

VITOR DINIZ MACHADO

**PASTAGENS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM
SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M149p
2012

Machado, Vitor Diniz, 1984-

Pastagens de capim-braquiária em sistema silvipastoril com eucalipto / Vitor Diniz Machado. – Viçosa, MG, 2012. v, 52f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Dilermando Miranda da Fonseca
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Pastagens - Manejo. 2. Agrossilvicultura.
Plantas forrageiras - Cultivo. 4. *Brachiaria decumbens*.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.
II. Título.

CDD 22. ed. 633.2

VITOR DINIZ MACHADO


**PASTAGENS DE CAPIM-BRAQUIÁRIA EM
SISTEMA SILVIPASTORIL COM EUCALIPTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: em 31 de julho de
2012



Sílvio Nolasco de Oliveira Neto


Fernanda Helena Martins Chizzotti

Karina Guimarães Ribeiro



Dilermando Miranda da Fonseca

(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

À professora Márcia Vitória dos Santos, pela amizade e disponibilidade em ajudar nos trabalhos.

Ao professor Dilermando Miranda da Fonseca, pela orientação, compreensão e amizade.

SUMÁRIO

1. Resumo	iv
2. Abstract.....	v
3. Introdução Geral	1
4. Referências.....	5
5. Capítulo I -Pastagens de capim-braquiária com eucalipto em diferentes arranjos espaciais	8
5.1. Resumo	8
5.2. Introdução	10
5.3. Material e Métodos	11
5.4. Resultados e Discussão.....	15
5.5. Conclusões	24
5.6. Referências	25
6. Capítulo II - Características morfológicas e estruturais do capim-braquiária com eucalipto em diferentes arranjos espaciais	30
6.1. Resumo	30
6.2. Introdução	32
6.3. Material e Métodos	33
6.4. Resultados e Discussão.....	39
6.5. Conclusões	47
6.6. Referências	49

RESUMO

MACHADO, Vitor Diniz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2012.
Pastagens de capim-braquiária em sistema silvipastoril com eucalipto.Orientador:
Dilermando Miranda da Fonseca. Coorientador: Paulo Roberto Cecon.

O conhecimento do padrão de crescimento da forrageira quando cultivada sob diferentes arranjos espaciais arbóreos pode auxiliar na definição de metas de manejo mais adequadas para o pasto em sistema silvipastoril. Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do arranjo espacial de plantio do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (Urograndis) sobre o estabelecimento e o padrão de crescimento da *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária). Foram avaliados seis arranjos de plantio de eucalipto em consórcio com o capim-braquiária em um fatorial $2 \times 3 + 1$, correspondendo a 2 espaçamentos (2 e 4 m) entre as plantas na linha e 3 espaçamentos entre as linhas de plantio (6, 8 e 10 m) e 1 controle (capim-braquiária). Foram conduzidos dois experimentos distintos na mesma área experimental. No primeiro experimento, o capim-braquiária foi manejado entre 10 e 20 cm de altura, onde se avaliou durante todo ano de 2011 a produção da planta forrageira, a densidade populacional de perfilhos e a relação lâmina: colmo. O segundo experimento teve início em outubro de 2011, ou seja, concomitantemente ao primeiro experimento, com a subdivisão das unidades experimentais. Nesse segundo experimento, o pasto foi manejado segundo o critério de 95% de interceptação da radiação fotossinteticamente ativa, tendo sido avaliadas as características morfogênicas, estruturais e a produção do capim-braquiária. Em geral, o consórcio do capim-braquiária com eucalipto diminuiu a densidade populacional de perfilhos. Além disso, quando a forrageira foi manejada entre 10 e 20 cm de altura houve redução da produção de massa seca do capim-braquiária consorciado no terço final do segundo ano após o plantio do eucalipto, independentemente do arranjo de plantio do eucalipto. Por outro lado, quando se utilizou o critério de 95% de interceptação da radiação, não foi observada diferença no acúmulo de forragem entre o espaçamento de 10 m entre linhas de plantio e o monocultivo do pasto até o 26º mês de estabelecimento das culturas. Nessa estratégia de manejo as alturas em que o capim-braquiária consorciado com eucalipto interceptava 95% da radiação fotossinteticamente ativa foram superiores ao monocultivo, atingindo nos espaçamentos mais adensados (6x2) mais de 100% da altura do pasto em monocultivo.

ABSTRACT

MACHADO, Vitor Diniz, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2012. **Pastures of signal grass in silvopastoral system with eucalyptus.** Adviser: Dilermando Miranda da Fonseca. Co-adviser: Paulo Roberto Cecon.

Knowledge of the growth pattern of forage when grown under different spatial arrangements of trees can help define management goals more suitable for pasture in silvopastoral system. The objective of this study was to evaluate the influence of the spatial arrangement of planting hybrid *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (urograndis) on the establishment and growth pattern of *Brachiaria decumbens* (signal grass). We evaluated six arrangements of eucalyptus plantation intercropped with signal grass in a 2x3 factorial +1, corresponding to 2 spacings (2 and 4 m) between plants in the row and 3 row spacings (6, 8 and 10 m) and 1 control (signal grass). Two experiments were conducted in the same area distinct experimental. In the first experiment, the signal grass was managed between 10 and 20 cm in height, which evaluated throughout the year 2011 the production of forage plant population density of tillers and blade: stem. The second trial began in October 2011, ie, concurrently with the first experiment, with the subdivision of the experimental units. In this second experiment the pasture was managed according to the criterion of 95% interception of photosynthetically active radiation, which we evaluated the morphogenesis, structural and production of signal grass. In general, the consortium of signal grass with eucalyptus decreased tiller density. Furthermore, when the forage was managed between 10 and 20 cm in height was reduced dry matter production of signal grass intercropped in the final third of the second year after planting eucalyptus, regardless of the arrangement of planting eucalyptus. On the other hand, when using the criterion of 95% of radiation interception, there was no difference in forage accumulation between 10 m spacing between rows and planting monoculture pasture until the 26th month of crop establishment. In this management strategy heights where the signal grass intercropped with eucalyptus intercepted 95% of photosynthetically active radiation were higher than monoculture, reaching the denser spacing (6x2) over 100% sward height in monoculture.

Introdução Geral

A degradação do pasto é considerada um dos maiores problemas da pecuária brasileira, uma vez que a produção bovina tem nas pastagens a base da alimentação do rebanho (Paulino et al., 2002). O desenvolvimento de alternativas para o restabelecimento da capacidade produtiva das plantas forrageiras em pastagens degradadas é fundamental para a intensificação da atividade pecuária no Brasil e para garantir sua sustentabilidade ao longo dos anos. A consorciação de espécies pelos sistemas agroflorestais (SAFs) no plantio direto desponta como opção viável na recuperação e, ou, renovação de pastagens degradadas.

Esses sistemas têm potencial para aumentar a produtividade e reduzir a possibilidade de degradação, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Leal, 1999; Carvalho e Botrel, 2002; Young, 1989). Outro fator favorável relacionado aos sistemas agroflorestais é a diversificação da produção na propriedade, aumentando as chances de sucesso na comercialização dos produtos e proporcionando sustentabilidade e permanência do homem no campo.

Os SAFs destacam-se entre as tecnologias com alto potencial produtivo agropecuário. Esses sistemas baseiam na integração de culturas com animais que buscam aumentar a eficiência de uso da terra, diversificar a produção agrícola e melhorar a utilização do solo, da água e do ambiente. Além disso, possibilitam agregar valor às áreas de produção e proporcionam melhor equilíbrio entre os componentes solo/planta/animal. Esses cultivos podem ser divididos em três modalidades: sistemas agrossilviculturais com cultivos agrícolas e árvores, incluindo arbustos e, ou, trepadeiras; silvipastoris com forrageiras, animais e árvores; e agrossilvipastoris com cultivos agrícolas, pasto, animais e árvores (Daniel et al., 1999).

Os sistemas silvipastoris apresentam inúmeras possibilidades de utilização de diferentes espécies e arranjos, cada um resultando em um conjunto diferente de interações entre seus componentes e estão sujeitos a um grande número de interações dinâmicas que ocorrem entre os diferentes componentes, os quais não podem ser vislumbrados e interpretados como fatores isolados, mas com uma visão holística desse tipo de agroecossistema de produção (Wilson et al., 1990; Nair, 1993; Lin et al., 1999). Segundo Silva (1998), essas interações têm importância no manejo e na produtividade do sistema de acordo com a intensidade em que eles ocorrem. Estas interações são dependentes do manejo da floresta e animal como: escolha da espécie florestal e do arranjo espacial, da intensidade e frequência do pastejo, da espécie e categoria animal, do nível de fertilização, do nível tecnológico adotado e da produtividade esperada dos diferentes componentes do sistema e seus usos (madeira para celulose, serraria e carvão e do produto animal). Nesse sentido, há necessidade de se planejar o uso de recursos espaciais, temporais e biofísicos para maximizar as interações positivas e minimizar as interações negativas (competição) entre os componentes do sistema (Jose et al., 2000).

De acordo com Nair (1993), a complexidade e a longa duração dos sistemas silvipastoris tornam difíceis investigações dos mecanismos e processos, sendo que, sem o conhecimento desses, é impossível generalizar e extrapolar os resultados.

As interações biológicas entre os componentes (árvores, forrageiras e animais) são de importância fundamental dentro dos sistemas silvipastoris e exigem estratégias de manejo altamente desafiadoras, que não são empregadas em sistemas baseados em monocultivos (Lin et al., 1999).

Cameron (1989) menciona alta relação entre densidade arbórea e redução do crescimento do pasto no sub-bosque e forte interação com a idade da floresta. A alta densidade arbórea reduz drasticamente a radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao

sub-bosque a partir de 10 meses de idade do componente arbóreo. Isso afeta diretamente a condição da pastagem, reduzindo a oferta de forragem e, ou, o crescimento das espécies forrageiras, o que impossibilita ou reduz sua produtividade a partir de 1,5 anos de idade.

Shelton et al. (1987), citados por Wilson e Ludlow (1990), observaram um rápido declínio na transmissão de radiação sob florestas de *E. deglupta* Blume e *E. grandis*, a partir do segundo ano de estabelecimento, atingindo um máximo de 40% de redução da quantidade luminosa incidente aos sete anos de idade da floresta.

O arranjo espacial depende das espécies associadas (cada componente do sistema), dos objetivos com o sistema adotado, das características dos produtos a serem obtidos, do manejo a ser aplicado a cada componente (tratamentos culturais previstos durante os ciclos das diferentes espécies), do nível tecnológico, da colheita e da produção de cada componente.

Atualmente, existe tendência de se utilizar o plantio em fileiras ou faixas, pois permite uma melhor ocupação da área e facilita a sistematização dos tratamentos culturais e da colheita. As densidades das espécies, principalmente a arbórea, afeta de diferentes maneiras o estabelecimento e desenvolvimento dos componentes do sistema. O direcionamento, por exemplo, das fileiras de árvores em função do posicionamento Leste-Oeste ou Norte-Sul, permitirá maior ou menor luminosidade, o que pode vir a comprometer a viabilidade do sistema silvipastoril. Assim, a produtividade e persistência das espécies cultivadas no sub-bosque do sistema silvipastoril podem ser influenciadas diretamente pelo efeito do sombreamento da espécie arbórea, podendo afetar o crescimento da parte aérea e, especialmente, das raízes das forrageiras (Paciullo et al., 2010, Castro et al., 1999).

As plantas cultivadas em sistema silvipastoril recebem menor radiação e temperatura, com isso, o acúmulo de graus:dias pela planta também diminui, influenciando a fenologia e

a morfogênese das plantas, especialmente as espécies forrageiras cuja fenologia é fortemente dependente da soma térmica (Soares et al., 2009). Segundo Kamel (1959), a baixa intensidade luminosa prolonga o estágio vegetativo das plantas, resultando em atraso no florescimento de diversas espécies. Castro e Carvalho (2000) observaram reduções no florescimento em *Panicum maximum* e *Brachiaria decumbens* quando submetidas ao sombreamento artificial.

O planejamento do estabelecimento dos sistemas silvipastoril possibilita melhor distribuição espacial das árvores, de modo que se possa reduzir a competição por radiação solar, permitindo maior persistência e eficiência do sistema como um todo. Se as características dos componentes herbáceos e arbóreos favorecerem a redução na competição por radiação, água e nutrientes, várias vantagens potenciais podem ser obtidas (Carvalho, 1997).

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar o crescimento da *B. decumbens* cultivada em sistema silvipastoril sob diferentes arranjos espaciais de plantio do eucalipto.

Referências

CAMERON, D.M.; RANCE, S.J.; JONES, R.M., CHARLER, E.D.A.; BARNES, A. Project STAG: An Experimental Study in Agroforestry. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.40, p.699-714.1989

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.

CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, M. M. Florescimento de gramíneas forrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 163-166, 2000.

CARVALHO, M.M.; BOTREL, M.A., Arborização de pastagens: um caminho para a sustentabilidade de sistemas de produção animal a pasto. In: EVANGELISTA, A.R.; SILVEIRA, P.J.; ABREU, J.G., FORRAGICULTURA E PASTAGENS: TEMAS EM EVIDENCIA, **Anais...** Lavras: UFLA, 2002, p.77-108.

CARVALHO, M. M. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: EMBRAPA-CNPGL, 1997. 37 p. (EMBRAPA-CNPGL. Documentos, 64).

DANIEL, O; COUTO, L.; GARCIA, R.; PASSOS, C.A.M. Proposta para padronização da terminologia empregada em sistemas agroflorestais no Brasil. **Revista Árvore**, v.22, n.3, 1999.

JOSE, S; GILLESPIE, A.R.; SEIFERT, J.R.; BIEHLE, D. Defining competition vectorial in a temperate ally cropping system in the midwestern USA: 3 Competition for nitrogen on litter decomposition dynamics. **Agroforestry Systems**, v.48 p.61-77, 2000

KAMEL, M.S. A physiological study of shading and density effects on the growth and the efficiency of solar energy conversion in some field crops. **Netherlands Journal of Agriculture Science**, v. 59, n. 1, p. 5-16, 1959

LEAL, A.C. A silvicultura e os recursos florestais, In: **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**, 1999, p.222-242

LIN, C.H.; MCGRAW, R.L.; GEORGE M.F., GARRET, H.E. Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. **Agroforestry Systems**, v. 44, p. 109-119, 1999

NAIR. **Introduction to Agroforestry**. Dordrecht: Kluwer Academic. Publisgers, 1993. 499p.

PACIULLO D.S.C., CASTRO, C.R.T., GOMIDE, C.A.M., FERNANDES, P.B., ROCHA, W.S.D., MÜLLER, M.D., ROSSIELLO, R.O.P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agrícola**, v. 67, p.401-407, 2010

PAULINO, N. F.; ZERVOUDAKIS, J.T.; DE MORAES, E.H.B.K.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. Bovinocultura de ciclo curto em pastagens. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE–SICORTE, 3., 2002, Viçosa. **Anais**. Viçosa: SBZ, 2002. p.153-196.

SHELTON, H. M.; HUMPHREYS, L. R.; BATELLO, C. Pastures in the plantations of Asia and the Pacific: performance and prospect. **Tropical Grasslands**, v. 21, p.159-168, 1987

SILVA, J.L.S. **Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* e pastagem cultivada e nativa no Rio Grande do Sul**. 1998. 178 f. Tese. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa 1998.

SOARES, A.B.; SARTOR, L.R.; ADAMI, P.F.; VARELLA, A.C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J.C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.3, p. 443-451,2009

WILSON, J.R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. eds. **Forages for plantation crops**. Proceedings of a Workshop, Bali, Indonesia, 27-29 jun. 1990. ACIAR, Canberra, 1991. Proc. No. 32, 168 p., pp. 10-24.

WILSON, JR.; HILL, K.; CAMERON, D.M.; SHELTON, H. M. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grassland**, v.24, p. 24-28, 1990.

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Wallingford: C.A.B. International, 1989. 276p

Pastagens de capim-braquiária com eucalipto em diferentes arranjos espaciais

Resumo

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do arranjo de plantio do eucalipto no crescimento da *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária). Os tratamentos foram constituídos de seis arranjos de plantio do eucalipto em consórcio com capim-braquiária em fatorial $2 \times 3 + 1$, correspondendo respectivamente a dois espaçamentos (2 e 4 m) entre as plantas e três espaçamentos entre as linhas (6, 8 e 10 m) e mais um controle (capim-braquiária em monocultivo). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três repetições. Os valores de produção de massa seca da forragem, densidade populacional de perfilhos e relação lâmina:colmo foram agrupados em função da idade do eucalipto e das estações do ano e comparados dentro de cada período. O componente arbóreo (dos 12 aos 16 meses após o plantio) não influenciou as características estudadas do pasto no período de verão-outono. Não houve efeito dos espaçamentos entre plantas de eucalipto até os 24 meses de plantio. Por outro lado, os espaçamentos entre as linhas de plantio de eucalipto influenciaram as características produtivas e morfológicas do capim-braquiária no período de outono-inverno (dos 16 aos 20 meses após o plantio). Nesse período, a produção de massa seca do capim-braquiária no espaçamento de 10 m foi superior à do espaçamento 8 m, que por sua vez, foi superior aos tratamentos de 6 m entre as linhas de plantio e monocultivo. O sombreamento em sistema silvipastoril com *B. decumbens* altera a estrutura do pasto, aumentando a proporção de lâminas foliares em relação aos colmos. Houve redução da produção de massa seca do capim-braquiária consorciado no terço final do segundo ano após o plantio do eucalipto, independentemente do arranjo de plantio do eucalipto.

Palavras-chave: *Brachiaria decumbens*, espaçamento, sistema silvipastoril

Signal grass pastures with eucalyptus in different spatial arrangements

Abstract

The objective of this study was to evaluate the influence of the arrangement of planting eucalyptus in the growth of *Brachiaria decumbens* (signal grass). The treatments consisted of six arrangements of planting eucalyptus in consortium with signalgrass in 2x3 factorial +1, corresponding respectively to two spacings (2:04 m) between plants and three row spacings (6, 8 and 10 m) and more control (signal grass monoculture). The experimental design was completely randomized with three replications. The values of dry matter production of forage, tiller density and relative blade: stem were grouped according to age and eucalyptus seasons and compared within each period. The tree component (from 12 to 16 months after planting) did not influence the traits of pasture in summer-autumn. No effect of plant spacings up to 24 months eucalyptus plantation. Moreover, the spacing between the rows of eucalyptus plantation influenced the morphological and productive characteristics of signal grass in autumn-winter period (from 16 to 20 months after planting). During this period, the dry matter production of signalgrass spaced at 10 m spacing was superior to 8 m, which in turn was superior to treatment with 6 m between rows and planting monoculture. The shading in silvopastoral system with *B. decumbens* pasture alters the structure, increasing the proportion of leaf blades in relation to the stems. There was reduction in dry matter production of signal grass intercropped in the final third of the second year after planting eucalyptus, regardless of the arrangement of planting eucalyptus.

Keywords: *Brachiaria decumbens*, spacing, silvopastoral system

Introdução

Os sistemas silvipastoris, uma modalidade dos sistemas agroflorestais, referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. A utilização de sistemas silvipastoris tem sido recomendada visando garantir sustentabilidade em sistemas de produção animal devido ao seu potencial para aumentar a fertilidade do solo, melhorar a qualidade da forragem, promover conforto térmico aos animais, proporcionar diversificação de renda para o produtor e mitigar a emissão de gases do efeito estufa (Carvalho et al., 2007; Porfírio-da-Silva, 2007; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008).

Por outro lado, o cultivo da planta forrageira no sistema silvipastoril aumenta a competição por recursos de crescimento, sobretudo pelo sombreamento imposto pelas copas das árvores. Notadamente, no que se refere à alteração da radiação solar incidente no sub-bosque, ela tem sido descrita como determinante para o menor crescimento das plantas forrageiras de clima tropical no silvipastoril em comparação com o monocultivo das forrageiras (Paciullo et al., 2008; Soares et al., 2009).

A qualidade e a dimensão do sítio ocupado por cada cultura envolvida no consórcio exercem elevada influência sobre a competição pelos recursos de crescimento e produtividade destas plantas consorciadas. Dessa forma, o planejamento de estabelecimento do sistema silvipastoril pode adequar a distribuição espacial das árvores de modo a reduzir a competição por luz, permitindo maior persistência da forrageira e eficiência do sistema como um todo.

O experimento foi proposto com o objetivo de avaliar a influência do arranjo espacial de plantio do eucalipto no crescimento da *Brachiaria decumbens* cultivada em sub-bosque.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no município de Viçosa-MG, localizado a 20°45' de latitude sul, 46°51' de longitude oeste e 689 m de altitude, em uma área de pastagem degradada, pertencente ao Setor Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa (Embrapa, 2006). As características químicas na camada 0-20 cm foram: pH em H₂O: 4,94; P: 2,95 (Mehlich⁻¹) e K: 133 mg dm⁻³; Ca²⁺: 1,16 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 0,62 cmol_c dm⁻³ e Al³⁺: 0,75 cmol_c dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), CTC (T): 9,47 cmol_c dm⁻³, soma de bases: 2,12 cmol_c dm⁻³, H + Al: 7,35 cmol_c dm⁻³, 4,3 dag kg⁻¹ de matéria orgânica, 24,45 mgL⁻¹ de P-rem e 22% de saturação por base.

O clima da região de Viçosa, de acordo com o sistema de Köppen, é do tipo Cwa, com precipitação anual em torno de 1.340 mm e umidade relativa do ar média de 80%. Os dados climáticos registrados durante o período experimental foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, situada a cerca de 550 m da área experimental (Figura 1).

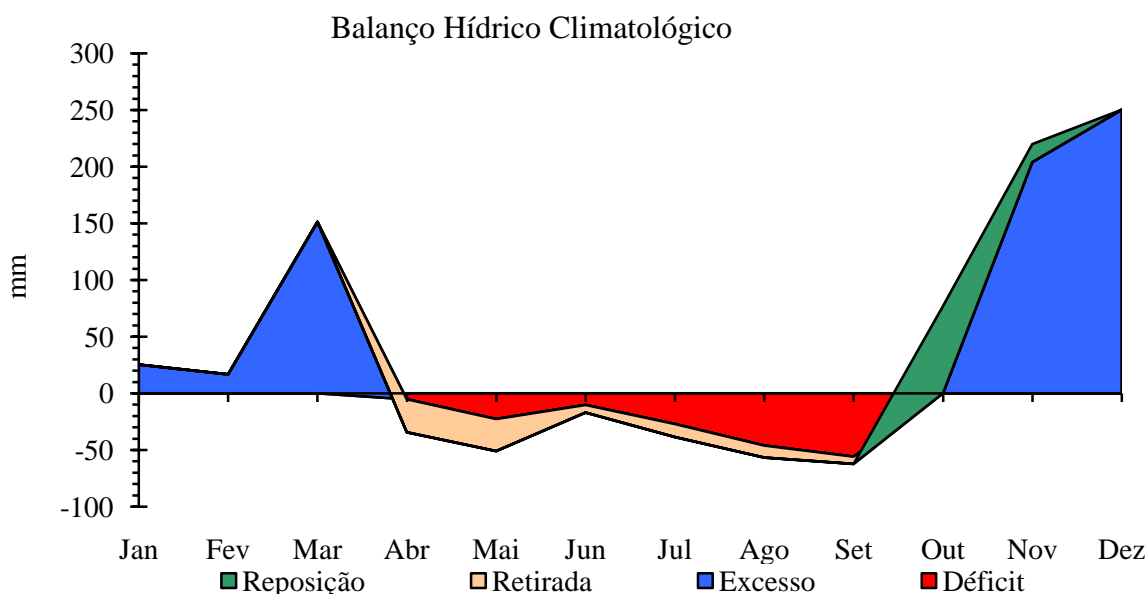


Figura 1 – Balanço hídrico climático durante o ano de 2011.

Fonte: BHídrico GD 4.0 - 2004

Foram avaliados seis arranjos de plantio de eucalipto em consórcio com o capim-braquiária em um fatorial 2x3+1, correspondendo respectivamente a dois espaçamentos (2 e 4 m) entre as plantas e três espaçamentos entre as linhas de plantio do eucalipto (6, 8 e 10 m) e mais um controle (capim-braquiária em monocultivo). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições.

A área das unidades experimentais variou em função dos tratamentos (espaçamento entre as linhas de plantio), sendo seu comprimento de 12 m. Dessa forma, os tratamentos com 2 e 4 m entre plantas possuíam 12 e 6 árvores por unidade experimental, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1 – Relação dos tratamentos, área das unidades experimentais, árvores por unidade experimental e densidade de árvores por hectare

Arranjo espacial do eucalipto(m)		Área (m ²)	Árvores por unidade experimental	Densidade (Árvores ha ⁻¹)
Entre as Linhas	Entre as Plantas			
6	2	72	12	833,3
6	4	72	6	416,7
8	2	96	12	625,0
8	4	96	6	312,5
10	2	120	12	500,0
10	4	120	6	250,0
Capim-braquiária em monocultivo		120	-	-

Para estabelecimento da *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) foi realizada roçada mecânica 60 dias antes da semeadura da planta forrageira, com o objetivo de estimular a rebrotação para aplicação de herbicida dessecante. O herbicida foi aplicado 30 dias após roçada das plantas daninhas, utilizando 1,8 kg ha⁻¹ de glyphosate e 0,480 kg ha⁻¹

¹de 2,4-D. Uma semana após dessecação, realizou-se a correção do solo, aplicando-se 1.000 kg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 82%, distribuído a lanço sobre a palhada.

Em janeiro de 2010, foi feita a semeadura do capim-braquiária no sistema de plantio direto. A semeadura forrageira foi realizada no espaçamento 0,4 m, utilizando-se 4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, por meio de semeadora tratorizada. O manejo do estabelecimento da forrageira foi o mesmo para todos os tratamentos, no entanto nas unidades experimentais em consórcio, a semeadura do capim-braquiária foi distanciada 1 m das fileiras de plantio de eucalipto. Por ocasião da semeadura, foram aplicados 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O das fontes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Em dezembro de 2011 realizou-se uma adubação de manutenção, aplicando 50 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio).

Após semeadura da forrageira efetuou-se plantio do eucalipto utilizando o clone 3336 do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (Urograndis), adquirido de viveiro florestal comercial. O plantio de eucalipto foi feito em covas de 40x40x40 cm adubadas previamente com 300 g de fosfato reativo. Vinte dias após o plantio (DAP) das mudas, foram aplicados 100 g de superfosfato simples e 90 g da fórmula 10-30-10 (N-P-K), com 2% de boro e zinco, distribuídos em covetas laterais às mudas. Entre 60 e 90 DAP, foi realizada uma adubação em covetas com 100 g planta⁻¹ de 10-30-10 (N-P-K) e aos 270 DAP das mudas de eucalipto, foi feita uma adubação em cobertura com 150, 50, 14 e 8 g planta⁻¹ de KCl, (NH₄)₂SO₄, Bórax e ZnSO₄, respectivamente.

O capim-braquiária foi manejado simulando pastejo em lotação intermitente, por meio de roçadeira costal motorizada quando as plantas atingiram 20 cm de altura, sendo rebaixadas para 10 cm. Esse manejo foi baseado em Braga et al. (2009), que, ao trabalharem com *B. decumbens* em monocultivo sob pastejo intermitente, observaram que o pasto interceptava 95% da radiação fotossinteticamente ativa quando atingia 19 cm de

altura, tendo determinado esse valor como sendo o momento adequado para desfolhação do mesmo.

A altura do pasto foi monitorada duas vezes por semana, por meio da amostragem em 10 pontos por unidade experimental. Foram colhidas amostras antes da simulação de pastejo (roçada), ou seja, quando a altura média do pasto atingia 20 cm.

As avaliações no pasto foram realizadas 12 meses após transplantação das mudas de eucalipto e se estenderam por 24 meses, ou seja, de janeiro a dezembro de 2011. Foram amostrados dois pontos por unidade experimental utilizando moldura de vergalhão quadrada de 0,5 m de lado. A moldura foi alocada na parte central da unidade experimental e a forrageira contida no seu interior foi colhida a 10 cm do solo. Essas duas amostras foram homogeneizadas e utilizadas para estimar a produção de massa verde de forragem, densidade populacional de perfilhos e componentes morfológicos. As frações lâminas e colmos foram separadas e parcialmente desidratadas em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas a uma temperatura de 60°C, para posterior processamento e determinação do teor de massa seca (Silva e Queiroz, 2002).

Para compreender a dinâmica da competição das árvores sobre a forrageira ao longo das estações do ano e do crescimento do componente arbóreo, agruparam-se as médias em três períodos com duração de 4 meses cada. O período de verão-outono corresponde às amostragens da forrageira realizadas entre o 12º e 16º meses (janeiro a abril) de plantio do eucalipto. Já as avaliações realizadas entre o 16º e 20º meses (maio a agosto) e entre o 20º e 24º meses de plantio (setembro a dezembro) do eucalipto corresponderam aos períodos de outono-inverno e primavera-verão, respectivamente.

Os dados foram analisados dentro de cada período e submetidos à análise de variância global com todas as médias dos tratamentos para, se obter o quadrado médio do resíduo, que foi utilizado para testar as fontes de variação e o fatorial. O teste Dunnett a

5% foi utilizado para comparar o tratamento controle com os demais tratamentos e o teste Tukey, para comparar os tratamentos no esquema fatorial no mesmo nível de probabilidade. Para tanto, foi utilizado o procedimento GLM do pacote estatístico SAS[®]. Para melhor compreensão dos dados, optou-se pelo desmembramento dos níveis dos fatores, independentemente da significância das interações entre eles.

Resultados e Discussão

No período de verão-outono (janeiro a abril de 2011), quando as árvores estavam, em média, com 3,7 m de altura, não houve efeito dos arranjos espaciais de plantio do eucalipto ($P > 0,05$) em nenhuma das características da forrageira (Tabela 2).

Tabela 2—Produção de massa seca acumulada (três corte), relação lâmina:colmo e densidade populacional de perfilhos do capim-braquiária nos diferentes arranjos espaciais de plantio do eucalipto e no monocultivo da forrageira no período de verão-outono

Arranjo Espacial - Espaçamento					
Entre as plantas (m)	Entre as linhas (m)			Média	Monocultivo
	6	8	10		
Massa seca acumulada (kg ha ⁻¹)					
2	2.146,3	2.171,3	2.456,3	2.257,9	2.500,9
4	2.059,0	2.313,0	2.731,3	2.367,7	
Média	2.102,6	2.242,3	2.593,8		
CV (%)	24,9				
Relação lâmina:colmo					
2	1,3	1,0	1,2	1,2	1,1
4	1,0	1,1	1,3	1,1	
Média	1,2	1,1	1,3		
CV (%)	18,4				
Densidade (perfilhos m ⁻²)					
2	961,3	1.017,3	1.197,0	1.058,5	1.122,3
4	1.015,0	1.045,3	1.428,0	1.162,8	
Média	988,2	1.031,3	1.312,5		
CV (%)	24,3				

A não constatação do efeito do espaçamento das árvores no pasto de capim-braquiária pode ser atribuída ao pequeno porte das árvores de eucalipto, uma vez que a competição por recursos responsáveis pelo crescimento da forrageira tende a se acentuar em estádios de desenvolvimento mais avançados e com aumento da densidade de árvores. Resultados semelhantes foram observados por Nicodemo et al. (2007) ao avaliarem a densidades de plantio do *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (Urograndis) entre 46 e 803 plantas ha⁻¹ sobre a produção da *B. brizantha* cv. Marandu até os 18 meses de plantio das árvores. Cameron et al. (1989), também trabalhando com o capim-setária (*Setaria anceps*) consorciado com *Eucalyptus grandis*, testaram densidades de 42 a 3.580 árvores ha⁻¹ e não

verificaram influência das árvores sobre a forrageira até aos 15 meses de idade do eucalipto em uma densidade máxima de 1.000 árvores ha⁻¹.

No período de outono-inverno quando o eucalipto possuía altura média de 9,4 m e 10,1 cm de diâmetro à altura de 1,3 m do solo, não houve efeito ($P>0,05$) dos espaçamentos entre as plantas na linha de plantio de eucalipto, e tampouco foi observado interação entre os espaçamentos entre as plantas na linha e entre as linhas de plantio do eucalipto ($P>0,05$). Os espaçamentos entre as linhas de plantio influenciaram as características produtivas e morfológicas do capim-braquiária no período de outono-inverno (Tabela 3).

Tabela 3 - Produção de massa seca acumulada, relação lâmina:colmo e densidade populacional de perfilhos do capim-braquiária nos diferentes arranjos espaciais de plantio do eucalipto e monocultivo da forrageira no período de outono-inverno

Arranjo Espacial - Espaçamento					
Entre as plantas (m)	Entre as linhas (m)			Média ¹	Monocultivo
	6	8	10		
Massa seca acumulada (kg ha ⁻¹)					
2	563,3	842,1 *	1.295,2 *	900,2 A	458,8
4	660,6	1.025,9 *	1.193,3 *	960,0 A	
Média ¹	611,9 c	933,9 b	1.244,3 a		
CV (%)	16,5				
Densidade (perfilhos m ⁻²)					
2	297,5 *	268,3 *	433,4	333,1 A	521,2
4	290,6 *	325,1 *	572,8	396,2 A	
Média	294,1 b	296,7 b	503,1 a		
CV (%)	23,1				
Relação lâmina:colmo					
2	3,3 *	3,2 *	3,7 *	3,4 A	2,3
4	3,5 *	3,6 *	3,4 *	3,5 A	
Média	3,4 a	3,4 a	3,6 a		
CV (%)	26,0				

* Diferem do tratamento em monocultivo pelo teste Dunnet (P<0,05).

¹Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

No período de outono-inverno, foram feitas duas colheitas de forragem nos diferentes arranjos de plantio do eucalipto e apenas um cultivo exclusivo do capim-braquiária (monocultivo), demonstrando que as árvores favoreceram o crescimento da forrageira. Além disso, a produção de forragem no espaçamento 10 m foi superior à do espaçamento 8 m, que, por sua vez, foi superior às produções de 6 m entre as linhas e de monocultivo. Esses resultados diferem daqueles registrados por Castro et al.(1999), que, ao avaliarem o

efeito de níveis de sombreamento artificial sobre a produção de seis espécies forrageiras, observaram decréscimo linear da produção de *B. decumbens* em relação aos níveis crescentes de sombra. Por outro lado, Paciullo et al. (2007), avaliando os níveis de 30, 65% de sombra natural e pleno sol sobre a produção de *B. decumbens*, verificaram igualdade entre os cultivos em pleno sol e sob sombreamento moderado.

Isto provavelmente ocorreu devido ao longo período de estiagem (Figura 1), o que foi determinante para baixa produção da forrageira. Por outro lado, nos espaçamentos de 8 e 10m entre as linhas de plantio de eucalipto, a maior produção desses pastos (Tabela 3) pode estar associada à provável maior disponibilidade de água no solo. Nesse contexto, Jackson e Ash (1998) relatam que a magnitude das respostas da forrageira à radiação solar em função da densidade arbórea ou do sombreamento é influenciada pela disponibilidade de água no solo. Segundo Ludwig (2001), o efeito do microclima proporcionado pelas árvores aumenta a produção de forragem em períodos de deficiência hídrica. Solos protegidos por árvores apresentam temperatura mais moderada e maior teor de umidade em épocas críticas do ano (Veiga e Serrão, 1990; Buergler, 2004).

Já a menor densidade de perfilhos (Tabela 4) dos pastos nos espaçamentos de 6 e 8 m entre as linhas de plantio do eucalipto em relação ao monocultivo do capim-braquiária pode ser devida à alteração na quantidade e na qualidade da radiação incidente sobre o estrato inferior (Reynolds, 1995). A radiação que atravessa o dossel arbóreo possui menor quantidade de vermelho e azul, enquanto o vermelho distante é predominantemente refletido e transmitido ao estrato herbáceo (Jose et al., 2004). Neste contexto, Gautier et al. (1999) demonstraram que tanto a redução da relação vermelho:vermelho distante quanto a diminuição do fluxo de fóton fotossintético determinaram importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, principalmente por diminuir o perfilhamento das gramíneas, o que explica a menor densidade de perfilhos observada nos espaçamentos de 6 e 8 m entre

as linhas de plantio. No entanto, o sombreamento proporcionado pelas copas das árvores espaçadas de 10 m entre as linhas de plantio de eucalipto não foi suficiente para diminuir o perfilhamento da forrageira.

Além de diminuir o perfilhamento, a alteração luminosa desencadeia uma resposta fotomorfogênica, caracterizada pelo alongamento dos colmos e pela diminuição da relação lâmina:colmo (Smith, 1982). Ao contrário do que foi descrito por esse autor, a relação lâmina:colmo da *B. decumbens* no presente estudo foi maior nos sistemas silvipastoris, independentemente do arranjo espacial de plantio do eucalipto. Avaliando a mesma espécie forrageira sob sombreamento, Soares et al., (2009) constataram menor relação lâmina:colmo nos pastos sombreados, enquanto Gobbi et al. (2009) não observaram efeito do sombreamento sobre essa característica. É provável que essa divergência entre os resultados reportados na literatura para a mesma espécie forrageira e entre o observado no presente trabalho decorra das diferentes metas de interrupção da rebrotação dos pastos. No trabalho de Soares et al. (2009) foi utilizada altura de 90 cm do pasto como critério de desfolhação, enquanto Gobbi et al. (2009) utilizaram o critério de 95% da interceptação luminosa. Neste trabalho critério de interrupção da rebrotação foi definido em 20 cm de altura. Nessa condição, outro mecanismo pode ter contribuído para o aumento da relação lâmina:colmo que é o atraso no desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas à sombra, conforme resultados discutidos por Sousa (2009) e Ovalle e Avendaño (1994).

Para Tamassia et al. (2001) e Santos et al. (2009), intervalos de descanso mais curtos possibilitam pastos com maior relação lâmina:colmo, em comparação a intervalos longos de descanso. A maior frequência de cortes dos pastos em consórcio com árvores foi proporcionada pelo aumento da taxa de alongamento das folhas (Dias Filho e Carvalho, 2000; Paciullo et al. 2008).

Assim como observado no período de outono–inverno, na primavera-verão (setembro a dezembro de 2011), quando o eucalipto possuía altura média de 13,2 m e 11,2 cm de diâmetro à altura de 1,3 m do solo, não houve efeito ($P>0,05$) dos espaçamentos entre plantas de eucalipto, mas os espaçamentos entre as linhas de plantio influenciaram ($P<0,05$) a produção, relação lâmina:colmo e densidade de perfilhos do capim-braquiária (Tabela 4).

Tabela 4 – Produção acumulada de massa seca, relação lâmina:colmo e densidade populacional de perfilhos do capim-braquiária sob diferentes arranjos espaciais de plantio do eucalipto e monocultivo da forrageira no período de primavera-verão

Arranjo Espacial - Espaçamento					
Entre as plantas (m)	Entre as linhas (m)			Média ¹	Monocultivo
	6	8	10		
Massa seca Acumulada (kg ha ⁻¹)					
2	1.648,0 *	2.400,3 *	2.796,8 *	2281,7 A	3.842,60
4	1.921,6 *	2.510,4 *	2.823,5 *	2418,5 A	
Média ¹	1.784,8 b	2.455,3 a	2.810,1 a		
CV (%)	10,3				
Relação lâmina:colmo					
2	2,3 *	2,5 *	3,2 *	2,7 A	1,2
4	2,5 *	3,3 *	3,6 *	3,1 A	
Média	2,4 b	2,9 ab	3,4 a		
CV (%)	21,6				
Densidade (perfilhos m ⁻²)					
2	518,6*	639,3*	647,8*	601,9 A	999,3
4	656,2*	706,3*	648,1*	670,3 A	
Média	587,4 a	672,8 a	647,9 a		
CV (%)	14,8				

* Diferem do tratamento em monocultivo pelo teste Dunnet ($P<0,05$).

¹Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey ($P<0,05$).

A constataçãoda ausência de efeito dos espaçamentos entre plantas na linha de plantio do eucalipto nas características do pasto de capim-braquiária (Tabela 4) pode estar associadaà maior dimensão da copa das árvores observada em espaçamentos mais amplos. Leles et al. (2001), ao estudarem a alocação de biomassa do eucalipto em função da densidade de plantio, concluíram que as árvores cultivadas em menores densidades de plantio alocam mais fotoassimilados na formação de galhos e folhas em relação aos plantios mais densos. Oliveira et al. (2007) não observaram efeito dos arranjos 10x2, 10x3 e 10x4 m sobre a radiação fotossinteticamente ativa incidente nas entre linhas de plantio de eucalipto aos 38 meses de idade.

A relação lâmina:colmo foi maior nos pastos consorciados com eucalipto (Tabela 4), assim como observado para o período de outono-inverno. Por outro lado, amenor produção de forragem observada nesses tratamentos ($P < 0,05$) em relação ao monocultivo pode ser atribuída à baixa densidade de perfilhos, que provavelmente foi consequência do aumento da competição por luz. Além disso, o corte do capim-braquiária a 20 cm de altura pode ter influenciado a capacidade rebrotação dos pastos consorciados. O vigor da rebrotação da forrageira é influenciado pelo IAF residual associado à capacidade de mobilização das reservas orgânicas (Alcock, 1964). Assim, a menor concentração de carboidratos solúveis observada na parte aérea de forrageiras sob restrição luminosa (Wilson e Wong, 1982; Wong e Stür, 1993), associada à alta frequência e intensidade de desfolhação neste trabalho, pode ter contribuído para menor produção do capim-braquiária em sistema silvipastoril.

A influência da competição exercida pelo componente arbóreo sobre a forrageira se modificou ao longo do crescimento do eucalipto e com a estação do ano. As árvores limitaram a produção do capim-braquiária a partir dos 20 meses de idade (Figura 2).

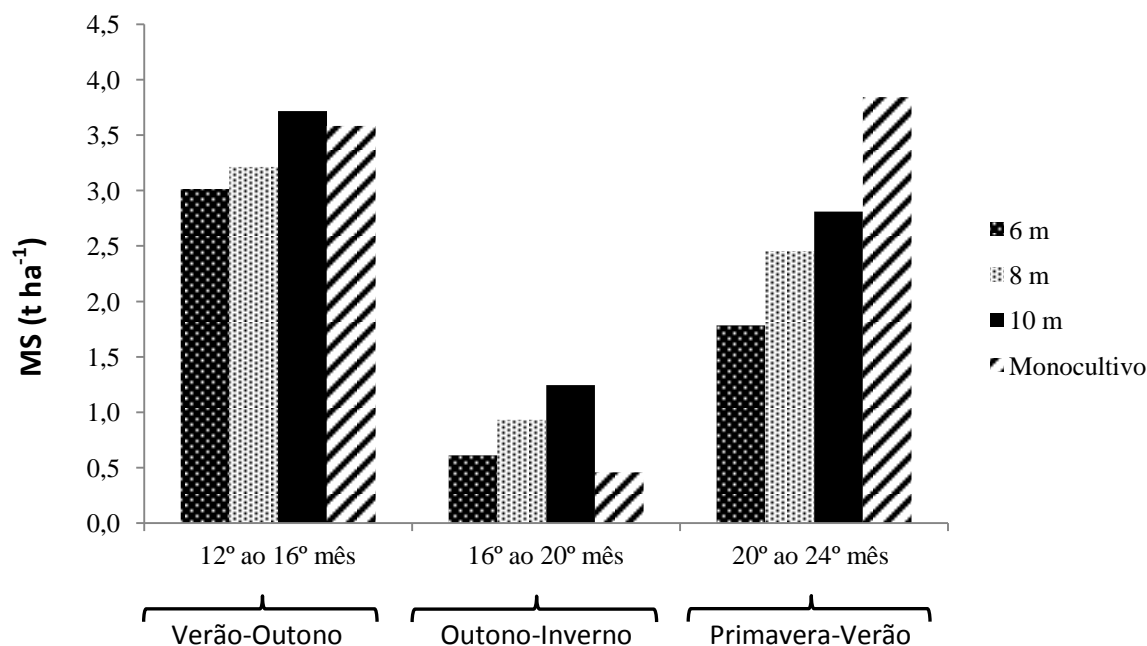


Figura 2— Massa seca acumulada (MS) do capim-braquiária ao longo das estações do ano e do crescimento do eucalipto.

Silva (1998) avaliou a influência de duas densidades de plantio de *E. saligna* (1.666 e 833 árvores ha⁻¹) sobre o estabelecimento da pastagem e concluiu que a densidade arbórea reduz drasticamente a radiação fotossinteticamente ativa transmitida ao sub-bosque a partir de 10 meses de idade das árvores. Esse fato afeta diretamente a condição da pastagem, reduzindo a taxa de crescimento das espécies forrageiras e não permitindo a utilização com pastejo a partir de 1,5 anos de idade. Neste sentido, Shelton et al. (1987), citados por Wilson e Ludlow (1990), também observaram rápido declínio na transmissão de luz sob florestas de *E. deglupta* Blume e *E. grandis*, já a partir do segundo ano de estabelecimento, atingindo o máximo de 40% de redução da quantidade luminosa incidente aos sete anos de idade da floresta.

O acentuado efeito do sombreamento do eucalipto sobre a produção do capim-braquiária (Figura 2) sugere provavelmente necessidade do manejo de desrama do eucalipto no segundo ano após plantio. Além de permitir sustentabilidade da produção de forragem pela redução do sombreamento provocado pelas copas das árvores, a desrama

artificial também possibilita melhorar a qualidade da madeira (Reis et al. 2007). O momento ideal da desrama depende da espécie, da arquitetura da copa e da densidade de árvores (Fontan, 2007).

Conclusões

Os espaçamentos entre as linhas de plantio do eucalipto influenciam a produção da forrageira consorciada, que não é alterada pelo espaçamento entre árvores na linha de plantio.

O consórcio de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (Urograndis) com *B. decumbens* reduz a produção da forrageira no terço final do segundo ano após o plantio das árvores, independentemente do arranjo espacial de plantio das árvores.

Pasto de *B. decumbens* em sub-bosque de eucalipto possui menor estacionalidade de produção em relação à forrageira em monocultivo.

O sombreamento em sistema silvipastoril com *B. decumbens* altera a estrutura do pasto, aumentando a proporção de lâminas foliares em relação aos colmos.

Referências

ALCOCK, M.B. The physiological significance of defoliation on the subsequent regrowth of grass-clover mixtures and cereals. In: D.J. CRISP (Ed.) **Grazing in terrestrial and marine environments**. Oxford. Blackwell Sci. Pub..p. 25-41.1964

BRAGA, G.L.; PORTELA, J.N.; PEDREIRA C.G.S.; LEITE, V.B.O.; OLIVEIRA, E.A., Herbage yield in Signal grass pasture affected by grazing management. **South African Journal of animal Science**, v.39, n.1, p.130-132, 2009

BURGLER, A.L. **Forage production and nutritive value in a temperate Appalachion silvopasture**. 2004. 265 f. Thesis (MSc. In Crop and Soil Enveronmental Sciences) – Faculty of Virginia, Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, 2004

CAMERON, D.M.; RANCE, S.J.; JONES, R.M., CHARLER, E.D.A.; BARNES, A. Project STAG: An Experimental Study in Agroforestry. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.40, p.699-714. 1989

CARVALHO, M.M.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. et al. Experiências com SSP's no Bioma Mata Atlântica na Região Sudeste. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. et al. (Eds.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. p.105-136,2007

CASTRO, C. R. T.; CARVALHO, M. M. Florescimento de gramíneas forrageiras cultivadas sob luminosidade reduzida. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 163-166, 2000

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

DIAS FILHO, M.B.; CARVALHO, C.J.R. Physiological and morphological responses of *Brachiaria* spp. to flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1959-1966, 2000

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

FONTAN, I.C.I. **Dinâmica de copa e crescimento de clones de eucalipto submetidos a desrama em sistema agroflorestal**. 2007. 81f. Tese – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, p.423-429, 1999

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A.F.; PEREIRA, O.G.; VENTRELLA, M.C.; ROCHA, G.C. Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.9, p.1645-1654, 2009

JACKSON, J.; ASH, A.J.; Tree-grass relationships in open Eucalypts woodlands of northeastern Australia influence of tree on pasture productivity, forage quality and species distributions. **Agroforestry Systems**, v.40, 150-176, 1998

JOSE, S.;S.; GILLESPIE, A.R.; PALLARDY, S.G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry Systems**, v.61. 237–255, 2004

LELES, P. S. S. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p.78-87, 2001

LUDWING, F.; DE KROON, H.; PRINS, H.H.T.; BERENDSE F. The effect nutrients and shade on tree grass interactions on an East African savanna. **Journal Vegetation Science**. v.12, p.579-588, 2001

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. **Protocolo de Kyoto**. MCT, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <www.mct.gov.br/upd-blod,0012/12425.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2011

NICODEMO, M.L.F. LAURA, A.V.; MELOTTO, M.A.; BOCCHESI, A.; SCHUNKE M.R.; BARBOSA, A.R.; Avaliação de espaçamentos para eucalipto para sistemas silvipastoris no Mato Grosso do Sul. **Anais...44º** Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2007 Unesp Jaboticabal

OLIVEIRA NETO, N.S.; PAIVA, N.H. Implantação e manejo do componente arbóreo em Sistema Agrossilvipastoril. In: OLIVEIRA NETO N.S. et al. Sistema Agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta/ Viçosa-MG: sociedade de Investigações Florestais, p.190, 2010

OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; SANTOS, I.P.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; VENTURIN, N. 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

OVALLE, C.; AVENDAÑO, J. Influencia del árbol sobre La vegetación em los espinales (*Acacia caven*) de la zona mediterránea de Chile. Congresso brasileiro sobre sistemas agroflorestais. Porto Velho. Anais... Colombo. Brasil. EMBRAPA-CNPQ. p.151-159.1994

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M., CASTRO, C.R.T., TAVELA, R.C., ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento do pasto de capim-braquiária influenciado pelo nível de sombreamento e pela a estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.317-323, 2008

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.573-579, 2007

PORFÍRIO-DA-SILVA, W. Ecologia e manejo em sistema silvipastoril. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.51-68.

REIS, H.A.; MAGALHÃES, L.L.; OFUGI, C.; MELIDO, R.C.N.. Agrossilvicultura no Cerrado, região noroeste do estado de Minas Gerais. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R. **Sistemas Agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.137-154

REYNOLDS, S.G. **Pasture-cattle-coconut Systems**. Rome: FAO, 1995.668p.

SANTOS, E.R.M.; FONSECA, M.D.; EUCLIDES, P.B.V.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; QUEIROZ, C.A.; RIBEIRO JÚNIOR, I.J. Características estruturais e índice de tombamento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk em pastagens diferidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**.v.38, n.4, p.626-634, 2009.

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

SILVA, J.L.S. **Produtividade de componentes de um sistema silvipastoril constituído por *Eucalyptus saligna* e pastagem cultivada e nativa no Rio Grande do Sul**. 1998. 178 f. Tese. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa 1998.

SMITH, H. Light quality, photoperception, and plant strategy. **Annual Review of Plant Physiology**, v.33, p.481-518, 1982.

SOARES, B.A. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 2009, vol.38, n.3, pp. 443-451.

SOUSA, L.F. **Brachiaria brizantha** cv. Marandu em sistema silvipastoril e monocultivo. Tese. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.2009. 166p.

SOUZA, A.N.; OLIVEIRA, A.D. de; SCOLFORO, J.R.S.; REZENDE, J.L.P.; MELLO, J.M. de. Viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Cerne**, v.13, p.96-106, 2007.

TAMASSIA, L.F.M.; HADDAD, C.M.; CASTRO F.G.F.; VENDRAMINI, J.M. B.; Domingues, J.L. Produção e morfologia do capim de rhodes em seis maturidades. **Scientia Agricola**. v.58 n.3,p. 599-605, 2001.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: uma experiência da Amazônia brasileira. Campinas: SBZ: FEALQ, 1990. p.37-68.

WILSON, J.R.; LUDLOW, M. M. The environment and potential growth of herbage under plantation. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. eds. **Forages for plantation crops**. Proceedings of a Workshop, Bali, Indonesia, 27-29 jun. 1990. ACIAR, Canberra, 1991. Proc. No. 32, 168 p., pp. 10-24.

WONG, C. C, STÜR, W. W. Persistence of an erect and a prostrate Paspalum species as affected by shade and defoliation. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 18, 1993, Nice. Proceedings Nice, 1993. p.2059-206.

WILSON, J. R.; WONG, C. C. Effects of shade on some factors influencing nutritive quality of green panic and siratro pastures. **Australian Journal Agriculture Research**. v. 33, p.937-949. 1982.

Características morfogênicas e estruturais do capim-braquiária com eucalipto em diferentes arranjos espaciais

Resumo

Objetivou-se com este trabalho avaliar a influência do arranjo espacial de plantio do eucalipto sobre as características morfogênicas, estruturais e a dinâmica do acúmulo de massa seca *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) cultivada em sub-bosque e em monocultivo. Foram avaliados seis arranjos espaciais de plantio de eucalipto em consórcio com o capim-braquiária em fatorial $2 \times 3 + 1$, correspondendo, respectivamente, a dois espaçamentos (2 e 4 m) entre as plantas nas linhas e três espaçamentos entre as linhas de plantio do eucalipto (6, 8 e 10 m) e mais um controle (capim-braquiária em monocultivo). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com três repetições. Avaliaram-se as taxas de alongamento de lâmina foliar e colmo, filocrono, duração de vida da folha, comprimento de lâminas foliares, relação lâmina: colmo, índice de área foliar, acúmulo de massa seca e altura do pasto. Não houve diferenças significativas nas taxas de alongamento de folha e colmo e no filocrono entre os arranjos espaciais de plantio do eucalipto. No entanto, as taxas de alongamento de folha e colmo foram maiores nos arranjos 10x4, 10x2 e 8x4 m, em relação ao monocultivo do capim-braquiária, enquanto nos arranjos de plantio 8x2, 6x4 e 6x2 m foram similares às dos pastos em pleno sol. O sombreamento provocado pelas copas dos eucaliptos diminuiu a densidade populacional de perfilhos em relação ao monocultivo do capim-braquiária, independentemente do arranjo espacial de plantio. Por outro lado, o aumento do espaçamento entre as linhas, de 6 para 10 m, possibilitou incremento de 42% no número de perfilhos. Os espaçamentos entre as plantas de eucalipto na linha de plantio de eucalipto não influenciam a produção do capim-braquiária até os 26 meses de estabelecimento das culturas. O espaçamento entre as linhas de plantio do eucalipto em consórcio com o capim-braquiária altera as características morfogênicas e estruturais da forrageira, aumentando a altura em que o pasto intercepta 95% da luz incidente.

Palavras-chave: altura do pasto, *Brachiaria decumbens*, sistema silvipastoril

Morphogenetic and structural characteristics of signal grass with eucalyptus in different spatial arrangements

Abstract

The objective of this study was to evaluate the influence of the spatial arrangement of planting eucalyptus on the morphogenesis, and the structural dynamics of dry matter accumulation of *Brachiaria decumbens* (signal grass) grown in the understory and monoculture. We evaluate six spatial arrangements of eucalyptus plantation intercropped with signalgrass in factorial $2 \times 3 + 1$, corresponding respectively to two spacings (2:04 m) between plants in the row and three row spacings planting of eucalyptus (6, 8 and 10 m) and more control (signal grass monoculture). The experimental design was completely randomized with three replications. We evaluated rates of leaf and stem elongation, phyllochron, leaf life span, leaf blade length, blade ratio: stem, leaf area index, dry matter accumulation and sward height. There were no significant differences in rates of leaf and stem elongation and phyllochron between the spatial arrangements of planting eucalyptus. However, rates of leaf and stem elongation were greater in the arrangements 10x4, 10x2 and 8x4 m, compared to monoculture of signal grass, planting arrangements while in 8x2, 6x4 and 6x2 m were similar to the pastures in full sun . Shading caused by canopies of eucalyptus decreased tiller density compared to monoculture of signal grass, regardless of the spatial arrangement of planting. On the other hand, increasing the spacing between the lines of 6 to 10 m, enabled increase of 42% in the number of tillers. The spacing between plants in the row of eucalyptus plantations and eucalyptus not influence the production of signal grass up to 26 months of crop establishment. The spacing between the rows of eucalyptus plantation intercropped with signalgrass alters the morphogenesis and structural forage, increasing the time the pasture intercepts 95% of the incident light.

Keywords: sward height, *Brachiaria decumbens*, silvopastoral system

Introdução

Os sistemas silvipastoris, uma modalidade dos sistemas agroflorestais, referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. A utilização de sistemas silvipastoris tem sido sugerida para garantir sustentabilidade em sistemas de produção animal devido ao seu potencial para aumentar a fertilidade do solo, melhorar a qualidade da forragem, promover o conforto térmico aos animais, proporcionar diversificação de renda para o produtor e mitigar emissão de gases do efeito estufa (Carvalho et al., 2007; Porfírio-da-Silva, 2007; Ministério da Ciência e Tecnologia, 2008).

O cultivo da planta forrageira no sistema silvipastoril aumenta a competição por recursos de crescimento, sobretudo pelo sombreamento imposto pelas copas das árvores que diminui a qualidade e a quantidade da radiação incidente no sub-bosque. Essa alteração no ambiente luminoso modifica o padrão de alocação de biomassa da planta forrageira, o que por sua vez, determina a estrutura e o índice de área foliar do dossel forrageiro (Paciullo et al., 2008).

Algumas práticas de manejo do sistema silvipastoril, especialmente relacionada são componente arbóreo como: orientação da direção de plantio em relação aos pontos cardeais (Leste-Oeste), escolha da espécie, desrama, desbaste, densidade de plantio e o arranjo espacial, podem atenuar a competição por radiação solar. O eucalipto possui características favoráveis para o consórcio com pasto, pelo rápido crescimento e arquitetura de copa que permite a passagem de boa parte da radiação incidente em arranjos de plantio menos densos (Oliveira et al., 2007).

Quanto à planta forrageira, diversas pesquisas foram conduzidas com espécies e, ou, cultivares de clima tropical com o intuito de avaliar a tolerância ao sombreamento. Nesse

sentido, a *Brachiaria decumbens* é descrita como tolerante ao sombreamento moderado, apresentando, nessa condição, respostas plásticas como incremento no comprimento de folhas e colmos e aumento da área foliar específica, para aumentar a eficiência na interceptação da radiação (Guenni et al., 2008; Paciullo et al., 2008, Shelton et al., 1987).

Estudos sobre manejo do pastejo das forrageiras em pleno sol possibilitaram definir metas de altura do pasto para entrada e saída dos animais em lotação intermitente, ou ainda uma altura média a ser mantida sob lotação contínua. Por outro lado, não há informações disponíveis na literatura sobre a altura do pasto para interrupção da rebrotação em sistemas silvipastoris. Assim, o conhecimento do padrão de crescimento da *B. decumbens*, quando cultivada sob diferentes arranjos espaciais arbóreos, pode auxiliar na definição de metas de manejo mais adequadas para a planta forrageira em consórcio com eucalipto.

Em face da escassez de estudos relacionados ao manejo de forrageiras em sistemas silvipastoris, este experimento foi proposto com o objetivo de avaliar a influência do arranjo espacial do componente arbóreo sobre as características morfogênicas, estruturais e a dinâmica do acúmulo de massa seca da *B. decumbens* cultivada em consórcio com eucalipto.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no município de Viçosa-MG, localizado a 20°45' de latitude sul, 46°51' de longitude oeste e 689 m de altitude, em uma área de pastagem degradada, pertencente ao Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. O solo da área experimental é um Latossolo Vermelho-Amarelo, de textura argilosa (Embrapa, 2006). As características químicas na camada 0-20 cm foram: pH em H₂O: 4,94; P: 2,95 (Mehlich⁻¹) e K: 133 mg

dm⁻³; Ca²⁺: 1,16 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 0,62 cmol_c dm⁻³ e Al³⁺: 0,75 cmol_c dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), CTC (T): 9,47 cmol_c dm⁻³, soma de bases: 2,12 cmol_c dm⁻³, H + Al: 7,35 cmol_c dm⁻³, 4,3 dag kg⁻¹ de matéria orgânica, 24,45 mg L⁻¹ de P-rem e 22% de saturação por base.

O clima da região de Viçosa, de acordo com o sistema de Köppen, é do tipo Cwa, com precipitação anual em torno de 1.340 mm e umidade relativa do ar média de 80%. Os dados climáticos registrados durante o período experimental foram obtidos na estação meteorológica do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, situada a cerca de 550 m da área experimental (Tabela 1).

Tabela 1 – Médias mensais da temperatura do ar média, máxima e mínima, precipitação pluviométrica total mensal durante o período de avaliação

Mês/Ano	Temperatura do ar (°C)			Precipitação (mm)
	Média	Máxima	Mínima	
Outubro 2011	20,3	25,8	16,7	159,2
Novembro 2011	19,7	25,1	16,2	297,6
Dezembro 2011	21,7	26,6	19,0	350,5
Janeiro 2012	23,9	26,9	18,6	385,4
Fevereiro 2012	22,5	29,7	18,2	41,1

Foram avaliados seis arranjos de plantio de eucalipto em consórcio com o capim-braquiária em um fatorial 2x3+1, correspondentes a dois espaçamentos (2 e 4 m) entre as plantas nas linhas de plantio e três espaçamentos entre as linhas (6, 8 e 10 m) e um controle (*B. decumbens* em monocultivo). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com três repetições.

A área das unidades experimentais variou em função dos tratamentos (espaçamento entre as linhas de plantio), sendo seu comprimento de 12 m. Dessa forma, os tratamentos com 2 e 4 m entre plantas tinham 12 e 6 árvores por unidade experimental, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação dos tratamentos, área das unidades experimentais, árvores por unidade experimental e densidade de árvores por hectare

Arranjo espacial do eucalipto(m)		Área (m ²)	Árvores por unidade experimental	Densidade (Árvores ha ⁻¹)
Entre as Linhas	Entre as Plantas			
6	2	72	12	833,3
6	4	72	6	416,7
8	2	96	12	625,0
8	4	96	6	312,5
10	2	120	12	500,0
10	4	120	6	250,0
Capim-braquiária em monocultivo		120	-	-

Para estabelecimento da *Brachiaria decumbens* (capim-braquiária) foi realizada roçada mecânica 60 dias antes da semeadura da planta forrageira, com o objetivo de estimular a rebrotação para aplicação de herbicida dessecante. O herbicida foi aplicado 30 dias após roçada das plantas daninhas, utilizando 1,8 kg ha⁻¹ de glyphosate e 0,480 kg ha⁻¹ de 2,4-D. Uma semana após dessecação, fez-se a correção do solo, aplicando-se 1.000 kg ha⁻¹ de calcário com PRNT de 82%, distribuído a lanço sobre a palhada.

Em janeiro de 2010, foi realizada a semeadura do capim-braquiária no sistema de plantio direto. O espaçamento de plantio da forrageira foi de 0,4 m, sendo utilizado na semeadura 4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. O manejo do estabelecimento da forrageira foi o mesmo para todos os tratamentos, no entanto, nas unidades experimentais em consórcio, a semeadura do capim-braquiária foi distanciada de 1 m das fileiras de eucalipto. Por ocasião da semeadura, foram aplicados 70 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 50 kg ha⁻¹ de K₂O das fontes superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. Em dezembro de 201, foi feita uma adubação de manutenção, aplicando 50 kg ha⁻¹ de N (sulfato de amônio).

Após semeadura da forrageira efetuou-se plantio do eucalipto, utilizando o clone 3336 do híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (Urograndis), adquirido em viveiro florestal. O plantio de eucalipto foi realizado em covas de 40x40x40 cm, adubadas previamente com 300 g de fosfato reativo. Vinte dias após o plantio (DAP) das mudas, foram aplicados 100 g de superfosfato simples e 90 g da fórmula 10-30-10 (N-P-K), com 2% de boro e zinco, distribuídos em covetas laterais às mudas. Entre 60 e 90 DAP, foi realizada uma adubação em covetas com 100 g planta⁻¹ de 10-30-10 (N-P-K) e aos 270 DAP, das mudas de eucalipto foi feita uma adubação em cobertura com 150, 50, 14 e 8 g planta⁻¹ de KCl, (NH₄)₂SO₄, Bórax e ZnSO₄, respectivamente.

O capim-braquiária foi manejado simulando pastejo em lotação intermitente, por meio de colheita (corte) com roçadeira costal motorizada. O critério do momento de interrupção da rebrotação foi definido quando o pasto interceptava 95% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA). Foram realizadas 12 leituras por unidade experimental, sendo duas sobre o dossel da planta forrageira (RFA incidente) e 10 pontos rentes ao solo (RFA transmitida). Dessa forma, a interceptação é dada pela relação entre a RFA incidente e transmitida. As medidas de interceptação foram realizadas semanalmente ou diariamente, quando os valores estavam próximos de 95% de interceptação da RFA, utilizando-se o sensor linear LI – 191SA, acoplado a um medidor de luz LI – 250, ambos da marca LICOR.

A altura do pasto foi medida quando este atingia 95% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), em 10 pontos por unidade experimental, utilizando-se instrumento construído com dois tubos de PVC, um no interior do outro. O tubo interno possui escala com divisões de 1 cm e uma haste fixa e metálica que desliza ao longo de uma fenda no tubo externo. O critério para mensuração da altura do pasto foi a distância da superfície do solo até as folhas localizadas na parte superior do dossel. A altura de resíduo pós-corte foi

determinada como sendo 50% da altura atingida com 95% de interceptação. Foram colhidas amostras dos pastos nessas condições em todos os ciclos para quantificar a densidade de perfilhos.

As avaliações do crescimento da forrageira foram realizadas durante o período de primavera-verão, tendo início após 20 meses do estabelecimento das culturas. Nesse momento, as árvores estavam com altura média de 13,2 m e diâmetro de 11,2 cm à altura de 1,3 m do solo. As avaliações das características morfogênicas e estruturais foram realizadas em três perfilhos basais por unidade experimental. Os perfilhos, identificados aleatoriamente na parte central da unidade experimental, eram marcados com anel de plástico colorido. Após cada corte, um novo grupo de perfilhos era identificado para avaliação. Esses perfilhos foram avaliados duas vezes por semana, por meio de medições do comprimento das lâminas foliares e do pseudocolmo. O comprimento das lâminas foliares expandidas foi medido desde o ápice da folha até sua lígula. No caso de folhas emergentes, o mesmo procedimento foi adotado, porém foi considerada a lígula da última folha expandida como referencial de mensuração. Para folhas em senescência, o comprimento correspondeu à distância entre o ponto em que o processo de senescência avançou até a lígula da folha. O comprimento do colmo foi mensurado desde a superfície do solo até a lígula da folha mais jovem completamente expandida.

A partir dessas informações, foram calculadas as variáveis:

- filocrono: intervalo em dias entre o surgimento de folhas consecutivas;
- taxa de alongamento foliar (TAIF): somatório de alongamento de todas lâminas foliares por perfilho, dividido pelo número de dias do período de avaliação;
- taxa de alongamento de colmo (TAIC): somatório de todo alongamento de colmo e, ou, pseudocolmo por perfilho, dividido pelo número de dias do período de avaliação;

- taxa de senescência (TSe): decréscimo do comprimento da parte verde da lâmina foliar, obtida pela diferença entre a mensuração inicial e a final, dividida pelo número de dias do período de avaliação;
- número de folhas vivas (NFV): número médio de folhas completamente expandidas por perfilho;
- comprimento final de lâmina foliar (CLF): comprimento médio de todas as folhas vivas intactas, completamente expandidas por perfilho;
- duração de vida da folha (DVF): estimada pela equação $DVF = \text{número de folhas vivas por perfilho} \times \text{filocrono}$ (Lemaire & Chapman, 1996).

No último dia de rebrotação realizou-se amostragem de 10 perfilhos por unidade experimental para quantificar o comprimento das lâminas foliares expandidas, lâminas foliares emergentes e colmos. Essas frações dos perfilhos foram levadas para estufa com ventilação forçada de ar, a 65°C por 72 h, e posteriormente pesadas, para estabelecer o índice gravimétrico. Esse índice é utilizado como fator de conversão entre comprimento e massa seca (MS) de lâmina foliar e de colmo (milímetro de lâmina foliar e de colmo por perfilho transformado em miligrama de MS de lâmina foliar e de colmo por perfilho), de acordo com Mazzanti et al. (1994).

As taxas de acúmulo de forragem foram obtidas a partir das estimativas da densidade de perfilhos totais, dos índices gravimétricos e das taxas de alongamento de folhas e colmos subtraindo-se a taxa de senescência, conforme Bircham & Hodgson (1983). A produção de forragem foi estimada pela contribuição líquida do crescimento foliar e de colmos (taxa de acúmulo da forragem x dias de crescimento).

Os dados foram submetidos à análise de variância global com todas as médias dos tratamentos, a fim de se obter o quadrado médio do resíduo, que foi utilizado para testar as fontes de variação e o fatorial. O teste Dunnet a 5% foi utilizado para comparar o

tratamento controle com os demais tratamentos e o teste Tukey para comparar os tratamentos no esquema fatorial no mesmo nível de probabilidade. Para tanto, foi utilizado o procedimento GLM do pacote estatístico SAS[®]. Para melhor compreensão dos dados, optou-se pelo desmembramento dos níveis dos fatores, independentemente da significância das interações entre eles.

Resultados e Discussão

Não houve diferenças significativas ($P > 0,05$) nas taxas de alongamento de folha e de colmo e no filocrono entre os arranjos espaciais de plantio do eucalipto, tendo os maiores valores, excetuando-se o filocrono, ocorrido nos arranjos 10x4, 10x2 e 8x4 m, em relação ao monocultivo do capim-braquiária, enquanto nos arranjos de plantio 8x2, 6x4 6x2 m foram similares ao do pasto em pleno sol. Observa-se que os pastos nos menores espaçamentos (6x2, 6x4) apresentaram maiores intervalos de corte (Tabela 3). Dessa forma, como as taxas de alongamentos de colmo e de folha são definidas pelo somatório de todo crescimento da forrageira dividido pelo intervalo de dias da rebrotação, o maior intervalo de corte observado nesses arranjos espaciais resultou em taxas de crescimento de colmo e de folha similares às do monocultivo.

O filocrono e a duração de vida da folha foram superiores no arranjo de plantio com maior densidade de plantas de eucalipto (6x2 m) em relação ao monocultivo do pasto. Além disso, o espaçamento entre as linhas de plantio teve efeito ($P < 0,05$) na duração de vida da folha, tendo no espaçamento de 6 m observado maiores valores dessa característica em relação aos dos espaçamentos de 8 e 10 m.

Tabela 3 – Taxas de alongamento de folha e de colmo, filocrono, duração de vida da folha e intervalo de cortes nos diferentes arranjos espaciais de plantio do eucalipto e no monocultivo do capim-braquiária

Arranjo espacial - Espaçamento					
Entre as plantas (m)	Entre as linhas (m)			Média ¹	Monocultivo
	6	8	10		
Taxa de alongamento de folha (mm perfilho ⁻¹ dia)					
2	19,0	21,1	22,1*	20,7 A	16,0
4	15,5	22,3*	21,5*	19,8 A	
Média ¹	17,3 a	21,7 a	21,8 a		
CV (%)	15,5				
Taxa de alongamento de colmo (mm perfilho ⁻¹ dia)					
2	4,4	4,7	5,8*	5,0 A	2,9
4	4,1	5,7*	5,9*	5,2 A	
Média	4,2 a	5,2 a	5,8 a		
CV (%)	27,8				
Intervalo de cortes (dias)					
2	60,3*	44,7	32,0	45,7 A	33
4	55,3*	39,0	32,7	42,3 A	
Média	57,8 a	41,8 b	32,3 c		
CV (%)	9,5				
Filocrono (dia folha ⁻¹)					
2	11,2*	10,0	7,8	9,7 A	8,1
4	10,7	8,3	9,1	9,4 A	
Média	10,9 a	9,1 a	8,5 a		
CV (%)	17,0				
Duração de vida da folha (dias)					
2	56,6*	41,5	38,7	45,6 A	39,5
4	46,6	42	41,6	43,4 A	
Média	51,6 a	41,7 b	40,1 b		
CV (%)	11,1				

* Diferem do tratamento em monocultivo pelo teste Dunnet (P<0,05).

¹Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Segundo Schnyder e Nelson (1988) a maior taxa de alongamento foliar em *Festuca arundinacea*, cultivada sob baixa intensidade luminosa, se deve ao maior influxo de água

para os tecidos que estão se alongando, fenômeno incrementado pela reduzida taxa de perda de água pelas plantas cultivadas à sombra. Já Mitchell e Soper (1958) associaram a maior taxa de alongamento foliar em plantas sombreadas ao maior número de células localizadas no sentido longitudinal da epiderme.

No que se refere às taxas de alongamento de colmos, sob copas de árvores, parece ser comum em forrageiras cultivadas à sombra, por constituir estratégia das plantas para compensar a redução na luminosidade (Samarakoon et al., 1990; Castro et al., 1999). O estiolamento de plantas submetidas ao sombreamento também é mecanismo pelo qual a planta busca luz, pela elevação de suas folhas no dossel. Em gramíneas, esse mecanismo permite, ainda, melhor distribuição da radiação ao longo do perfil do dossel (Mello & Pedreira, 2004).

Diferentemente do observado por Paciullo et al. (2008), o filocrono foi influenciado pela competição interespecífica, sendo superior no arranjo de plantio de 6x2 m (Tabela 3). Esse fato pode ser explicado pelo maior taxa de alongamento dos colmos, que resultaram em colmos maiores. Pseudocolmos de maior tamanho tendem a aumentar o intervalo entre o surgimento de duas folhas consecutivas e, portanto, reduzir a taxa de aparecimento foliar que é o inverso do filocrono (Lemaire Chapman, 1996). Por outro lado, no menor espaçamento entre as linhas, o sombreamento aumentou a longevidade das folhas. Assim a duração de vida da folha foi influenciada pelo filocrono, já que essa característica é definida pelo produto do filocrono e o número de folhas vivas por perfilho que por sua vez se manteve constante entre os tratamentos.

Os arranjos espaciais de plantio do eucalipto também influenciaram as características estruturais dos pastos de capim-braquiária (Tabela 4). Esses resultados estão em consonância com relatos de Paciullo et al. (2008) e Castro et al. (1999). O comprimento final das lâminas foliares foi superior nos pastos consorciados com eucalipto. Este maior

comprimento final da lâmina foliar do capim-braquiária foi decorrente da combinação de dois fatores, maiores taxas de alongamento da folha e filocrono (Lemaire Chapman, 1996), ou seja, a folha cresce mais rapidamente por um período mais longo.

O sombreamento no pasto no consórcio com eucalipto diminuiu a densidade populacional de perfilhos em relação ao monocultivo do capim-braquiária, independentemente do arranjo espacial de plantio (Tabela 4). Foi observado aumento de 42% no número de perfilhos quando o espaçamento entre as linhas variou, de 6 para 10 m.

Tabela 4 – Características estruturais e índice de área foliar do capim-braquiária sob diferentes arranjos espaciais de plantio e monocultivo

Arranjo espacial - Espaçamento					
Entre as plantas (m)	Entre as linhas (m)			Média ¹	Monocultivo
	6	8	10		
Comprimento final lâminas de foliares (cm)					
2	21,9*	23,0*	20,7*	21,9 A	14,5
4	20,2*	19,4*	19,7*	19,8 A	
Média ¹	21,1 a	21,2 a	20,2 a		
CV (%)	10,6				
Densidade populacional de perfilhos (perfilhos m ⁻²)					
2	463,5*	587,2*	682,8*	577,8 A	1018,6
4	587,8*	642,9*	807,0*	679,2 A	
Média	525,7 b	615,0 ab	744,9 a		
CV (%)	15,8				
Altura do dossel ao interceptar 95% da RFA (cm)					
2	42,9*	39,1*	31,9*	38,0 A	20,6
4	42,5*	37,2*	30,4*	36,7 A	
Média	42,7 a	38,1 b	31,1 c		
CV (%)	5,8				
Relação lâmina: colmo					
2	2,4	2,5	2,2	2,4 A	3,0
4	2,1	2,1	2,0*	2,1 A	
Média	2,2 a	2,3 a	2,1 a		
CV (%)	21,1				
Índice de área da folhagem					
2	3,8	3,9	3,7	3,8 A	3,7
4	3,9	4	3,9	3,9 A	
Média	3,8 a	3,9 a	3,8 a		
CV (%)	5,7				

* Diferem do tratamento em monocultivo pelo teste Dunnet (P<0,05).

¹Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

Gautier et al. (1999) demonstraram que tanto a redução da relação vermelho: vermelho distante quanto a diminuição do fluxo de fóton fotossintético, determinaram importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, principalmente por diminuir o

perfilhamento das gramíneas. Em sistemas que associam espécies perenes lenhosas e espécies herbáceas ou arbustivas, ocorre uma heterogeneidade na quantidade e na qualidade da radiação incidente sobre os diferentes estratos que compõem o sistema (Reynolds, 1995). A radiação que atravessa o dossel arbóreo possui menor quantidade de vermelho e azul, enquanto o vermelho distante é predominantemente refletido e transmitido ao estrato herbáceo (Jose et al., 2004). Ademais, existe uma correlação entre o aparecimento de folhas e o perfilhamento, já que para cada nova folha formada uma nova gema axilar é gerada (Lemaire Chapman, 1996). No entanto, a ativação da gema-axilar para formação de um novo perfilho está condicionada à qualidade da radiação incidente (Deregibus et al. 1983) e também ao teor de carboidratos solúveis, que é menor em ambientes sombreados (Van Soest, 1994) explica a menor densidade populacional de perfilhos observada nos espaçamentos mais reduzidos.

Outra característica estrutural da forrageira influenciada ($P < 0,05$) pelos arranjos de plantio do eucalipto foi a altura para o pasto atingir 95% de interceptação da RFA. Nessa condição, a altura dos pastos em sistema silvipastoril foi superior à obtida no monocultivo do capim-braquiária. Já com relação aos arranjos espaciais de plantio, houve aumento da altura do pasto na medida em que se reduziram os espaçamentos entre as linhas de plantio de eucalipto (Tabela 4). Esse aumento da altura média para interceptar 95% de RFA do pasto está diretamente relacionado às maiores taxas de alongamento de colmos e folhas e à redução do perfilhamento. Nesse contexto, segundo Nascimento Júnior e Adese (2004) é possível elaborar, para cada planta forrageira, recomendações de práticas de manejo do pastejo em lotação intermitente, em que o momento de entrada dos animais nos piquetes tenha por base a altura do pasto correlacionada a 95% da RFA, visto que essa altura corresponde a um valor constante para cada espécie ou cultivar, independentemente da estação do ano e da posição geográfica (Nascimento Júnior et al., 2010).

No monocultivo a altura do pasto foi semelhante à encontrada por Braga et al. (2009) para a *B. decumbens* sob pastejo intermitente, que observaram que o pasto interceptava 95% da radiação fotossinteticamente ativa quando atingia 19 cm de altura e concluíram que esse valor é o momento adequado para desfolhação da forrageira. No entanto, a altura do pasto em consórcio com eucalipto para interceptar 95% variou com os arranjos espaciais de plantio, tendo sido 107% superior (42,9 cm) no espaçamento de 6 m entre as linhas de plantio do eucalipto em relação ao monocultivo (20,6 cm).

Com relação à característica estrutural relação lâmina foliar:colmo, não houve diferença entre os arranjos de plantio do eucalipto. Por outro lado, os pastos consorciados possuíam menores valores da relação lâmina:colmo do que o do monocultivo, sendo inferior ($P < 0,05$) somente no arranjo 10x4 m. Ressalta-se que esse aumento na proporção de colmos não era esperado, pois, segundo Da Silva e Nascimento Junior(2007), o acúmulo de colmos é incrementado de maneira significativa somente a partir da condição em que o dossel intercepta 95% da luz incidente, ou seja, atinge seu IAF crítico. Isto indica que esse conceito não deva ser aplicado a forrageiras cultivadas sob restrição luminosa e que, nessas condições, a meta para interrupção da rebrotação possa ocorrer anteriormente à interceptação de 95% da RFA.

O índice de área da folhagem não variou entre os tratamentos testados (Tabela 4). Resultados diferentes foram relatados por Peri et al. (2007) que observaram diminuição do índice de área da folhagem em ambientes sombreados. Ressalta-se que esses autores trabalharam com a espécie de clima temperado *Dactylis glomerata* e com intervalos fixos de desfolhação do pasto. O maior período de rebrotação observado nos pastos consorciados com eucalipto em arranjos mais adensados, associado ao aumento do comprimento da folhasob sombra, pode ter contribuído para a não alteração do índice de área foliarno capim-braquiária. Nesse sentido, o capim-braquiária cultivado em ambientes sombreados

provavelmente modifica o padrão de alocação de fotoassimilados, aumentando as taxas de alongamento da folha e do colmo, em detrimento do crescimento radicular e aumentando a área foliar específica (Paciullo et al. 2008, Paciullo et al., 2011). Esses mecanismos de aclimatação permitem aumento da área foliar que, por sua vez, possibilita uma melhor eficiência fotossintética (Lambers et al., 1998).

A taxa e o acúmulo de forragem foram menores no tratamento de 6 m entre fileiras de plantas de eucalipto (Tabela 5), o que evidencia o limite dos mecanismos plásticos do capim-braquiária em ambientes sombreados. Efeitos semelhantes foram observados por Castro et al. (1999), que registraram decréscimo de 50% na produção de forragem do capim-braquiária, quando cultivado com 60% de sombreamento artificial.

Tabela 5 – Taxa e acúmulo de massa seca do capim-braquiária sob diferentes arranjos espaciais e monocultivo

Arranjo espacial - Espaçamento					
Entre plantas (m)	Entre linhas (m)			Média	Monocultivo
	6	8	10		
Taxa de acúmulo de massa seca (kg ha ⁻¹ dia)					
2	22,92*	31,92*	40,54	31,79 A	53,08
4	25,64*	40,77	48,01	38,14 A	
Média	24,28 b	36,34 ab	44,28 a		
CV (%)	22,30				
Acúmulo de forragem (kg ha ⁻¹)					
2	2.650,2*	4.280,5*	5.188,9	4.039,8 A	6.795,3
4	2.964,2*	4.806,5*	6.145,2	4.638,6 A	
Média	2.807,2 b	4.543,5 ab	5.667,1 a		
CV (%)	22,7				

* Diferem do tratamento em monocultivo pelo teste Dunnet (P<0,05).

¹Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey (P<0,05).

A menor densidade populacional de perfilhos, associada à menor frequência de corte observada no espaçamento de 6 m entre as linhas de eucalipto foi preponderante para o menor acúmulo de forragem. Outro fator que também pode ter contribuído para o menor acúmulo de forragem foi a morfologia das lâminas foliares. Como as folhas de forrageiras sombreadas são mais delgadas (Paciullo et al., 2007) e suculentas (Castro et al., 1999) elas possuem menor massa seca por unidade de área de folha. Por outro lado, o espaçamento de 10 m entre as linhas de plantio do eucalipto possibilitou acúmulo de forragem semelhante ao do monocultivo e 102% superior ao do espaçamento de 6 m. Paciullo et al. (2007) relataram aumento de 65% na produção do capim-braquiária quando se reduziu a intensidade de sombreamento de 65% para 35% de sombreamento natural e constataram que com 35% de sombreamento desapareceram as diferenças de produção do capim-braquiária no bosque de árvores e em pleno sol.

Dentre outros fatores, a não observância do efeito dos espaçamentos entre plantas de eucalipto sobre as características estruturais do pasto está associado à maior dimensão da copa das árvores em espaçamentos mais amplos. Leles et al. (2001), ao estudarem a alocação de biomassa do eucalipto em função da densidade de plantio, concluíram que as árvores cultivadas em menores densidades alocam mais fotoassimilados na formação de galhos e folhas em relação aos plantios mais densos. Portanto, até aos 26 meses de estabelecimento das culturas, pode ser possível com linhas de plantios mais distantes, dobrar o número de árvores por hectare, sem alterar a produção da forrageira.

Conclusões

O espaçamento entre as linhas de plantio do eucalipto em consórcio com a *B. decumbens*, altera o acúmulo de massa seca, as características morfogênicas e estruturais do pasto, aumentando a altura em que o dossel intercepta 95% da luz incidente.

Os espaçamentos entre as plantas nas linhas de eucalipto não influenciam a produção do capim-braquiária até os 26 meses de estabelecimento das culturas.

Os arranjos espaciais de plantio do eucalipto mais amplos nas entre linhas e mais estreito entre as plantas nas linhas são mais recomendados para a produção de forragem em sistema silvipastoril.

Referências

BIRCHAM, J.S.; HODGSON, J. The influence of sward condition rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and Forage Science**, v.38,p.323-331, 1983

BRAGA, G.L.; PORTELA, J.N.; PEDREIRA C.G.S.; LEITE, V.B.O.; OLIVEIRA, E.A., Herbage yield in Signalgrass pasture affected by grazing management. **South African Journal of animal Science**, v.39, n.1, p.130-132, 2009

CARVALHO, M.M.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. et al. Experiências com SSP's no Bioma Mata Atlântica na Região Sudeste. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. et al. (Eds.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.105-136

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

DA SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D. Avanços na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, Suplemento especial, p.121-138, 2007

DEREGIBUS, V. A.; SANCHEZ, R. A.; CASAL, J. J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiologist**. v.72, p. 90-92, 1983

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306 p.

GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, v.83, p.423-429, 1999

GUENNI, O.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **Tropical Grasslands**, v.42, p.75-87, 2008

JOSE, S.;S.; GILLESPIE, A.R.; PALLARDY, S.G. Interspecific interactions in temperate agroforestry. **Agroforestry Systems**, v.61. 237–255, 2004

LAMBERS, H.; CHAPIM III, F.S.; PONS, T.L. **Plant physiological ecology**. New York: Springer, 540 p. 1998

LELES, P. S. S. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, n.59, p.78-87, 2001

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, 1996. p.3-36

NASCIMENTO JR., D.; ADESE, B. Acúmulo de biomassa na pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM,2004, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2004. p.289-330

MAZZANTI, A.; LEMAIRES, G.; GASTAL, F. Effect of nitrogen fertilization upon the herbage production of tall fescue swards continuously grazed with sheep. 1. Herbage growth dynamics. **Grass and Forage Science**, v.49, p.111-120, 1994

MELLO, A.C.L.; PEDREIRA, C.G.S. Respostas morfológicas do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) irrigado à intensidade de desfolha sob lotação rotacionada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.282-289, 2004

MITCHELL, K.J., SOPER, K. Effects of differences in light intensity and temperature on the anatomy and development of leaves of *Lolium perenne* and *Paspalum dilatatum*. **New Zealand Journal Agriculture Research**. 1(1):1-16. 1958

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – MCT. Protocolo de Kyoto. MCT, Brasília, DF, 2000. Disponível em: <www.mct.gov.br/upd-blod, 0012/12425. pdf>. Acesso em: 5 jan. 2011

OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; SANTOS, I.P.A.; HIGASHIKAWA, E.M.; VENTURIN, N. 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

PACIULLO, D.S.C.; FERNANDES, P.B.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; SOUZA SOBRINHO, F.; CARVALHO, C.A.B. The growth dynamics in *Brachiaria* species according to nitrogen dose and shade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.2, p.270-276, 2011

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M., CASTRO, C.R.T., TAVELA, R.C., ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento do pasto de capim-braquiária influenciado pelo nível de sombreamento e pela a estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.7, p.317-323, 2008

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.4, p.573-579, 2007

PERI, P.L.; LUCAS, R.J.; MOOT, D.J. Dry matter production, morphology and nutritive value of *Dactylis glomerata* growing under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v.70, p.63-79, 2007

PORFÍRIO-DA-SILVA, W. Ecologia e manejo em sistema silvipastoril. In: FERNANDES, E.N.; PACIULLO, D.S.C.; CASTRO, C.R.T. et al. (Eds.) **Sistemas agrossilvipastoris na América do Sul: desafios e potencialidades**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2007. p.51-68

REYNOLDS, S.G. **Pasture-cattle-coconut Systems**. Rome: FAO, 1995.668p

SAMARAKOON, S. P.; WILSON, J. R.; SHELTON, H. M. Growth, morphology and nutritive value of shaded *Stenotaphrum secundatum*, *Axonopus compressus* and *Pennisetum clandestinum*. **Journal of Agricultural Science**, v. 114, p. 161-169, 1990

SCHNYDER, H.; NELSON, C. J. Diurnal growth of tall fescue leaf blades. I. Spatial distribution of growth, deposition of water, and assimilate import in the elongation zone. **Plant Physiology**, v.86, p.1070-1076, 1988

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.