

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM
EUCALIPTO**

DARLIANE DE CASTRO SANTOS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

BRASÍLIA/DF
MARÇO DE 2012



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**AVALIAÇÃO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM
EUCALIPTO**

DARLIANE DE CASTRO SANTOS

ORIENTADOR: Dr. GERALDO BUENO MARTHA JÚNIOR

CO-ORIENTADOR: Dr^a KARINA PULROLNIK

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS ANIMAIS

PUBLICAÇÃO: 60/2012

BRASÍLIA/DF
MARÇO DE 2012

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA E CATALOGAÇÃO

SANTOS, D. C. **Avaliação de forrageiras em sistema silvipastoril com eucalipto.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2012, 77 p. Dissertação de Mestrado.

Documento formal, autorizando reprodução desta dissertação de mestrado pra empréstimo ou comercialização, exclusivamente para fins acadêmicos, foi passado pelo autor à Universidade de Brasília e acha-se arquivado na Secretaria do Programa. O autor e seu orientador reservam para si os outros direitos autorais, de publicação. Nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida em a autorização por escrito do autor ou do seu orientador. Citações são estimuladas, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

SANTOS, Darliane de Castro. **Avaliação de forrageiras em sistema silvipastoril com eucalipto.** Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília. 2012. 77p. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2012.

1. Capim. 2. Cerrado. 3. *Eucalyptus urograndis*. 4. Sombreamento.

CDD ou CDU
Agris / FAO

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA**

**AVALIAÇÃO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM
EUCALIPTO**

DARLIANE DE CASTRO SANTOS

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
ANIMAIS, COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS ANIMAIS.**

APROVADA POR:

**GERALDO BUENO MARTHA JÚNIOR, Engº Agrônomo (Embrapa Estudos e
Capacitação) (ORIENTADOR)**

**SÉRGIO LUCIO SALOMON CABRAL FILHO, Zootecnista (Universidade de
Brasília) (EXAMINADOR INTERNO)**

**ALEXANDRE DE OLIVEIRA BARCELLOS, Engº Agrônomo (Embrapa Sede)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA-DF, 02 de março de 2012

Aos meus queridos avós Laherte de Castro e Silva (in memoriam) e Doralice Pereira da Silva (in memoriam) meus exemplos de dedicação, caráter e que estiveram ao meu lado todo tempo,

Dedico

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus que me deu muita força em todos os momentos dessa trajetória de formação;

Aos meus pais Leonidio de Castro Neto e Diva de Fátima dos Santos que, com muito esforço, me deram todo o apoio para que eu pudesse obter mais uma conquista em minha vida;

Ao meu namorado Alaerson Maia Geraldine que me deu tantos conselhos e me ouviu nos momentos alegres e difíceis estando sempre pronto a me ajudar;

Ao meu irmão Leonardo de Castro Santos pelo companheirismo de sempre;

Ao meu orientador DSc. Geraldo Bueno Martha Júnior pela paciência e por ter depositado em mim muita confiança na realização das atividades do mestrado;

A minha coorientadora DSc. Karina Pulrolnik que sempre me dedicou muita atenção e sempre esteve pronta a me ajudar;

Ao MSc Lourival Vilela que é um exemplo de profissional dedicado à agropecuária e que com todo o seu conhecimento me ajudou a compreender como fazer pesquisa;

Às minhas também “orientadoras” DSc. Giovana Alcantara Maciel e DSc. Priscila de Oliveira que sempre estiveram prontas para me ouvir;

A todos os assistentes de campo e de laboratório que me ajudaram na condução das atividades;

Ao Paulo Henrique Leão que me deu todo suporte nas atividades de campo e me deu exemplo de pessoa dedicada ao que faz;

Aos estagiários Hélio Aparecido de Araujo, Rafael Matos do Nascimento e Rafael Eduardo Teza de Sousa que me deram apoio nas avaliações de campo;

A Universidade de Brasília (UnB) e aos professores que me ajudaram a acrescentar mais conhecimentos com esse curso de Mestrado;

A Embrapa Cerrados pela estrutura e apoio concedidos para a realização das atividades de pesquisa;

A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo apoio financeiro;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por conceder a bolsa de estudos;

Finalmente a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.

ÍNDICE

RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE ILUSTRAÇÕES	XII
LISTA DE TABELAS	XIII
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Problemáticas e relevância	1
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivos específicos.....	3
2 REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Pastagem degradada	4
2.2 Sistemas Silvopastoris	5
2.2.1 Componente forrageiro.....	6
2.2.2 Componente arbóreo.....	7
2.3 Aspectos sobre radiação solar nos sistemas silvipastoris	8
2.3.1 Fisiologia das plantas sombreadas.....	10
2.3.2 Alterações morfológicas e nutritivas em forrageiras sob sombreamento.....	12
CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO	18
1 RESUMO	18
2 ABSTRACT	19
3 INTRODUÇÃO	20
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	22
4.1 Área experimental.....	22
4.2 Componente florestal e forrageiras.....	23
4.3 Avaliações	24
4.3.1 Massa seca de forragem (kg.ha ⁻¹).....	24
4.3.2 Relação folha:haste.....	27
4.3.3 Receita bruta potencial (R\$.ha ⁻¹).....	27
4.3.4 Análises bromatológicas.....	27
4.3.5 Teor de clorofila	28
4.3.6 Variáveis microclimáticas	29
4.4 Análise estatística	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
5.1 Dados climáticos	31
5.2 Massa seca de forragem.....	34
5.3 Relação folha:haste.....	40
5.4 Massa seca de forragem em função da distância do renque	41
5.5 Receita bruta potencial	46
5.6 Análises Bromatológicas	49
5.7 Clorofila.....	53
6 CONCLUSÕES	55
7 AGRADECIMENTOS	56
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57

CAPÍTULO 3	62
CONSIDERAÇÕES FINAIS	62
ANEXOS	63

RESUMO

AValiação DE FORrageiras EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO

Darlíane de Castro Santos¹
Geraldo Bueno Martha Júnior²

1 – Mestranda em Ciências Animais - UnB, Brasília-DF

2 – Pesquisador da Embrapa Estudos e Capacitação, Brasília, DF

As pressões para a incorporação dos critérios de sustentabilidade à atividade agropecuária brasileira são realidade atual. Diante dessa necessidade, a recuperação das áreas de pastagens degradadas é um aspecto essencial. Como opção para recuperação dessas áreas tem sido proposta a utilização de sistemas agrossilvipastoris (SA). Os SA são sistemas de produção em que são implantadas, em uma mesma área, árvores, lavouras e plantas forrageiras em diferentes momentos dentro processo produtivo. Para a introdução de forrageiras no SA deve ser observado um aspecto importante, elas devem ser tolerantes ao sombreamento. O objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes forrageiras em sistema silvipastoril com eucalipto comparado com ambiente a pleno sol (sem árvores), visando encontrar espécies com maior potencial de produção sob sombreamento de eucalipto. Foram avaliadas as seguintes forrageiras: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Arapoti, *U. brizantha* cv. Piatã, *Brachiaria* “B6”, Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*), *P. maximum* cv. Tanzânia, *Panicum* “PM 45”, e *Stylosanthes guianensis* cv. Bela em área a pleno sol e sob sombreamento de *Eucalyptus urograndis* no espaçamento entre árvores de 2 m x 2 m (linha dupla) e 12 m entre renques. Utilizou-se o delineamento em blocos completos ao acaso com quatro repetições para cada tratamento em cada área. Foram realizadas as seguintes avaliações nas plantas forrageiras: massa seca de forragem (MSf) (kg.ha⁻¹) taxa de acúmulo de MSf (kg.ha⁻¹.dia⁻¹), densidade de MSf (kg.ha⁻¹.cm⁻¹), relação folha:haste, análises bromatológicas (fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, proteína bruta (PB), fósforo, potássio e cálcio), teor de clorofila e altura. Foi feito também uma avaliação da MSf e da PB em função da distância dos renques. Foram realizados três cortes para avaliação das forrageiras. Para as análises bromatológicas, o teor de clorofila e o estudo de MSf e PB foram utilizados os dois primeiros cortes. A

massa seca de forragem, a taxa de acúmulo e a densidade de forragem foram maiores a pleno sol ($p < 0,05$). A taxa de acúmulo de forragem na área sob sombreamento aumenta a medida que as plantas forrageiras estão localizadas mais distantes dos renques arbóreos. Os teores de fibra insolúvel em detergente ácido, PB, potássio e cálcio não foram influenciadas pelo microclima sombreado ($p < 0,05$). O fósforo e a relação clorofila b/clorofila a foram influenciadas pelo microclima sombreado ($p < 0,05$) apenas no primeiro corte. A relação folha:haste (F:H) não apresentou diferença significativa entre sol e sombra, com exceção do PM45 que apresentou maior F:H sob sombreamento ($p < 0,05$).

Palavras chaves: capim, Cerrado, *Eucalyptus urograndis*, sombreamento.



ABSTRACT

EVALUATION OF FORAGES IN SILVOPASTORAL SYSTEM WITH EUCALYPTUS

The pressures for the incorporation of sustainability criteria to Brazilian agricultural activity are a current reality. Given this need, the recovery of degraded pastures is an essential aspect. As an option for these areas has been proposed the use of agroforestry systems (AS). The AS are production systems that are implanted, in the same area, trees, crops and forages at different times within the production process. For introduction of forage in AS should be noted an important point, they must be tolerant to shade. The objective of this study was to evaluate different forage species in silvopastoral system, to find species with the greatest potential production under shade of eucalyptus. The following forages were evaluated: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Arapoti, *U. brizantha* cv. Piatã, *Brachiaria* "B6", Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*), *P. maximum* cv. Tanzânia, *Panicum* "PM 45" and *Stylosanthes guianensis* cv. Bela in full sun light condition and under shade of *Eucalyptus urograndis* spaced of 2 m x 2 m (double line) and 12 m between rows. It was used the complete block design with four replications for each treatment in each area. The following evaluations were made in the forages: dry matter (DM) (kg ha^{-1}), the accumulation rate ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) and density of forage ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{cm}^{-1}$), relation leaf:stem, bromatologic analysis, chlorophyll content and height. It was also made a study of DM and crude protein (CP) as a function of distance from the trees. It was made three cuts for evaluation of forages. For bromatologic analyzes, the chlorophyll content and the study of MSf and CP were used the first two cuts. The DM, the accumulation rate and density of forage were higher in full sun. The forage accumulation rate in the area under shading increased as forage plants were located further away from the rows of trees. The levels of acid detergent fiber, protein, potassium and calcium were not influenced by the shaded microclimate ($p < 0,05$). Phosphorus and the relation chlorophyll b / chlorophyll were influenced by the shaded microclimate ($p < 0,05$) in the first cut. The relation leaf:stem had no significant difference between sun and shade, except for PM45 which the highest under shade.

Keywords: grass, Cerrado, *Eucalyptus urograndis*, shading.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens (Macedo, 1999).....	4
Figura 2 - Temperaturas médias mensais e precipitação pluvial de dezembro de 2010 a novembro de 2011 na área experimental da Embrapa Cerrados.	22
Figura 3 - Etapas do corte de avaliação de forrageiras: A- Corte a 15 cm do solo com auxílio de roçadeira manual; B- Forragem obtida no corte da área útil; C-Pesagem da produção da massa verde de forragem; D- Subamostras para relação folha:haste e bromatológica.	26
Figura 4 - Locais onde foram realizadas as medições de temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa sob sombreamento.	29
Figura 5 - Temperatura (°C) (A), umidade relativa (%) (B) e intensidade luminosa (W.m ⁻²) (C) registrada no dia 23/02/2011 em área a pleno sol e sob sombreamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> com espaçamento de 12 m entre renques (medição no centro do entre renque).	32
Figura 6 - Temperatura (°C) (A), umidade relativa (%) (B) e intensidade luminosa (W.m ⁻²) (C) média dos dias 12 e 13/04/2011 sob sombreamento de <i>Eucalyptus urograndis</i> com 12m de espaçamento entre renques (oeste e leste - localização dos renques).	33
Figura 7 - Modelo esquemático da produtividade de massa seca de forragem (MSf) (kg.ha ⁻¹) em função da distância dos renques arbóreos. Renque A e renque B representam renques de um sistema silvipastoril e a distância representa onde são cultivadas as forrageiras.	42
Figura 8 - Taxa de acúmulo de forragem no primeiro corte em função da distância dos renques de <i>Eucalyptus urograndis</i> espaçados em 12 m. Renque A e renque B representam renques do sistema silvipastoril. Distância mensurada do renque A. **Significância a 1%.	43
Figura 9 - Taxa de acúmulo da forrageira Marandu em função da distância dos renques de <i>Eucalyptus urograndis</i> espaçados em 12 m. Renque A e renque B representam os renques do sistema silvipastoril. Distancia mensurada do renque A. **Significância a 1%.	45
Figura 10 - Proteína bruta da forrageira Marandu em função da distância dos renques de <i>Eucalyptus urograndis</i> espaçados em 12 m. Renque A e renque B representam os renques do sistema silvipastoril. Distancia mensurada do renque A. **Significância a 1%.	51
Anexo A - Vista aérea da área experimental:  área a pleno sol;  área sob sombreamento. (Fonte: Google).	63
Anexo B - Cálculos detalhados da receita bruta potencial (R\$.ha ⁻¹).	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Trabalhos estudando o efeito de sombra em plantas forrageiras em diversos arranjos de sistema silvipastoril.....	17
Tabela 2 - Massa seca de forragem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) nos três cortes de avaliação (02/03/2011, 18/04/2011 e 01/12/2011). Efeito da sombra: comparação entre pleno sol e sombra (média \pm erro padrão)	35
Tabela 3 - Massa seca de forragem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) acumulada nos três cortes de avaliação (02/03/2011, 18/04/2011 e 01/12/2011) (média \pm erro padrão)	37
Tabela 4 - Taxa de acúmulo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) nos três cortes de avaliação sendo o primeiro 70 dias após a emergência das forrageiras, o segundo 46 dias após o primeiro e o terceiro 50 dias após corte de uniformização (média \pm erro padrão)	39
Tabela 5 - Densidade de massa seca de forragem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) nos três cortes de avaliação (02/03/2011, 18/04/2011 e 01/12/2011) (média \pm erro padrão).....	39
Tabela 6 - Relação folha:haste média dos dois cortes de avaliação (02/03 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)	41
Tabela 7- Distância (m) do renque, taxa de acúmulo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) no primeiro corte no ponto de máximo, taxa de acúmulo a pleno sol, efeito da água+nutrientes e sombra, de sombra e de água+nutrientes na taxa de acúmulo	44
Tabela 8 - Distância (m) do renque, taxa de acúmulo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) do Marandu no ponto de máximo, taxa de acúmulo a pleno sol, efeito da água+nutrientes e sombra, de sombra e de água+nutrientes na taxa de acúmulo	45
Tabela 9 - Taxa de lotação instantânea ($\text{cab}\cdot\text{ha}^{-1}$) em pastagem exclusiva (pleno sol) e sistema silvipastoril para a forragem acumulada (MSf) nos três cortes e receita bruta potencial ($\text{R}\$\cdot\text{ha}^{-1}$) com os dois sistemas	48
Tabela 10 - Fibra insolúvel em detergente neutro (%) média dos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)	49
Tabela 11 - Fibra em detergente ácido (FDA) (%) média dos tratamentos nos dois locais nos dois cortes de avaliação (02/03 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão).....	49
Tabela 12 - Proteína bruta (%) média dos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão).....	50
Tabela 13 - Teor de fósforo ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) nas plantas forrageiras nos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)	52
Tabela 14 - Teor de potássio ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) nas plantas forrageiras nos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)	52
Tabela 15 - Teor de cálcio ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) médio dos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão).....	53
Tabela 16 - Relação clorofila b/clorofila a (unidades SPAD) média dos tratamentos nos dois locais nos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão).....	53

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problemáticas e relevância

A agropecuária é uma atividade que se utiliza de recursos naturais para gerar seus produtos. Ao longo dos anos a exploração desses recursos foi intensa e, devido aos preços relativos desfavoráveis, não foram realizados investimentos para a manutenção das pastagens, o que tem refletido nos quadros atuais de degradação. De acordo com o último censo agropecuário o Brasil possui 158,7 milhões de hectares de pastagens, sendo que deste total 101,4 milhões (63,9%) são representados por pastagens cultivadas/plantadas das quais os produtores declararam que 10 % encontram-se degradadas (IBGE, 2006).

As pressões para a incorporação de critérios de sustentabilidade à atividade agropecuária brasileira é uma realidade atual. O termo “sustentabilidade” apresenta uma dimensão multifacetada, ou seja, deve abranger os aspectos ambientais, econômicos e sociais no processo produtivo. Será preciso produzir com sustentabilidade para atender às crescentes exigências do mercado, doméstico e do exterior, e para ampliar as vendas para mercados mais exigentes que, no entanto, remuneram melhor os produtos agrícolas produzidos no país (Martha Júnior et al., 2010). Opção de sistemas de produção que objetivam incorporar esses critérios de sustentabilidade são os sistemas agrossilvipastoris (SA).

Os SA são sistemas de produção em que são implantadas, em uma mesma área, árvores, lavouras e plantas forrageiras em diferentes momentos dentro processo produtivo. A implantação geralmente se inicia com uma fase silviagrícola

(árvores e lavouras), passando pela fase silvipastoril (árvores, plantas forrageiras e animais) que é conduzida até a colheita da madeira.

Andrade et al. (2001), observam que os SA apresentam inúmeras possibilidades de utilização de diferentes espécies e arranjos, cada um resultando em um conjunto diferente de interações entre seus componentes, que são fortemente influenciadas pelas condições ambientais do local (clima e solo). Assim, é preciso estudá-las visando entender essas interações, de forma que sejam maximizadas as produtividades dos componentes integrantes do sistema ajudando na tomada de decisão do produtor.

O SA é mais complexo do que culturas cultivadas de forma exclusiva, seja de árvores ou pastagens. Assim, pesquisas que objetivem compreender as relações entre os componentes desse sistema (árvores, plantas e animais) são de grande valia para que essa tecnologia seja difundida entre os produtores rurais. Nesta dissertação será focada a fase silvipastoril dos SA, avaliando o componente forrageiro nesse sistema.

1.2 Objetivos

O presente experimento teve como objetivo avaliar diferentes forrageiras em sistema silvipastoril e em ambiente a pleno sol (sem árvores), visando identificar espécies com maior potencial de produção no microclima proporcionado por eucalipto em sistema silvipastoril.

1.2.1 Objetivos específicos

1- Mensurar a massa (kg.ha^{-1}), a taxa de acúmulo ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e a densidade de forragem ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{cm}^{-1}$) visando determinar em qual ambiente (pleno sol ou sob sombreamento) essas variáveis apresentam maiores valores.

2- Observar a variação na taxa de acúmulo ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) e no teor de proteína bruta da forragem no ambiente sob sombreamento em função da distância dos renques arbóreos.

3- Verificar se ocorrem alterações no valor nutritivo, na relação folha:haste e no teor de clorofila das plantas forrageiras em ambiente sob sombreamento.

4- Determinar se o arranjo arbóreo de eucalipto testado nas condições desse experimento é adequado para a utilização em sistemas silvipastoris.

5- Avaliar a receita bruta potencial ($\text{R}\$.\text{ha}^{-1}$) de cada sistema (pleno sol e silvipastoril) verificando, principalmente, ganhos com o componente pecuário.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pastagem degradada

Degradação de pastagens é um processo evolutivo de perda de vigor e produtividade forrageira, sem possibilidade de recuperação natural, que afeta a produção e o desempenho animal culminando com a degradação do solo e dos recursos naturais em função de manejos inadequados. (Macedo et al., 2000). Dentre os fatores mais importantes relacionados com esse processo destacam-se o manejo animal inadequado (taxa de lotação animal acima da capacidade de suporte da pastagem) e a falta de reposição de nutrientes no solo (Macedo, 2009).

Esse processo de degradação de pastagens pode ser comparado a uma escada onde no topo estariam às maiores produtividades e, à medida que se descem os degraus (utilização da pastagem), avança o processo de degradação (Macedo 1999) (Figura 1).

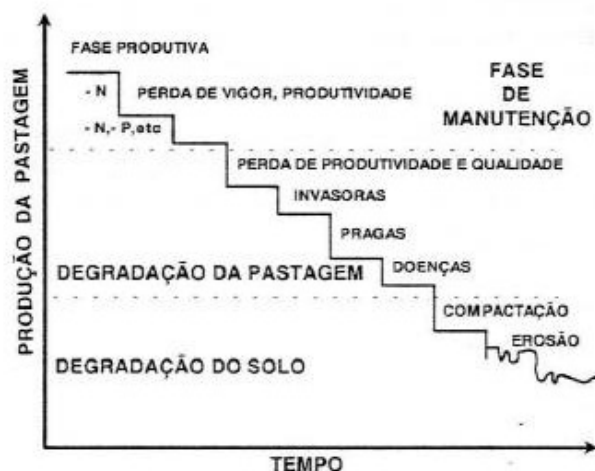


Figura 1 - Representação gráfica simplificada do processo de degradação de pastagens (Macedo, 1999).

Há condições de se conter a queda de produção e manter a produtividade através de ações mais simples, diretas e com menores custos operacionais a partir do momento em que não se aproxima dos últimos degraus dessa escada. Quanto mais se aproxima dos últimos degraus passa-se para o processo propriamente de degradação em que só ações de recuperação ou de renovação, muitas vezes mais drásticas e dispendiosas, apresentariam respostas adequadas. O final do processo culmina com a ruptura dos recursos naturais, representado pela degradação do solo com alterações em sua estrutura, evidenciadas pela compactação e a conseqüente diminuição das taxas de infiltração e capacidade de retenção da água, causando erosão e assoreamento das nascentes de lagos e rios (Macedo, 1999).

2.2 Sistemas Silvistoris

Os sistemas silvistoris, modalidade dos sistemas agroflorestais, referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores, na mesma área, preconizando a associação de árvores dentro da atividade pecuária ou a criação de animais dentro de povoamentos florestais (Macedo et al., 2010). Nesses sistemas, o componente arbóreo pode ser constituído por um misto de espécies, tais como leguminosas e madeiráveis, as quais desempenham funções diferentes no sistema (Paciullo & Castro, 2006). Para o início da fase silvistoril é recomendado que a espécie arbórea apresente diâmetro de 6 cm na altura de 1,30 m do solo (diâmetro à altura do peito), pois dessa forma as árvores não serão facilmente quebradas pelos animais (Porfírio-da-Silva et al., 2010).

O sistema silvistoril deve, assim como qualquer outro sistema de produção agropecuário, levar em consideração a conservação do solo e da água (Porfírio-da-Silva et al., 2010). Para isso os autores observam que a distribuição das faixas de plantio das árvores deverá ser em curvas de nível, que é uma forma eficiente de impedir a erosão do solo e a perda de água por escoamento superficial.

A otimização do uso da área, preparo do solo, insumos e a diversificação da produção, tornam sistemas silvistoris mais complexos que os sistemas de produção convencionais (Oliveira et al., 2007a). O autor alerta que se necessita maior número de pesquisas sobre formas de implantação, componentes agrícolas e florestais, manejo e exploração.

No sistema silvipastoril há quatro componentes básicos: pasto, árvore, solo e animal sendo importante destacar que os efeitos das interações que ocorrem entre esses componentes não podem ser visualizados e interpretados como fatores isolados, tendo em vista o caráter integrado desse ecossistema de produção (Garcia et al., 2010). Outro componente importante a ser considerado é o clima, sendo extremamente atuante no sub-bosque refletindo em mudanças na fisiologia e morfologia da cultura intercalar. Por isso, para um aproveitamento das sinergias, é necessário o conhecimento de cada um dos componentes.

2.2.1 Componente forrageiro

Para que seja feita a introdução de forrageiras no sistema silvipastoril deve ser observado um aspecto importante, elas devem ser tolerantes ao sombreamento. A tolerância de diversas espécies forrageiras ao sombreamento é baseada em dados de produção de matéria seca em condições sombreadas, como uma porcentagem da produção a céu aberto (Rodrigues et al., 1993). Esse efeito pode variar em função das espécies de árvores e daquelas plantas que serão sombreadas na associação, sendo também importantes a densidade de plantio, o espaçamento das árvores, as características do solo e do clima e o manejo da vegetação (Oliveira et al., 2010).

A escolha acertada das espécies forrageiras é fundamental para o sucesso de sistemas silvipastoris (Andrade et al., 2003). Os autores mencionam que no caso das espécies forrageiras, não basta que sejam tolerantes ao sombreamento, é necessário selecionar espécies adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas. Dentre as espécies de gramíneas que possuem tolerância ao sombreamento estão algumas das forrageiras mais utilizadas para formação de pastagem no Brasil e, em outras regiões tropicais e subtropicais, como espécies de braquiárias. e *Panicum maximum* (Macedo et al., 2010).

Em estudo conduzido por Andrade et al. (2003) a *Urochloa brizantha* cv. Marandu (Syn. *Brachiaria brizantha*) apresentou capacidade produtiva, com 60 dias de crescimento, de aproximadamente 4.600 kg.ha⁻¹ em sistema silvipastoril com eucalipto, com idade de dois anos, no arranjo 10 m x 4 m e plantio no sentido leste-oeste, na região do Cerrado. Como essa produção sob sombreamento não se diferenciou da produção a pleno sol, os autores concluíram que essa gramínea se torna uma opção para compor sistemas silvipastoris na região do Cerrado.

Um fato extremamente importante que deve ser considerado quando da adoção de sistemas silvipastoris é que as espécies mais tolerantes ao sombreamento nem sempre são as mais produtivas sob sombreamento, fato que ocorre em consequência das diferenças no potencial de produção das espécies (Macedo et al., 2010). Portanto, esses autores reforçam que o critério de tolerância ao sombreamento não pode ser considerado isoladamente na escolha da espécie forrageira a ser utilizada nesse sistema de produção.

2.2.2 Componente arbóreo

As espécies arbóreas podem desempenhar diferentes funções em um sistema agrossilvipastoril, tais como produção de madeira, frutos, sementes, resina, látex, óleos e também promover o incremento da diversidade, da ciclagem de nutrientes, melhoria do microclima para criação animal, proteção do solo, entre outros serviços ambientais (Oliveira Neto & Paiva, 2010). Entretanto, esses autores informam que a produção de madeira, na maioria das vezes, tem sido a principal justificativa para o plantio de árvores nas propriedades rurais.

As árvores a serem utilizadas nos sistemas integrados de produção devem apresentar, de preferência, copas que permitam a passagem de luz para o crescimento das forrageiras (Macedo et al., 2010). Considera-se que a produção de pastagem pode ser mantida com sombreamento de até 30 % da luz solar incidente na área (Porfírio-da-Silva et al., 2010).

A espécie arbórea que tem sido amplamente utilizada em sistemas integrados de produção com forrageiras e também com espécies agrícolas é o eucalipto (*Eucalyptus* sp.). As justificativas para a maior adoção dessa espécie são várias, tais como adaptação às diferentes condições edafoclimáticas, rápido crescimento, potencial para produção de madeira para usos múltiplos, disponibilidade de mudas, conhecimento silvicultural e existência de material genético melhorado (Oliveira Neto & Paiva, 2010).

A produtividade média das florestas de eucalipto é bastante influenciada pelas condições edafoclimáticas de cada região, podendo atingir valores que variam de 30 a 40 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (Macedo et al., 2008). Os autores reforçam que, no entanto, com o melhoramento genético, produção de híbridos e clonagem, pode-se chegar a uma produtividade de 60 a 80 m³.ha⁻¹.ano⁻¹.

Em 2010 a área ocupada por plantios florestais de *Eucalyptus* no Brasil totalizou 4.754.334 ha, sendo 55,8 % concentrados na região Sudeste, 17,2 % no

Nordeste, 11,3 % no Sul, 10,5 % no Centro-Oeste e 5,2 % no Norte (ABRAF, 2011). A produção madeireira potencial estimada para essa espécie florestal foi da ordem de 193,7 milhões de $m^3 \cdot ano^{-1}$. As exportações brasileiras de produtos de florestas plantadas atingiram no ano de 2010 o montante de US\$ 7,5 bilhões (3,7% do total Brasil), um crescimento de 34,6% em relação a 2009 (ABRAF, 2011). Por meio desses dados percebe-se que a atividade florestal está em expansão em nosso país o que justifica a incorporação de espécies arbóreas na propriedade rural utilizando-se os sistemas silvipastoris.

O eucalipto é uma espécie adequada para as práticas silvipastoris, pois apresenta copas estreitas que deixam penetrar luz direta ou difusa até o nível do solo (Macedo et al., 2010). Porém, é ressaltado que essa radiação incidente está relacionada com o espaçamento adotado, tanto entre as plantas como entre os renques do eucalipto. O eucalipto tem sido usado e indicado como principal componente arbóreo dos sistemas agrossilvipastoris, demonstrando sua grande compatibilidade em sistemas ambientais, nos quais a vegetação nativa já tenha sido suprimida (Romano, 2010).

O problema com imobilização de nitrogênio (N) na biomassa do eucalipto e na liteira foi encontrado por Andrade et al. (2001), com valores de 207,6 e 40,8 $kg \cdot ha^{-1}$ respectivamente. O eucalipto é uma planta eficiente na aquisição de nutrientes, sendo assim a competição entre essa espécie arbórea e a planta forrageira é, certamente, um fator que diminui ainda mais a disponibilidade de N para o crescimento da forrageira (Macedo et al., 2010). Diante disso, os autores sugerem que devem ser realizados estudos sobre a dinâmica e a ciclagem de nutrientes nesse sistema para que sejam minimizadas interações negativas entre o eucalipto e as espécies em sub-bosque utilizando estratégias com reposição de nutrientes.

2.3 Aspectos sobre radiação solar nos sistemas silvipastoris

A radiação solar interfere no crescimento das plantas através da variação estacional que se observa no comprimento dos dias em diferentes latitudes (Rodrigues & Rodrigues, 1987). De acordo com os mesmo autores, o fotoperíodo não só condiciona se uma forrageira irá florescer e produzir sementes numa dada região, mas também determina o comprimento do período vegetativo de crescimento, o qual é de grande importância para pastagens.

Diferenças nas características fotossintéticas podem ser induzidas pela intensidade de luz em que uma determinada espécie é cultivada (Boardman, 1977). O mesmo autor relata que folhas de espécies de sol, crescendo sob intensidades de luz baixa, mostram as curvas de saturação de luz que se assemelham a plantas de sombra. Dessa forma o autor conclui que a classificação das plantas em espécies de sol e sombra não pode ser feita somente com base em curvas de saturação ou pontos de compensação de luz.

Durante o estabelecimento das árvores, o sombreamento causado pelo componente arbóreo é mínimo e de pouco efeito significativo sobre a cultura forrageira, mas à medida que as árvores crescem, as mudanças no microclima se tornam mais acentuadas, podendo comprometer o crescimento e a compatibilidade da cultura associada (Bernardino, 2007).

O microclima é modificado pelas árvores em um sistema silvipastoril ocorrendo redução da radiação solar, além de redução da velocidade dos ventos, regime de temperatura ameno com maior umidade, mais baixas taxas de evapotranspiração e maiores níveis de umidade no solo, comparado com a pastagem sob céu aberto (Lin et al., 2001). O ambiente silvipastoril proporciona condição microambiental normalmente muito mais dinâmica que a encontrada em pastos a pleno sol (Garcez Neto et al., 2010). De acordo com os mesmos autores essas variações microclimáticas, ao alterarem significativamente a direção das mudanças morfológicas, acabam determinando uma condição estrutural de um ambiente completamente diferente da situação a pleno sol. Os autores alertam que, nessas condições, a estrutura da forrageira, tomada como referência para o manejo, deve ser analisada em conjunto com a capacidade de adaptação morfológica das espécies ao ambiente sombreado.

A radiação solar incidente sob o dossel torna-se fator altamente determinante da inserção de culturas agrícolas ou pastagem para formação de sistemas silviagrícolas, agrossilvipastoris ou silvipastoris (Oliveira et al., 2007b). Os autores continuam informando, que a quantidade de luz disponível para o crescimento das forrageiras que compõem um sistema silvipastoril é um dos fatores que determina a produção de forragem.

2.3.1 Fisiologia das plantas sombreadas

Plantas submetidas a ambientes sombreados estão sob estresse. Estresse é definido como qualquer fator que perturba o funcionamento normal de um organismo e em plantas submetidas a essa condição podem ocorrer modificações não hereditárias nas características fenológicas, morfológicas, fisiológicas ou bioquímicas, que tendem a reduzir os efeitos prejudiciais do estresse, processo este denominado de aclimação ou “endurecimento” (Kramer, 1983). Aclimação morfológica das forrageiras a atenuação da luz é uma estratégia adaptativa para compensar, pelo menos parcialmente, a menor taxa fotossintética por unidade de área foliar (Wong, 1990). Outras mudanças podem ocorrer, denominadas adaptações, onde as plantas apresentam modificações hereditárias, em estruturas e funções, que aumentam a sua chance de sobreviver e se reproduzir em um ambiente particular (Kramer, 1983).

Um pigmento importante que controla o desenvolvimento das plantas pela luz é o fitocromo. O fitocromo é um pigmento protéico que absorve luz mais fortemente na região do vermelho (R) e vermelho-distante (FR). Esse pigmento tem um papel chave no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo regulado pela luz (Taiz & Zeiger, 2009).

Em plantas cultivadas no escuro ou estioladas, o fitocromo está presente na forma que absorve a luz vermelha (Pr) (Taiz & Zeiger, 2009). Esses autores relatam que essa forma inativa de coloração azul é convertida pela luz vermelha para uma forma que absorve a luz vermelho-distante (Pfr). O Pfr, por sua vez, pode ser convertido de volta à Pr pela luz vermelho-distante. Conhecida como fotorreversibilidade, essa propriedade de conversão/reconversão é o atributo mais marcante do fitocromo ajudando as plantas a se ajustarem ao ambiente.

O fitocromo possibilita às plantas perceber o sombreamento por outras plantas. À medida que aumenta o sombreamento, a razão R:FR diminui e com uma maior proporção de luz FR há conversão de Pfr em Pr, e a razão de Pfr para fitocromo total (Pfr/P_{total}) diminui (Taiz & Zeiger, 2009). Em estudos conduzidos por esses autores, o sombreamento simulado de um dossel (altos níveis de luz FR; baixa razão Pfr/P_{total}) induziu plantas de sol (plantas que geralmente crescem em habitats de campo aberto) a alocar uma maior parte dos seus recursos para crescimento em altura. Essa correlação não era tão forte para as plantas de sombra, as quais normalmente crescem em ambientes sombreados. As plantas de sombra mostraram uma menor redução na

taxa de alongamento de seus caules que as plantas de sol, à medida que eram expostas a valores de R:FR mais altos. Dessa forma os autores concluíram que parece haver uma relação sistemática entre o crescimento controlado pelo fitocromo e o habitat da espécie, indicando o envolvimento do fitocromo na percepção de sombra.

Com relação ao aparelho fotossintético, Taiz & Zeiger (2009) informam que o fotossistema I (PSI) absorve preferencialmente luz na faixa do vermelho-distante com comprimentos de onda acima de 680 nm; o fotossistema II (PSII) absorve preferencialmente luz na faixa do vermelho com comprimento de onda de 680 nm e é muito fracamente estimulado pelo vermelho-distante. Como forma de adaptar-se a um ambiente com menor insolação, as plantas alteram a razão de PSI para PSII ou ainda podem acrescentar mais clorofilas de antenas ao PSII. Essas adaptações parecem aumentar a absorção de luz e a transferência de energia em ambientes sombreados, onde a luz vermelho-distante é mais abundante.

Outra observação é também feita por Taiz & Zeiger (2009) no que diz respeito a mudanças que ocorrem em plantas sob sombreamento: folhas de sol e de sombra têm uma característica bioquímica contrastante em relação à clorofila. As folhas de sombra têm mais clorofila por centro de reação, a razão entre clorofila b e clorofila a é mais alta e geralmente elas são mais finas do que as folhas de sol. Entretanto, o conteúdo de clorofila de plantas de sombra analisado por unidade de área foliar é frequentemente menor que nas plantas de sol (Boardman, 1977).

Todas essas alterações na fisiologia das plantas sob sombreamento devem ser conhecidas, pois elas determinam alterações também na morfologia das mesmas. Dessa forma, possivelmente serão alteradas a quantidade e qualidade de forragem em um sistema silvipastoril trazendo consequências na produção animal.

A aclimatação a sombra acontece de duas maneiras (Hale & Orcutt, 1987): (1) aumento da área foliar de uma maneira que minimize o uso de metabólitos (por exemplo, aumentando área foliar em detrimento da alocação de fotoassimilados para o crescimento da raiz), e (2) uma diminuição na quantidade de luz transmitida e refletida. Folhas de sombra são finas, mas largas na superfície quando comparadas com folhas de sol. O aumento na absorção de luz é provocado por aumento do número de cloroplastos por unidade de área foliar e por aumento da concentração de clorofila do cloroplasto, que é acompanhado por uma concentração reduzida de outros pigmentos que interferem com o processo de absorção de luz. Além disso, existe, por vezes, uma

mudança na orientação dos cloroplastos em direção à luz. O sombreamento reduz a produção de perfilhos, folhas, caule e raiz, mas aumenta a área foliar específica e as relações parte aérea/raiz e folha/colmo, especialmente em espécies tolerantes à sombra (Wong, 1990).

2.3.2 Alterações morfológicas e nutritivas em forrageiras sob sombreamento

Com a modificação nos fatores ambientais, situação condizente a sistemas silvipastoris, ocorre efeito sobre a qualidade da forragem, já que a digestibilidade da matéria seca e o conteúdo de nutrientes são determinados pela morfologia, anatomia e composição química da forrageira (Lin et al., 2001). Essas características tem sido estudadas em diversas situações de clima, solo, plantas forrageiras e arranjos arbóreos, visando compreender melhor os sistemas silvipastoris.

Em estudo conduzido por Gobbi (2007) foram verificadas alterações morfológicas e anatômicas de *U. decumbens* (Syn. *Brachiaria decumbens*) cv. Basilisk e amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) em resposta a diferentes níveis de sombreamento artificial (0 %, 50 % e 70 %). O sombreamento promoveu aumento da área foliar específica das plantas sendo que na folha de *U. decumbens* esse aumento foi acompanhado por redução linear na espessura das folhas. Houve alterações na densidade estomática nas faces adaxial e abaxial da epiderme das folhas das duas espécies forrageiras, diminuindo linearmente com incremento de níveis de sombra. A área foliar por folíolo e por perfilho também apresentou aumento com redução dos níveis de luz. O sombreamento crescente estimulou o aumento do comprimento de pecíolos, colmos e lâminas foliares juntamente com a altura média do dossel. A relação folha:haste não foi afetada pela sombra. O autor concluiu que embora as plantas sombreadas tenham sofrido alterações anatômicas e morfológicas o valor nutritivo das forrageiras não foi afetado de maneira expressiva.

Com o objetivo de avaliar a influência de três níveis de sombreamento artificial (0 %, 30 % e 60 %) sobre a produção de matéria seca, concentração de nitrogênio (N) e características morfológicas de seis espécies gramíneas forrageiras tropicais (*Andropogon gayanus*, cv. Planaltina, *Brachiaria brizantha*, cv. Marandu, *B. decumbens*, *Melinis minutiflora*, *Panicum maximum*, cv. Vencedor, e *Setaria anceps*, cv. Kazungula) foi conduzido um estudo por Castro et al. (1999). As espécies *P. maximum* e *S. anceps* foram as mais tolerantes ao sombreamento, atingindo, à sombra

moderada, 119,72 e 100,48% da produção de MS obtida a pleno sol, respectivamente. A concentração de N na parte aérea de *A. gayanus* (1,80 %, 2,39 % e 2,52 % de N na folha, respectivamente para 0 %, 30 % e 60 % de sombreamento) e nas espécies de *Brachiaria* (1,86 %, 1,90 % e 2,32 % de N na folha, respectivamente para 0 %, 30 % e 60 % de sombreamento) também foi maior nas plantas sombreadas. As gramíneas cultivadas à sombra tornaram-se mais suculentas, com menor teor de matéria seca. Para as características morfológicas estudadas os autores concluíram que houve variação conforme a espécie avaliada, não apresentando comportamento padrão, impossibilitando generalizações.

Trabalhos que envolvem o uso de sombra artificial, na tentativa de simular o comportamento da forrageira em condição sombreada são constantes. Porém, o sistema silvipastoril vai além do sombreamento de forrageiras, pois é um ambiente com microclima próprio, envolvendo mais fatores que apenas a transmissão de luz (Bernardino, 2007).

Soares et al. (2009), estudando a resposta de onze espécies forrageiras tropicais ao sombreamento de *Pinus taeda*, de aproximadamente 10 anos de idade e 12 m de altura, em três ambientes (pleno sol, espaçamento arbóreo 9m x 3m e 15m x 3m) de agosto de 2006 a abril de 2007, encontraram que para todas as forrageiras a produção de matéria seca decresceu com a intensidade luminosa (19.482 kg.ha⁻¹, 11.556 kg.ha⁻¹ e 4.453 kg.ha⁻¹ para pleno sol, espaçamento arbóreo 9m x 3m e 15m x 3m respectivamente). Os autores explicam que menor produção nos menores espaçamentos pode ser explicada pela qualidade e quantidade de radiação que chega ao dossel no estrato inferior. O teor de proteína bruta foi maior à sombra, sendo 14% maior em comparação a das espécies a pleno sol sendo consequência do efeito de concentração de nutrientes devido às menores produções de massa de forragem sob sombreamento (15,3 %, 17,8 % e 17,6 % para pleno sol, espaçamento arbóreo 9m x 3m e 15m x 3m respectivamente). O teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) não foi afetado, o que pode ser explicado pelo fato de que esses autores analisaram somente a lâmina foliar, que apresentaram menor teor de FDN em comparação ao colmo (69,7 %, 68,0 % e 68,5 % para pleno sol, espaçamento arbóreo 9m x 3m e 15m x 3m respectivamente). A relação folha:haste aumentou de acordo com a redução da luminosidade (1,47, 1,75 e 2,21 para pleno sol, espaçamento arbóreo 9m x 3m e 15m x 3m respectivamente). Esses autores observaram também que em condições de luminosidade reduzida, as folhas

modificam sua estrutura e se tornam maiores, mais tenras e estioladas, características adaptativas e competitivas por radiação.

Carvalho et al. (2002), realizaram um estudo objetivando estudar algumas gramíneas tropicais (*Urochloa brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Aruana, Makueni, Mombaça e Tanzânia e *Cynodon dactylon* cv. Tifton 68) em sub-bosque de angico vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth) Brenen) e em área sem a presença de árvores (controle). A espécie arbórea havia sido plantada a mais de 30 anos com um espaçamento de 7 x 7 m e reduzindo a porcentagem de transmissão de luz ao longo do ano em torno de 30 % - 60 %, quando comparada a área sem árvores. Foram avaliados o florescimento, a produção de matéria seca das forrageiras e o valor nutritivo. Os resultados encontrados foram que o sombreamento retardou o florescimento das gramíneas, em maior ou menor grau dependendo da espécie. Os autores observaram que este evento poderia estar relacionado com o crescimento vegetativo mais prolongado de plantas na condição de sombra. Já em relação a produção de matéria seca em todas as espécies houve redução significativa na sombra, com valores de crescimento nesta condição variando de 2 % a 69 %, em relação ao crescimento a pleno sol. Somente em um dos quatro cortes de avaliação essa situação foi contrária. O valor nutritivo foi favorecido, mesmo quando não houve redução de crescimento.

O sucesso de sistemas de produção tem como aspecto fundamental a escolha das espécies, sendo assim Oliveira et al. (2007a) realizaram um estudo em abril de 2002 com objetivo de avaliar, quantitativa e qualitativamente, a produtividade de *Urochloa brizantha* cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. Foram feitas avaliações de produtividade de matéria natural e seca, teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, macro e micronutrientes da parte aérea e proteína bruta na forragem na linha e entrelinha de plantio de vários arranjos de plantio de eucalipto: (3x3)+10m, (3x4)+7m, (3x4)+10m, (3x4)+7+10m, (3x3)+15m, 10x3m e 10x4m. Os resultados mostraram que a forragem disponível de *B. brizantha* foi sempre maior na entrelinha do que na linha de plantio, independente do arranjo de plantio do eucalipto. Isso foi justificado por uma possível ausência ou menor competição proporcionada pelo eucalipto. Os autores também encontraram que os variados arranjos do sistema agrossilvipastoril praticamente não provocaram variação no teor de fibras (média de 73,35 % e 73,43 % para FDN e 41,94

% e 40,75 % para FDA na linha e entrelinha respectivamente), PB (média de 6,16 %) e P (média de 1,42 g.kg⁻¹) na forragem. Outros resultados obtidos foram que os teores de Ca (1,80 g.kg⁻¹ na linha e 1,62 g.kg⁻¹ na entrelinha), K (14,96 g.kg⁻¹ na linha e 13,47 g.kg⁻¹ na entrelinha) e Mn (106,81 mg.kg⁻¹ na linha e 93,57 mg.kg⁻¹ na entrelinha) na forragem foram maiores sob as linhas de plantio e os teores de Mg (2,63 g.kg⁻¹ na linha e 3,01 g.kg⁻¹ na entrelinha) e Zn (24,68 mg.kg⁻¹ na linha e 27,68 mg.kg⁻¹ na entrelinha) foram maiores nas entrelinhas do eucalipto.

Objetivando conhecer o comportamento das características produtivas e nutricionais de *Urochloa decumbens* em sistema silvipastoril em função da distância das linhas do renque de *Acacia mangium*, *A. angustissima*, *Mimosa artemisiana* e *Eucalyptus grandis* foi realizado um estudo por Paciullo et al. (2011). A densidade de perfilhos, a massa e a taxa de acúmulo de forragem aumentaram com a distância do renque, com valores máximos de 392 perfilhos m⁻², 1.347 kg ha⁻¹ e 30,1 kg ha⁻¹ por dia, respectivamente, a 9,1, 10,4 e 8,8 m de distância. Os teores de fibra em detergente neutro não variaram com a distância (valor médio 77,4 %), enquanto os de fibra em detergente ácido (valor médio 45,4 %) e os de lignina (valor médio 6,7 %) variaram, mas segundo os autores, sem um padrão definido de resposta. Os teores de proteína bruta diminuíram com a distância do renque (valor mínimo 6,5 % a 13,5 m das árvores). A região entre 7 e 10 m de distância do renque apresentou maior benefício da sombra moderada sobre as características do pasto.

O entendimento sobre a incidência de radiação solar no sub-bosque de povoamentos de eucalipto, sob espaçamentos variados, permite o planejamento mais adequado para a introdução de culturas intercalares temporárias e pastagens em sistemas agrossilvipastoris (Oliveira et al., 2007b). Sabendo disso, esses autores conduziram um estudo com o objetivo de determinar a incidência e a distribuição da densidade de fluxo de fótons, radiação solar global e iluminância no sub-bosque de diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto, em três épocas, até 54 meses de idade. Os autores concluíram que as variáveis analisadas alteraram em função dos diferentes arranjos do eucalipto e também de acordo com a época do ano, devido à inclinação solar. Quanto menor o espaçamento entre as árvores, mais rapidamente as linhas e entrelinhas serão totalmente sombreadas, o que compromete o cultivo de espécies intercalares.

Em sistemas agroflorestais a copa das árvores reduz e modifica a luz disponível para o sub-bosque, com possíveis consequências para a fotossíntese e morfogênese das culturas intercalares (Bergez et al., 1997). Para comprovar essa hipótese, os mesmos autores realizaram um estudo com sicômoro (*Acer pseudoplatanus*), uma espécie arbórea híbrida (*Larix x eurolepis*) e freixo (*Fraxinus Excelsior*) em consórcio com azevém perene na Inglaterra. As espécies arbóreas foram implantadas na densidade de 100 e 400 árvores.ha⁻¹ e em área sem a presença de árvores, sendo mensurada a radiação fotossinteticamente ativa. A área sem presença de árvores recebeu maior radiação que as parcelas silvipastoris e dentre estas últimas, as parcelas com densidade de 400 árvores.ha⁻¹ receberam menor quantidade de luz. Apesar de uma situação de menor luminosidade não houve diferença significativa na produção de forragem nas diferentes áreas. Entretanto, os autores advertem que como as espécies arbóreas continuam em crescimento e em algum momento essa situação pode afetar significativamente a produção de forragem. Dessa forma, pode-se observar como os sistemas integrados de produção são bem mais complexos em manejo quando comparados com sistemas exclusivos de produção. O planejamento e o conhecimento são estratégias fundamentais, sendo assim de grande importância estudos que objetivem compreender as relações entre os componentes desse sistema.

Andrade et al. (2001), conduziram um estudo em sistema silvipastoril composto por *Eucalyptus urophylla* e *Panicum maximum* cv. Tanzânia-1, com o objetivo de verificar se existiam outros fatores, além da baixa disponibilidade de luz, interferindo no crescimento normal da forrageira, quatro anos após sua introdução na área. Os autores encontraram que a baixa disponibilidade de N no solo, constituiu-se a principal limitação nutricional ao crescimento da gramínea. Além do crescimento, outros aspectos importantes das gramíneas forrageiras que podem ser afetados pelo sombreamento são o florescimento, e conseqüentemente, a produção de sementes e aspectos como o valor nutritivo da forragem, como digestibilidade e composição mineral (Carvalho et al., 2002). Mais trabalhos estudando o efeito da sombra nas plantas forrageiras em sistema silvipastoril são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Trabalhos estudando o efeito de sombra em plantas forrageiras em diversos arranjos de sistema silvipastoril

Referência	Espécie arbórea	Espécie forrageira	Observações	Respostas das forrageiras na sombra
Cruz (1997)	<i>Gliricidia sepium</i> Walp (Jacq.) e <i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i>	<i>Dichanthium aristatum</i> (Poir.)	Transmissão de luz variando de 30 a 80 % da radiação fotossinteticamente ativa	Efeitos positivos no acúmulo de biomassa somente quando N e água estão limitando o crescimento do pasto em campo aberto
Fernández et al. (2004)	<i>Pinus ponderosa</i>	<i>Festuca pallescens</i>	500 árvores por hectare variando podas para obter sombreamento de 65 % e 85 %	Aumento da proporção de folhas e aumento nos ângulos foliares médios
Bernadino (2007)	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Urochloa.brizantha</i> cv. Marandu	Arranjo arbóreo 10 x 4 m sentido leste-oeste; área sombreada: 34 - 58,9 % da radiação total	Incremento da produtividade com aplicação de N e K
Paciullo et al. (2007)	<i>Acacia mangium</i> , <i>A. angustissima</i> , <i>Mimosa artemisiana</i> , <i>Lecaena leucocephala</i> x <i>L. diversifolia</i> e <i>E.grandis</i>	<i>U. decumbens</i>	Dois anos de avaliação (2003 e 2004) sendo em 2003 65 % de sombreamento e em 2004 35 % de sombreamento	Aumento na densidade de perfilhos, índice de área foliar e massa de forragem no ano de 2004; sombreamento de 35 % aumenta a PB, reduz FDN e incrementa a digestibilidade
Souza et al. (2007)	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	<i>U.brizantha</i> cv. Marandu	160 árvores por hectare; 77 % de sombreamento	Menor massa seca e degradabilidade in vitro; aumento PB e FDA; sem alterações para FDN e relação folha:haste
Souza et al. (2010)	<i>Myracrodruon urndeuva</i>	<i>U.brizantha</i> cv. Marandu	140 árvores por hectare (6 a 8 m de altura); 62 % de sombreamento	Aumento na massa seca e PB; sem alterações para FDN, FDA, relação folha:haste e degradabilidade efetiva

CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO

1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes forrageiras em sistema silvipastoril com eucalipto comparado com ambiente a pleno sol (sem árvores), visando identificar espécies com maior potencial de produção sob sombreamento de eucalipto. Foram avaliadas as seguintes forrageiras: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Arapoti, *U. brizantha* cv. Piatã, *Brachiaria* “B6”, Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*), *P. maximum* cv. Tanzânia, *Panicum* “PM 45”, e *Stylosanthes guianensis* cv. Bela em área a pleno sol e sob sombreamento de *Eucalyptus urograndis* no espaçamento entre árvores de 2 m x 2 m (linha dupla) e 12 m entre renques. Utilizou-se o delineamento em blocos completos ao acaso com quatro repetições para cada tratamento em cada área. Foram realizadas as seguintes avaliações nas plantas forrageiras: massa seca de forragem (MSf) ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) taxa de acúmulo de MSf ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$), densidade de MSf ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$), relação folha:haste, análises bromatológicas (fibra insolúvel em detergente neutro, fibra insolúvel em detergente ácido, proteína bruta (PB), fósforo, potássio e cálcio), teor de clorofila e altura. Foi feito também uma avaliação da MSf e da PB em função da distância dos renques. A massa seca de forragem, a taxa de acúmulo e a densidade de forragem foram maiores a pleno sol ($p < 0,05$). A taxa de acúmulo de forragem na área sob sombreamento aumenta a medida que as plantas forrageiras estão localizadas mais distantes dos renques arbóreos. Os teores de fibra insolúvel em detergente ácido, PB, potássio e cálcio não foram influenciadas pelo microclima sombreado ($p < 0,05$). O fósforo e a relação clorofila b/clorofila a foram influenciadas pelo microclima sombreado ($p < 0,05$) apenas no primeiro corte. A relação folha:haste (F:H) não apresentou diferença significativa entre sol e sombra, com exceção do PM45 que apresentou maior F:H sob sombreamento ($p < 0,05$).

Palavras chaves: capim, Cerrado, *Eucalyptus urograndis*, sombreamento.

2 ABSTRACT

EVALUATION OF FORAGES IN SILVOPASTORAL SYSTEM WITH EUCALYPTUS

The objective of this study was to evaluate different forage species in silvopastoral system, to find species with the greatest potential production under shade of eucalyptus. The following forages were evaluated: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Arapoti, *U. brizantha* cv. Piatã, *Brachiaria* "B6", Massai (*Panicum maximum* x *P. infestum*), *P. maximum* cv. Tanzânia, *Panicum* "PM 45" and *Stylosanthes guianensis* cv. Bela in full sun light condition and under shade of *Eucalyptus urograndis* spaced of 2 m x 2 m (double line) and 12 m between rows. It was used the complete block design with four replications for each treatment in each area. The following evaluations were made in the forages: dry matter (DM) (kg ha^{-1}), the accumulation rate ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) and density of forage ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{cm}^{-1}$), relation leaf:stem, bromatologic analysis, chlorophyll content and height. It was also made a study of DM and crude protein (CP) as a function of distance from the trees. The DM, the accumulation rate and density of forage were higher in full sun. The DM, the accumulation rate and density of forage were higher in full sun. The forage accumulation rate in the area under shading increased as forage plants were located further away from the rows of trees. The levels of acid detergent fiber, protein, potassium and calcium were not influenced by the shaded microclimate ($p < 0,05$). Phosphorus and the relation chlorophyll b / chlorophyll a were influenced by the shaded microclimate ($p < 0,05$) in the first cut. The relation leaf:stem had no significant difference between sun and shade, except for PM45 which the highest under shade.

Keywords: grass, Cerrado, *Eucalyptus urograndis*, shading.

3 INTRODUÇÃO

A pressão para a incorporação de critérios de sustentabilidade à atividade agropecuária brasileira é uma realidade atual. O termo “sustentabilidade” apresenta uma dimensão multifacetada, ou seja, deve abranger os aspectos ambientais, econômicos e sociais no processo produtivo. Será preciso produzir com sustentabilidade para atender às crescentes exigências do mercado, doméstico e do exterior, e para ampliar as vendas para mercados mais exigentes, que, no entanto remuneram melhor os produtos agrícolas produzidos no país (Martha Júnior et al., 2010). Opção de sistemas de produção que objetivam incorporar esses critérios de sustentabilidade são os sistemas agrossilvipastoris (SA).

Os SA são sistemas de produção em que são implantados em uma mesma área árvores, lavouras e plantas forrageiras em diferentes momentos dentro processo produtivo. A implantação geralmente se inicia com uma fase silviagrícola (árvores e lavouras), passando pela fase silvipastoril (árvores, plantas forrageiras e animais), que é conduzida até a colheita da madeira.

A escolha acertada das espécies forrageiras é fundamental para o sucesso de sistemas silvipastoris (Andrade et al., 2003). Os autores mencionam que no caso das espécies forrageiras, não basta que sejam tolerantes ao sombreamento, é necessário selecionar espécies adaptadas ao manejo e ambientadas às condições edafoclimáticas da região onde serão implantadas.

Com a modificação nos fatores ambientais, situação condizente a sistemas silvipastoris, ocorre efeito sobre a qualidade da forragem, já que a digestibilidade da matéria seca e o conteúdo de nutrientes são determinados pela morfologia, anatomia e composição química da forrageira (Lin et al., 2001). Essas

características tem sido estudadas em diversas situações de clima, solo, plantas forrageiras e arranjos arbóreos, visando compreender melhor os sistemas silvipastoris (Soares et al., 2009; Carvalho et al., 2002; Paciullo et al., 2011).

O objetivo deste trabalho foi avaliar diferentes forrageiras em sistema silvipastoril com eucalipto e em ambiente a pleno sol (sem árvores), visando identificar espécies com maior potencial de produção em sistema silvipastoril com eucalipto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área experimental

As atividades foram conduzidas em parte da área onde são realizadas avaliações em sistema agrossilvipastoril da Embrapa Cerrados em Planaltina-DF. Esta área está localizada geograficamente na latitude: 15°36'36.31" S e longitude: 47°42'11.63" W, com altitude de 987 m, precipitação média de 1100 mm (concentrada nos meses de outubro a abril), temperatura média de 21,7 °C e a classificação climática segundo Köppen é Aw. Os valores de temperatura máxima e mínima (°C) e de precipitação (mm) durante o período do experimento podem ser visualizados na Figura 2. O solo é caracterizado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa (56 % de argila).

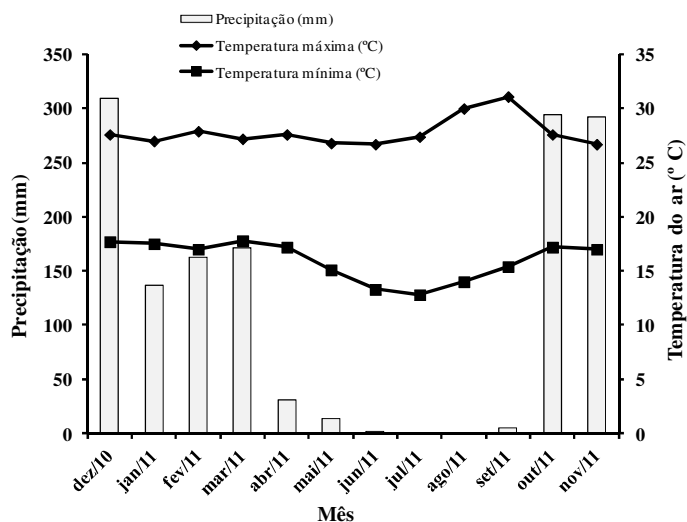


Figura 2 - Temperaturas médias mensais e precipitação pluvial de dezembro de 2010 a novembro de 2011 na área experimental da Embrapa Cerrados.

4.2 Componente florestal e forrageiras

Os tratamentos foram avaliados em dois locais sendo: 1- Eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) no espaçamento entre árvores de 2 x 2 m (linha dupla) e um espaçamento entre renques de 12 m totalizando uma população de 715 árvores.ha⁻¹; 2- Pleno sol (área sem a presença de árvores).

O eucalipto foi implantado em janeiro de 2009 por meio de mudas obtidas de viveiro comercial local. A altura média e o diâmetro à altura do peito (DAP) do eucalipto no momento da implantação do experimento eram, respectivamente, 11,5 m e 10,0 cm. A altura de desrama foi de 2,20 m. A espécie arbórea *Eucalyptus urograndis* foi escolhida em razão do rápido crescimento e pelo potencial de produção de madeira de qualidade para diversos fins. Os renques estavam dispostos no sentido norte-sul para que estivessem perpendiculares à declividade do terreno, levando em consideração os aspectos de conservação do solo.

As forrageiras foram estabelecidas, na área sob sombreamento de eucalipto e a pleno sol, no dia 07 de dezembro de 2010. Os tratamentos foram compostos de oito forrageiras, sete gramíneas e uma leguminosa, sendo as seguintes: *Urochloa brizantha* cv. Marandu, *U. brizantha* cv. Arapoti, *U. brizantha* cv. Piatã, *Brachiaria* “B6”, Massai (híbrido espontâneo entre *Panicum maximum* e *P. infestum*), *P. maximum* cv. Tanzânia, *Panicum* “PM 45”, e *Stylosanthes guianensis* cv. Bela (Estilosantes Bela). As forrageiras B6, PM 45 e o Estilosantes Bela são materiais genéticos da Embrapa que estão em estudo com previsão para lançamento em breve.

O delineamento experimental adotado foi em blocos completos ao acaso. Os blocos foram definidos para minimizar efeitos de possíveis diferenças na fertilidade do solo da área experimental. Foram definidos quatro blocos em cada área (pleno sol e sob sombreamento de eucalipto) cada um com oito tratamentos, o que totalizou 64 parcelas. O tamanho das parcelas foi de 15 m², sendo (3 m x 5 m) sob sombreamento e (5 m x 3m) a pleno sol.

Foi realizada uma amostragem de solo na profundidade de 0-20 cm na área experimental antes da implantação das plantas forrageiras. A fertilidade do solo era a seguinte (valores médios das duas áreas): Al trocável= 0,16 cmol_c.dm⁻³; Ca= 2,43 cmol_c.dm⁻³; Mg= 0,98 cmol_c.dm⁻³; P= 2,05 mg/L; K= 66,5 mg/L; S= 0,32 mg/kg; H+Al= 5,05 cmol_c.dm⁻³; Matéria orgânica 24,4 g.kg⁻¹; pH (H₂O)= 5,8.

A área foi preparada com arado e grade niveladora. A adubação foi feita com uma semeadora de linha (sem o compartimento de sementes), de maneira que fossem realizados, em uma única operação, a adubação e os sulcos de plantio. Esses sulcos foram espaçados de 0,5 m. A adubação utilizada foi única em toda área do experimento, sendo 400 kg.ha^{-1} da formulação N-P₂O₅-K₂O 0-20-18. A estratégia foi utilizada objetivando minimizar a variabilidade de fertilidade do solo na área experimental.

Para o cálculo da taxa de semeadura das forrageiras foi utilizada a quantidade de 5 kg de sementes puras viáveis (SPV).ha⁻¹ para as espécies do gênero *Brachiaria*, 3 kg de SPV.ha⁻¹ para *Panicum* e 2 kg de SPV.ha⁻¹ para o Estilosantes.

O plantio foi realizado manualmente. A quantidade total de sementes de cada parcela foi dividida de acordo com o número de linhas (seis a pleno sol e dez sob sombreamento) e pesada em envelopes individuais, facilitando assim o controle no momento do plantio. Na área sob sombreamento, o plantio das linhas de forrageiras foi realizado no espaçamento entre os renques de eucalipto (12 m). Foi mantida a distância de 1,25 m das árvores para as linhas de forrageiras implantadas próximas aos renques.

O capim Tanzânia apresentou a doença helmintosporiose causada pelo patógeno *Bipolaris maydis*. Foram realizadas duas aplicações de fungicida sendo a primeira em 27/01/2011 com o produto Triade (0,75 L/ha) e a segunda em 11/03/2011 com o produto Ópera (0,5 L/ha).

4.3 Avaliações

Foram realizadas as seguintes avaliações nas plantas forrageiras: massa seca de forragem (kg.ha^{-1}), taxa de acúmulo de massa seca de forragem ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{dia}^{-1}$), densidade de massa seca de forragem ($\text{kg.ha}^{-1}.\text{cm}^{-1}$), relação folha:haste, análise bromatológica, e teor de clorofila. Nas duas áreas (pleno sol e sob sombreamento) foram mensuradas as variáveis microclimáticas. Essas avaliações serão melhor detalhadas nos tópicos seguintes.

4.3.1 Massa seca de forragem (kg.ha^{-1})

Foram realizados três cortes para avaliação da massa seca de forragem (MSf). O primeiro foi feito 85 dias após o plantio das plantas forrageiras (02/03/2011), o segundo 46 dias após o primeiro (18/04/2011). Foi feito um corte de uniformização no

dia 10/10/2011 e o terceiro corte foi realizado 50 dias após essa data (01/12/2011). Esses cortes foram realizados em todos os tratamentos.

Antes da realização dos cortes de avaliação foi mensurada a altura média do dossel forrageiro com o auxílio de uma régua de madeira. A altura foi considerada até a inclinação da última folha dos perfilhos. Essa avaliação, foi realizada na área útil (4 m^2) sendo feitas três medições para compor uma média da altura do dossel.

Com os dados de dias de crescimento e altura no momento do corte das forrageiras, foi possível calcular, respectivamente, a taxa de acúmulo ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) e a densidade de forragem ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$).

Em relação ao tamanho da área amostrada, nas parcelas a pleno sol foram coletadas plantas nas duas linhas centrais, excluindo 0,5 m de cada extremidade dessas linhas como bordadura, totalizando uma área útil de 4 m^2 . Já na área sob sombreamento, foram coletadas plantas nas quatro linhas centrais, excluindo 0,5 m de cada extremidade dessas linhas como bordadura, correspondendo também a uma área útil de 4 m^2 . Após os cortes de avaliação foi feita a uniformização das parcelas por meio do corte das linhas utilizadas como bordaduras.

No primeiro corte os tratamentos Marandu, Piatã, B6, Arapoti, Massai e PM45 sob sombreamento foram cortados objetivando coletar oito linhas da parcela (excluindo as duas linhas externas e 0,5 m de cada extremidade como bordadura) a fim de se estudar os efeitos de sombra e água+nutrientes na taxa de acúmulo da MSf em função da distância do renque. Para o tratamento com *U brizantha* cv. Marandu esse procedimento foi realizado nos dois primeiros cortes de avaliação.

Os cortes foram feitos a 15 cm do nível do solo com uma roçadeira manual (marca Stihl). Os procedimentos adotados no corte estão ilustrados na Figura 3. A área útil das parcelas foi cortada (A) e colocada sobre sacos de ráfia (B) para posterior pesagem com uma balança de gancho (C), obtendo assim a massa verde de forragem. Após a pesagem foram separadas duas subamostras (D), de aproximadamente 500 gramas, para as análises de relação folha:haste (acondicionada em sacos de ráfia) e bromatológica (acondicionada em saco de papel).



Figura 3 - Etapas do corte de avaliação de forrageiras: A- Corte a 15 cm do solo com auxílio de roçadeira manual; B- Forragem obtida no corte da área útil; C- Pesagem da produção da massa verde de forragem; D- Subamostras para relação folha:haste e bromatológica.

As subamostras acondicionadas em saco de papel foram pesadas no Laboratório de Química de Plantas e Tecidos da Embrapa Cerrados e, posteriormente, levadas para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após esse período as subamostras foram novamente pesadas. Com base nos valores de peso seco foi possível calcular a MSf (kg.ha⁻¹).

Após o primeiro corte, foi feita adubação com 50 kg.ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de uréia. Essa adubação foi realizada manualmente e a lanço em todos os tratamentos (pleno sol e área com eucalipto), com exceção do tratamento com leguminosa (Estilosantes Bela). O adubo foi pesado e acondicionado em sacos plásticos correspondentes a cada parcela visando facilitar a distribuição no campo.

Foi realizada aplicação mecanizada de calcário a lanço na dosagem de 1,5 t.ha⁻¹ em novembro de 2011.

4.3.2 Relação folha:haste

A relação folha:haste (F:H) foi avaliada de subamostras separadas do volume total de massa verde. Essa análise foi realizada somente em cinco tratamentos (Marandu, Piatã, B6, Tanzânia e PM45) nos dois primeiros cortes de avaliação.

As plantas foram separadas em lâmina foliar e haste com o auxílio de tesouras. Posteriormente, cada componente foi acondicionado em sacos de papel para a secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 horas. Após esse período, foram pesadas e com o peso seco foi possível calcular a relação F:H de cada tratamento.

4.3.3 Receita bruta potencial (R\$.ha⁻¹)

Para exemplificar o efeito da redução da MSf na sombra foram feitas inferências modelando como seria afetada a taxa de lotação animal instantânea potencial (TLI) (UA.ha⁻¹). TLI é a quantidade de animais a ocupar o piquete em um determinado momento. A partir dos dados de TLI foi feita uma avaliação da receita bruta potencial (R\$.ha⁻¹) considerando cada ambiente avaliado como um sistema de produção, sendo “Pastagem exclusiva” (ambiente a pleno sol) e “Sistema silvipastoril” (ambiente sob sombreamento).

Para o modelo foram considerados os seguintes critérios: 1- MSf acumulada nos três cortes com uma eficiência de pastejo de 50 %; 2- animais nelores machos inteiros em recria com peso de 350 kg e ganho de peso diário de 0,4 kg, o que determinou uma exigência de ingestão de matéria seca de 8,0 kg.cabeça⁻¹.dia⁻¹ (Barioni et al., 2007); 3- rendimento de carcaça de 50 % com um preço da arroba do boi gordo de R\$ 92,00; 4- produtividade ou incremento médio anual da floresta de eucalipto de 30 m³.ha⁻¹.ano⁻¹ (1.666 plantas.ha⁻¹) a um preço de madeira serrada de R\$ 200 por m³; 5- proporção de cada componente no sistema, sendo que em 1 ha a área com árvores correspondia a 28,6 % e com pastagens 71,4 %. Os cálculos estão detalhados no Anexo B.

4.3.4 Análises bromatológicas

Para as análises bromatológicas foram utilizados somente quatro tratamentos: Marandu, Piatã, B6 e PM45, sendo estes as forrageiras de maior expressão comercial e os dois materiais em estudo da Embrapa. As avaliações consistiram em:

proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca).

As amostras, após secagem em estufa a 65 °C, foram moídas em moinho com peneira de 2 mm para a determinação do nitrogênio total pelo método Kjeldahl e P, K e Ca segundo metodologia da AOAC (1995); componentes da parede celular pelo método seqüencial - fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al., (1991). O valor de nitrogênio total foi utilizado para o cálculo da proteína bruta (PB) multiplicando pelo fator de correção 6,25.

Foi realizado um estudo com o tratamento Marandu na área sob sombreamento, objetivando verificar a variação de PB em função da distância do renque arbóreo. Para isso foi feita a análise de PB em todas as linhas da forrageira coletadas.

Essas análises bromatológicas foram realizadas com amostras provenientes dos dois primeiros cortes, sendo realizadas individualmente para cada corte de forma a obter resposta da forrageira em cada momento (estabelecimento e rebrota).

4.3.5 Teor de clorofila

O teor de clorofila na folha das forrageiras foi mensurado por meio de um clorofilômetro digital (clorofiLOG v.1.10, Falker Automação Agrícola Ltda). A leitura foi realizada na posição do terço médio da lâmina foliar da última folha completamente expandida a partir do ápice de cada perfilho. Foi analisada a razão entre clorofila b e clorofila a.

Essa avaliação foi feita momento anterior aos dois primeiros cortes. Essas mensurações se concentraram nos tratamentos: Marandu, Piatã, B6, Tanzânia e PM45.

Nas parcelas a pleno sol foram feitas quatro leituras nas duas linhas centrais (área útil) das parcelas, sendo duas leituras em cada linha. Na área com eucalipto, foram tomadas também quatro leituras aleatórias dentro das quatro linhas da área útil.

4.3.6 Variáveis microclimáticas

A temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e a intensidade luminosa ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) foram mensuradas por meio do data logger HOBOWare Pro (Onset Computer Corporation).

Este aparelho foi instalado nas duas áreas (pleno sol e sob sombreamento) ao mesmo tempo para comparação dos resultados. Para comparação das duas áreas o aparelho foi instalado a pleno sol e no centro do entre renque do eucalipto. Foi feita também análise na área sob sombreamento instalando, ao mesmo tempo, o aparelho no centro do entre-renque e na linha de forrageira mais próxima das árvores visando detalhar o comportamento da radiação solar neste sistema silvipastoril (Figura 4). Para facilitar a compreensão foi utilizada uma denominação para os renques de acordo com a sua localização no terreno (renque leste e renque oeste).

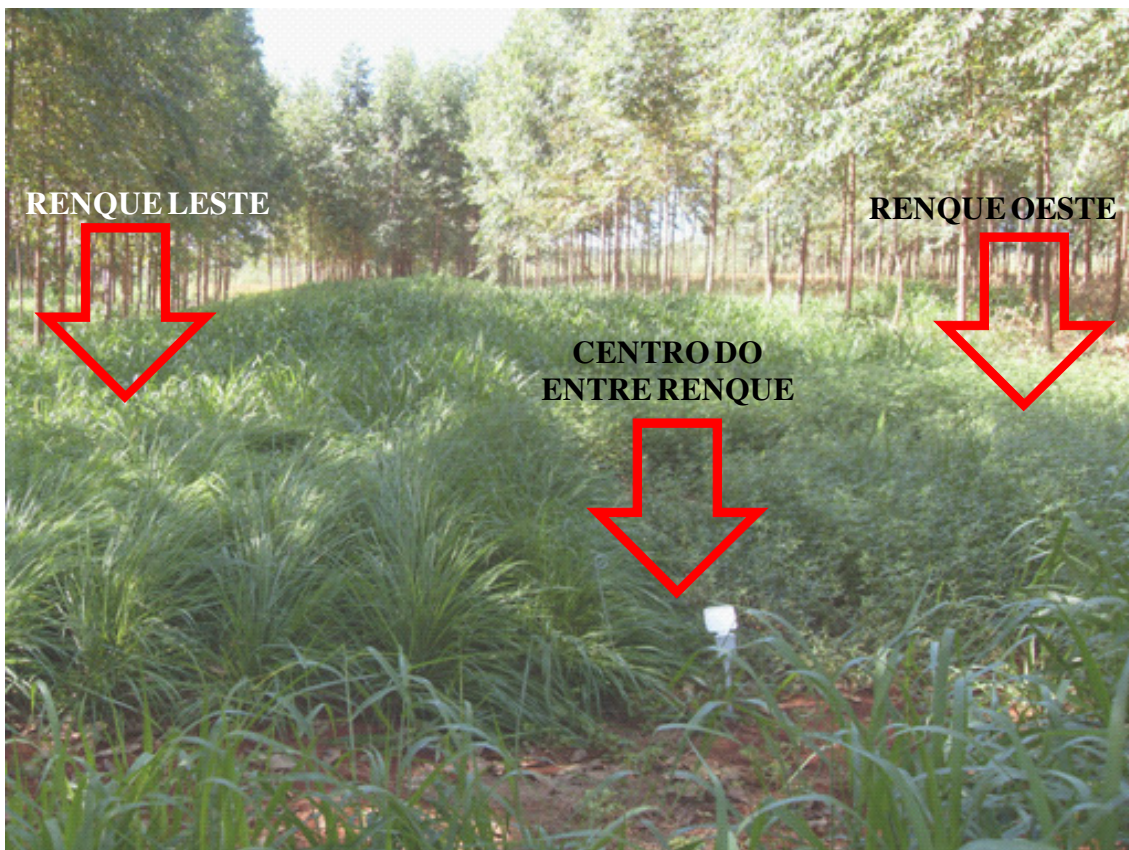


Figura 4 - Locais onde foram realizadas as medições de temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa sob sombreamento.

A avaliação iniciava às 9hs e finalizava às 16hs. O aparelho fez medidas a cada cinco minutos que depois foram agrupadas a cada uma hora.

4.4 Análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos completos ao acaso com oito tratamentos e quatro blocos em cada local (pleno sol e área com eucalipto) totalizando 64 parcelas.

Os resultados obtidos foram verificados quanto às pré-suposições da análise de variância (normalidade e independência dos resíduos; homogeneidade da variância). Atendidos esses requisitos, os dados foram submetidos à análise de variância utilizando-se o procedimento *Mixed Models* (proc mixed) do programa estatístico *Statistical Analysis System* (SAS, 2008). Quando verificadas diferenças, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de significância.

Para os dados de MSf foram realizadas duas análises, sendo uma considerando os resultados cumulativos (coletados nos três cortes de avaliação) e outra considerando cada corte de forma individual com o uso da estatística de análise repetida no tempo. Para os dados de taxa de acúmulo, densidade de forragem, teor de clorofila, relação folha:haste e análises bromatológicas foram realizadas análises individuais para cada corte utilizando também a estatística de análise repetida no tempo.

Quando se realizou análises individuais por corte, foram considerados o efeito de tratamento, de local, de corte e a interação entre eles. Para a análise cumulativa e de modelos mistos os efeitos considerados foram de tratamento, de local e a interação entre eles.

Para os dados do estudo da taxa de acúmulo de MSf e proteína bruta na área sob sombreamento em função da distância do renque foi utilizada a análise de regressão. A distância do renque foi considerada como variável independente e a taxa de acúmulo e proteína bruta como variáveis dependentes.

Os dados de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%), intensidade luminosa (W.m^{-2}) não foram submetidos à análise estatística, pois foram apenas descritivos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Dados climáticos

O comportamento da temperatura ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa (%) e intensidade luminosa ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) na área a pleno sol e sob sombreamento de eucalipto é mostrado na Figura 5. A data 23 de fevereiro de 2011 foi escolhida em função de ser uma data mediana do verão, estação onde ocorreram as avaliações a campo. Uma exceção é o terceiro corte ocorreu em 01 de dezembro, na primavera, mas essa data estava próxima a estação do verão.

Constatou-se que a temperatura mais alta foi na área a pleno sol em comparação à área sob sombreamento. Na média a redução na temperatura sob sombreamento foi de 8,6 % (Figura 5). A umidade relativa apresentou comportamento contrário a temperatura, sendo mais alta sob sombreamento. Os valores de intensidade luminosa, na maior parte do dia, foram maiores a pleno sol que no sub-bosque de eucalipto mostrando a interferência da copa das árvores que interceptaram parte da radiação incidente. A redução de intensidade luminosa sob sombreamento, média dos valores ao longo do dia, foi de 39 % em relação a área a pleno sol.

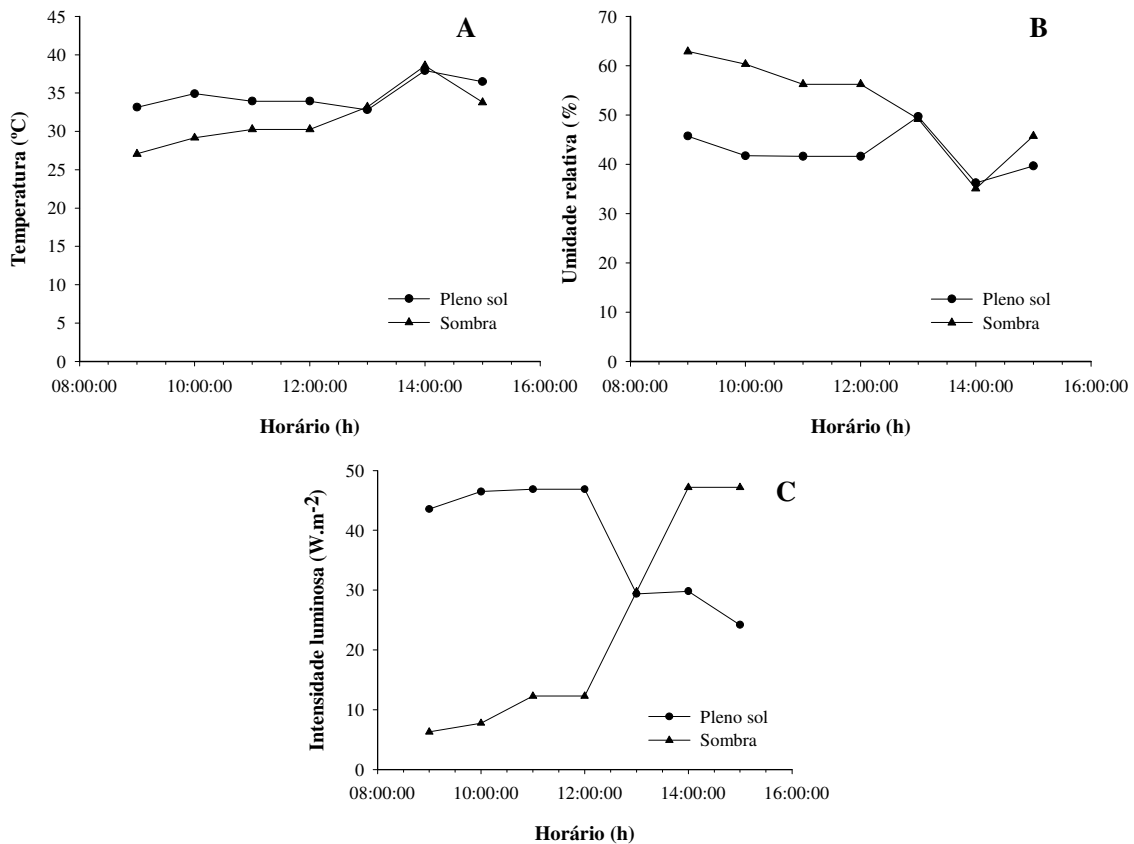


Figura 5 - Temperatura (°C) (A), umidade relativa (%) (B) e intensidade luminosa ($W.m^{-2}$) (C) registrada no dia 23/02/2011 em área a pleno sol e sob sombreamento de *Eucalyptus urograndis* com espaçamento de 12 m entre renques (medição no centro do entre renque).

Foi constatado que entre 13h e 14h as temperaturas e umidades relativas, nas duas áreas, se igualaram indicando que nesse momento a presença das árvores não interferiu para amenizá-las sob sombreamento (Figura 5). Esse fato pode ser explicado pelo aumento da intensidade luminosa sob sombreamento em relação ao pleno sol, momento esse que a radiação solar está exatamente no centro do entre renque, não havendo interceptação pelas árvores.

O aumento expressivo da intensidade luminosa na sombra em relação ao pleno sol após às 14h (Figura 5) pode ser explicado pelo fato de que as duas áreas (pleno sol e sombra) não estavam no mesmo alinhamento no terreno (ver Anexo A). Com o caminhar do sol ao longo do dia pode ter ocorrido uma queda na radiação incidente primeiramente na área a pleno sol, que estava em uma posição mais a leste em relação à área sob sombreamento de eucalipto. Como o interesse foi saber, em termos

relativos, a diferença da intensidade luminosa nas duas áreas esse fato não teve maiores implicações.

Os dados climáticos obtidos nesse experimento corroboram o que Lin et al. (2001) retratam sobre sistemas silvipastoris onde, dentre outras mudanças, o microclima é modificado pelas árvores ocorrendo redução da radiação solar e regime de temperatura ameno com maior umidade, quando comparado com a pastagem a céu aberto.

Na Figura 6 pode ser visto como a temperatura, umidade relativa e intensidade luminosa se comportam sob sombreamento. A temperatura no centro do entre renque e no renque oeste tende a aumentar ao longo do dia. Já no renque oeste a temperatura nas primeiras horas do dia é elevada e vai se tornando amena à medida que as horas avançam. A umidade relativa é menor à medida que a temperatura aumenta em cada local.

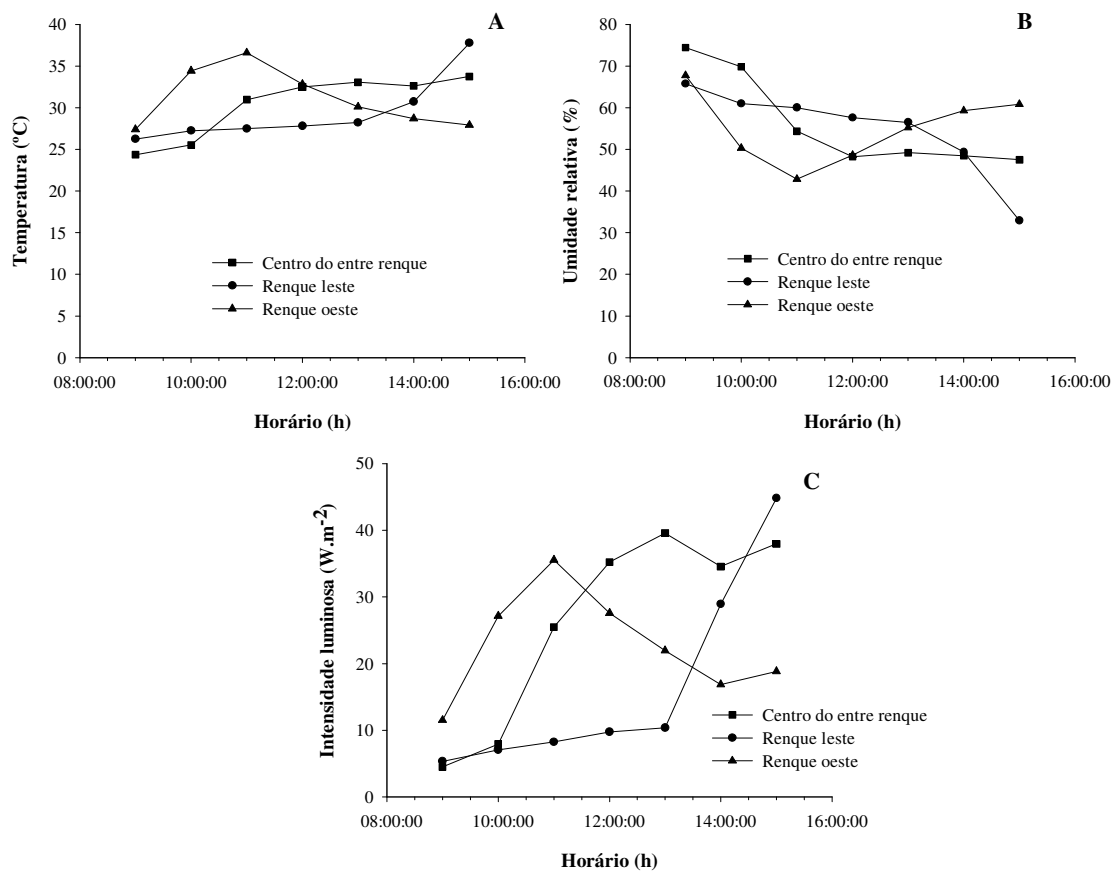


Figura 6 - Temperatura (°C) (A), umidade relativa (%) (B) e intensidade luminosa (W.m⁻²) (C) média dos dias 12 e 13/04/2011 sob sombreamento de *Eucalyptus urograndis* com 12m de espaçamento entre renques (oeste e leste - localização dos renques).

Com relação à intensidade luminosa, percebe-se que no centro do entre renque ocorre um aumento à medida que as horas avançam (Figura 6). Já nas medidas próximas aos renques pode ser notado algo interessante em relação à percentagem de luminosidade. Quando feita uma comparação com a radiação no centro do entre renque, na média, o renque oeste tem redução de 14 % já o renque leste reduz 38 %.

5.2 Massa seca de forragem

A massa seca de forragem (MSf) ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) foi analisada de duas maneiras sendo uma a MSf de cada corte individual e outra a MSf acumulada nos três cortes de avaliação.

Quando avaliados os testes de efeitos fixos a interação tratamento*corte*local é significativa o que permite desdobrar a análise por corte e por local (Tabela 2).

De modo geral, nos três cortes houve efeito da sombra para a MSf que foi maior ($p < 0,05$) a pleno sol, com exceção dos tratamentos Tanzânia e Est.Bela no primeiro corte e Marandu e PM45 no terceiro corte (Tabela 2). Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Soares et al. (2009), que estudaram a resposta de onze espécies forrageiras tropicais ao sombreamento de *Pinus taeda* e também aos de Carvalho et al. (2002) que encontraram redução de MSf com redução na luminosidade.

A MSf apresentou diferenças nos três cortes (Tabela 2). No segundo corte verificou-se maior MSf em relação ao primeiro corte. Esse fato pode estar relacionado ao efeito da adubação com $50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio, que foi realizada após o primeiro corte, e também pelo fato das forrageiras já apresentarem sistema radicular mais desenvolvido para a absorção de água e nutrientes. Foi observado também que a MSf dos tratamentos no segundo corte foi maior que o terceiro (Tabela 2). Como nesse caso as forrageiras estavam em uma mesma condição de rebrota e as condições climáticas (Figura 2) foram mais favoráveis no período do terceiro corte (maiores temperatura e precipitação), confirma-se a importância da adubação para essa diferença na MSf. Assim, pode-se inferir que sob sombreamento o fator adubação também interferiu na MSf e não somente a radiação solar conforme também verificado por Andrade et al. (2001).

Tabela 2 - Massa seca de forragem (kg.ha⁻¹) nos três cortes de avaliação (02/03/2011, 18/04/2011 e 01/12/2011). Efeito da sombra: comparação entre pleno sol e sombra (média ± erro padrão)

Tratamento	1º corte (02/03/2011)			2º corte (18/04/2011)			3º corte (01/12/2011)		
	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
Piatã	5.628 ± 294 a	1.658 ± 375 a	**	5.414 ± 289 abc	1.883 ± 141 a	**	3.180 ± 585 a	1.303 ± 171 a	*
B6	5.136 ± 544 ab	1.919 ± 451 a	**	4.016 ± 312 cd	1.839 ± 175 a	**	3.236 ± 270 a	638 ± 107 a	**
Marandu	4.351 ± 600 abc	1.748 ± 319 a	**	3.217 ± 95 d	1.451 ± 210 a	**	2.379 ± 148 a	858 ± 94 a	ns
Arapoti	3.395 ± 534 bcd	1.013 ± 89 a	**	5.042 ± 334 abc	1.925 ± 167 a	**	3.224 ± 255 a	698 ± 58 a	**
PM45	3.340 ± 366 cd	1.565 ± 309 a	*	4.233 ± 99 bcd	1.842 ± 87 a	**	2.525 ± 177 a	934 ± 101 a	ns
Massai	2.723 ± 474 cd	925 ± 372 a	*	6.763 ± 237 a	2.700 ± 500 a	**	3.451 ± 100 a	858 ± 262 a	**
Tanzânia	2.202 ± 590 de	1.414 ± 334 a	ns	5.940 ± 250 ab	2.701 ± 174 a	**	2.392 ± 154 a	577 ± 187 a	*
Est.Bela	700 ± 122 e	217 ± 45 a	ns	3.969 ± 442 cd	1.090 ± 185 a	**	3.955 ± 321 a	646 ± 81 a	**

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

* Significância a 5 %; ** Significância a 1 %; ns - não significativo.

Nos três cortes a MSf não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos sob sombreamento (Tabela 2). Pode-se inferir então que no microclima sombreado gerado nas condições desse experimento (espaçamento entre renques de eucalipto de 12 m em linha dupla) não foi possível selecionar alguma forrageira tolerante ao sombreamento.

Pelos dados apresentados na tabela 2, partindo-se de algumas suposições simplificadas, é possível inferir a eficiência do uso de nitrogênio. Comparando os valores de MSf do segundo e terceiro cortes, podemos supor que a diferença entre eles é devido a adubação com N, que foi realizada somente anterior segundo corte. Quando é dividido por 50 (adubação com $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N) o valor da diferença entre os dois cortes, encontramos a pleno sol uma maior MSf por kg de N aplicado, o que possivelmente sinaliza uma maior eficiência do uso de nitrogênio a pleno sol. Assim, possíveis condições restritivas impostas pelo microclima gerado no sistema silvipastoril com eucalipto afetou de tal forma as forrageiras que uma adubação com $50 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N não proporcionou condições semelhantes de MSf que foram obtidas a pleno sol.

Quando analisada a MSf acumulada nos três cortes, houve interação significativa ($p < 0,05$) para Trat*Local, ou seja, os tratamentos apresentaram a MSf afetada pelo local onde estavam localizados (pleno sol e sob sombreamento) (Tabela 3).

Tabela 3 - Massa seca de forragem (kg.ha⁻¹) acumulada nos três cortes de avaliação (02/03/2011, 18/04/2011 e 01/12/2011) (média ± erro padrão)

Tratamento	Pleno sol		Sombreado		Efeito da sombra	Redução (%)
Piatã	14.222 ± 1.054	a	4.844 ± 668	a	**	65,94
Massai	12.938 ± 598	ab	4.483 ± 1.119	a	**	65,35
B6	12.388 ± 872	ab	4.395 ± 660	a	**	64,52
Arapoti	11.661 ± 626	abc	3.636 ± 287	a	**	68,82
Tanzânia	10.533 ± 615	bc	4.692 ± 579	a	**	55,45
PM45	10.098 ± 580	bc	4.340 ± 483	a	**	57,02
Marandu	9.948 ± 512	bc	4.057 ± 590	a	**	59,21
Est.Bela	8.623 ± 308	c	1.953 ± 292	a	**	77,35
Média	11.301 ± 646	a	4.050 ± 585	b	**	64,21

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

** Significância a 1 %.

A análise acumulada mostra, mais uma vez, o efeito da sombra na redução de MSf em todos os tratamentos (Tabela 3). Os valores de porcentagem de redução variam de 55,45 até 77,35 o que impossibilita qualificar alguma forrageira como ideal a ser utilizada nesse sistema. A menor incidência de luminosidade e uma possível competição entre as árvores e as forrageiras podem ter contribuído para esses resultados. Observando esses valores podemos concluir que o arranjo arbóreo utilizado nesse experimento está afetando de forma drástica a MSf levando, com base nesse parâmetro, a não indicação desse arranjo para sistemas silvipastoris.

Conforme já observado na análise dos cortes individuais, a MSf sob sombreamento não apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. O potencial de produtividade das forrageiras sob sombreamento é menor dessa forma, sugere-se que essas forrageiras sejam estudadas em espaçamentos entre renques arbóreos maiores visando encontrar alguma espécie que se destaque. Quando analisada somente a condição a pleno sol as forrageiras que se destacaram foram o Piatã, Massai, B6 e Arapoti (Tabela 3).

A taxa de acúmulo de massa seca de forragem (Tabela 4) não apresentou diferença significativa dentre os tratamentos na sombra. No segundo corte, pleno sol e sombra apresentaram maiores taxas de acúmulo refletidas pelo efeito da adubação com 50 kg.ha⁻¹ de N. As taxas de acúmulo sob sombreamento encontradas nesse trabalho foram superiores somente no segundo corte à taxa de acúmulo de 31,8 kg.ha⁻¹.dia⁻¹ encontrada por Bernadino et al. (2007) para *U. brizantha* cv. Marandu quando cultivado

em sistema silvipastoril com *Eucalyptus camaldulensis* com espaçamento de 10 m x 4 m com 65 a 70 % de sombreamento e adubação com 150 kg.ha⁻¹ de N e 100 kg.ha⁻¹ de K. A adubação é fator importante em sistemas silvipastoris.

Tabela 4 - Taxa de acúmulo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) nos três cortes de avaliação sendo o primeiro 70 dias após a emergência das forrageiras, o segundo 46 dias após o primeiro e o terceiro 50 dias após corte de uniformização (média \pm erro padrão)

Tratamento	1º corte (02/03/2011)			2º corte (18/04/2011)			3º corte (01/12/2011)		
	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
Piatã	80,4 \pm 4,2 a	23,7 \pm 5,4 a	**	117,7 \pm 6,3 abc	40,9 \pm 3,1 ab	**	63,6 \pm 11,7 a	26,1 \pm 3,4 a	**
B6	73,4 \pm 7,8 ab	27,4 \pm 6,4 a	**	87,3 \pm 6,8 cde	40,0 \pm 3,8 ab	**	64,7 \pm 5,4 a	12,8 \pm 2,1 a	**
Marandu	62,2 \pm 8,6 abc	25,0 \pm 4,6 a	**	70,0 \pm 2,1 e	31,6 \pm 4,6 ab	**	47,6 \pm 3,0 a	17,2 \pm 1,9 a	ns
Arapoti	48,5 \pm 7,6 bc	14,5 \pm 1,3 a	**	109,6 \pm 7,3 bcd	41,9 \pm 3,6 ab	**	64,5 \pm 5,1 a	14,0 \pm 1,2 a	**
PM45	47,7 \pm 5,2 bc	22,4 \pm 4,4 a	ns	92,0 \pm 2,2 cde	40,0 \pm 1,9 ab	**	50,5 \pm 3,5 a	18,7 \pm 2,0 a	**
Massai	38,9 \pm 6,8 cd	13,2 \pm 5,3 a	ns	147,0 \pm 5,1 a	58,7 \pm 10,9 a	**	69,0 \pm 2,0 a	17,2 \pm 5,2 a	**
Tanzânia	31,5 \pm 8,4 cd	20,2 \pm 4,8 a	ns	129,1 \pm 5,4 ab	58,7 \pm 3,8 a	**	47,9 \pm 3,1 a	11,5 \pm 3,7 a	**
Est.Bela	10,0 \pm 1,7 d	3,1 \pm 0,6 a	ns	86,25 \pm 9,6 de	23,7 \pm 4,0 b	**	79,1 \pm 6,4 a	12,9 \pm 1,6 a	**

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

* Significância a 5 %; ** Significância a 1 %; ns - não significativo.

Tabela 5 - Densidade de massa seca de forragem ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$) nos três cortes de avaliação (02/03/2011, 18/04/2011 e 01/12/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	1º corte (02/03/2011)			2º corte (18/04/2011)			3º corte (01/12/2011)		
	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
PM45	54,9 \pm 4,1 a	27,5 \pm 5,5 a	**	51,5 \pm 1,3 b	31,4 \pm 1,2 a	ns	46,1 \pm 2,6 bc	19,2 \pm 2,8 a	**
Piatã	54,7 \pm 3,1 a	17,8 \pm 2,9 ab	**	61,7 \pm 2,0 b	21,6 \pm 0,4 a	**	37,8 \pm 5,0 bc	16,3 \pm 1,1 a	*
B6	53,0 \pm 3,7 a	23,6 \pm 4,4 ab	**	51,4 \pm 1,5 b	21,4 \pm 1,4 a	**	41,5 \pm 3,4 bc	10,3 \pm 1,1 a	**
Marandu	52,4 \pm 3,0 a	20,6 \pm 2,8 ab	**	56,4 \pm 1,6 b	20,5 \pm 2,5 a	**	50,6 \pm 3,6 bc	14,5 \pm 1,3 a	**
Massai	51,7 \pm 5,5 a	21,0 \pm 7,5 ab	**	82,2 \pm 2,7 a	43,4 \pm 6,0 a	**	56,3 \pm 3,5 ab	20,7 \pm 5,5 a	**
Arapoti	45,8 \pm 3,8 a	14,0 \pm 1,2 ab	**	59,8 \pm 3,0 b	22,6 \pm 1,0 a	**	45,1 \pm 3,8 bc	11,2 \pm 0,6 a	**
Tanzânia	37,0 \pm 5,7 ab	21,5 \pm 3,4 ab	ns	50,9 \pm 2,6 b	28,3 \pm 1,5 a	**	32,9 \pm 3,0 c	11,1 \pm 2,7 a	*
Est.Bela	17,8 \pm 2,5 b	4,8 \pm 0,9 b	ns	55,7 \pm 5,6 b	18,8 \pm 2,6 a	**	76,6 \pm 8,2 a	13,7 \pm 1,8 a	**

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

* Significância a 5 %; ** Significância a 1 %; ns - não significativo.

Somente as taxas de acúmulo das braquiárias no 1º corte apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) no efeito da sombra (Tabela 4). Para os tratamentos PM45, Massai, Tanzânia e Est.Bela não houve diferença significativa da sombra. Isso pode ser explicado pela velocidade de estabelecimento dessas forrageiras, sendo mais lenta para os panicuns e o estilosantes. Esse fato pode ter ocasionado menor taxa de acúmulo, até mesmo em condições a pleno sol, assim, não se diferenciando estatisticamente da sombra.

No segundo e terceiro cortes foram encontradas menores taxas de acúmulo sob sombreamento, com exceção do Marandu no terceiro corte, (Tabela 4) que levou às menores MSf (Tabela 2). Com menores taxas de acúmulo, situação encontrada sob sombreamento, um maior planejamento deve ser feito em relação ao período de crescimento e pastejo. Será necessário um maior intervalo entre cortes, de forma a garantir maior acúmulo de MSf (Bernadino et al., 2007).

A distribuição da forragem na estrutura vertical da vegetação influencia o comportamento animal em pastejo (Rêgo et al., 2001). A densidade de massa seca de forragem foi influenciada sendo maior a pleno sol, com exceção de Tanzânia e Est.Bela no primeiro corte e PM45 no segundo corte (Tabela 5). A adubação realizada após o primeiro corte pode ter contribuído para que a densidade de forragem do PM45 sob sombreamento igualasse a pleno sol, já que no terceiro corte, onde não houve adubação prévia, houve diferença ($p < 0,05$) entre os locais. Assim, apesar de maior altura das plantas sob sombreamento, que facilitaria o acesso dos animais à forragem produzida, a MSf é menor em comparação a pleno sol. Esse aspecto tem também influência no manejo das pastagens e deve ser considerado no momento do planejamento.

5.3 Relação folha:haste

Para a variável relação folha:haste não houve efeito significativo dos cortes, mas foi significativa ($p < 0,05$) a interação tratamento*local. Dessa forma foi analisada a média dos dois cortes nos dois locais (Tabela 6).

Tabela 6 - Relação folha:haste média dos dois cortes de avaliação (02/03 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
PM45	5,0 \pm 0,75 a	16,0 \pm 9,45 a	**
Tanzânia	4,7 \pm 1,09 a	5,1 \pm 0,35 b	ns
Marandu	2,2 \pm 0,05 a	2,0 \pm 0,06 b	ns
Piatã	1,2 \pm 0,06 a	1,6 \pm 0,19 b	ns
B6	1,1 \pm 0,07 a	1,4 \pm 0,15 b	ns

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

** Significância a 1 %; ns - não significativo.

Verifica-se que não houve efeito significativo do local para a relação folha:haste (F:H), com exceção do tratamento PM45 que obteve maior média sob sombreamento (Tabela 6). Martha Júnior et al. (2004) avaliando a produção de forragem de PM45, encontraram que essa espécie se destacou de outros acessos de *Panicum maximum* com menor produção de hastes.

Esses resultados podem ser devido a uma mudança proporcional de folhas e hastes na condição de sombra. As plantas tiveram incremento de hastes, mas podem também ter aumentado o tamanho e a área foliar específica, o que contribuiu para a manutenção de valores semelhantes de F:H em relação ao pleno sol. Gobbi (2007) também não encontrou diferenças significativas na relação F:H, pois o sombreamento crescente estimulou o aumento do comprimento de pecíolos, colmos e lâminas foliares.

5.4 Massa seca de forragem em função da distância do renque

Com relação ao desenvolvimento das plantas forrageiras em área sob sombreamento, é proposto um modelo esquemático do comportamento da MSf em função da distância dos renques em um sistema silvipastoril (Figura 7).

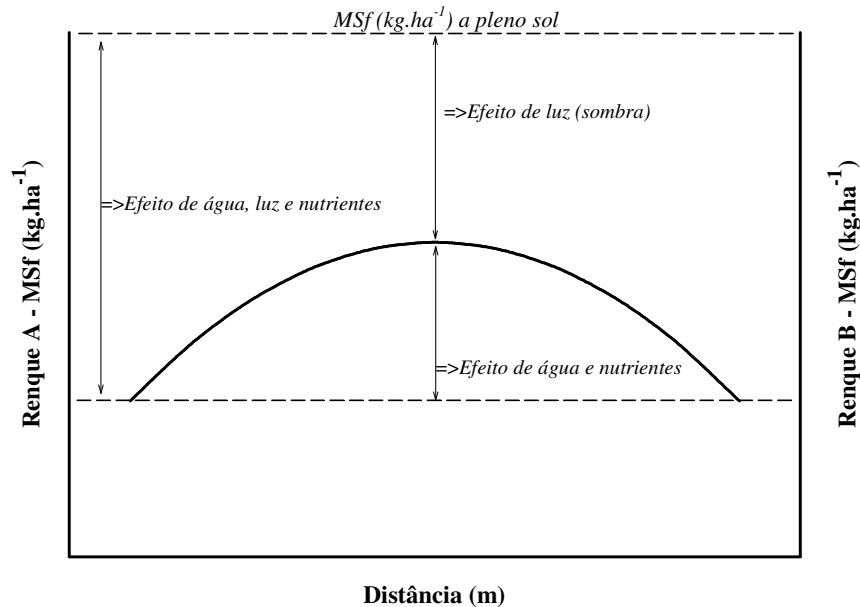


Figura 7 - Modelo esquemático da produtividade de massa seca de forragem (MSf) (kg.ha⁻¹) em função da distância dos renques arbóreos. Renque A e renque B representam renques de um sistema silvipastoril e a distância representa onde são cultivadas as forrageiras.

A MSf próxima aos renques é menor e vai aumentando a medida que se aproxima do centro do entre renques, onde atinge o seu ponto máximo (Figura 7). Esse ponto máximo de MSf é influenciado pela distância entre os renques de forma que quanto maior essa distância maior chance de se prolongar o máximo de MSf por uma maior área. Isso ocorre, pois, neste caso, o centro dos entre renques apresentará condições semelhantes de luminosidade em comparação ao pleno sol.

O efeito da competição por água + nutrientes, além do efeito de sombra podem explicar as menores MSf próximas aos renques (Figura 7). Com a MSf no centro do entre renque (ponto máximo) podem ser feitas suposições dos efeitos isolados de água+nutrientes e sombra. Quando subtraída a MSf no ponto máximo com a MSf a pleno sol (linha pontilhada) infere-se que essa diferença é devida ao efeito de sombra. Já quando subtraída a MSf próxima aos renques (efeito de água, luz e nutrientes) do efeito de sombra se obtém o isolado efeito de água + nutrientes (Figura 7). Esses cálculos foram feitos para alguns tratamentos em estudo realizado no primeiro corte de avaliação com relação à taxa de acúmulo de MSf (Figura 8 e Tabela 7).

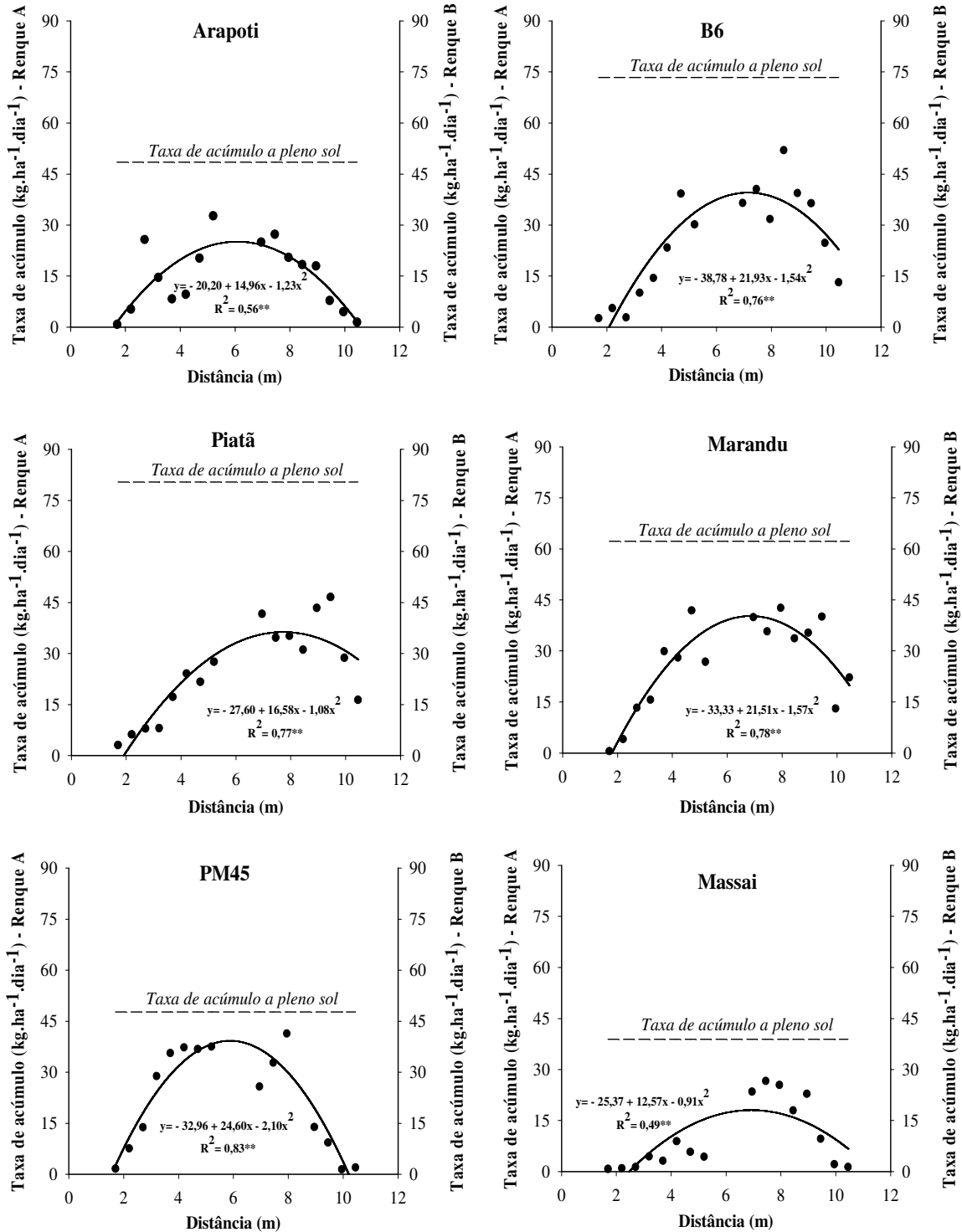


Figura 8 - Taxa de acúmulo de forragem no primeiro corte em função da distância dos renques de *Eucalyptus urograndis* espaçados em 12 m. Renque A e renque B representam renques do sistema silvopastoril. Distância mensurada do renque A.

**Significância a 1%.

Para todos os tratamentos estudados foram ajustados modelos quadráticos (Figura 8) de comportamento semelhante ao modelo proposto na Figura 6. Os coeficientes de determinação R^2 apresentam valores que variam de 0,49 (Massai) a 0,83 (PM45) sendo todos significativos ($p < 0,01$).

Tabela 7- Distância (m) do renque, taxa de acúmulo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$) no primeiro corte no ponto de máximo, taxa de acúmulo a pleno sol, efeito da água+nutrientes e sombra, de sombra e de água+nutrientes na taxa de acúmulo

Tratamento	Ponto de máximo		Taxa de acúmulo pleno sol ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)	Efeitos		
	Distância (m)	Taxa de acúmulo ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)		Água+nutrientes e sombra ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)	Sombra ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)	Água+nutrientes ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{dia}^{-1}$)
PM45	5,86	39,1	47,7	45,9	8,6	37,3
Arapoti	6,08	25,3	48,5	47,4	23,2	24,2
Marandu	6,85	40,3	62,2	51,0	21,9	29,1
Massai	6,91	18,0	38,9	36,7	20,9	15,8
B6	7,12	39,3	73,4	65,5	34,1	31,4
Piatã	7,67	36,0	80,4	70,6	44,4	26,2

Os pontos máximos das curvas para todos os tratamentos, com exceção do PM45, estão localizados em distâncias acima do centro do entre renque (Tabela 7). Destaque é dado para o Piatã que apresentou maior taxa de acúmulo a uma distância de 7,67 m. Dessa forma, supõe-se que as forrageiras próximas ao renque B apresentam menor efeito da mudança de ambiente quando comparado ao renque A. Isso pode ser explicado pelo efeito da intensidade luminosa nesses locais como detalhado na Figura 6. Quando feita uma comparação com a radiação no centro do entre renque, na média, o renque oeste (renque B) tem redução de 14 % já no renque leste (renque A) reduz 38 %. Assim, o renque A está recebendo menor intensidade luminosa que o renque B o que pode ter deslocado os pontos de máximo para distâncias próximas ao renque B. Paciullo et al. (2011) realizando análise semelhante com *Urochloa decumbens* encontraram a máxima taxa de acúmulo a 8,8 m de distância de renques espaçados de 30 m dispostos no sentido norte-sul.

Os efeitos isolados de sombra e água+nutrientes estão detalhados na Tabela 7. Observa-se que o efeito desses fatores na taxa de acúmulo das forrageiras é proporcional para os tratamentos Arapoti, Marandu, Massai e B6. Pode ser afirmado então, mais uma vez, que o efeito de sombra não foi a única variável que interferiu para menores taxas de acúmulo sob sombreamento. Para o PM45 houve um maior efeito de água+nutrientes do que da sombra. Essa forrageira apresenta características morfológicas (por exemplo, folhas compridas e em grande número) que podem ter

ajudado numa maior captação da luz, mas a competição por água e nutrientes teve um grande efeito. Já no caso do Piatã ocorreu o contrário, o efeito de sombra foi maior, mas houve menor efeito da competição por água e nutrientes.

O tratamento com o Marandu sob sombreamento foi analisado quanto a taxa de acúmulo em função da distância dos renques nos dois cortes (Figura 9 e Tabela 8).

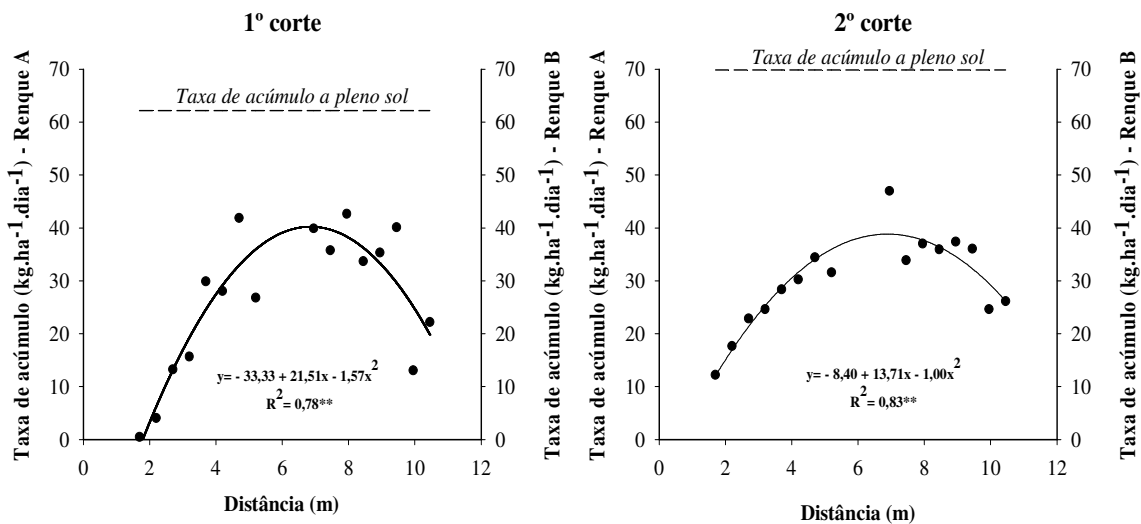


Figura 9 - Taxa de acúmulo da forrageira Marandu em função da distância dos renques de *Eucalyptus urograndis* espaçados em 12 m. Renque A e renque B representam os renques do sistema silvipastoril. Distância mensurada do renque A. **Significância a 1 %.

Tabela 8 - Distância (m) do renque, taxa de acúmulo ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) do Marandu no ponto de máximo, taxa de acúmulo a pleno sol, efeito da água+nutrientes e sombra, de sombra e de água+nutrientes na taxa de acúmulo

Corte	Ponto de máximo		Efeitos			
	Distância (m)	Taxa de acúmulo ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)	Taxa de acúmulo pleno sol ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)	Água+nutrientes e sombra ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)	Sombra ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)	Água+nutrientes ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$)
1º	6,85	40,3	62,2	51,0	21,9	29,1
2º	6,86	38,6	69,9	50,7	31,3	19,4

A distância do renque correspondente a taxa de acúmulo máxima não mudou em relação aos cortes estando por volta de 6,8 m (Figura 9 e Tabela 8). O efeito da sombra na taxa de acúmulo no segundo corte foi maior em relação ao primeiro. Isso pode ser explicado pela adubação realizada anterior ao segundo corte, assim quando houve reposição de nutrientes no solo o efeito da sombra se tornou mais importante na

redução da taxa de acúmulo do Marandu sob sombreamento. A maioria das forrageiras tropicais decresce a produção sob sombreamento aproximadamente proporcional com a quantidade de sombreamento desde que água e nutrientes não sejam fatores limitantes (Wilson & Wild, 1990). Assim, quando as condições de água e nutrientes cumprem as exigências das plantas em sub bosque as diferenças com o ambiente a pleno sol são devido ao efeito da sombra.

5.5 Receita bruta potencial

Quando analisados os ganhos em produção animal, observa-se que o sistema silvipastoril apresenta taxas de lotação potenciais (consideradas para os 181 dias do período experimental) menores que o pleno sol: 0,7 cab.ha⁻¹ a 1,7 cab.ha⁻¹, para o silvipastoril e 3,0 cab.ha⁻¹ a 4,9 cab.ha⁻¹ para o pleno sol (Tabela 9). Isso implica em rendimento potencial em produção animal sob sombreamento substancialmente menor (87 a 135 kg.ha⁻¹) do que a pleno sol. Ressalta-se que o diferencial de produtividade animal entre sistemas pleno sol e silvipastoril aumentarão com o tempo, à medida que também se aumenta o nível de sombra no sub-bosque com o crescimento das árvores. Esse é um aspecto que influencia sobremaneira a tomada de decisão e precisa ser estudado de maneira mais intensa, por exemplo, no tocante ao espaçamento entre renques e ao arranjo das árvores no sistema.

Considerando apenas as receitas potenciais do componente pecuário do sistema, as forrageiras a pleno sol propiciariam vantagem econômica de R\$ 536,58.ha⁻¹ a R\$ 825,19.ha⁻¹, refletindo o fato que a produção de forragem média no sistema silvipastoril foi de apenas 35,8 % das condições de pleno sol (Tabela 3). Quando se considera a receita potencial com pecuária e madeira, os sistemas silvipastoril, de modo geral, passam a apresentar maior receita. Observaram-se receitas brutas superiores ao pleno sol de R\$ 451,74 a R\$ 740,35 por hectare com o sistema silvipastoril. A maior porcentagem dessa receita bruta potencial refere-se à receita gerada com a venda de madeira (R\$ 1.276,93).

Dessa breve discussão, é possível identificar três aspectos importantes para a análise dos sistemas silvipastoris: 1) quando apenas o componente pecuário é analisado, os sistemas silvipastoris são pouco competitivos com aqueles em pleno sol; (2) o potencial para intensificação da pecuária possivelmente será limitado, pois as taxas de lotação potenciais, nos sistemas silvipastoril, estimadas nesse trabalho (0,5 a 1,3

UA.ha⁻¹), são próximas à média nacional indicadas no Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2006), (3) a competitividade econômica potencial dos sistemas silvipastoris se torna robusta apenas quando o componente arbóreo representa mais de 85% da geração da receita.

Tabela 9 - Taxa de lotação instantânea (cab.ha^{-1}) em pastagem exclusiva (pleno sol) e sistema silvipastoril para a forragem acumulada (MSf) nos três cortes e receita bruta potencial ($\text{R}\$.\text{ha}^{-1}$) com os dois sistemas

Tratamento	Pastagem exclusiva (pleno sol)				Sistema silvipastoril					
	MSf (kg.ha^{-1})	TLI (cab.ha^{-1})	Produção de carcaça (kg.ha^{-1})	Ganho potencial ($\text{R}\$.\text{ha}^{-1}$)	MSf (kg.ha^{-1})	TLI (cab.ha^{-1})	Produção de carcaça (kg.ha^{-1})	Ganho potencial ($\text{R}\$.\text{ha}^{-1}$)		
								Animais (R\$)	Madeira (R\$)	Total ($\text{R}\$.\text{ha}^{-1}$)
Piatã	14.222	888,9	177,8	1.090,35	4.844	302,8	43,2	265,16	1.276,93	1.542,10
Massai	12.938	808,6	161,7	991,91	4.483	280,2	40,0	245,39	1.276,93	1.522,32
B6	12.388	774,3	154,9	949,75	4.395	274,7	39,2	240,61	1.276,93	1.517,54
Arapoti	11.661	728,8	145,8	894,01	3.636	227,3	32,5	199,04	1.276,93	1.475,97
Tanzânia	10.533	658,3	131,7	807,53	4.692	293,2	41,9	256,84	1.276,93	1.533,77
PM45	10.098	631,1	126,2	774,18	4.340	271,3	38,7	237,60	1.276,93	1.514,53
Marandu	9.948	621,7	124,3	762,66	4.057	253,6	36,2	222,10	1.276,93	1.499,03
Est.Bela	8.623	539,0	107,8	661,12	1.953	122,0	17,4	106,89	1.276,93	1.383,83

5.6 Análises Bromatológicas

O FDN não teve efeito significativo ($p < 0,05$) dos cortes, por isso a análise foi detalhada somente em função da área e dos tratamentos (Tabela 10).

Tabela 10 - Fibra insolúvel em detergente neutro (%) média dos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	Pleno sol	Sombreado	Efeito da sombra
Piatã	70,01 \pm 0,37 a	68,18 \pm 0,35 a	ns
B6	68,70 \pm 0,41 a	65,79 \pm 0,51 b	**
PM45	68,18 \pm 0,41 a	69,82 \pm 0,33 a	ns
Marandu	67,90 \pm 0,74 a	65,94 \pm 0,45 b	ns

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

** Significância a 1 %; ns - não significativo.

Pelos dados apresentados na Tabela 10 observa-se que não houve efeito significativo do local para o valor de FDN em todos os tratamentos, com exceção da B6 que apresentou menor valor ($p < 0,01$) sob sombreamento. Uma característica morfológica dessa forrageira é a presença de colmos finos quando comparada a espécies como o Marandu e o Piatã. Sob sombreamento os colmos ficaram ainda mais finos do que a pleno sol. Esse fato pode ter influenciado na quantidade de FDN. O tratamento com Marandu também apresentou menor quantidade de FDN entre os tratamentos sob sombreamento ($p < 0,05$) e a pleno sol todos os tratamentos se igualaram ($p < 0,05$). A não alteração no teor de FDN em sub-bosque arbóreo foi também encontrada por Soares et al. (2009) e Carvalho et al. (2002).

O corte de avaliação e a interação tratamento*local não influenciaram ($p < 0,05$) na resposta das forrageiras à quantidade de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) sendo somente significativo ($p < 0,05$) o local (Tabela 11).

Tabela 11 - Fibra em detergente ácido (FDA) (%) média dos tratamentos nos dois locais nos dois cortes de avaliação (02/03 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Local	FDA (%)
Sol	38,91 \pm 1,01 a
Sombra	38,11 \pm 1,22 b

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

A quantidade de FDA foi menor ($p < 0,05$) na sombra, na média dos dois cortes e dos tratamentos (Tabela 11). Como sob sombreamento as forrageiras apresentam

alterações morfológicas, isso afeta diretamente o valor nutritivo. Kephart & Buxton (1993) retratam que o sombreamento pode reduzir a disponibilidade de fotoassimilados utilizados para o desenvolvimento da parede celular secundária, o que contribui para a redução dos teores de fibra.

Para a quantidade de proteína bruta (PB) não houve efeito significativo do corte ($p < 0,05$), mas a interação tratamento*local foi significativa ($p < 0,05$). Neste caso foi feita uma análise por local com a média dos dois cortes (Tabela 12).

Tabela 12 - Proteína bruta (%) média dos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	Pleno sol	Sombreado	Efeito da sombra
PM45	13,36 \pm 0,48 a	11,10 \pm 0,34 a	**
Marandu	11,34 \pm 0,42 b	11,52 \pm 0,46 a	ns
Piatã	11,25 \pm 0,26 b	10,34 \pm 0,05 a	ns
B6	10,57 \pm 0,41 b	11,08 \pm 0,36 a	ns

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

** Significância a 1 %; ns - não significativo.

Para os valores de PB não houve efeito da sombra, com exceção do tratamento com PM45 que apresentou maior quantidade a pleno sol ($p < 0,01$) (Tabela 12). Esse tratamento também se destacou com maior PB quando analisadas as forrageiras no pleno sol. Sob sombreamento não houve diferença significativa ($p < 0,05$). Os resultados encontrados para PB nesse trabalho são contrários ao que a literatura retrata em relação a aumentos de PB em áreas sombreadas (Carvalho et al., 2002; Soares et al., 2009).

O tratamento com o Marandu sob sombreamento foi analisado quanto ao teor de PB em função da distância do renque (Figura 10).

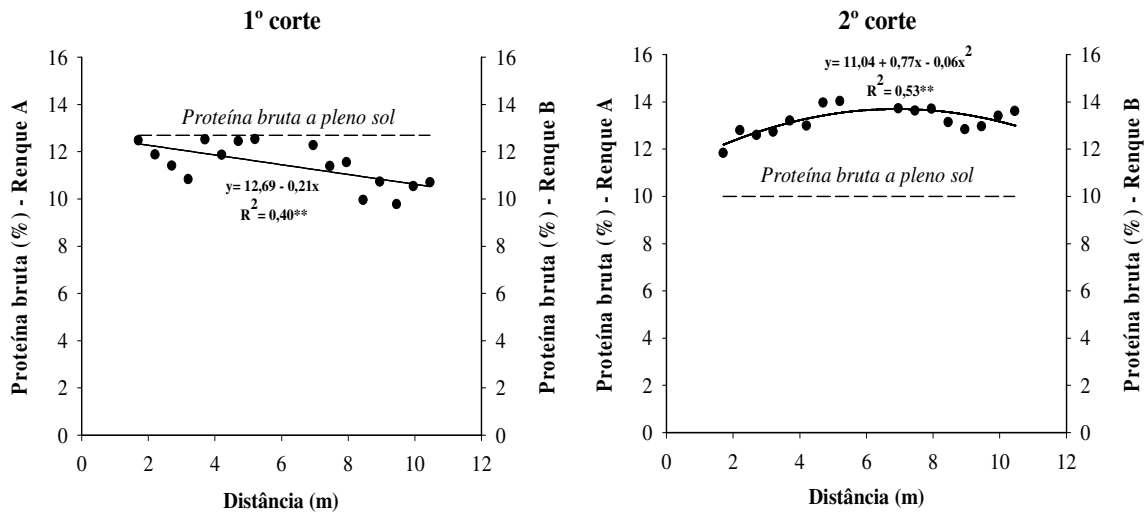


Figura 10 - Proteína bruta da forrageira Marandu em função da distância dos renques de *Eucalyptus urograndis* espaçados em 12 m. Renque A e renque B representam os renques do sistema silvipastoril. Distância mensurada do renque A. **Significância a 1 %.

Por meio da Figura 10 pode-se perceber que a PB não apresentou comportamento padrão. No primeiro corte a PB sob sombreamento, em todas as distâncias, foi menor do que os valores de PB a pleno sol. Já no segundo corte o Marandu apresentou maior valor de PB sob sombreamento, em todas as distâncias, quando comparado com a média a pleno sol. A adubação com N após o primeiro corte pode ter contribuído com maiores valores de PB sob sombreamento no segundo corte associado com possível efeito de concentração de N nestas condições (Duru et al., 1997)

Os teores de fósforo (P) e potássio (K) apresentaram efeito significativo ($p < 0,05$) para corte, sendo assim foi realizada uma análise individual para cada corte (Tabelas 13 e 14). Já para o cálcio (Ca), houve efeito significativo ($p < 0,05$) somente para a interação tratamento*local, sendo então analisado com a média dos dois cortes (Tabela 15).

Tabela 13 - Teor de fósforo (g.kg^{-1}) nas plantas forrageiras nos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	1º corte (02/03/2011)			2º corte (18/04/2011)		
	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
PM45	1,91 \pm 0,03 a	2,20 \pm 0,02 a	ns	0,27 \pm 0,07 a	0,58 \pm 0,14 a	ns
B6	1,83 \pm 0,06 a	2,43 \pm 0,08 a	**	0,49 \pm 0,14 a	0,41 \pm 0,11 a	ns
Marandu	1,81 \pm 0,03 a	2,53 \pm 0,04 a	**	0,66 \pm 0,17 a	0,58 \pm 0,15 a	ns
Piatã	1,63 \pm 0,01 a	2,30 \pm 0,10 a	**	0,32 \pm 0,10 a	0,39 \pm 0,10 a	ns

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

** Significância a 1 %; ns - não significativo.

No 1º corte a quantidade de P foi maior ($p < 0,01$) no ambiente sombreado, com exceção do tratamento com PM45, que pode ser explicado pelo efeito de concentração de nutrientes devido a menor MSf (Tabela 13). No 2º corte houve apenas reposição de N, o que explica os menores valores. Não houve efeito de sombra significativa ($p < 0,05$) no segundo corte. Quando analisados dentro dos locais (pleno sol e sombra) também não houve efeito significativo ($p < 0,05$) entre os tratamentos nos dois cortes.

Tabela 14 - Teor de potássio (g.kg^{-1}) nas plantas forrageiras nos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	1º corte (02/03/2011)			2º corte (18/04/2011)		
	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
Marandu	21,53 \pm 1,13 a	20,30 \pm 0,30 a	ns	4,94 \pm 1,33 a	4,52 \pm 1,28 a	ns
PM45	18,95 \pm 0,78 a	17,33 \pm 1,03 a	ns	2,78 \pm 1,01 a	4,65 \pm 1,32 a	ns
Piatã	17,93 \pm 1,33 a	17,90 \pm 0,56 a	ns	3,24 \pm 1,44 a	3,14 \pm 0,70 a	ns
B6	16,10 \pm 0,52 b	19,18 \pm 0,51 a	ns	3,42 \pm 0,94 a	3,19 \pm 0,99 a	ns

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

ns - não significativo.

O teor de potássio (K) não apresentou efeito do local significativo ($p < 0,05$) para os tratamentos nos dois cortes e quando feita a análise dentro de cada local somente teve efeito significativo ($p < 0,05$) o tratamento B6 no primeiro corte a pleno sol apresentando menor teor de K (Tabela 14).

O K é o segundo elemento mais absorvido pelas plantas e as quantidades mobilizadas são em função da produção (Vilela et al., 2007). A diferença entre os valores do primeiro e segundo cortes podem ser explicadas pelo fato de que após a colheita da forragem no primeiro corte foi feita somente a reposição de N. Como é um experimento de corte, a forragem é cortada e retirada da área levando assim os

nutrientes absorvidos do solo. Rodrigues & Rodrigues (1987) explicam que a grande remoção de nutrientes observadas em experimentos de corte não ocorre na pastagem, uma vez que grande parte dos nutrientes absorvidos pelas plantas retorna ao solo através de resíduos vegetais ou dos excrementos dos animais.

Tabela 15 - Teor de cálcio (g.kg^{-1}) médio dos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Tratamento	Pleno sol	Sombra	Efeito da sombra
PM45	2,75 \pm 0,24 a	2,84 \pm 0,19 a	ns
Marandu	2,27 \pm 0,24 ab	1,72 \pm 0,20 b	*
B6	1,92 \pm 0,17 bc	1,91 \pm 0,15 b	ns
Piatã	1,71 \pm 0,23 c	1,59 \pm 0,07 b	ns

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

* Significância a 5 %; ns - não significativo.

O teor de cálcio apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre locais apenas para o tratamento Marandu com maior valor a pleno sol (Tabela 15). O PM45 se destacou com os maiores valores no pleno sol e na sombra, quando avaliados os tratamentos dentro dos locais.

Neste trabalho o efeito de concentração de nutrientes foi mais importante para o N. De modo geral, não houve diferença entre os teores de P, K e Ca a pleno sol e sob sombreamento.

5.7 Clorofila

Não houve efeito significativo de tratamento*local*corte e da interação tratamento*local para a relação clorofila a/clorofila b. Efeito significativo ($p < 0,05$) apenas foi obtido na interação local*corte o que permitiu analisar essa variável com a média dos tratamentos nos locais para cada corte (Tabela 16).

Tabela 16 - Relação clorofila b/clorofila a (unidades SPAD) média dos tratamentos nos dois locais nos dois cortes de avaliação (02/03/2011 e 18/04/2011) (média \pm erro padrão)

Local	1º Corte	2º Corte
Sol	0,26 \pm 0,01 a	0,25 \pm 0,01 a
Sombra	0,23 \pm 0,02 b	0,24 \pm 0,01 a

Médias seguidas de letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O total de clorofila nas folhas das forrageiras teve influência do local (Tabela 16). As plantas implantadas a pleno sol apresentaram maior quantidade de clorofila ($p < 0,05$) que as plantas entre os renques de eucalipto no primeiro corte de avaliação, corroborando com Boardman et al. (1977), que argumentam que plantas de sol tem maior quantidade de clorofila por unidade de área que plantas sob sombreamento. Com relação ao 2º corte, não houve diferença significativa entre os locais.

O resultado obtido nesse experimento é contrário ao que Taiz & Zeiger (2009) argumentam sobre as modificações na fisiologia das plantas sombreadas. Isso pode ser devido ao ambiente ainda não estar com sombreamento tão intenso (38 % menos da intensidade luminosa em relação ao pleno sol).

6 CONCLUSÕES

A massa seca, a taxa de acúmulo e a densidade de forragem são maiores a pleno sol, sendo que a taxa de acúmulo na área sob sombreamento aumenta a medida que as plantas forrageiras estão localizadas mais distantes dos renques arbóreos.

Os teores de fibra insolúvel em detergente ácido, proteína bruta, potássio, cálcio e relação folha:haste (com exceção do PM45) não são influenciados pelo microclima proporcionado pelas árvores, já o fósforo e a relação clorofila b/clorofila são influenciados apenas no momento do estabelecimento das forrageiras.

A competitividade econômica potencial dos sistemas silvipastoris se torna robusta apenas quando o componente arbóreo representa mais de 85% da geração da receita.

Todas as forrageiras apresentaram comportamento semelhante em relação a massa seca de forragem sob sombreamento não sendo possível indicar quais foram mais tolerantes a sombra.

As altas reduções de massa seca de forragem (55,45 % a 77,35 %) permitem classificar, com base nessa variável, o arranjo arbóreo de eucalipto em linhas duplas (2 m x 2 m) e espaçamento entre renques de 12 m plantado no sentido norte-sul como não indicado para a utilização em sistemas silvipastoris na região do Cerrado.

7 AGRADECIMENTOS

A Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo auxílio financeiro a esse estudo e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por conceder a bolsa de estudos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011, 130p.

ANDRADE, C. M. S. D.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Fatores limitantes ao crescimento do capim-Tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos Cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1178-1185, 2001.

ANDRADE, C. M. S. D.; GARCIA, R.; COUTO, L. et al. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1845-1850, 2003.

ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS International. **Official methods of analysis**. 16 ed. Washington, D.C.: Animal feed., 1995.

BARIONI, L. G.; FERREIRA, A. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R., et al. Tabelas para estimativa de ingestão de matéria seca de bovinos de corte em pastejo. **Comunicado técnico**. Embrapa Cerrados. Planaltina-DF. 2007. 8p.

BERGEZ, J. E.; DALZIEL, A.; DULLER, C. et al. Light modification in a developing silvopastoral system in the UK: a quantitative analysis. **Agroforestry Systems**, v. 37, n. 3, p. 227-240, 1997.

BERNARDINO, F. S. **Sistema silvipastoril com eucalipto: produtividade do sub-bosque e desempenho de novilhos sob fertilização nitrogenada e potássica**. Viçosa: Departamento de Zootecnia, 2007. 112 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Departamento de Zootecnia, 2007.

BOARDMAN, N. K. Comparative Photosynthesis of Sun and Shade Plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 28, n. 1, p. 355-377, 1977.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. D. P.; XAVIER, D. F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condição de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 717-722, 2002.

CASTRO, C. R. T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M. M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 5, p. 919-927, 1999.

CRUZ, P. Effect of shade on the growth and mineral nutrition of a C4 perennial grass under field conditions. **Plant and soil**, v. 188, p. 227-237, 1997.

DURU, M., LEMAIRE, G., CRUZ, P. Grasslands. In: LEMAIRE, G. (Ed.). **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. New York: Springer, 1997.

GARCEZ NETO, A. F.; GARCIA, R.; MOOT, D. J. et al. Aclimação morfológica de forrageiras temperadas a padrões e níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 42-50, 2010.

GARCIA, R., TONUCCI, R.G., GOBBI, K.F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N., VALE, A.B., NACIF, A.P., VILAR, M.B., ASSIS, J.B. (Ed.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p.123-165.

GOBBI, K. F. **Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 94 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2007.

HALE, M. G., ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress**. New York: John Wiley & Sons, 1987, 206p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo Agropecuário 2006**. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Agropecuario_2006/brasil_2006/. Acesso em: 6 de outubro de 2010.

KEPHART, K. D., BUXTON, D.R. Forage quality response of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v. 33, p. 831-837, 1993.

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE, M.F; GARRETT, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 3, p. 269-281, 2001.

MACEDO, M. C. M. Degradação de pastagens: conceitos e métodos de recuperação. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1999, Goiânia. **Anais**. Goiânia: Embrapa - CNPGL, p 137-150.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 133-146, 2009.

MACEDO, M. C. M., KICHEL, A.N., ZIMMER, A.G. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Embrapa Gado de Corte: Campo Grande, 2000. (Comunicado técnico, 62).

MACEDO, R. L. G., VALE, A.B., VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010, 331p.

MACEDO, R. L. G., VALE, A.B., VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 242, p. 71-85, 2008.

MARTHA JÚNIOR, G. B., FERNANDES, F.D., RAMOS, A.K.B., JANK, L., VILELA, L., KARIA, C.T., ANDRADE, R.P., FALEIRO, F.G. Produção de forragem de acessos de "Panicum maximum" Jacq. no cerrado do Distrito Federal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2004, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia.

MARTHA JÚNIOR, G. B., KRESBY, E.O., VILELA, L. Produção sustentável de bovinos em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 2010, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, p 93-136.

OLIVEIRA, F.L.R.; LAZO, J.A.; SANTOS, L.D.T.; MACHADO, V.D.; SANTOS, M.V. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: conceitos, componentes e possibilidades. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA: ALTERNATIVA PARA PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL NOS TRÓPICOS, 1, 2010, Montes Claros, MG. **Anais...** Montes Claros: Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, 2010. p. 9-25.

OLIVEIRA NETO, S. N., PAIVA, H.N. Implantação e manejo do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO, S. N., VALE, A.B., NACIF, A.P., VILAR, M.B., ASSIS, J.B. (Ed.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p.15-68.

OLIVEIRA, T. K., MACEDO, R.L.G., VENTURIN, N., BOTELHO, A., HIGASHIKAWA, E.M., MAGALHÃES, W.M. Radiação solar no sub-bosque de sistema agrossilvipastoril com eucalipto em diferentes arranjos estruturais. **Cerne**, v. 13, n. 001, p. 40-50, 2007.

OLIVEIRA, T. K. D.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, Í. P. A. D. et al. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 748-757, 2007.

KRAMER, P. **Water relations of plants**. New York: Academic Press, 1983, 489p.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B. D.; AROEIRA, L. J. M. et al. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C., CASTRO, C.R.T. **Sistema silvipastoril e pastagem exclusiva de braquiária para recria de novilhas leiteiras: massa de forragem, qualidade do pasto, consumo e ganho de peso**. Embrapa Gado de Leite: Juiz de Fora, 2006. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 20).

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. D. et al. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1176-1183, 2011.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V., MEDRADO, M.J.S., NICODEMO, M.L.F., DERETI, R.M. **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras: implantação e manejo**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010, 48p.

RÊGO, F. C. A., CECATO, U., CANTO, M.W., SANTOS, G.T.S., GALBEIRO, S., ALMEIDA JUNIOR, J. Densidade e qualidade dos estratos de forragem do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia-1) manejado em diferentes alturas, sob pastejo. **Acta Scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 801-807, 2001.

RODRIGUES, T. J. D., RODRIGUES, L.R.A., REIS, R.A. Adaptação de plantas forrageiras às condições adversas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGENS, 1993, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP - UNESP.

RODRIGUES, L. R. A., RODRIGUES, T.J.D. Ecofisiologia de plantas forrageiras. In: CASTRO, P. R. C., FERREIRA, S.O., YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa do potássio e do fosfato, 1987. p.201-229.

ROMANO, P.A. Integração Lavoura-Pecuária-Floresta: uma estratégia para a sustentabilidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, MG: EPAMIG, v.31, n.257, p. 7-15, jul./ ago. 2010.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide: statistics**. Versão 9.2 Cary: SAS Institute, 2008.

SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F. et al. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 443-451, 2009.

SOUSA, L. F., MAURÍCIO, R.M., GONÇALVES, L.C., SALIBA, E.O.S., MOREIRA, G.R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 59, n. 4, p. 1029-1037, 2007.

SOUSA, L. F., MAURÍCIO, R.M., MOREIRA, G.R., GONÇALVES, L.C., BORGES, I., PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Braquiarão” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 79, p. 189-199, 2010.

TAIZ, L., ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, 848p.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.9, p.3583-3597, 1991.

VILELA, L., MARTHA JÚNIOR, G.B., SOUSA, D.M.G. Adubação potássica e com micronutrientes. In: MARTHA JÚNIOR, G. B., VILELA, L., SOUSA, D.M.G. (Ed.). **Cerrado: uso eficiente de corretivos e fertilizantes em pastagens**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. p.179-187.

WILSON, J. R., WILD, D.W.M. Improvement of nitrogen nutrition and grass growth under shading. In: SHELTON, H. M., STUR, W.W. (Ed.). **Forages for plantation crops**. Bali: ACIAR, 1990. p.77-82.

WONG, C. C. Shade tolerance of tropical forages: a review. In: SHELTON, H. M., STUR, W.W. (Ed.). **Forages for plantation crops**. Bali: ACIAR, 1990. p.64-69.

CAPÍTULO 3


CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste trabalho confirmaram a complexidade dos sistemas silvipastoris. Pôde ser observado o quanto é importante o conhecimento de cada um dos componentes de forma a maximizar a produção deste sistema. Muito ainda deve ser estudado, principalmente em relação aos arranjos arbóreos.

O arranjo arbóreo utilizado neste trabalho não proporcionou condições de desenvolvimento das plantas forrageiras que fossem semelhantes a produção a pleno sol. Dessa forma, sugere-se estudar essas forrageiras com espaçamento entre renques de eucalipto maiores, visando encontrar alguma espécie que se destaque. É importante também o estudo em diferente sentido de plantio, leste-oeste, de forma a entender se isso irá proporcionar melhor desenvolvimento das plantas forrageiras e, conseqüentemente, um incremento na produção animal que se destaque em relação ao pleno sol.

ANEXOS



Anexo A – Vista aérea da área experimental:  área a pleno sol;  área sob sombreamento. (Fonte: Google).

Anexo B – Cálculos detalhados da receita bruta potencial (R\$.ha⁻¹).

PLENO SOL

1) MSf acumulada = 14.222 kg.ha⁻¹

2) Eficiência de pastejo de 50 % sobre a MSf acumulada:
 $14.222 \text{ kg.ha}^{-1} \times 50 \% = 7.111 \text{ kg.ha}^{-1}$

3) Taxa de lotação instantânea potencial (TLIp) (cab.ha⁻¹) = MSf ÷ exigência de matéria seca (MS) do animal
 $7.111 \text{ kg.ha}^{-1} \div 8,0 \text{ kg MS.cab}^{-1} = 888,9 \text{ cab.ha}^{-1}$

4) Produção de carcaça (kg.ha⁻¹) = TLIp x ganho de peso diário (kg)
 $888,9 \text{ cab.ha}^{-1} \times 0,4 \text{ kg} = 355,56 \text{ kg.ha}^{-1}$

5) Considerando um rendimento de carcaça de 50 % a produção de carcaça é:
 $355,56 \text{ kg.ha}^{-1} \times 50 \% = 177,8 \text{ kg.ha}^{-1}$ ou 11,9 @

6) Receita bruta potencial (R\$.ha⁻¹) considerando o preço da arroba de R\$ 92,00
 $11,9 \text{ @} \times \text{R\$ } 92,00 = \text{R\$ } 1.094,80$

SISTEMA SILVIPASTORIL

1) MSf acumulada = 4.844 kg.ha⁻¹

2) Eficiência de pastejo de 50 % sobre a MSf acumulada:
 $4.844 \text{ kg.ha}^{-1} \times 50 \% = 2.422 \text{ kg.ha}^{-1}$

3) Taxa de lotação instantânea potencial (TLIp) (cab.ha⁻¹) = MSf ÷ exigência de matéria seca (MS) do animal: $2.422 \text{ kg.ha}^{-1} \div 8,0 \text{ kg MS.cab}^{-1} = 302,8 \text{ cab.ha}^{-1}$

4) Produção de carcaça (kg.ha⁻¹) = TLIp x ganho de peso diário (kg)
 $302,8 \text{ cab.ha}^{-1} \times 0,4 \text{ kg} \times 71,4 \% \text{ (porcentagem da área com pastagem)} = 86,5 \text{ kg.ha}^{-1}$

5) Considerando um rendimento de carcaça de 50 % a produção de carcaça é:
 $86,5 \text{ kg.ha}^{-1} \times 50 \% = 43,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ ou 2,9 @

6) Receita bruta potencial com animais (R\$.ha⁻¹) considerando o preço da arroba de R\$ 92,00
 $2,9 \text{ @} \times \text{R\$ } 92,00 = \text{R\$ } 266,80$

7) Receita bruta potencial com a madeira (R\$.ha⁻¹) considerando o preço do m³ a R\$ 200,00 e 181 dias de incremento de produção (período experimental). O rendimento de 1.666 plantas de eucalipto.ha⁻¹ é de 30 m³ por ano, como havia 715 árvores.ha⁻¹ e 181 dias tem-se:
 $(715 \text{ árvores.ha}^{-1} \times 30 \text{ m}^3) \div 1.666 \text{ árvores.ha}^{-1} = 12,9 \text{ m}^3 \text{ (produção anual)}$
 $(12,9 \text{ m}^3 \times 181 \text{ dias}) \div 365 \text{ dias} = 6,4 \text{ m}^3 \text{ (produção 181 dias)}$
 $6,4 \text{ m}^3 \times \text{R\$ } 200,00 = \text{R\$ } 1.280,00$

8) Receita bruta potencial (R\$.ha⁻¹) total do sistema silvipastoril (animais + madeira):
 $\text{R\$ } 266,80 + \text{R\$ } 1.280,00 = \text{R\$ } 1.546,80$