism of ruminant animal. In: CHURCH, D.C (ed.). **The ruminant animal, digestive physiology and nutrition**. Englewood cliffs: Prentice Hall, 1988. chap. 12, p.227-249.

PAULINO, M.F., DETMANN,E, ZERVOUDAKIS, J.T. Suplementos múltiplos para recria e engorda de bovinos em pastejo. . In. Simpósio de produção de gado de corte, 2, Viçosa, 2001.**Anais...**Viçosa: Bittencourt et al. Departamento de Zootecnia, 2001. p 187-231.

PEREIRA, A.F.; ALCÂNTARA, P.B. Fatores nutricionais com *Leucaena leucocephala*. In: SIMPÓSIO SOBRE USO MÚLTIPLO DE LEGUMINOSAS ARBÓREAS E ARBUSTIVAS, 1, 1993, Nova Odessa. **Anais...** Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 183-202.

PETTY, S.R.; CROOT, T.; TRIGLONE, T. *Leucaena* production in the Ord River irrigation area. <http://www.agric.wa.gov.au/agency/pubns/farmnote/1994/>

PETTY, S.R.; POPPI, D.P.; TRIGLONE, T. Effect of maize supplementation, seasonal temperature and humidity on the live weight gain of steers grazing irrigated *Leucaena leucocephala*/ *Digitaria eriantha* pastures in north-west **Australia Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 130, n. 1, p. 95-105, 1998.

PIZARRO, E.A.; COSTA, S.N.M. Dry matter production of *Leucaena* in the cerrados. **Leucaena Research Report**, v. 4, p. 9-10, 1983.

POPPI, D.P., McLENNAN, S.R. Protein end energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n.1, p. 278-290,1995.

POPPI, D.P; McLENNAM, S.R.,BEDIYE, S.; VEGA,A., ZORRILLA-RIOS,J. Forage quality: strategies for increasing nutritive value of forages.In. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1997, Winnipeg, Saskatoon. **Proceedings...** , (s.l: s.n., 1997) p. 307-322.

PRATCHETT, D.; PETTY, S. Increasing cool-season production from irrigated *Leucaena leucocephala* pastures in northern Australia. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17. 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zeland Grassland Assciation, 1993. p. 1983.

PREMAZZI, L.M. **Saturação por bases como critério pra recomendação de calagem em cinco forrageiras tropicais.** Piracicaba, 1991. 215f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

PRESTON, T.R., LENG, R.A. **Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics.** Penambul Books, Armidale, Australia. 245p., 1987.

PRIMAVESI, O. CORRÊA, L.A. PRIMAVESI, A.C, et al. **Adubação com uréia em pastagem de Cynodon dactylon cv. Coastcross sob manejo rotacionado: eficiências e perdas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2001, 42p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 30).

PRIMAVESI, A.C.A; PRIMAVESI, O. FRANÇA DANTAS, M.S. Avaliação agronômica de genótipos de *Leucaena* em São Paulo, Brasil. **Pasturas tropicales**, Cali, v. 16, n. 3. p. 17-21, 1994.

QUINN, L.R.;MOTT, G.O.; BISSCHOFF, W.V.A. **Fertilização de pastos de capim-colonião e produção de carne com novilhos zebu.** IBEC Reserch Institute, 1961. 37p (Boletim n. 24)

QUIRK, M.F.; BUSHELL, J.J., MEGARRIT, R.G.; BULTER, K.L. Liveweight gains on leucaena and native gass pastures after dosing cattle with rumen bacteria capable of degradating DHP, a ruminal metabolite from leucaena. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 111, p. 167-170, 1988.

QUIRK, M.F.; PATON, C.J. BUSHELL, J.J. Increasing the amount of leucaena on offer faster growth rates of grazing cattle in South Esat Queenslans. **Australia Journal of Experimental Agriculture**, v. 30, n. 1, p. 51-54, 1990.

RAIJ, V; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLAN, A.M. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo.** 1996. 285p. (Boletim 100).

REED, J.D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 5, p. 1516-1528, 1995.

REIS, R.A.; BERTIPAGLIA, L.M.A.; FREITAS, D.; MELO, G.M.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação protéica-energética e mineral em sistemas de produção de gado

de corte nas águas e na seca. In: SIMPÓSIO SOBRE BOVINOCULTURA DE CORTE, 5, Piracicaba, 2004. **Anais...**Piracicaba:FEALQ. 2004. p.171-226.

REIS, R.A.; MELO, G.M.P.; BERTIPAGLIA, L.M.; OLIVEIRA, A.P.; BALSALOBRE, M.A.A. Suplementação de animais em pastagens:quantificação e custos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 22, Piracicaba, 2005. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, 2005. p. 279-352.

RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.4, p.1235-1243, 2000.

RESENDE, F.D., QUEIROS, A.C., FONTES, C.A.A. et al. Rações com diferentes níveis de fibra em detergente neutro na alimentação de bovídeos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.3, p.366-376, 1994.

REZENDE, G.C. Ocupação agrícola, estrutura agrária, mercado de trabalho rural no Cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e das políticas públicas. In HELFAND, S.M.; REZENDE, G.C. **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro**. Rio de Janeiro:IPEA, 2003, cap. 4, p. 173-212.

RODRIGUEZ, N.M.; BORGES, I. Apparent digestibility, dynamics of rumen fermentation and sites of digestion of hays of *Leucaena leucocephala* cv. Peru. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16, 1989, Nice. **Proceedings...** Nice: French Grassland Society, 1989. p. 931-932.

RUAYSOONGNEM, S.; SHELTON, H.M.; EDWARDS, D.G. The nutrition of *Leucaena leucocephala* de Wit cv. Cunningham seedlings. 1. External requirements and critical concentrations in index leaves of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, sulfur and manganese. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 40, n. 6, p.1241-1251, 1989.

RUSSELL, J. B., C. J. SNIFFEN, AND P. J. VAN SOEST. Effect of carbohydrate limitation on degradation and utilization of casein by mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 66, n. 4, p. 763–775, 1983.

RYMER, C. The measurement of forage digestibility *in vivo*. In: GIVENS, D.I.; OWEN, E.; AXFORD, R.F.E.; OMED, H.M. (eds.) **Forage Evaluation in Ruminant Nutrition**. Hurley: CAB, 2000, chap. 6 p.113-134.

SAAVEDRA, C.E.; RODRÍGUEZ, N.M.; COSTA, N.M.S. Producción de forraje, valor nutritivo y consumo de *Leucaena leucocephala*. **Pasturas Tropicales**, v.9, n. 2. p. 6-10, 1987.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. de O.; BEZERRA, H. S. **Área e distribuição espacial de pastagens cultivadas no Cerrado brasileiro**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999. 21 p. (Embrapa Cerrados, Boletim de Pesquisa, 3).

SARMENTO, D.O.L. **Comportamento ingestivo de bovinos em pastos de capim Marandu submetidos a regime de lotação contínua**. 2003. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

SATTER, L.D.; ROFFLER, R.E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.58, n. 6, p. 1212-1237, 1979.

SCHIFINO-WHITTMANN, M.T.; PAIM, N.R. FREITAS, L.H.C.; SIMONI, C. *Leucaena* in Rio Grande do Sul. In: *Leucaena- OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS* 1994, Bongor. **Proceedings....Bongor- Indonésia: ACIAR**, 1994, p. 167-168. (ACIAR Proceedings n. 86)

SCHOFIELD, P. MBUGUA, D.M. PELL, A. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.91, n. 1-2, p. 21-39, 2001.

SEIBERT, B.D.; HUNTER, R.A.; JONES, P.N. The utilization by beef cattle of sugar cane supplemented with animal protein, plant protein or non-protein nitrogen and sulphur. **Australia Journal Experimental Animal Husbandry**, Melbourne, v. 16, p. 789-794. 1976.

SHELTON, H.M.; BREWBAKER, J.L. *Leucaena leucocephala*- the most widely used forage tree legume. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**, 1994, Wallingford. Wallingford: CAB International, 1994. chap. 2.1, p.15-29.

SHELTON, H.M.; JONES, R.J. Opportunities and limitations in *Leucaena*. In: *Leucaena- OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS*, 1994, Bongor. **Proceedings....Bongor- Indonésia: ACIAR**, 1994, p. 16-23. (ACIAR Proceedings n. 86)

SILANIKOVE, N.; PEREVOLOTSKY, A.; PROVENZA, F.D. Use of tannin-binding chemicals to assay for tannins and their negative post-ingestive effects in ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.91, n. 1-2, p. 68-81, 2001.

SIQUEIRA, C. Calagem para plantas forrageiras. . In: SIMPÓSIO SOBRE CALAGEM E ADUBAÇÃO DE PASTAGENS, 1, Piracicaba, 1986. **Anais...** Piracicaba:ABPPF, 1986. p. 72-79.

SKERMAN, P.T. **Topical forage legume. Food and Agriculture Organization of the United Nations.** Rome: FAO. 1977. 609p. (Series 2)

SMITH, B.N. & EPSTEIN, S.. Two categories of $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios for higher plants. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 47, n. 2 , p. 380-384. 1971.

SNIFFEN, C.J., O'CONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.10, p:3562-3577. 1992

SOLLENBERGER, L. E.; CHERNEY, D. J. R. Evaluating forage production and quality. In: THE SCIENCE OF GRASSLAND AGRICULTURE. Ames : Iowa State University Press, 1995. p. 97-110.

SOLLENBERGER, L.E.; BURNS,J.C. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grassland. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, , 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba:FEALQ, 2001. p. 321-327.

SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E.; ALLEN, V.G.; PEDREIRA, C.G.S..Reporting forage allowances in grazing experiments. **Crop Science**, Madison, v. 45, n. 3, p.898-900, 2005.

SOLLENBERGER, L.E.; MOORE, J.E.; QUESEMBERRY, K.H.; BEEDE, P.T. Relationship between canopy botanical composition and diet selection in aescynomene-limpograss pasture. **Agronomy Journal**, Madson, v.79, n. 6, p. 1049-1054, 1987.

SORENSSON, C. T.; SHELTON, H. M.; AUSTIN, M. T. Seedling vigour of some *Leucaena spp.* and their hybrids. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 28, n. 3, p.182-190, 1994.

SORRENSON, C.T.; BREWBAKER, J.L. Psyllid resistance of leucaena species and hybrids. **Leucaena Research Reports**, 7, p. 13-15, 1986.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; RITCHEY, K. D.; REIN, T. A. Resposta de culturas anuais e leucena a gesso no Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2. Uberaba, 1992. **Anais...** Uberaba: IBRAFOS, 1992. p.277-306.

SOUSA, D.M.G.; CARVALHO, L.J.C.B; MIRANDA, L.N. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos cerrados: Tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo: Nobel, 1985, cap. 4, p. 99-166.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: _____. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2ª edição. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2004, cap. 3, p. 81-96.

SOUZA, G.B.; NOGUEIRA, A.R.A; RASSINI, J.B. **Determinação de material seca e umidade em solos e plantas com forno de microondas doméstico**. São Carlos: Embrapa- CPPSE, 2002, p. 1-9 (Embrapa CPPSE. Circular Técnica 33)

STAPLES, C.R. **Microwave drying for measurement of forage moisture**. Fact Sheet AE-200, Circular 1099 – Bulletin 52. Cooperative Extension Service-IFAS, University of Florida, 1998. 2p.

STOBBS, T.H. The effect of plant structure on the intake of tropical pasturesI. Variation in the bite size of grazing cattle. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria , v. 24, n. 6 p. 809-819, 1973.

THIAGO, L.R.L.S.; VALLE, L. et al. Uso de Brachiaria brizanyha cv Maramdu, Pennisetum purpureum cv. Cameroon e Panicum maximum cv. Mombaça em pastejo rotativo visando produção intensiva de carne. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Porto Alegre. **Anais...**, Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000. 1 CD-ROOM.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal of British Grassland Society**, Aberystwyth, v. 18, n. 2, p.104-111, 1963.

ULYATT, M.J., McNABB, W.C. Can protein utilisation from pasture be improved? In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...**Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1999. p.67-77.

VALADARES, R.F.D., GONÇALVES, L.C., SAMPAIO, I.B. et al. 1997a. Níveis de proteína em dietas de bovino. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.

VAN DYNE, G. M.; TOREL, D. T. Development and use of esophageal fistula. A review. **Journal of Range Management**, Denver, v.17, n. 1, p. 7 – 19, 1964.

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

VARGAS, M.A.T.; SHUET, A.R.; MENDES, I. C.; PERES, J.R.R. Leguminosas forrageiras. In:_____. **Fixação biológica de nitrogênio em solos dos Cerrados**. Planaltina:EMBRAPA-CPAC, 1994. p. 69-82.

VEIGA, J.B; SIMÃO NETO,J..S. **Lucena na alimentação animal**. Belém:Embrapa CPATU, 1992. 4p. (Embrapa CPATU. Recomendações básicas, 19)

VILELA, L.; MARTHA JÚNIOR, G.B.; BARIONI, L.G.; BARCELLOS, A.O. Adubação na recuperação e na intensificação da produção animal em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23, Piracicaba, 2004. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 425-472

VILELA, L.; SOARES, W.V.; SOUSA, D.M.G.; MACEDO, M.C.M. **Calagem e adubação para pastagens na região do Cerrado**. 2. ed., rev. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica 37).

VILELA, L.; SPAIN, J.M. et al. Adaptação de gramíneas e leguminosas forrageiras a níveis de acidez e fósforo em um solo do cerrado. In: PRIMERA REUNIÓN SOBRE

SABANAS. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), 1, 1992, Brasília. Brasília: EMBRAPA-CIAT, 1992. p. 431-438. (Documento de de Trabajo 117).

WHEELER. R.A.; NORTON, B.W.; SHELTON, H.M. Condensed tannins in *Leucaena* species and hybrids and implications for nutritive value. In: *Leucaena- OPPORTUNITIES AND LIMITATIONS* 1994, Bongor. **Proceedings....**Bongor-Indonésia: ACIAR, 1994, p. 112-118. (ACIAR Proceedings, 86)

WILDIN, J.H. Beef production from broadacre *Leucaena* in Queensland. **Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture**, 1994, Wallingford. Wallingford: CAB International, 1994. chap. 7.3, p. 352-356.

WILLIAMS, C.H. Soil acidification under clover pasture. **Australian Journal of Experimental Agriculture And Animal Husbandry**, Melbourne, v. 20, n.106, p. 561-567, 1980

WILSON, J.R. Structural and anatomical traits of forage influencing their nutritive value for ruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 1997, Viçosa. **Anais....** Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. p 173-208.

WINTER, W.H; WINKS, L.; SEEBECK, R.M. Sustaining productive pastures in the tropics. 10. Forage and feeding systems for cattle. **Tropical Grassland**, Brisbane, v.25, n.2, 1991, p. 145-152.

WONG, C.C; CHEN, C.P.; HUTTON, E.M. Development of acid/psyllid tolerant *Leucaena* hybrids for ruminant production. . In: *Leucaena- ADAPTATION, AVAILABILITY AND FARMING SYSTEM*. Hanoi: ACIAR, 1998. p. 132-135. (ACIAR Proceedings, 86).

ZOBY, J. L.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. **Banco de proteína de leucena e estilosanthes**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1990. 6 p. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 54).

ZOBY, J. L.; KORNELIUS, E.; SAUERESSIG, M. G. **Banco de proteína como complemento de pastagem nativa de cerrado na recria de fêmeas**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1985. 4 p. (Embrapa Cerrado. Comunicado Técnico, 46).