

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Microclima e características agronômicas de *Brachiaria decumbens*
em um sistema silvipastoril**

Renan Suaiden Parmejiani

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2012**

Renan Suaiden Parmejiani
Engenheiro Agrônomo

Microclima e características agronômicas de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof^a. Dra. **PATRICIA MENEZES SANTOS**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2012**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Parmejjani, Renan Suaiden

Microclima e características agronômicas de *Brachiaria decumbens* em um sistema silvipastoril / Renan Suaiden Parmejiani. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - -Piracicaba, 2012.

95 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Água no solo - Armazenagem 2. Capim braquiária 3. Florestas 4. Microclimatologia
5. Pastagens 6. Pecuária 7. Sistemas agroflorestais I. Título

CDD 633.2
P253m

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Dedico

Aos meus pais,
Sidnei Dias Parmejiani e Aparecida
Regina Suaiden Parmejiani, pelo
carinho, amizade, compreensão e
amor. Obrigado pelas palavras ditas
e não ditas que me ensinaram,
educaram e me fizeram
um homem melhor.
E por sempre estarem ao meu lado.

P.S.: AMO VOCÊS. Cheguei onde estou
por vocês e farei de tudo para
retribuir a altura...

AGRADECIMENTOS

A Deus pela vida, pela saúde, pela família, pela força pra vencer os desafios e por sempre colocar no meu caminho pessoas que me fizeram crescer e aprender.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (USP/ESALQ) e à coordenação do Programa em Ciência Animal e Pastagens.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

A professora Dra. Patrícia Menezes Santos, pela oportunidade de orientação, confiança e pelo exemplo de conduta profissional.

Ao Dr. José Ricardo Macedo Pezzopane, pela co-orientação em todas as fases deste trabalho, pela paciência, confiança e ensinamentos.

Ao Dr. Carlos Maurício Soares de Andrade, pela ajuda, apoio e incentivo para a realização do mestrado.

Ao Dr. Carlos Tadeu dos Santos Dias, pela ajuda com a parte estatística deste trabalho.

Aos colegas que muito me auxiliaram na fase experimental: Neuro Hilton, Talitha Kirchner Sundfeld, Mateus Tonini Eitelwein, Edson Telles Miguel da Rocha, Fernando (Siriema), Rafael (Macarrão), Cristiam Bosi, Pedro G. da Cruz, Hugo Junqueira. Muito obrigado por toda ajuda, pelos momentos de muito trabalho e alegria, sem vocês esta etapa dificilmente seria cumprida.

Às minhas avós Idalina e América e meu avô João, pelas simples histórias contadas, mas que tinham grandes ensinamentos. Ao meu tio Fernando e tia Sandra, pelo apoio, carinho, incentivo e horas de conversa ao telefone.

Aos amigos (as) Aliedson Sampaio Ferreira, Janaina Rosolem, Lilian Techio e Marcos Schleiden parceiros de momento de alegria, dificuldade e pelas horas de conversas. Obrigado pela amizade formada, pela confiança conquistada e por durante esse tempo terem sido verdadeiros irmãos.

Ao meu amigo e irmão Edmar (Piauí) por horas de conversa, diversão e ensinamentos.

Aos amigos Diego Galvani, Lucas Jado, Vinícius Gouveia, Diego Pequeno, Marcos Schleiden, Murilo Guimarães, Ricardo Surjus, pela amizade e auxílios em diversos momentos.

A todos os demais amigos, colegas, professores, tutores, funcionários da Embrapa e familiares que de alguma forma participaram dessa jornada.

E por último a pessoa que mais participou e incentivou a conclusão deste trabalho, apoiando nas horas difíceis, proporcionando horas alegres, compreendendo o incompreensível e superando os próprios limites, Michele Lopes do Nascimento. Obrigado por tudo, desculpe as minhas falhas e defeitos. Te adoro.

“... E aprende a construir todas as suas estradas no hoje, porque o terreno do amanhã é incerto demais para os planos, e o futuro tem o costume de cair em meio ao vão...”

“... E aceita que não importa quão boa seja uma pessoa, ela vai feri-lo de vez em quando e você precisa perdoá-la, por isso...”

“... E aprende que não importa o quanto você se importe, algumas pessoas simplesmente não se importam...”

“... Aprende que verdadeiras amizades continuam a crescer mesmo a longas distâncias. E o que importa não é o que você tem na vida, mas quem você tem na vida. E que bons amigos são a família que nos permitiram escolher...”

“... Aprende que paciência requer muita prática...”

“Aprende que maturidade tem mais a ver com os tipos de experiência que se teve e o que você aprendeu com elas do que com quantos aniversários você celebrou...”

“... Aprende que há mais dos seus pais em você do que você supunha...”

“... Aprende que o tempo não é algo que possa voltar para trás....”

“... Portanto... plante seu jardim e decore sua alma, ao invés de esperar que alguém lhe traga flores.”

“... E você aprende que realmente pode suportar...”

“... que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de pensar que não se pode mais.”

“... E que realmente a vida tem valor e que você tem valor diante da vida!”

Trechos do texto de William
Shakespeare adaptado
por Veronica A.
Shoffstall.

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
LISTA DE FIGURAS	15
LISTA DE TABELAS	17
1 INTRODUÇÃO	19
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 Os Sistemas Agroflorestais	23
2.2 Sistemas Silvipastoris	24
2.2.1 Interação entre arbóreas e herbáceas.....	26
2.2.2 Influência sobre o microclima	26
2.2.3 Efeitos sobre o solo	35
2.2.4 Efeitos sobre a produtividade	36
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1 Local e caracterização da área experimental.....	43
3.2 Histórico da área	45
3.3 Parâmetros avaliados	48
3.3.1 Armazenamento de água no perfil do solo	48
3.3.2 Transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa (RFA)	50
3.3.3 Produção e composição morfológica.....	51
3.3.4 Análise estatística dos dados.....	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 Armazenamento de água no perfil do solo.....	55
4.2 Transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa	60
4.3 Forragem	61
4.3.1 Material Morto	61
4.3.2 Densidade.....	63
4.3.3 Massa de Forragem	65
4.3.4 Massa de Colmo	67
4.3.5 Massa de Folha.....	69
4.3.6 Relação Folha : Colmo.....	70
4.3.7 Índice de área foliar.....	71
4.3.8 Área Foliar Específica	73

5 CONCLUSÕES	75
REFERÊNCIAS	77

RESUMO

Microclima e características agronômicas de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril

Os sistemas silvipastoris têm despertado interesse por permitir amplas possibilidades de combinar plantas no espaço e no tempo com múltiplos atributos. O Brasil possui a maior variedade de espécies florestais nativas do planeta e condições climatológicas favoráveis à produção de forragens tropicais. Dessa forma, objetivou-se avaliar parâmetros produtivos e morfofisiológicos de *Brachiaria decumbens* em relação aos renques de árvores de um sistema silvipastoril implantado com espécies arbóreas nativas e suas relações com variáveis microclimáticas (transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa e armazenamento de água no solo). Para isso foi conduzido um experimento no campo experimental da Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos – SP, entre novembro de 2009 e abril de 2011. O delineamento experimental foi aleatorizado em blocos completos. O efeito da distância das árvores sobre a massa de material morto, densidade, massa de forragem, massa de folha e de colmos, índice de área foliar, área foliar específica, relação folha:colmo, transmissividade e armazenamento de água foi avaliada ao longo das estações do ano. A interação distância x estação influenciou todas as variáveis analisadas da forragem e a transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa. As variações dos níveis de armazenamento de água no solo entre as distâncias foram semelhantes, no entanto observou-se uma variação em relação ao volume em algumas épocas, principalmente entre os perfis. A transmissividade média da radiação fotossintética ativa foi de 38, 59, 81 e 89% para as distâncias 0,0, 2,0, 4,75 e 8,5 m, em relação as árvores tutoras, respectivamente. Entre as maiores distâncias só houve diferença da transmissividade no Outono quando 4,75 m foi 12% menor em relação à distância de 8,5 m. A massa de forragem, de colmo foi semelhante até o Outono de 2010 e a partir do inverno aumentou conforme a maior distância das árvores. A massa de folhas, no Inverno 2010 e Verão 2011, foi menor a 2,0 m em relação às distâncias 4,75 e 8,5 m, porém na Primavera 2010 foi igual para as três distâncias. A 8,5 m das árvores, a relação folha: colmo só foi maior que as outras distâncias no Inverno 2010 e Verão 2011. Com exceção da Primavera 2009, em todas as estações, à distância 2,0 m teve relação folha: colmo menor que as distâncias 4,75 e/ou 8,5 m. A Primavera 2010 não apresentou diferença entre as distâncias contrariamente ao que foi relatado para o Inverno 2010 e o Verão 2011. A 2,0 m das árvores, observou-se maior área foliar específica na Primavera 2009, Outono e Inverno de 2010. A redução na transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa em 47% a 2,0 m das árvores tutoras, no verão, ocasiona diminuição de 40% na massa de forragem de *B. decumbens*, comparada com a distância de 8,5 m com 11% de sombreamento. Sombreamentos de até 26%, não afeta a densidade, massa de forragem, massa de material morto, massa de colmos e massa de folhas de *B. decumbens*. Transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa menor que 66% afeta a estrutura do dossel e componentes morfológicos de *B. decumbens*.

Palavras-chave: Armazenamento de água no solo; Capim-braquiária; Integração lavoura-pecuária-floresta; Sistemas agroflorestais; Transmissividade da radiação

ABSTRACT

Microclimate and agronomic characteristics of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system

The silvopastoral systems have attracted interest because it allows a lot of possibilities of combining plants in space and time with multiple attributes. Brazil has the largest variety of native species on the planet and favorable climatological conditions for the production of tropical forages. This work aimed to evaluate the productive and morphophysiological *Brachiaria decumbens* in relation to the rows of trees in a silvopastoral system deployed with native tree species and their relationships with microclimatic variables (transmissivity of photosynthetically active radiation and soil water storage). For this purpose an experiment was conducted at the experimental field of Embrapa Southeast Cattle in Sao Carlos - SP, between November 2009 and April 2011. The experimental design was randomized complete block. The effect of distance from trees on the mass of dead material, density, herbage mass, leaf and stem, leaf area index, specific leaf area, leaf: stem ratio, transmissivity and storage of water was evaluated along the seasons. The interaction distance x season influenced all variables of forage and transmissivity of photosynthetically active radiation. Changes in levels of water storage in soil between the distances are similar, however there was a variation in the volume at some times, especially between the profiles. The average transmission of photosynthetic active radiation was 38, 59, 81 and 89% for the distances 0.0, 2.0, 4.75 and 8.5 m, for tutors trees respectively. Among the larger distances only difference was in the autumn when transmissivity of 4.75 m was 12% lower compared to the distance of 8.5 m. The forage mass, stem was similar to the autumn of 2010 and from winter increased with greater distance from the trees. The mass of leaves in winter 2010 and summer 2011 was less than 2.0 m in relation to the distances 4.75 and 8.5 m, but in spring 2010 was the same for all three distances. 8.5 m from the trees, the leaf: stem ratio was not larger than the other distances in winter 2010 and summer 2011. With the exception of spring 2009 in all seasons, at a distance 2.0 m had leaf: stem ratio smaller than the distances 4.75 and / or 8.5 m. Spring 2010 showed no difference between the distances contrary to what was reported for the winter 2010 and summer 2011. The 2.0 m from the trees, there was a higher specific leaf area in spring 2009, autumn and winter of 2010. The reduction in the transmissivity of photosynthetically active radiation by 47% to 2.0m trees tutors in the summer causes a decrease of 40% of forage mass of *B. decumbens*, compared with the distance of 8.5 m with 11% shading. Shades under 26%, does not affect the density, forage mass, mass of dead material, stalk weight and mass of leaves of *B. decumbens*. Transmissivity of photosynthetically active radiation affects less than 66% canopy structure and morphological components of *B. decumbens*.

Keywords: Available soil water; Agroforestry systems; Crop-livestock-forestry; Radiation transmissivity; Water storage in the soil

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Precipitação pluviométrica, durante o período experimental (novembro de 2009 a abril 2011) e as médias de 1992 a 2010.....43
- Figura 2 - Temperaturas médias mensais do ar (máxima, mínima e média), durante o período experimental (novembro de 2009 a abril de 2010) e dados históricos de 1992 a 201044
- Figura 3 - Extrato do balanço hídrico no período de julho de 2009 a junho de 2011 em São Carlos, SP44
- Figura 4 - Vista aérea da área experimental, as duas áreas delimitadas pela linha azul e localização da estação meteorológica externa ao sistema silvipastoril (circulo branco) *45
- Figura 5 - Textura média do solo nas áreas experimentais.....48
- Figura 6 - Radiação fotossinteticamente ativa nas datas de avaliação com dias predominantemente ensolarados, agrupados por estação **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 7 - Sensor capacitivo Diviner 2000..... **Erro! Indicador não definido.**
- Figura 8 - Posicionamento dos tratamentos, blocos e pontos de coleta de forragem 52
- Figura 9 – Armazenamento de água (mm) no perfil do solo de 0 a 1,0 m em quatro distâncias das árvores (0,0, 2,0, 4,75 e 8,5 m) de março de 2010 a março de 201155
- Figura 10 - Armazenamento de água no perfil do solo em setembro de 2010 em um sistema silvipastoril na cidade de São Carlos-SP em quatro distâncias 0,0 (A), 2,0 (B), 4,75 (C) e 8,5 (D)57
- Figura 11 - Armazenamento de água no perfil do solo entre 24 de setembro e primeiro de outubro de 2010 em um sistema silvipastoril na cidade de São Carlos-SP em quatro distâncias 0,0 (A), 2,0 (B), 4,75 (C) e 8,5 (D)58
- Figura 12 - Armazenamento de água no perfil do solo entre primeiro e 25 de março de 2010 em um sistema silvipastoril na cidade de São Carlos-SP em quatro distâncias 0,0 (A), 2,0 (B), 4,75 (C) e 8,5 (D)59

Figura 13 - Área foliar específica em dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em sistema silvipastoril. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada distância e maiúscula para estação não diferem entre si pelo teste de Tukey 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Altura média das árvores e média geral do dossel arbóreo no sistema ...	46
Tabela 2 - Caracterização da fertilidade do solo a partir da implantação da área na profundidade de 0 á 0,2 m	47
Tabela 3 - Média de mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa em quatro distâncias em um sistema silvipastoril, segundo as estações.....	60
Tabela 4 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de material morto nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação	62
Tabela 5 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para densidade nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação	64
Tabela 6 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de forragem no pré pastejo de dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação	65
Tabela 7 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de colmo nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em sistema silvipastoril, segundo a estação	68
Tabela 8 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de folha nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em sistema silvipastoril, segundo a estação	69
Tabela 9 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para relação folha: colmo nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação	70
Tabela 10 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para índice de área foliar nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação	71

1 INTRODUÇÃO

Estimativas da FAO (2010) indicam que em 2050 o mundo terá três bilhões de pessoas a mais do que se tem hoje, com renda per capita 2,9 vezes maior. Tal perspectiva, aliada às dificuldades de reposição de estoques mundiais de alimentos, ao aumento do consumo, especialmente de carnes e grãos como milho, soja e trigo e ao crescente processo de urbanização no mundo, cria condições favoráveis para países como o Brasil, que têm potencial de produção agropecuária e tecnologia disponível. O grande desafio, portanto, é aumentar a produtividade do sistema minimizando os prejuízos ao meio ambiente e a abertura de novas áreas.

O aumento da demanda alimentar mundial tem expandido as fronteiras agrícolas brasileiras em direção ao centro-oeste, que por sua vez deslocam a pecuária extensiva para o norte do país. Este deslocamento, na maioria das vezes, ocorre à custa da derrubada de florestas ou vegetação nativa. Fato praticamente inadmissível frente às novas concepções de sustentabilidade das cadeias produtivas exigidas pela sociedade, em que os mercados consumidores, cada vez mais exigentes, passam a recusar produtos oriundos de áreas de desmatamento.

Os sistemas brasileiros de produção de bovinos, em sua maior parte, são baseados na utilização de pastagens, (FERRAZ; FELÍCIO, 2010), cuja área corresponde a 196 milhões de hectares (FAO, 2010), ou 23 % do território nacional. Estima-se que 80 a 90% da área de pastagens cultivada no país sejam constituída por espécies forrageiras do gênero *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens* e *B. brizantha* (BODDEY et al., 2004).

Apesar da grande área ocupada por pastagens no país, esses sistemas vêm sendo explorados de forma bastante extensiva, com pouca ou nenhuma preocupação com a qualidade do manejo, o que remete a um quadro atual preocupante, onde pelo menos metade dessas áreas encontra-se degradada ou em algum estágio de degradação (DIAS-FILHO, 2005; MACEDO, 2005; COSTA, 2004; 2006; DIAS-FILHO; FERREIRA, 2007). Condição que diminui a produtividade das pastagens, conseqüentemente a produção dos animais e a lucratividade do sistema, bem como as perspectivas de sustentabilidade da atividade produtiva (DUBOIS, 2007).

A degradação de pastagens tem sido considerada uma constante nos países tropicais, favorecidos ao desenvolvimento deste processo pelas condições

edafoclimáticas (temperatura, alta pluviosidade e umidade). O processo de degradação se manifesta pela queda gradual e constante da produtividade das forrageiras, o que pode culminar em dominância total da área por plantas invasoras, mais adaptadas às condições ecológicas prevalentes. Fato que torna as medidas de manutenção, como limpeza e queima das pastagens, cada vez mais frequentes (COSTA et al., 2006). A degradação de pastagens é favorecida por vários fatores, dentre estes, a baixa adaptabilidade das plantas forrageiras, baixa fertilidade dos solos, manejo inadequado das pastagens e do pastejo.

Órgãos nacionais de pesquisa como a Embrapa, Institutos e Universidades têm testado e validado inúmeras alternativas para o restabelecimento da produtividade em áreas degradadas. Dentre as tecnologias disponíveis é possível citar o plantio direto, o manejo químico e físico do solo, espécies forrageiras adaptadas, o uso de leguminosas, manejo correto das pastagens, do pastejo e do sistema produtivo, o controle biológico, a manutenção da diversidade e os sistemas agroflorestais (DANIEL, 2000).

Os sistemas agroflorestais, também conhecidos como SAF, têm despertado interesse de pesquisadores, planejadores do desenvolvimento e produtores por permitir amplas possibilidades de combinar plantas no espaço e no tempo com múltiplos atributos.

Os sistemas silvipastoris, caracterizados pela presença de espécies arbóreas associadas às pastagens e animais, tem sido uma modalidade de SAF apontada como alternativa para a recuperação das áreas degradadas, além de uma importante tecnologia para aumento da sustentabilidade, agregando valor através da exploração animal concomitante à madeira (MOSCA, 1998; MONTOYA, 2000; RIBASKI et al., 2001; DOSSA; MONTOYA VILCAHUAMAN, 2002; DE FREITAS et al., 2011).

O Brasil possui a maior variedade de espécies florestais nativas do planeta (LORENZI, 1992), sendo a madeira dessas espécies bastante valorizada pelo mercado consumidor (RUSCHEL et al., 2003). Aliado a esse aspecto positivo, o maior rigor da legislação brasileira, e conseqüente redução da exploração de matas primárias, e a redução dos estoques de madeira existentes, determinam a necessidade de um plano de manejo sustentável para as áreas a serem exploradas e ainda novas fontes. Portanto, a utilização de espécies nativas em sistemas

silvipastoris, tem forte apelo comercial e ainda contribui para o aumento da biodiversidade.

Além do possível retorno econômico, a presença das árvores no ecossistema das pastagens pode trazer inúmeros efeitos benéficos ao ambiente, aos animais e à própria pastagem. Entre eles a maior conservação e/ou melhora da qualidade do solo, ao favorecer o controle da erosão, a ciclagem de nutrientes e a adição de matéria orgânica (PORFÍRIO-DA-SILVA, 1994).

Apesar da importância cada vez maior dos sistemas silvipastoris, existe uma enorme carência de informações e conhecimentos acerca da integração de árvores com pastagens e animais, com poucos trabalhos de pesquisa que relacionem o comportamento da forrageira, em termos quantitativos e qualitativos, à presença de árvores nativas, especialmente no Estado de São Paulo.

Assim sendo, o objetivo neste trabalho foi avaliar, em sistema silvipastoril implantado com arbóreas nativas, alguns parâmetros produtivos e morfofisiológicos da *Brachiaria decumbens* e sua relação com o micro clima, em função de distâncias das árvores.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Os Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais são definidos como formas de uso e manejo da terra, nas quais árvores ou arbustos são utilizados em conjunto com a agricultura e/ou com animais numa mesma área, de maneira simultânea ou numa sequência de tempo (YOUNG, 1991). Eles devem incluir pelo menos uma espécie florestal arbórea ou arbustiva, a qual pode ser combinada com uma ou mais espécies agrícolas e/ou animais. É um sistema dinâmico que, baseado no manejo ecológico dos recursos naturais, através da integração de árvores nos sistemas agrícolas ou pecuários, diversifica e mantém a produção para melhoria social, econômica e ambiental do homem do campo em todos os níveis (ELEVITCH; KIN, 2001).

Os benefícios do uso de SAF podem ser sintetizados como: agronômicos – por meio da recuperação e manutenção das características produtivas do solo; econômicos – por meio da diversificação de produtos e obtenção de maiores rendimentos; ecológicos – devido à redução da biota nociva às espécies cultivadas e consequente redução no uso de defensivos agrícolas, bem como redução da erosão e maior biodiversidade em comparação aos monocultivos; sociais – distribuição mais uniforme da renda, geração de tributos, de empregos diretos e indiretos. Além disso, há o benefício zootécnico, que possibilita o estabelecimento de pasto com boa produtividade e valor nutritivo, o que resulta em alto desempenho dos animais (SANTOS et al., 2008).

O objetivo principal dos SAFs é otimizar o uso da terra, conciliando a produção florestal com a produção de alimentos, conservando o solo e diminuindo a pressão pelo uso da terra para produção agrícola. Áreas de vegetação secundária, sem expressão econômica e social, podem ser reabilitadas e usadas racionalmente por meio de práticas agroflorestais. Outro ponto importante é a formação de sistemas ecológicos mais estáveis, com menor entrada de recursos externos (adubos, defensivos e outros) e maior autossuficiência.

Segundo Daniel et al. (1999a) os SAF podem ser classificados em três tipos: sistemas silviagrícolas - combinação de árvores ou arbustos com espécies de importância agrícola; silvipastoris - combinação de árvores ou arbustos com plantas forrageiras herbáceas e animais e ainda agrossilvipastoris - criação ou manejo de animais em consórcios silviagrícolas.

2.2 Sistemas Silvopastoris

O Sistema Silvopastoril (SSP) é a combinação intencional e simultânea de árvores, pastagem e bovinos na mesma área, manejados de forma integrada com o objetivo de incrementar a produtividade por unidade de área (GARCIA; COUTO, 1997; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2004). São antigas formas de gestão florestal que, podem melhorar a produtividade no curto, médio e longo prazo (em comparação com florestas), a biodiversidade (em comparação com terras agrícolas) e a sustentabilidade da terra (MOSQUERA-LOSADA, 2004).

Diante do caráter de múltiplo propósito, os SSP constituem-se em alternativas sustentáveis para recuperar e aumentar os níveis de produção agrícola, animal e florestal evitando sua degradação (MURGUEITIO, 1990), com grande potencial de benefícios econômicos para os produtores e para a sociedade, gerando renda e empregos (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006).

Além disso, contribuem para a proteção da biodiversidade local, melhoram a qualidade da água e do solo, reduzem o risco de incêndios (MOSQUERA-LOSADA, 2004), sequestram maiores quantidades de carbono (McGREGOR et al., 1999 apud OLIVEIRA NETO, 2010), cujo acúmulo contribui para a redução do efeito estufa (VEIGA; TOURRAND, 2001), e ainda servem como habitat e corredores para espécies vegetais e animais.

Podem ser utilizadas as áreas cultivadas ou degradadas bem como aquelas que não estejam apresentando qualquer utilidade agropecuária ou florestal. A manutenção ou plantio de árvores em pastagens cultivadas, em comparação com as pastagens tradicionais, pode resultar em uma infinidade de benefícios para os componentes do ecossistema das pastagens: clima, solo, microrganismos, plantas forrageiras e os animais, principalmente se forem utilizadas espécies arbóreas com as características requeridas para esse fim (CARVALHO, 1998; SANCHÉZ, 2001).

O aumento da produtividade pode ser alcançado quando as interações dos componentes são bem planejadas proporcionando ao produtor o maior número de benefícios possível como a diversificação de culturas, maior eficiência na utilização do espaço, melhoria nas qualidades físicas, químicas e biológicas do solo, redução da erosão do solo (YOUNG, 1991; BELESKY et al., 1993), dos extremos climáticos, aumento de oportunidade de renda, redução de tratamentos culturais e nos custos de estabelecimentos (DANIEL, 1999b).

A estabilização do microclima pelas árvores protege os animais do calor e frio intensos, propiciando a manutenção do conforto térmico, com reflexos positivos na produtividade do rebanho relacionado ao bem-estar dos animais (ABEL et al., 1997; NICODEMO, 2005; PORFÍRIO-DA-SILVA, 2006).

No entanto é importante ressaltar que o sistema pode apresentar algumas desvantagens como o aumento da competição por nutrientes, espaço, luz e principalmente umidade do solo, aceleração da perda de nutrientes, danos mecânicos dos cultivos e colheita de árvores, danos provocados pelos animais, compactação do solo, alelopatia, incremento de erosão e habitat ou hospedeiro alternativo para pragas e doenças (DANIEL, 1999b).

Segundo Dias-Filho (2006) a presença de árvores e arbustos no pasto pode afetar o desenvolvimento da pastagem devido, principalmente, ao sombreamento excessivo (VEIGA; SERRÃO, 1990; VEIGA et al., 2000); e, em alguns casos, a competição por água e nutrientes que as espécies arbóreo-arbustivas exerceriam sobre as forrageiras herbáceas da pastagem. No caso de espécies arbóreo-arbustivas que apresentam abundante queda de folhas, cuja decomposição seja lenta, o acúmulo de serrapilheira poderá prejudicar a rebrota ou germinação e crescimento da forragem (DIAS-FILHO 2006).

A probabilidade de sucesso de sistemas silvipastoris pode ser aumentada com o uso de espécies mais adaptadas. A árvore teoricamente ideal para sistema silvipastoril deve ter crescimento inicial rápido, de forma a facilitar o estabelecimento, a copa reduzida e o fuste longo para diminuir o sombreamento na pastagem, bem como a capacidade de regeneração rápida, quando parcialmente danificada. Economicamente, é desejável que, além de serviços (sombra, forragem, etc.), a árvore ofereça produtos comercializáveis (madeira, óleo, frutos, carvão, etc.).

Tanto as árvores como as forrageiras devem ser tolerantes aos estresses inerentes a esse sistema (OLIVEIRA NETO, 2010). A presença de árvores pode afetar o comportamento da forragem em termos quantitativos e qualitativos, em resposta tanto a alterações no microclima, quanto a melhora da fertilidade do solo. Sendo assim, as forrageiras com maior tolerância ao sombreamento são obviamente as mais adequadas.

Estudos conduzidos em diversas regiões tropicais sobre o desempenho de capins em sistemas silvipastoris mostram que forrageiras do gênero *Brachiaria* apresentam desenvolvimento satisfatório nessa condição (CARVALHO, 1998;

IBRAHIM et al., 2001; REYNOLDS, 1995). A *B. decumbens*, ou capim-braquiária é uma das gramíneas forrageiras mais indicadas para áreas de baixa fertilidade do solo e foi disseminado pelo Brasil na década de 1970 sendo responsável nos últimos 30 anos pelo aumento na taxa de lotação média de 0,3 para uma cabeça ha⁻¹. Este capim responde atualmente por cerca de 55% da área cultivada com pastagens no Brasil Central (MACEDO, 2004).

De fato, sob sombreamento contínuo, as espécies são capazes de promover ajustes fenotípicos, que parcialmente compensam a capacidade de crescimento sob estresse de luz (DIAS-FILHO, 2000). O sombreamento também pode possibilitar aumento dos teores de proteína bruta e redução dos de fibra em detergente neutro, e ainda, incrementa a digestibilidade in vitro da matéria seca (PACIULLO, 2007).

Portanto para o adequado planejamento e manejo de sistemas silvipastoris se faz necessário o conhecimento das interações entre os seus componentes.

2.2.1 Interação entre arbóreas e herbáceas

Como o efeito do estrato herbáceo sobre a produção do estrato arbóreo, no período experimental, não chega a constituir uma preocupação real, o ponto de partida para o estudo é o conhecimento dos efeitos das árvores sobre o desenvolvimento das plantas forrageiras, por meio do estudo da dinâmica de competição tanto acima quanto abaixo do nível do solo. Água, nutrientes e, principalmente luz, são os elementos envolvidos nessa interação, efeitos alelopáticos podem ainda ocorrer em certas arbóreas, havendo, porém, poucos estudos nessa linha (RANGEL et al., 2008).

2.2.2 Influência sobre o microclima

O efeito das árvores sobre o pasto é um fenômeno complexo que não pode ser explicado com base em alguns simples fatores (SMITH, 1942). O microclima consiste em uma complexa combinação de interações acima e abaixo do solo. As interações acima do solo incluem mudanças no sombreamento, temperatura, velocidade do vento e umidade, enquanto as interações abaixo do solo incluem competição das raízes por água e nutrientes (ONG et al., 1991).

O microclima criado sob as árvores, ou em seus arredores, favorece a retenção de umidade e o enriquecimento de nutrientes, que se refletem no prolongamento da disponibilidade de forragem verde (SILVA, 1994). O microclima perto das árvores é

também modificado pela proteção da luz do sol direta, durante o dia, e pela proteção das perdas de radiação de ondas longas durante a noite, levando a menores oscilações da temperatura do ar (ABEL et al., 1997).

Apesar de os sistemas silvipastoris representarem uma alternativa agroflorestal promissora (SHARROW, 1999), variações microclimáticas nesses sistemas ainda têm dificultado a definição de práticas de manejo mais adequadas às forrageiras do sub-bosque. Isso ocorre porque estes sistemas podem ser feitos com infinitas combinações entre os seus componentes (arbóreo e forrageiro) e dos espaçamentos utilizados, desenvolvendo condições microclimáticas muito mais heterogêneas e dinâmicas, quando comparados entre si, além de variarem consideravelmente com o tempo (BERGEZ et al., 1997; MELONI, 1999; TEKLEHAIMANOT et al., 2002).

Muitos fatores exercem papel na determinação de quais interações dominam um sistema em particular, e se o efeito é negativo ou positivo. Por exemplo, em ambientes secos, a competição por água pode amplamente determinar a produção total do sistema (BRAZIOTIS; PAPANASTASIS, 1995); em ambientes úmidos, a interação dominante pode ser a competição por luz (OSEI-BONSU et al., 2002).

Com isso faz-se necessário o conhecimento das modificações causadas por cada componente que tem influencia no sistema bem como suas interações.

2.2.2.1 Temperatura

A temperatura possui efeito marcante como catalisador de reações químicas e nos processos associados às membranas celulares, constituindo um fator abiótico determinante da distribuição, da adaptabilidade e da produtividade das plantas nas regiões tropicais.

Em geral, o efeito da temperatura nas funções biológicas das plantas é explicado pela ação enzimática. A conformação das enzimas é um passo essencial à reação que ela irá participar. Com baixas temperaturas, as enzimas (que são proteínas) não são flexíveis o suficiente, e dessa forma não estão aptas às mudanças de conformação requeridas pela reação. Sob altas temperaturas, as enzimas desnaturam e uma nova estrutura é então obtida, mas é incapaz de catalisar a reação. A curva de ação da temperatura nessas enzimas apresenta então duas etapas: uma tendência inicial crescente onde a ativação térmica das moléculas melhora a eficiência das reações; e uma tendência posterior decrescente, onde altas temperaturas vão inativar progressivamente as enzimas (NELSON e COX, 2004). A

energia de ativação em diferentes reações químicas pode apresentar grandes variações.

O crescimento, o desenvolvimento e a partição de nutrientes são também afetados pela temperatura. A sombra das árvores pode reduzir os extremos de temperatura diária para gramíneas forrageiras, assim reduzindo custos metabólicos de adaptação às condições extremas (FELDHAKE, 2001). A variação na taxa de crescimento com a temperatura é associada com as mudanças no balanço de carbono na planta. O balanço positivo de carbono pode ser mantido em temperaturas adversas pela mudança no padrão de partição de reservas para as folhas e partes não-fotossintetizantes da planta. Aclimação em diferentes temperaturas, portanto, podem afetar a taxa fotossintética por unidade de área ou o padrão de partição do carbono.

Desta forma a proteção das árvores pode resultar, em termos práticos, em pastagens verdes, por um período maior, inclusive durante o inverno (PORFÍRIO-DA-SILVA, 1994). Porfírio-da-Silva et al. (1998) registraram, nas condições do noroeste paranaense, temperaturas do ar mais elevadas em até 2°C na posição sob as copas de renques arbóreos em noites de inverno, e os valores de temperatura do ar atingiram até 8°C de diferença entre as posições sombreadas e ensolaradas.

A temperatura da superfície do solo também tem efeito sobre os processos fisiológicos de muitas espécies forrageiras, podendo influenciar a taxa de crescimento e persistência da forragem (FELDHAKE et al., 1996).

A temperatura da superfície do solo sob sombra relativa, a 27% da luz do dia, no Havaí, diminui em 0,8°C no inverno e 2,0°C no verão em relação ao campo aberto (ERIKSEN; WHITNEY, 1981). No Brasil, temperaturas mínimas diárias do solo foram semelhantes entre as áreas sob as copas de *Zizphus joazeiro* e *P.juliflora* em relação à pastagem de *C.ciliaris*. As temperaturas máximas do solo foram superiores na pastagem, comparadas às áreas sob as copas de *Z. joazeiro*. A temperatura máxima diária do solo foi, em média, 16°C mais baixa sob a coroa da árvore *Z. joazeiro*, em comparação com a área apenas com *C.ciliaris* durante todo o período de medição (MENEZES et al., 2002).

2.2.2.2 Vento

Os ventos fortes (14,5 a 17,0 m.s⁻¹) e mesmo os moderados (5,6 a 8,2 m.s⁻¹), mas constantes, mostram-se como um problema para o estabelecimento e

desenvolvimento das culturas. O pasto pode ter seu crescimento comprometido pelo vento devido a danos físicos causados pela agitação mecânica. Tais movimentos podem produzir fraturas permanentes, murchamento, dessecação, cloroses e necrose da ponta das folhas (queima pelo vento). Danos microscópicos nas folhas começam a surgir em velocidades superiores a $3,5 \text{ m.s}^{-1}$.

Em uma comparação entre pastagem não arborizada e um sistema silvipastoril com árvores dispostas em renques curvilíneos, Porfírio-da-Silva et al. (1998), registraram que a velocidade média dos ventos no sistema silvipastoril foram menores em 26% e 61%, para um dia de inverno e um dia de verão, respectivamente, aproximando-se dos valores que outros autores consideram convenientes para a maioria das culturas e para a criação de ruminantes.

As árvores também constituem uma barreira, impedindo a formação de geadas. Há ainda um aumento da produção das forrageiras devido à diminuição na perda de água, proporcionada pela redução da velocidade do vento e exposição aos raios solares, diminuindo a evapotranspiração e o estresse hídrico nas plantas.

2.2.2.3 Luz

Entre as variações microclimáticas, as modificações no ambiente luminoso têm merecido grande destaque por influenciarem significativamente a produtividade do pasto (LIN et al., 2001; BELESKY, 2005a, 2005b). As árvores competem com as plantas vizinhas, sejam pastagens ou culturas, cujos efeitos da competição podem se estender por uma distância de muitas vezes a altura da árvore.

O sombreamento ocasionado pela projeção das copas leva à redução na radiação incidente e à alteração na composição do espectro da luz (ex. vermelho:vermelho-extremo) (SCHMITT; WULFF, 1993; FELDHAKE, 2001). Com isso, a competição por luz vai alterar o ambiente para a produção da forragem gerando mudanças significativas na morfologia das plantas (LIN et al., 1999).

A qualidade da luz solar que passa através das copas das árvores em florestas é alterada, uma vez que as folhas absorvem, preferencialmente, comprimentos de onda azul ao vermelho, situação esta que diminui a proporção de luz fotossinteticamente ativa que chega ao sub-bosque (WILSON; LUDLOW, 1990). Isto significa que ocorre uma filtragem de radiação solar nas ondas do azul ao vermelho, pelas folhas de plantas mais altas.

Dias-Filho (2009) relatou que plantas de *B. humidicola* e *B. brizantha*, tiveram a capacidade fotossintética reduzida quando expostas continuamente ao sombreamento de 70% e a relação clorofila a:b foi menor nas plantas sombreadas. Com a prerrogativa de que a clorofila b capta luz com maior energia (menor comprimento de onda), pode-se indicar que um dos mecanismos das plantas sombreadas é a maior produção de clorofila b para captar radiação fotossinteticamente ativa (RFA) com maior energia, o que facilitaria o processo fotossintético.

Algumas das gramíneas mais usadas para a formação de pastagens no Brasil, como *B. decumbens*, *B. brizantha* e cultivares de *Panicum maximum* são tolerantes ao sombreamento (CARVALHO et al., 2001). Sob sombra moderada o crescimento de gramíneas tolerantes pode ser maior que a pleno sol. Isso porque, forrageiras sombreadas ainda podem receber quantidades consideráveis de radiação fotossinteticamente ativa através de radiação difusa (FELDHAKE, 2001), e a eficiência do uso da radiação é muito maior para a difusa do que para a radiação direta (HEALEY et al., 1998). Assim, as árvores podem aumentar a eficiência do uso da radiação, criando um ambiente de luz mais difusa (FELDHAKE, 2001).

Em contrapartida, sob baixa luminosidade, as espécies tropicais necessitam de estratégias de tolerância à sombra, como a capacidade de maximizar a eficiência de uso da radiação, a produção de área foliar e a interceptação da luz, através de alterações anatômicas, morfológicas e fisiológicas (DEINUM et al., 1996; LAMBER et al., 1998), que por sua vez podem afetar a quantidade e qualidade da forragem produzida (PERI et al., 2007; PACIULLO et al., 2007).

Em trabalho realizado com *B. brizantha* e *B. humidicola*, em zero e 70% de sombreamento, Dias-Filho (2002) observou que ambas as espécies foram capazes de ajustar o processo fotossintético ao sombreamento. O ponto de compensação de luz, ou seja, o nível de radiação onde a taxa fotossintética líquida é igual a zero, foi menor nas plantas sombreadas. Entretanto, a capacidade fotossintética de ambas as espécies foi reduzida quando mantidas em sombreamento permanente.

2.2.2.4 Água

A água é o mais abundante e, ao mesmo tempo, com frequência o mais limitante dos recursos que as plantas necessitam para crescer e funcionar. A razão disso é que as plantas utilizam a água em enormes quantidades, consequência

direta do processo de abertura dos estômatos para a absorção por difusão de CO₂ para a fotossíntese.

O conceito de disponibilidade de água no solo para as plantas baseia-se em sua mobilidade. Quando a demanda de água da planta e da atmosfera é suprida pela intensidade de fluxo de água do solo para a raiz, diz-se que a água está disponível para a planta (REICHARDT, 1985).

Apesar de muita preocupação quanto à redução dos níveis de umidade do solo, como resultado da competição árvore-forrageira, muitos estudos não encontraram efeitos negativos das árvores sobre a umidade do solo (GUSTAFSON, 1935; BELSKY et al., 1989; 1993; FELDHAKE, 2001; MENEZES et al., 2002; BUERGLER et al., 2004). Muitos pesquisadores têm observado a melhora na umidade do solo em sistemas silvipastoris em comparação às pastagens a céu aberto (SMITH, 1942; OVALLE et al., 1989).

Smith (1942) encontrou que os 7,62 centímetros (3 polegadas) de superfície de solo, sob a copa de nogueiras negras, possuem maior umidade em comparação com a mesma profundidade à céu aberto, observou também que as raízes das árvores estiveram ausentes na camada superior de solo, onde a forragem recebe a maior parte de sua água. Sob *Caven Acacia*, a disponibilidade de água no solo aumentou devido às moderadas temperaturas extremas e evaporação reduzida (OVALLE et al., 1989).

Da mesma forma, um estudo em Missouri mostrou que nogueira preta extraiu a maior parte da água a partir de camadas de solo de 20 e 40 cm, e não competem com a cultura de forragem por recursos hídricos (DEY et al., 1987). Resultados semelhantes sobre relações hídricas foram relatados na savana sul africana, onde a gramínea obteve a maior parte da água da camada superficial do solo (KNOOP; WALKER, 1985; ONG; LEAKEY, 1999).

A presença de árvores e o sombreamento ocasionado por suas copas podem influenciar o teor de umidade do solo e a disponibilidade de nutrientes às gramíneas. A água, proveniente de chuvas de curta duração é quase totalmente interceptada pelas copas de árvores frondosas, afetando o crescimento das plantas no estrato herbáceo. Este fato é de grande importância e deve ser considerado em regiões de baixa pluviosidade, torna-se, porém, desprezível em regiões com mais altas precipitações.

A distribuição do sistema radicular das árvores constituintes do sistema silvipastoril é outro ponto importante na competição por água e também por nutrientes. Árvores com raízes absorventes próximas à superfície do solo irão exercer forte competição por água e nutrientes com as plantas do extrato herbáceo (forrageira).

Em Coronel Pacheco-MG, Carvalho et al. (1997), em latossolo vermelho-amarelo encontraram menor teor de umidade no solo em área sombreada por angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* [Benth.] Brenan) com mais de 30 anos planto com espaçamento 7 x 7, indicando possível competição entre as espécies consorciadas em períodos de baixa pluviosidade, com resposta diferenciada entre as espécies de gramíneas forrageiras. Resultado semelhante foi obtido por Carvalho et al. (2002).

Baggio (1983) citou desvantagens do sistema silvipastoril, com *Pinus* spp, como o aumento do tempo de infiltração da água em áreas pastejadas, em comparação com as não pastejadas.

2.2.2.5 Efeitos na evapotranspiração

Aproximadamente 97% da água absorvida pelas raízes é transportada pela planta e evaporada das superfícies foliares. Tal perda de água denomina-se transpiração e apenas uma pequena quantidade da água absorvida realmente permanece na planta para suprir o crescimento (2%), ser usada na fotossíntese ou outros processos metabólicos (1%) (TAIZ; ZEIGER, 2009). A transpiração é extremamente dispendiosa para a planta, especialmente quando o suprimento de água se encontra limitado e a captação de dióxido de carbono é essencial para a fotossíntese.

A transpiração de água das plantas ocorre em resposta à demanda evapotranspirativa da atmosfera (OMETTO, 1981). Dessa forma, a elevada energia incidente nos trópicos e subtropicais provoca frequentemente um aumento significativo da evapotranspiração que pode causar escassez temporária de água às mesmas (CRUZ, 2010). Dependendo do tamanho da copa da árvore, da estação do ano, da temperatura e da umidade relativa do ar, e da água disponível no solo (PRIMAVESI et al., 2007), em condições tropicais, a transpiração de uma árvore pode estar entre seis e 40 litros por dia (LIMA, 1987),

No entanto, esta mesma energia que provoca aumento da evapotranspiração é um dos fatores que proporcionam elevadas produções de forragens. Uma das expectativas dos sistemas silvipastoris é que o efeito da sombra das árvores, reduzindo a evapotranspiração, proporcione maior disponibilidade de água às forrageiras, em períodos de mais baixa precipitação, em relação às áreas sem sombra (CARVALHO, 1997).

Avaliando o comportamento de espécies forrageiras (*Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, *Panicum maximum* cvs. Tanzânia, Aruana e Mombaça, *Hemarthria altissima* cv. Florida; *Paspalum notatum* cv. Pensacola, *Axonopus catharinensis*, *Cynodon* sp. híbrido Tifton-85; *Arachis pintoi* cvs. Alqueire e Amarillo) submetidas a diferentes níveis de luminosidade produzidos por árvores de *Pinus taeda* (céu aberto; 9 m entre linhas e 3 m entre árvores; e 15 m entre linhas e 3 m entre árvores), Soares, et al. (2009), reportaram que a porcentagem de umidade do solo foi significativamente maior dentro do bosque (30%) que a pleno sol (27%). Os autores destacam que essa diferença pode ser atribuída à formação de um microclima no sub-bosque nos espaçamentos 15 x 3 m e 9 x 3 m, uma vez que a menor velocidade do vento e radiação solar diminuem a evaporação da água do solo, superando o efeito de possível aumento da evapotranspiração da vegetação na presença de árvores.

Em sistemas sem presença de árvores ou arbustos pode-se ter aumento da irradiação de calor e, conseqüentemente, da temperatura. O aumento da frequência e da intensidade de brisas e de ventos locais, bem como da demanda evapotranspirativa da atmosfera são intensificados com o aquecimento, que é maior nas horas mais quentes do dia.

A disponibilidade de energia solar para a fotossíntese, nessas horas, é mais abundante, no entanto esta não pode ser aproveitada, por causa do fechamento dos estômatos e da menor entrada de CO₂ para a fotossíntese, afetando negativamente a produção vegetal (KRAMER, 1975 apud PRIMAVESI et al., 2007). E ainda pode aumentar o período em que as folhas das plantas estão em estado de estresse por deficiência hídrica, quando a transpiração for maior do que a capacidade de absorção de água do solo para reposição nas folhas.

A literatura reporta que gramíneas cultivadas à sombra apresentam maiores teores de água nos tecidos da planta e, conseqüentemente, menor teor de MS (PERI et al., 2007), o que pode estar associado à menor taxa de evapotranspiração

(CAMPOS et al., 2007; MOREIRA et al., 2009), resultando em maior quantidade de água nos tecidos de plantas que crescem sob luminosidade reduzida (KINYAMARIO et al., 1995).

Silva et al. (1998) constataram que a presença da espécie arbórea *Grevillea robusta* em pastagens da região noroeste do Paraná teve influência sobre algumas variáveis microclimáticas, como a temperatura e a umidade do ar, e sobre a pressão de vapor d'água. Em trabalhos com sistema silvipastoril no Quênia verificou-se que a sombra da árvore contribui reduzindo a temperatura, evapotranspiração e condutância em espécies crescendo sob a copa (BELSKY, 1994).

Em áreas sujeitas à seca, as árvores provêm proteção para as culturas também por meio da redução da evaporação do solo no início da estação de chuva, deixando mais água disponível para crescimento das plantas no final da estação, prolongando assim o período de crescimento.

Certamente existem exceções metabólicas da fotossíntese em ambientes desérticos (metabolismo fotossintético CAM ou metabolismo ácido das crassuláceas), em que a absorção de CO₂ ocorre à noite (MAGALHÃES, 1979). Porém, para as demais plantas, como as forrageiras C4, existem numerosas adaptações especiais que diminuem a perda de água e, ao mesmo tempo, melhoram a captação de dióxido de carbono como a cutícula e os estômatos.

As plantas encontram-se recobertas por uma cutícula, que torna a superfície da folha em grande parte impermeável à água e ao gás carbônico. Já os estômatos, embora ocupem apenas cerca de 1% da superfície total da folha, é responsável por mais de 90% da água transpirada pela planta. Dessa forma, o fechamento dos estômatos não apenas evita a perda de vapor d'água da folha, como também previne naturalmente a entrada de dióxido de carbono na folha.

A abertura e fechamento dos estômatos ocorrem pela ação das células-guarda. Quando as células-guarda se apresentam mais túrgidas ocorre abertura dos estômatos, os quais irão se fechar quando as células-guarda se encontrarem menos túrgidas. A turgência é mantida ou perdida devido ao movimento osmótico passivo da água para dentro e para fora das células ao longo de um gradiente de concentração de solutos que é estabelecido ativamente (TAIZ; ZEIGER, 2009).

Vários fatores ambientais afetam a abertura e o fechamento dos estômatos, sendo a perda de água o principal fator. Quando a turgescência de uma folha cai abaixo de um certo ponto crítico, que varia de acordo com as diferentes espécies, a

abertura estomática torna-se menor. Além da perda de água existem outros fatores como a concentração de dióxido de carbono, luz e temperatura. Assim, um aumento na temperatura resulta num incremento da transpiração e num aumento concomitante na concentração de dióxido de carbono intercelular, que pode constituir a causa do fechamento do estômato.

2.2.3 Efeitos sobre o solo

Como vantagens biológicas no solo pode-se relatar a eficiência na utilização do espaço a nível radicular, resultante da mistura de espécies (arbóreas e forrageiras) que explorarão um maior volume de solo e em diferentes profundidades, (conforme as espécies escolhidas) proporcionando melhorias nas características químicas, físicas e biológicas.

As árvores que compõe o SSP mantêm ou melhoram essas características com o aumento das entradas de matéria orgânica, fixação de N atmosférico pelas leguminosas e absorção de nutrientes de camadas mais profundas e posterior deposição na superfície do solo através de partes da planta, principalmente folhas (BELESKY et al., 1993; DANIEL, 1999).

Pode haver redução das perdas de matéria orgânica e nutrientes através da reciclagem e controle de erosão. O depósito e retenção de matéria orgânica no solo favorece o melhoramento das propriedades físicas do solo, inclusive da capacidade de retenção e infiltração de água no solo, redução do escoamento superficial (HOUGHTON, 1984) e ainda podem beneficiar os processos biológicos (nodulação, micorrização e mineralização) (YOUNG, 1991; NOVAIS et al., 2007)

A disponibilização de N orgânico do solo para as plantas passa pelo processo de mineralização, definido como a transformação do N da forma orgânica para a inorgânica. O processo é realizado por microrganismos heterotróficos do solo, que utilizam os compostos orgânicos como fonte de energia (NOVAIS et al., 2007).

O processo de mineralização é favorecido quando há condições ótimas para a atividade dos microrganismos. Estas condições envolvem pH de 6 a 7, umidade em torno de 50 a 70% da capacidade de retenção de água pelo solo, temperatura entre 40 e 60°C (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002). No entanto, graças à variedade de organismos envolvidos, as reações de mineralização ocorrem em ampla gama de condições de acidez, temperatura e umidade (NOVAIS et al., 2007).

A mineralização diminui com a redução da umidade, mas pode continuar ocorrendo mesmo quando o solo seca além do ponto de murcha (-1,5 Mpa), o que sugere que pode haver um acúmulo de N inorgânico no solo durante períodos de seca. As taxas de mineralização podem aumentar 2 a 3 vezes a cada 10 °C de elevação da temperatura no intervalo de 10 a 40 °C o que mostra que o processo é bastante sensível a variações de temperatura (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; NOVAIS et al., 2007).

Quando se compara sistemas silvipastoris com pasto aberto, os primeiros 1-2 cm da superfície do solo são mais amenos, no sistema silvipastoril, em relação a temperatura e permanece úmido por mais tempo após a chuva, favorecendo a fauna e os microrganismos que podem rapidamente degradar o *litter* e camadas orgânicas (WILSON, 1998).

Existem muitas hipóteses para explicar o efeito positivo sobre a disponibilidade de nitrogênio no solo (WILSON, 1998). No entanto, maior teor de umidade associado com a temperatura moderada sob sombra pode resultar na maior taxa de mineralização e ciclagem do N (HUMPHREYS, 1994; WILSON, 1996).

Oliveira et al. (2005) trabalhando com duas espécies arbóreas crescendo em pastagens de *B. decumbens* relataram que maiores concentrações de N, Mg e K foram encontrados na forragem que cresceu sob as copas das árvores. Nestes mesmos locais, maiores teores de C orgânico, N, Ca, Mg e K foram encontradas no solo. Aumentos nas concentrações dos nutrientes N e K com manutenção da produtividade de *B. decumbens* também foram verificados por Oliveira et al. (2006), em SSP com a gramínea associada às espécies arbóreas do cerrado barú (*Dipteryx alata* Vog.) e pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.).

Estudos em Calabacito, Panamá, mostraram que sistemas silvipastoris com *Acacia mangium* plantada em linhas distanciadas de 8 a 10 metros com pastagens de *B. humidicola*, entre as linhas, contribuíram para melhorias no solo de 98 e 38% de fósforo (P) e nitrogênio (N), respectivamente, em relação ao pasto sem árvores. Nos sistemas silvipastoris o rendimento da forragem foi 40% maior do que a monocultura de gramíneas (BOLIVAR, 1998).

2.2.4 Efeitos sobre a produtividade

O aumento da produtividade de gramíneas forrageiras em sistemas silvipastoris comparados aos sistemas tradicionais tem sido primariamente atribuído à melhoria

do microclima além da melhoria na fertilidade e estrutura do solo e melhorias nas relações hídricas da planta (GUSTAFSON, 1935; RADWANSKI; WICKENS, 1967; BELSKY et al., 1989, 1994; HOLLAND, 1980; RATLIFF, 1981; CAMPBELL et al., 1994; MENEZES et al., 2002).

Apesar da resposta produtiva de plantas sob árvores serem altamente dependentes de muitas variáveis incluindo produtividade local, práticas de manejo, e competições dinâmicas acima e abaixo do solo (KRUEGER, 1981), a redução da luminosidade disponível para as plantas que crescem sob as copas, muitas vezes pode diminuir a produção de matéria seca da maioria das espécies, quando não estão limitadas por água e nutrientes (CASTRO, 1996; CARVALHO, 1997; GARCIA; COUTO, 1997; LIN et al., 1999; DEVKOTA et al., 2000; GARCEZ NETO, 2006).

A intensidade da resposta das gramíneas aos níveis de sombreamento varia entre espécies (CARVALHO et al., 1995), por isso, a produção de forragens nos SSP só é viável quando as gramíneas utilizadas são tolerantes ao sombreamento (ERIKSEN; WHITNEY, 1981), sendo a tolerância avaliada pela produtividade da gramínea, mesmo sob a influência de pastejo regular, quando sombreada.

Os resultados disponíveis na literatura são bastante contraditórios com alguns mostrando a influencia positiva das árvores, sombra ou ambos sobre a produção de forragem (RATLIFF, 1991; BELSKY et al., 1993; WILD et al., 1993; WILSON, 1998, GYENGE et al., 2001; BURNER; BRAUER, 2003), nula (MILLS, 1998; LIN et al. 1999; PLATIS; PAPANASTASIS, 2003) ou ainda negativa (LIN et al., 1999; KEPHART et al., 1992; GARCEZ NETO, 2006).

Lin et al. (1999) com sombreamento artificial criaram tratamentos de 0, 50, e 80% de sombra, a fim de selecionar espécies de clima frio e quente adaptadas à sombra. A baixa irradiância afetou negativamente a produção de forragem de espécies de clima quente. Sob sombreamento de 50%, os rendimentos de gramíneas de estação quente foram reduzidas em 35% ou mais, enquanto os rendimentos de gramíneas de estação fria, incluindo Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*), orchardgrass (*Dactylis glomerata*) e festuca (*Festuca arundinacea*), não foram afetados .

Analisando as características morfológicas, estruturais e a produção de matéria seca da braquiária (*Brachiaria decumbens*, cv. Basilisk) e do amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*, cv. Amarillo) em sombreamento artificial, Gobbi et al. (2009) encontraram diminuição linear, na produção de matéria seca, 15 e 35% no primeiro

corte e 41 e 69% no segundo corte para os níveis de 50 e 70% de sombreamento respectivamente, e na densidade populacional de perfilhos da braquiária.

Paciullo et al. (2007), avaliando produção de *B. decumbens* em um sistema silvipastoril, observaram redução de 53% na produção de forragem do sub-bosque sob 65% de sombra e de 8% sob 35% de sombra.

Em experimento com braquiária (*Brachiaria decumbens* Stapf. Prain), pangola (*Digitaria decumbens* Stent), capim-limpo (*Hemarthria altissima* (Poir.) Stapf & Hubbard) e pensacola (*Paspalum notatum* Flügge var. *Saurae*) em quatro níveis de sombreamento artificial Schreiner (1987) concluiu que as gramíneas podem ser consideradas como moderadamente tolerantes ao sombreamento e os sombreamentos de 25%, 50% e 80% causaram decréscimos de 5%, 41% e 78% na produção de matéria seca, em relação à testemunha.

O efeito de três regimes de luminosidade (sem sombra, sombreamento médio e sombreamento intenso) sobre a produção de três espécies de *Brachiaria* foi testado por Mochiutti e Meirelles (2001) em condições de sombreamento com táxi-branco (*Sclerobium paniculatum*). Os autores verificaram que, enquanto as produções da *B. decumbens* e da *B. humidicola* em nível médio de sombreamento foram apenas 50% das obtidas em plena luz, não houve redução na produção da *B. brizantha* para o mesmo nível de sombreamento.

Andrade et al. (2001), avaliando fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia (*Panicum maximum* cv. Tanzânia-1) no cerrado brasileiro em um SSP com sombreamento por eucalipto (*Eucalyptus urophylla*) estimado em 32%, da luz solar incidente, registraram baixa taxa de acúmulo de MS quando comparada às comumente verificadas para a gramínea em pastagens em área aberta, explicada, em grande parte, pela menor quantidade de luz disponível para o crescimento da gramínea neste sistema.

Myers e Robbins (1991) consideram que a sombra moderada é uma das opções de manejo que podem contribuir para aumentar a disponibilidade das reservas de N do solo em pastagens cultivadas. Em locais de deficiência de nitrogênio no Hawaii a sombra moderada aumentou a produção de forrageiras (ERIKSEN; WHITNEY, 1981).

Wilson et al. (1990) encontraram um aumento de 35% na matéria seca acumulada de pastos formados de *Paspalum notatum* em sistemas silvipastoris em relação ao pasto à céu aberto. Assim como Arya (2006) em trabalho com SSP na

Índia encontrou significância na influencia das árvores sobre a produção de forragem, onde a produção de forragem (*Cenchrus ciliaris*) teve maior rendimento, entre 22 e 49%, com o sombreamento.

A produção de matéria seca de *P. maximum*, cv. Vencedor foi 19,72% maior à sombra moderada (30%) que a pleno sol em experimento conduzido na Estação Experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco (CASTRO et al., 1999).

2.2.4.1 Alterações morfológicas do dossel forrageiro

De acordo com sua plasticidade fenotípica, as plantas são capazes de alterar suas características bioquímicas, fisiológicas e morfológicas em resposta às variações ambientais. A natureza dessa resposta normalmente determina a capacidade da espécie em obter sucesso ou não sob estresses ambientais temporários ou permanentes (DIAS-FILHO, 2002).

As principais respostas morfológicas das plantas sombreadas têm por objetivo evitar a sombra e maximizar a captação de luz (LAMBERS et al., 1998). Dentre as principais, pode-se destacar: aumento da relação parte aérea:raiz, alongamento de caules, pecíolos e entrenós; redução de ramificação e perfilhamento; redução do número de folhas; aumento da área foliar específica, bem como alterações na relação folha:colmo e no ângulo de inclinação de folhas.

O aumento das taxas de alongamento de colmos, sob as copas das árvores, parece ser comum em plantas cultivadas à sombra, por ser uma estratégia usual para compensar a redução na luminosidade (SAMARAKOON et al., 1990; CASTRO et al., 1999). O estiolamento de plantas submetidas ao sombreamento é um mecanismo pelo qual a planta busca luz, pela elevação de suas folhas no dossel. Em gramíneas, tal mecanismo permite, ainda, melhor distribuição da radiação ao longo do perfil do dossel (MELLO; PEDREIRA, 2004; GOMIDE et al., 2007).

Estudos demonstram que a maior proporção de luz na faixa do vermelho extremo (730 nm) em relação à luz na faixa do vermelho (660 nm), sob sombra, promove o alongamento do caule tanto de gramíneas quanto de leguminosas, promovendo a alocação de carboidratos para o rápido crescimento em extensão do caule (BALLARE et al., 1990). O maior comprimento do entrenó pode promover melhor arranjo espacial das folhas e assim a planta pode interceptar e utilizar a luz disponível de forma mais eficiente.

Gobbi et al. (2008) avaliaram as características morfológicas e estruturais de *Brachiaria brizantha* em sombreamento artificial (em pleno sol, 50% e 70% de sombreamento). Os autores observaram que, à medida que se reduziu a disponibilidade de luz, houve aumento do comprimento de lâminas foliares e colmos, resultando em maior altura média do dossel. Isto pode representar um esforço da planta para aumentar o acesso à luz disponível (PERI et al., 2007), promovendo melhor arranjo espacial das folhas fazendo com que as plantas interceptem e utilizem a luz de forma mais eficiente.

O cultivo de várias espécies de gramíneas sob diferentes níveis de redução da intensidade luminosa resulta em plantas mais altas e com colmos mais longos (ANDRADE; VALENTIM, 1999; CASTRO et al., 1999, GARCEZ NETO, 2006; PERI et al., 2007). Além disso, sob níveis decrescentes de luz, as folhas de gramíneas tendem a ficar mais longas (CASTRO et al., 1999; LIN et al., 2001; GARCEZ NETO, 2006) e mais largas (MORITA et al., 1994; CASTRO et al., 1999).

Em condições de baixa irradiância, as plantas investem relativamente maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, apresentando maior área foliar específica e folhas com menor densidade de massa. Geralmente, estas alterações têm por objetivo aumentar a captação da luz incidente, aumentando a eficiência fotossintética da planta (LAMBERS et al., 1998). Este comportamento foi observado por Gobbi et al. (2008) na avaliação de *B. brizantha* em condições de sombreamento. De acordo com os resultados obtidos por Dias-Filho (2002), as plantas mantidas em ambiente sombreado alocaram quantidade significativamente menor de biomassa no sistema radicular e quantidade maior nos tecidos foliares.

O aumento da área foliar específica (área de folha/massa de folhas) em condições de baixa luminosidade está diretamente relacionado com as alterações anatômicas que podem ocorrer nas plantas sombreadas, como cutículas e epiderme mais delgadas, menor espessura de mesofilo e menor proporção de parênquima paliçádico, menor proporção de tecidos condutores e de sustentação, menor espessura de parede celular, maior proporção de espaços intercelulares e menor densidade estomática (ALLARD et al., 1991; DEINUM et al., 1996; BERLYN; CHO, 2000).

Paciullo et al. (2007) observaram maior área foliar específica e menor índice de área foliar de um pasto de *B. decumbens*, em condições de sombreamento, quando comparado ao cultivo a pleno sol. Paciullo et al. (2008) concluíram que apesar de o

sombreamento elevar as taxas de alongamento de folhas e colmos, bem como o comprimento final das lâminas foliares, não influencia a taxa de aparecimento de folhas e o número de folhas vivas por perfilho da *B. decumbens*.

Gobbi (2007) ao avaliar cortes anatômicos de folhas de capim braquiária submetidas a diferentes intensidades de sombreamento observou que o aumento da área foliar específica foi acompanhado por redução linear na espessura da folha, com os níveis crescentes de sombra.

O sombreamento também pode influenciar o teor de MS e o acúmulo de material morto nas plantas forrageiras. As gramíneas cultivadas à sombra tendem a ser mais suculentas, com menor teor de MS, devido ao desenvolvimento mais lento das plantas, com reduzida velocidade de perda de água pelos tecidos (CASTRO et al., 1999; PERI et al., 2007).

A redução do acúmulo de tecidos mortos devido ao sombreamento também pode estar relacionada com menor velocidade de desenvolvimento das plantas sob sombra e também às condições microclimáticas do ambiente sombreado, onde predominam temperaturas mais amenas e maior umidade do ar e no solo (GOBBI, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido entre os meses de novembro de 2009 e abril de 2011 na Embrapa Pecuária Sudeste, localizada em São Carlos, SP, (21° 57' 33" S e 47° 51' 06" W). O relevo da região é considerado suave - ondulado, com declives de 3 a 5%, o clima é classificado como Cwa (verão quente, chuvoso e inverno seco), segundo classificação de Köppen e a altitude média é de 850 m.

De acordo com dados climáticos registrados de 1992 a 2011, na Estação Meteorológica da Embrapa localizada a 1000 metros da área experimental, as médias anuais de temperatura máxima e mínima, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar são 27,2°C, 15,8°C, 1.372 mm e 73,9%, respectivamente, sendo os meses de outubro a março os mais chuvosos (Figuras 1 e 2). O balanço hídrico do período experimental encontra-se na Figura 3.

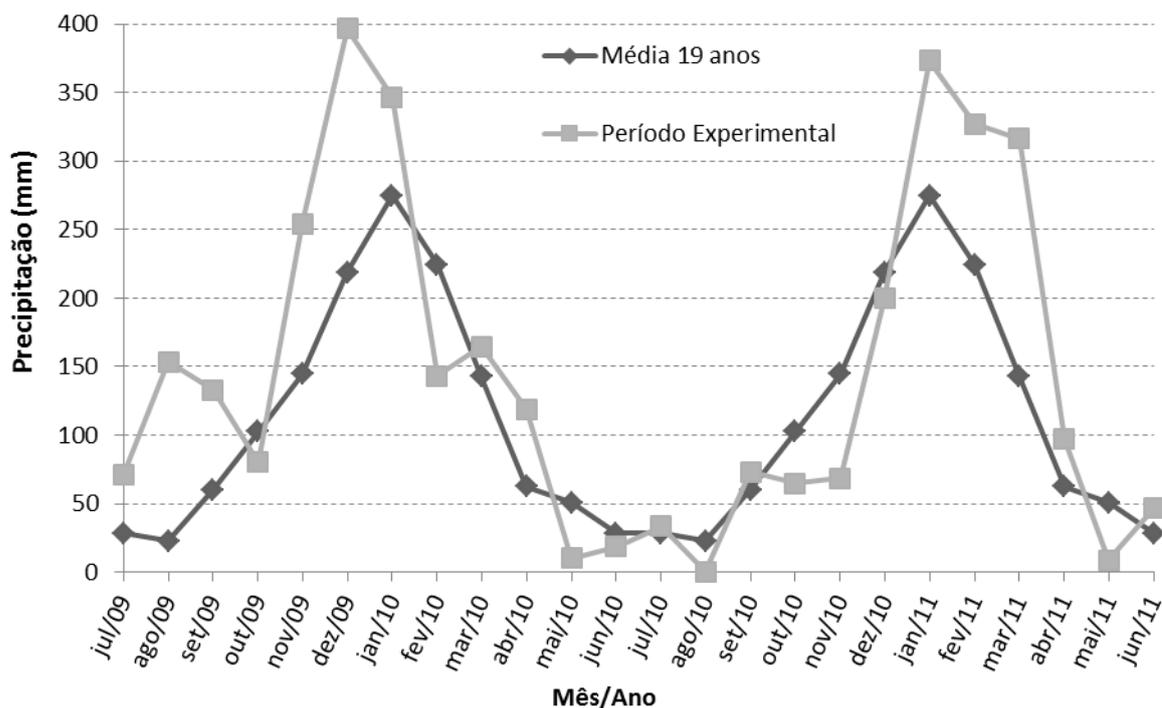


Figura 1 - Precipitação pluviométrica, durante o período experimental (novembro de 2009 a abril 2011) e as médias de 1992 a 2010

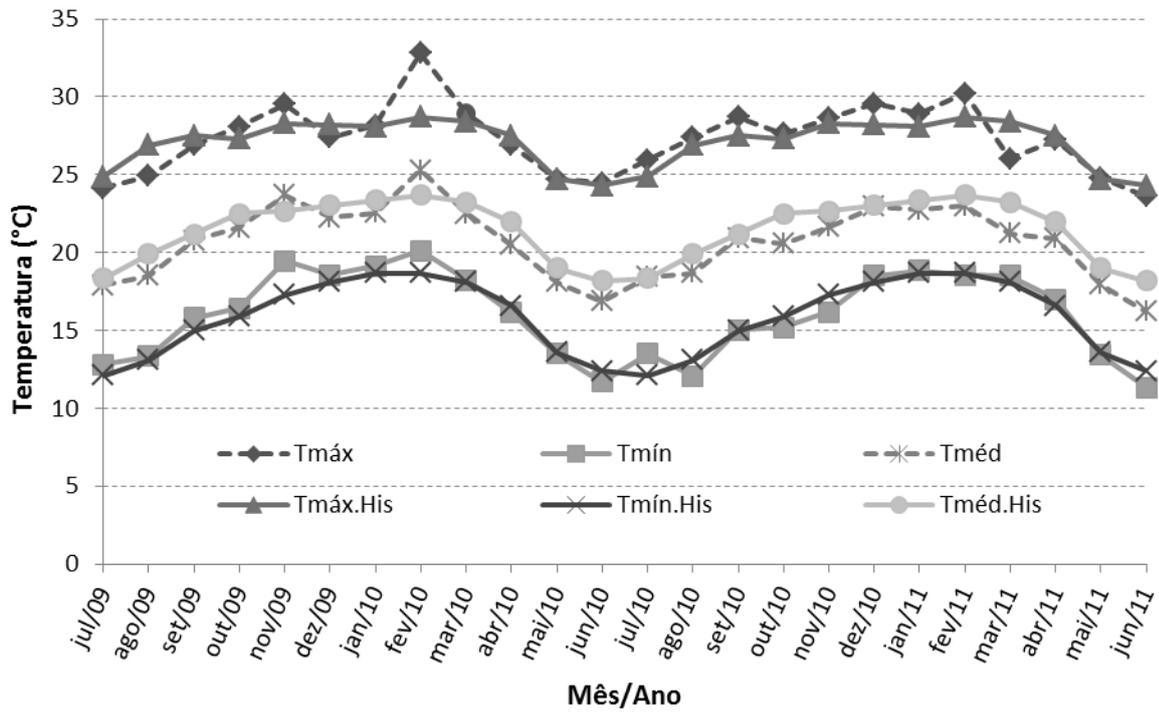


Figura 2 - Temperaturas médias mensais do ar (máxima, mínima e média), durante o período experimental (novembro de 2009 a abril de 2010) e dados históricos de 1992 a 2010

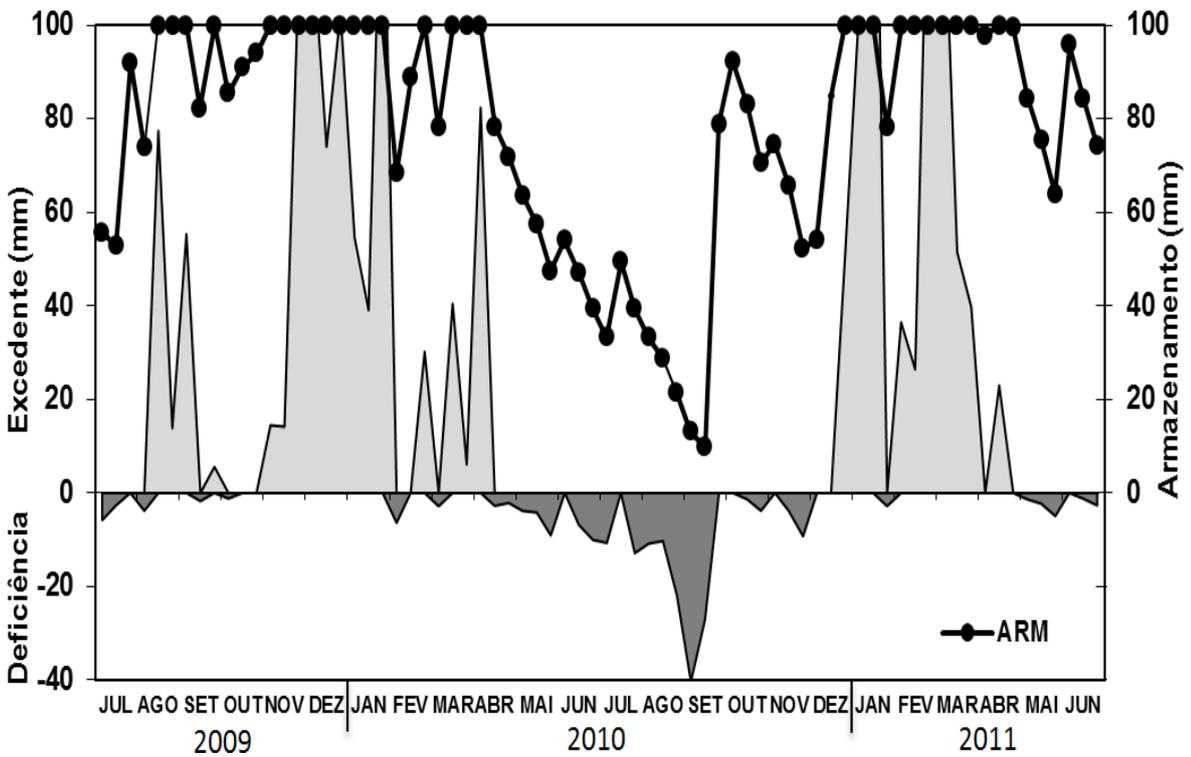


Figura 3 - Extrato do balanço hídrico no período de julho de 2009 a junho de 2011 em São Carlos, SP

3.2 Histórico da área

O experimento foi implantado em área formada por *Brachiaria decumbens* em Latossolo Vermelho Amarelo e Latossolo Vermelho Escuro (EMBRAPA, 1999) de textura média.

No ano de 2007, duas áreas de 275 m x 140 m foram divididas em seis piquetes de 0,41 hectares cada (15 x 275 m). As espécies florestais foram plantadas diretamente nas pastagens, em faixas de sete metros de largura. As faixas, formadas por três linhas de árvores, acompanharam o nível do terreno com espaçamento entre árvores de 2,5 m x 2,5 m, distanciadas em 15 m resultando em uma densidade aproximada de 600 árvores por hectare (Figura 4).



Figura 4 - Vista aérea da área experimental, as duas áreas delimitadas pela linha azul e localização da estação meteorológica externa ao sistema silvipastoril (circulo branco)

As espécies florestais plantadas na linha central das faixas foram: angico-branco (*Anadenanthera colubrina*), canafístula (*Peltophorum dubium*), ipê-felpudo (*Zeyheria tuberculosa*), jequitibá-branco (*Cariniana estrellensis*) e pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*). Para tutoramento destas espécies foram plantadas duas linhas marginais, uma de cada lado, intercalando árvores de mutambo (*Guazuma ulmifolia*) e capixingui (*Croton floribundum*).

Cercas elétricas foram instaladas a um metro das linhas externas de árvores de cada faixa para proteção contra a invasão dos animais.

As linhas de plantio das árvores foram subsoladas e sulcos de 0,3 m de profundidade abertos com sulcador de cana. Para dessecamento da forragem nas faixas utilizou-se glifosato 15 dias antes do plantio das mudas. Foram aplicados 30 g de calcário dolomítico, 100 g de NPK (8-28-16) e 10 g de FTE BR12 nas covas das árvores ao plantio, sendo que no momento do plantio as mudas foram plantadas com dois gramas de condicionador de solo dissolvidos em 0,5 L de água por cova. Os tratos culturais envolveram o combate às formigas cortadeiras, roçada do capim nas faixas de árvores e coroamento das mudas, a fim de minimizar a competição das invasoras. Em novembro de 2008 todas as árvores receberam 100 g de NPK (08-28-16) na coroa.

A altura das árvores foi medida em maio de 2010, novembro de 2010 e maio de 2011 para caracterização do dossel arbóreo (Tabela 1).

Tabela 1 - Altura média das árvores e média geral do dossel arbóreo no sistema

Árvore/ Data	Maio 2010	Novembro 2010	Maio 2011
	----- (m) -----		
<i>Angico</i>	2,8	3,0	3,6
<i>Canafístula</i>	2,2	2,6	2,6
<i>Capixingui</i>	4,4	4,8	5,7
<i>Ipê-felpudo</i>	1,4	1,5	1,6
<i>Jequitibá-branco</i>	1,0	1,0	1,0
<i>Mutambo</i>	4,0	4,3	5,3
<i>Pau-jacaré</i>	3,0	2,8	3,3
<i>Média geral</i>	2,7	2,8	3,3

Para caracterizar a fertilidade local foram coletadas amostras de solo. No ano de 2007 foram coletadas amostras de toda a área experimental na profundidade de 0,0 a 0,2 m, em 2008 as coletas foram estratificadas em área destinada à pastagem e às árvores e em 2009 e 2010 a amostragem deu-se em quatro distâncias das árvores (0,0; 2,0; 4,75 e 8,5 m) na profundidade de 0,0 a 0,2 m (Tabela 2).

A correção da fertilidade do solo e adubação das pastagens foi realizada em novembro e dezembro de 2008, antes da introdução dos animais, com 240 kg.ha⁻¹ de calcário dolomítico, 240 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônia, 85 kg.ha⁻¹ cloreto de potássio, 170 kg.ha⁻¹ de supersimples e 30 kg.ha⁻¹ de FTE BR 12. Em 2009, os

piquetes foram adubados com 240 kg.ha⁻¹ de NPK (20-05-20) em duas parcelas a primeira em janeiro e a segunda em abril.

Tabela 2 - Caracterização da fertilidade do solo a partir da implantação da área na profundidade de 0 á 0,2 m

Ano	Área	pH		M.O.	P resina	K	Ca	Mg	H+Al	Al	CTC	S	V	m
		H ₂ O	CaCl ₂	-----g.dm ⁻³ -----		-----mmolc.dm ⁻³ -----								----%----
2007	Total	6,1	5,0	38,5	6,0	2,2	17,5	8,5	42,0	0,0	70,0	28,0	40,0	0,0
2008	Árvore	6,4	5,4	20,0	4,0	1,0	21,0	10,0	21,0	0,0	54,0	32,0	57,0	0,0
	Pasto	6,2	5,4	24,0	4,0	1,0	25,0	12,0	31,0	1,0	69,0	38,0	52,0	3,0
2009 ¹	Árvore ²	6,2	5,0	22,8	4,2	1,1	16,2	9,0	31,8	1,0	57,8	4,8	45,4	4,4
	2,00	6,1	4,9	22,6	5,0	1,1	15,0	8,0	32,8	1,6	56,2	4,9	42,6	5,6
	4,75	6,2	5,1	22,0	3,4	1,3	16,2	9,8	30,6	1,2	57,8	5,1	47,8	3,6
	8,50	6,2	5,1	24,2	4,6	1,0	17,2	9,6	32,0	1,0	59,6	5,1	46,8	4,0
2010 ¹	Árvore ²	5,3	4,65	24,5	4,5	1,0	12,5	5,8	37,7	2,4	57,2	19,1	33,3	11,9
	2,00	5,5	4,8	21,6	3,4	1,2	18,0	8,3	32,3	1,9	59,9	27,8	43,5	8,0
	4,75	5,35	4,7	25	3,1	1,3	13,6	7,3	35,1	2,3	57,4	22,2	38,5	9,3
	8,50	5,3	4,7	25,4	2,9	1,1	18,8	7,8	36,3	2,2	64,1	27,7	42,6	8,6

¹ Área amostrada estratificada em função da distância em relação às árvores. ² Amostragem a 0,5 m do tronco da árvore. Análises realizadas no laboratório de solos da Embrapa Pecuária Sudeste

No ano de 2010 a adubação de manutenção foi feita de janeiro a março em todos os piquetes com 180 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio e no ano de 2011 foi aplicado 360 kg.ha⁻¹ de NPK (20-05-20) em duas adubações, janeiro e março.

A caracterização da textura de solo foi efetuada nas duas áreas, em janeiro de 2010, em dez profundidades, a cada 0,1 m, sendo a amostragem feita em duplicata, em quatro distâncias (0,0; 2,0; 4,75 e 8,5 m) da linha de árvores marginal em quatro transectos (Figura 5).

As duas áreas foram pastejadas simultaneamente por dois grupos de bezerros da raça Canchim, um grupo em cada área, desde agosto de 2008. Após 12 meses, os animais foram substituídos por dois novos lotes de bezerros desmamados.

Os dois primeiros lotes entraram com média de 213 kg, em 29 de maio de 2009 e saíram em 29 de abril de 2010 com média de 334 kg de peso vivo. Os lotes seguintes entraram com média de 258 kg no dia seis de maio de 2010 e saíram em 19 de maio de 2011 com média de 365 kg de peso vivo.

A taxa de lotação era ajustada a fim de manter o resíduo pós pastejo entre 1500 kg.ha⁻¹ e 2000 kg.ha⁻¹. Foi adotado o método de pastejo rotacionado com sete dias de pastejo e período fixo de descanso de 35 dias. Os animais tinham livre

acesso ao sal mineral e água e a cada ciclo de pastejo na área eram pesados após jejum de 12 horas.

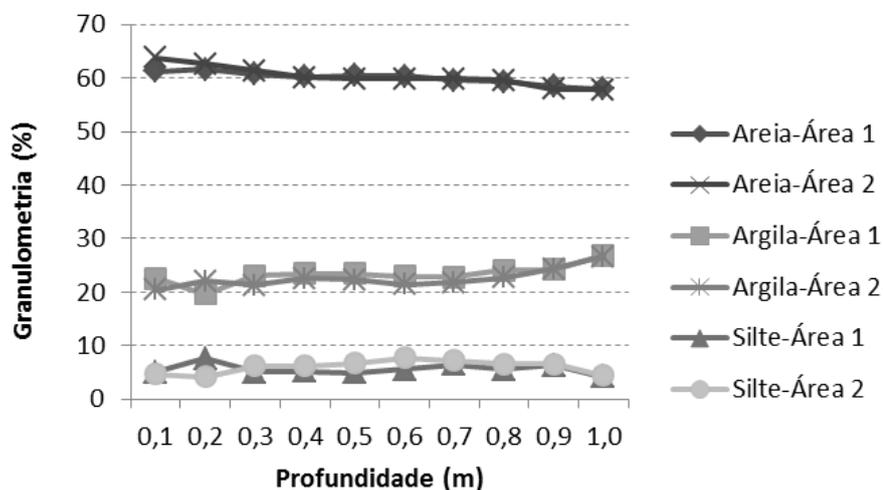


Figura 5 - Textura média do solo nas áreas experimentais

No inverno de 2010 os animais receberam suplemento mineral proteico (Cálcio 66 g; Fósforo 15 g; Magnésio 2 g; Enxofre 15 g; Sódio 40 g; Cobre 260 mg; Manganês 200 mg; Zinco 960 mg; Iodo 19 mg; Cobalto 15 mg; Selênio 5 mg; Flúor (Máx.) 150 mg; Monensina 200 mg; Proteína Bruta (Mín.) 50,0% com estimativa de consumo de 0,1 a 0,2% do peso vivo.

3.3 Parâmetros avaliados

3.3.1 Armazenamento de água no perfil do solo

O monitoramento da umidade do solo foi realizado com uma sonda de capacitância modelo Diviner 2000 (Sentek Pty Ltd., Stepney South Austrália; Figura 7). A conversão do sinal de frequência de oscilação (MHz) registrado pela sonda de capacitância em conteúdo volumétrico de água no solo (θ) foi obtida mediante uma equação de calibração previamente ajustada segundo instruções do fabricante (SENTEK, 2000).



Figura 6 - Sensor capacitivo Diviner 2000

As avaliações de armazenamento de água no solo foram feitas em dezesseis tubos de acesso instalados em quatro piquetes. Os tubos foram instalados em março de 2010, seguindo os procedimentos sugeridos pelo fabricante (SENTEK, 2000) para garantir o mínimo de perturbação do perfil do solo.

Os tubos com 1,5 m de comprimento e diâmetro interno e externo de 51,0 e 56,5 mm, respectivamente, foram inseridos no solo usando um trado, nivelado e guiado por um tripé, um batente e uma marreta. Após a nivelção e fixação do tripé no local escolhido o tubo era inserido na abertura do tripé e, com o auxílio da marreta, era inserido no solo. Em seguida utilizava-se o trado para retirar a terra do interior do tubo.

Para proteger o interior dos tubos da umidade foram deixados 40 mm acima da superfície do solo e uma tampa de plástico foi instalada na parte superior de cada tubo de acesso. Na outra extremidade, colocou-se uma rolha feita com um par de borrachas vedantes e uma rosca, a qual através do aperto gerou uma pressão nas paredes do tubo impedindo a entrada de umidade.

A amostragem da umidade do solo com a sonda Diviner 2000 foi realizada semanalmente de 24 de março de 2010 a primeiro de abril de 2011 nas distâncias de 0,0; 2,0; 4,75 e 8,5 m, em relação as árvores tutoras, de um dos lados dos renques, em dez profundidades a cada 0,1 m.

Os dados de frequência (MHz) foram transformados em umidade ($\text{mm}^{-3}.\text{mm}^{-3}$) com as equações de calibração. Os dados de umidade foram organizados por tubo (probe), profundidade, a cada 0,1 m, até 1,0 m e por dia avaliado. A apresentação dos valores de armazenamento de água do solo foi composta por uma média das quatro repetições em cada dia por profundidade.

3.3.2 Transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa (RFA)

Para verificar o efeito das árvores na transmissividade da RFA à pastagem, foram realizadas medições mensais, no período de abril de 2010 a março de 2011, correspondentes às estações Outono, Inverno e Primavera 2010 e Verão de 2011, com sensor linear AccuPAR modelo LP-80, colocado horizontalmente sobre o dossel da pastagem (0,6 m do solo) no sentido perpendicular ao renque de árvores. Para medir a RFA livre da interferência das árvores foi instalado um sensor (APOGEE SQ 330) em área externa ao experimento, a 30 m do SSP. O sensor foi ligado a um *datalogger* programado para registrar leitura a cada minuto, sendo a medida do sensor externo correspondente a 100% de incidência da RFA.

Em março de 2010 foram escolhidos quatro piquetes representativos pela média visual da altura das árvores dentro do sistema, dois em cada área. Em cada piquete foram marcados dois transectos (linhas perpendiculares às faixas de árvores), com auxílio de estacas onde foram realizadas as avaliações mensais.

As medições foram realizadas nas quatro estações, em quatro distâncias (0,0; 2,0; 4,75; 8,5 m) da linha marginal de um dos lados das faixas de árvores em cada transecto, em cinco horários (9; 11; 13; 15 e 17 horas), com quatro repetições por área (cada repetição contendo as quatro distâncias constituiu um bloco). A distância de 8,5 m era o meio do piquete e a distância de 0,0 m sob as copas das árvores.

Os dados de transmissividade foram compostos por uma média dos cinco horários de cada dia e dos três meses para cada estação (abril, maio e junho para outono, julho, agosto e setembro para inverno, outubro, novembro e dezembro para primavera e janeiro, fevereiro e março para verão). As avaliações foram realizadas a partir do primeiro decêndio de cada mês em dias predominantemente ensolarados (Figura 6). Em cada horário de avaliação o tempo gasto entre a primeira e última avaliação foi de aproximadamente 20 minutos.

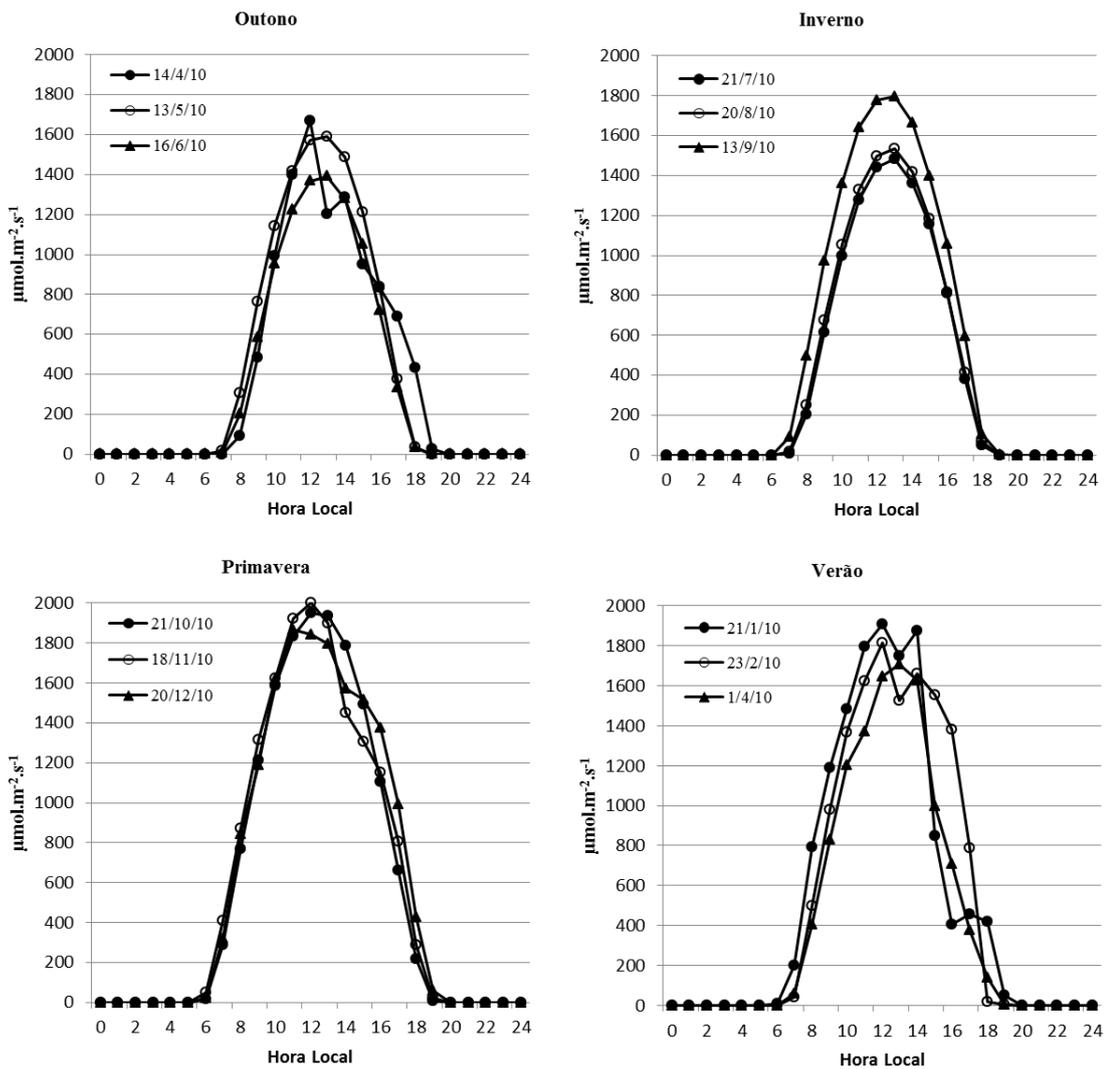


Figura 7 - Radiação fotossinteticamente ativa nas datas de avaliação com dias predominantemente ensolarados, agrupados por estação

3.3.3 Produção e composição morfológica

Para a caracterização da produção e composição morfológica a forragem foi avaliada em ambas as áreas, nas estações Primavera de 2009; Verão, Outono, Inverno e Primavera 2010 e Verão de 2011, às distâncias de 2,0; 4,75 e 8,5 m nas faixas de pastagem, de um dos lados da faixa de árvores em cinco repetições por piquete, onde cada repetição com as três distâncias constituiu um bloco (Figura 8).

No primeiro ciclo de pastejo de cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno) foi feita uma avaliação de massa de forragem (MF) antes do pastejo (massa de forragem pré-pastejo).

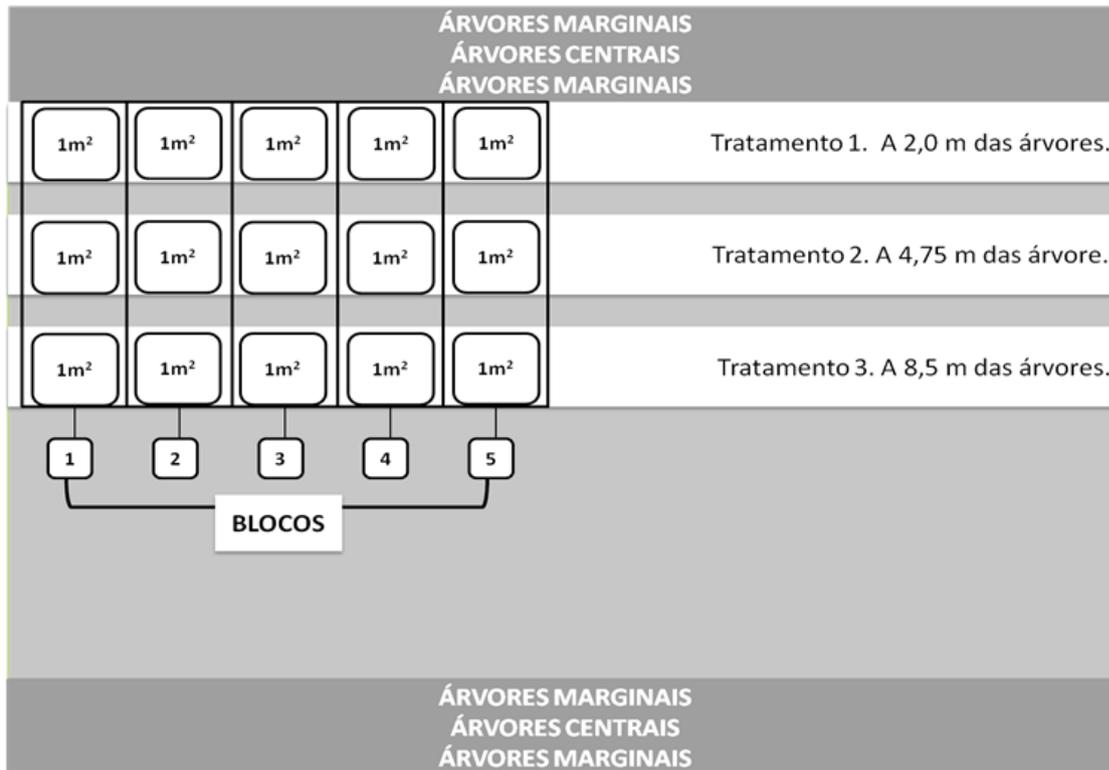


Figura 8 - Posicionamento dos tratamentos, blocos e pontos de coleta de forragem

As avaliações de massa de forragem foram feitas pelo método direto com o auxílio de um quadrado metálico (1,0 m x 1,0 m) colocado de forma aleatória em cada faixa de distância das árvores. A altura foi medida dentro do quadrado metálico em três diferentes pontos com o auxílio de uma trena colocada no solo e a leitura realizada na folha bandeira. Procedeu-se então o corte da forrageira ao nível do solo, com auxílio de uma máquina costal com cortador de cerca viva.

Após a coleta as amostras foram pesadas e homogeneizadas por faixa de distância das árvores dentro de cada área sendo obtida uma amostra composta da qual se retirou uma subamostra para determinação da composição morfológica, dividida nas frações folha, colmo e material morto. Obteve-se a área foliar com a passagem da fração de folha da amostra em um integrador de área foliar modelo LI-3100 (Li-Cor, Lincoln, Nebraska, EUA). As frações foram então, secas em estufa de ventilação forçada a $60 \pm 5^{\circ}\text{C}$ por 72 horas para determinação da matéria seca.

Foram obtidos a massa seca total ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e as proporções de massa seca de folhas, de colmos, de material morto e a relação folha:colmo, área foliar específica (AFE) (g de matéria seca de folha por cm^{-2} de área foliar), índice de área foliar (IAF) (cm^{-2} de matéria seca de folha pela área do quadrado de amostra, um m^2) e

densidade (altura em cm vezes massa de forragem em um m²). Os valores para cada tratamento dentro dos blocos foram calculados tomando-se a massa verde destes e os valores conseguidos da separação morfológica e as respectivas porcentagens.

3.3.4 Análise estatística dos dados

Para a produção, composição morfológica, altura do dossel utilizou-se o delineamento aleatorizado em blocos completos com cinco repetições. Para a transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa utilizou-se o delineamento aleatorizado em blocos completos com quatro repetições.

Foi necessária a transformação dos dados de produção e composição morfológica uma vez que estes não apresentaram distribuição normal quando submetidos ao teste de normalidade. O método de transformação utilizado foi o de potência ótima de Box-Cox (1964), adequando os dados à análise de variância, que para todas as variáveis foi realizada utilizando-se o PROC GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2009).

O modelo utilizado para análise da produção e composição morfológica incluiu os efeitos fixos de área, estação, distância e bloco (definido no item 3.3.3) assim como as interações (bloco x área, bloco x estação, bloco x distância, área x estação, área x distância, estação x distância e área x bloco x distância). O modelo para transmissividade da RFA incluiu efeitos fixos de área, estação, hora, distância e bloco e interações (estação x hora, estação x distância e hora x distância).

As médias de mínimos quadrados para distâncias, estações e interação entre elas, quando esta foi significativa, foram estimadas pela opção LSMEANS do SAS, cuja comparação foi realizada pelo teste Tukey ajustado adotando-se um nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I.

As médias de mínimos quadrados, apresentadas nos resultados, para produção e composição morfológica foram obtidas após transformação inversa da média de mínimos quadrados dos dados transformados.

Os dados de armazenamento de água solo foram analisados por meio de parâmetros de estatística descritiva.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Armazenamento de água no perfil do solo

A Figura 9 apresenta os valores médios de teor de água do solo (mm), considerando a profundidade efetiva do sistema radicular de 1,0 m, nas quatro distâncias. Os valores médios de armazenamento de água no solo durante o período experimental foram da ordem de 197, 202, 199 e 202 mm, os menores 164, 163 162 e 162 mm e os maiores de 244, 252, 239, 250 mm para as distâncias 0,0, 2,0 4,75 e 8,5 m, respectivamente. Os menores valores ocorreram em setembro de 2010 enquanto os maiores em março de 2011.

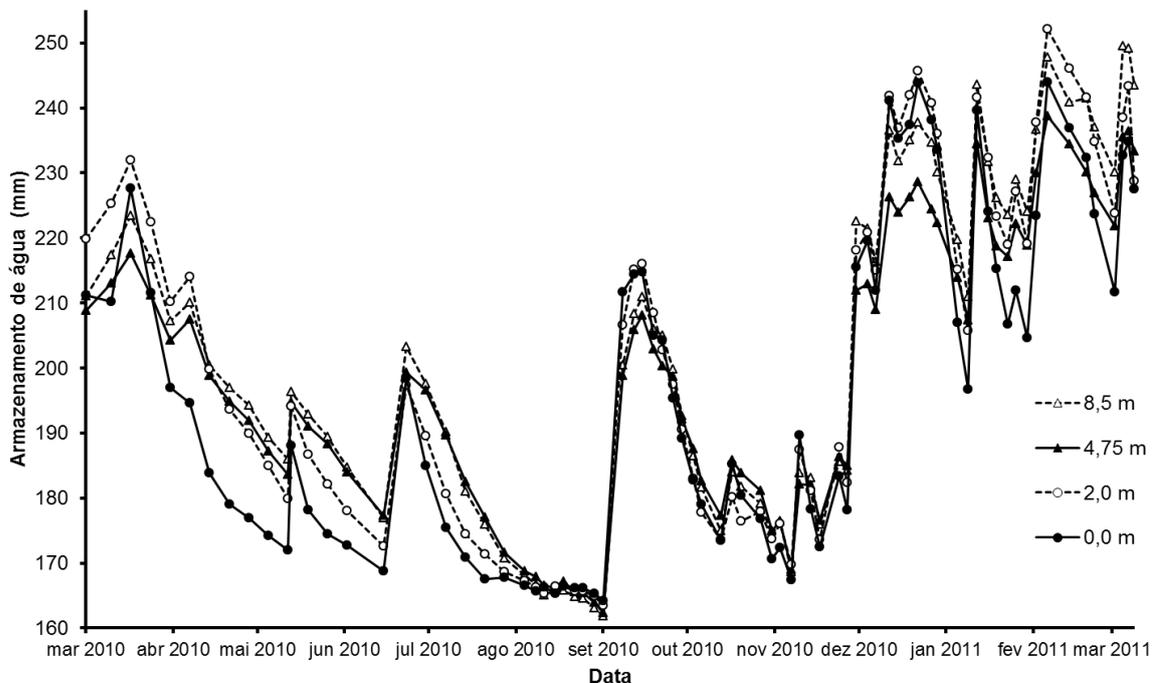


Figura 9 – Armazenamento de água (mm) no perfil do solo de 0 a 1,0 m em quatro distâncias das árvores (0,0, 2,0, 4,75 e 8,5 m) de março de 2010 a março de 2011

O comportamento dos níveis de água armazenada no solo entre as distâncias foi semelhante, no entanto observou-se uma variação em algumas épocas ao longo do período avaliado. Isso foi mais evidente no período de secamento do solo (abril a setembro) no ano de 2010, quando a leitura da umidade sob as árvores (0,0 m) atingiu os menores valores antes dos outros pontos (2,0; 4,75; 8,5 m).

Embora tenha havido diferença no secamento, no mês de setembro todas as distâncias se igualaram e não houve variação no armazenamento. O inverno de

2010 na região de São Carlos-SP foi rigoroso e teve um déficit hídrico acumulado no período de abril a setembro de 172,9 mm (Figura 3).

A reposição de água no solo aconteceu em dois períodos, de setembro a outubro (125 mm de chuva) e a partir de dezembro. Nesse período de elevação da água armazenada no solo, as quatro distâncias foram semelhantes (Figura 9).

Na Figura 10, 11 e 12 são apresentadas variações da umidade no solo nas quatro distâncias em três ocasiões durante o período experimental, estratificadas a cada 0,1 m de profundidade. Em setembro de 2010 (Figura 10), entre as leituras do dia três e 24 o teor de água no perfil do solo não apresentou variações de 0,0 a 1,0 m de profundidade. Este fato realça o baixo teor de água no solo nesse período, onde a variação da água armazenada, no perfil, foi de 2,1, 1,9, 4,2 e 3,2 mm para as distâncias 0,0, 2,0 4,75 e 8,5 m.

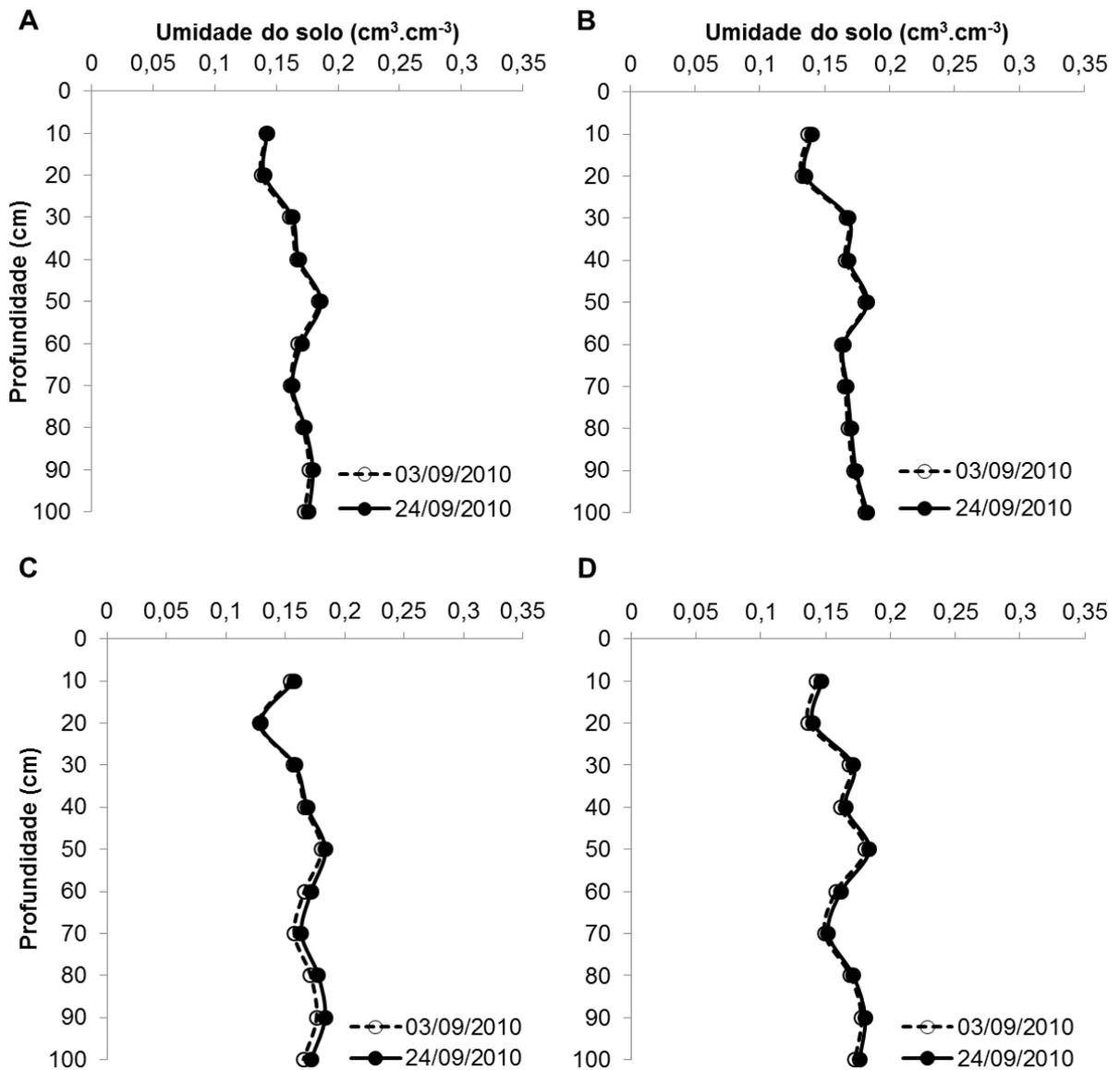


Figura 10 - Armazenamento de água no perfil do solo em setembro de 2010 em um sistema silvipastoril na cidade de São Carlos-SP em quatro distâncias 0,0 (A), 2,0 (B), 4,75 (C) e 8,5 (D)

Entre os dias 24 de setembro e primeiro de outubro de 2010 ocorreram chuvas que totalizaram 83,6 mm promovendo uma retomada de água no solo (Figura 11). Em todas as distâncias essas chuvas proporcionaram variação no armazenamento de água no solo até 0,8 m de profundidade, não sendo suficientes para chegar até 1,0 m. A precipitação deste período elevou o teor de água no perfil total do solo em 47, 43, 37 e 39 mm, sendo que 43, 50, 48 e 49% desse teor estava de 0,0 a 0,2 m de profundidade, respectivamente para as distâncias 0,0, 2,0 4,75 e 8,5 m.

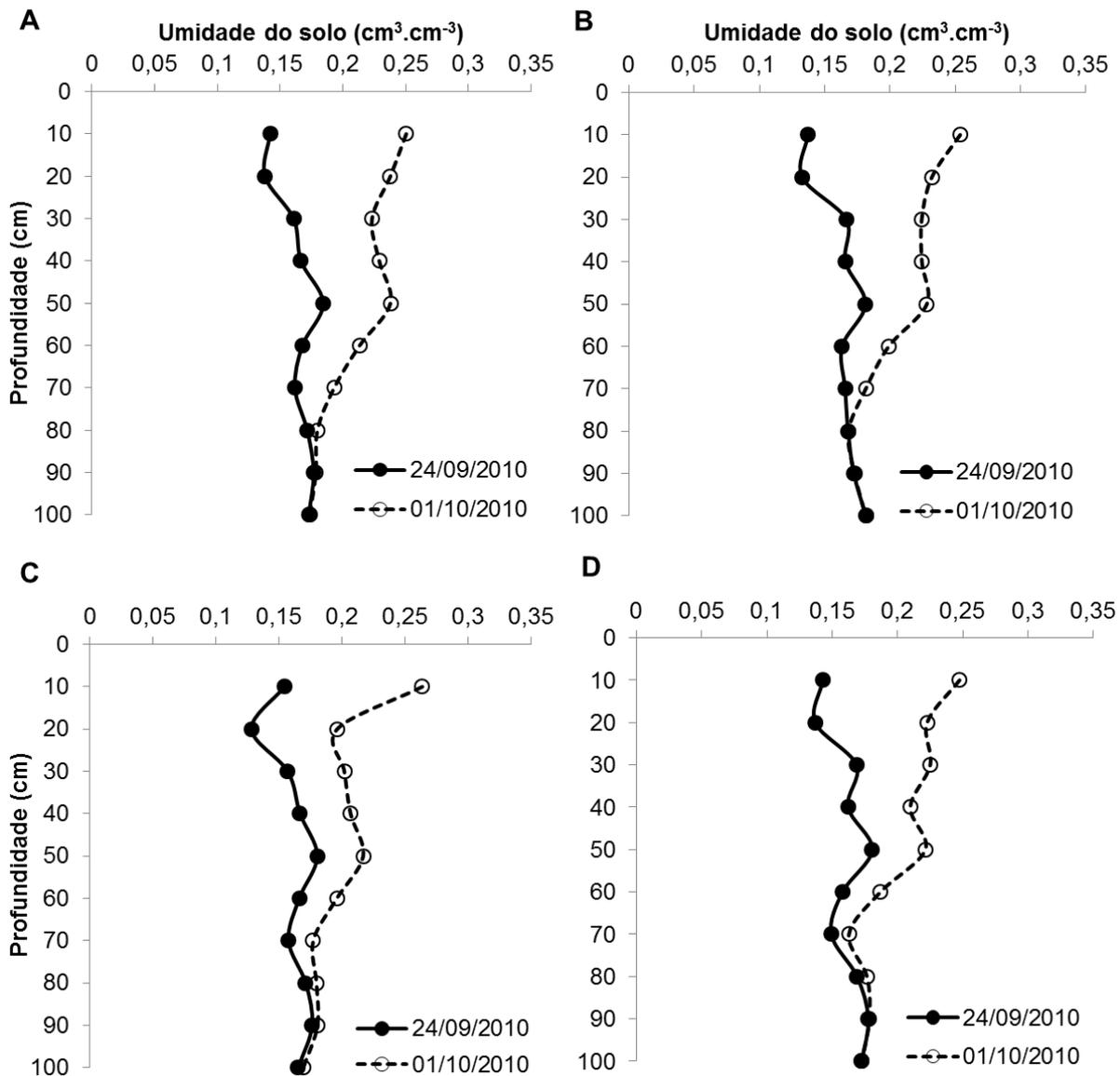


Figura 11 - Armazenamento de água no perfil do solo entre 24 de setembro e primeiro de outubro de 2010 em um sistema silvipastoril na cidade de São Carlos-SP em quatro distâncias 0,0 (A), 2,0 (B), 4,75 (C) e 8,5 (D)

Apesar do armazenamento de água do solo apresentar semelhança no comportamento entre as distâncias tanto em situação de baixa disponibilidade de água (setembro 2010) como de retomada de água no solo (outubro 2010) em períodos de retirada de água as distâncias mais próximas dos renques de árvores apresentaram maior consumo (Figura 12).

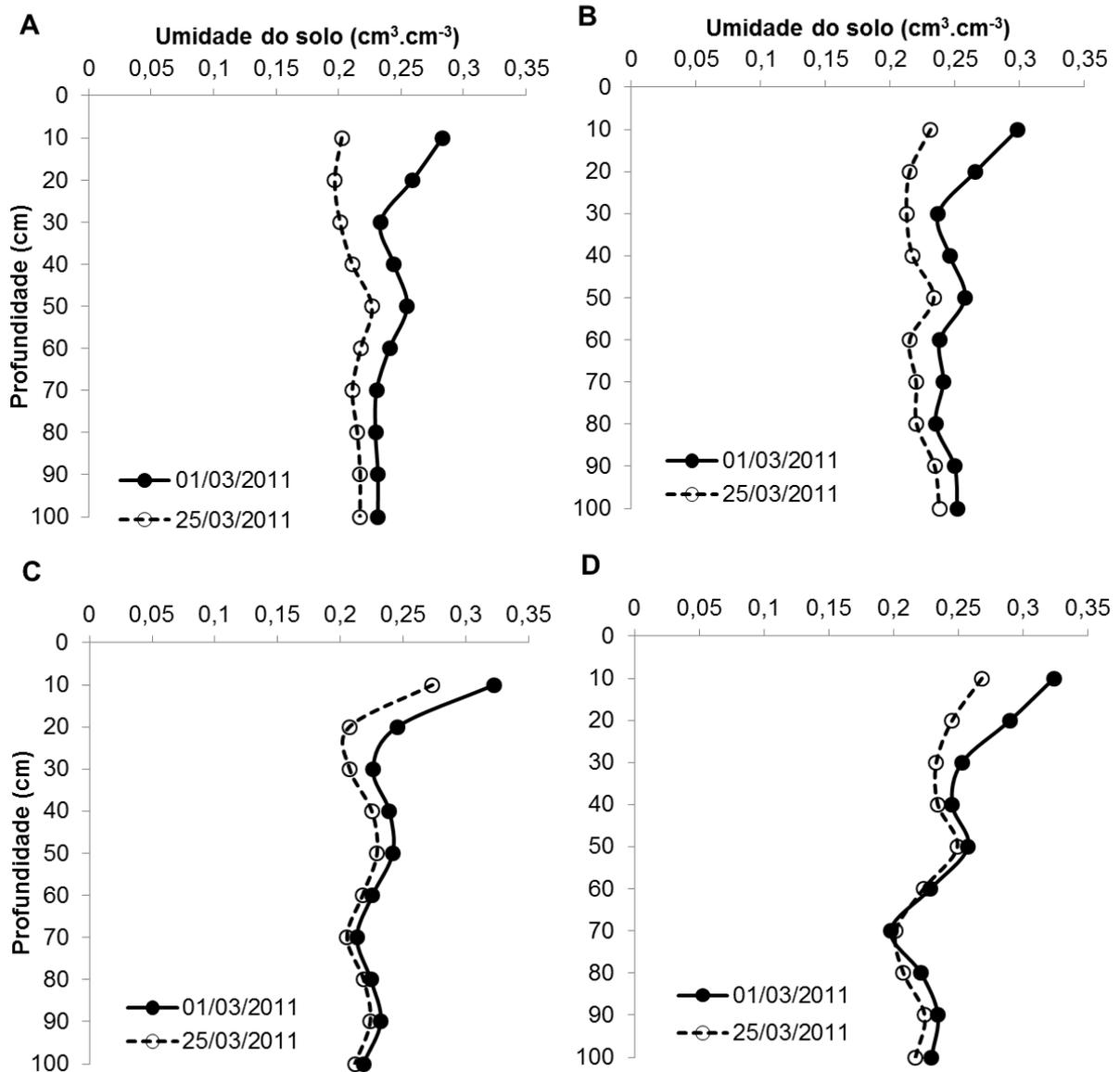


Figura 12 - Armazenamento de água no perfil do solo entre primeiro e 25 de março de 2010 em um sistema silvipastoril na cidade de São Carlos-SP em quatro distâncias 0,0 (A), 2,0 (B), 4,75 (C) e 8,5 (D)

A redução no armazenamento de água total do perfil do solo entre primeiro e 25 de março de 2010 foi de 32, 28, 17 e 18 mm, dos quais 44, 42, 52 e 57% ocorreram até 0,2 m de profundidade, respectivamente nas distâncias 0,0, 2,0, 4,75 e 8,5 m.

Os resultados apresentados por Soares et al., (2009), trabalhando com onze espécies forrageiras, inclusive *B. decumbens*, sombreadas por *Pinus taeda* em três níveis de sombreamento (pleno sol e duas densidades arbóreas) não corroboram com os obtidos neste trabalho. Os autores relataram que a competição por água entre os estratos vegetais pode ser descartada, pois, a porcentagem de umidade do

solo foi significativamente maior dentro do bosque (30%) que a pleno sol (27%). O aumento da umidade foi atribuído à formação de um microclima no sub-bosque que reduziu a velocidade do vento, radiação solar e a evaporação da água do solo, superando o efeito de possível aumento da evapotranspiração da vegetação na presença de árvores.

As distâncias mais próximas aos renques de árvores parecem ter tendência ao maior armazenamento de água no perfil do solo, provavelmente por uma melhor estruturação causada pela interação das raízes do componente arbóreo (Figura 11; YOUNG, 1991; BELESKY et al., 1993). No entanto, apesar do maior armazenamento de água, as árvores tenderam a uma maior retirada de água em todo o perfil do solo, como é observado na Figura 12.

4.2 Transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa

Na tabela 3 são apresentadas as médias de transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa nas estações de outono, inverno e primavera de 2010 e verão de 2011, para as quatro distâncias dos renques de árvores, as médias por estação e tratamento e ainda o coeficiente de variação.

Tabela 3 - Média de mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa em quatro distâncias em um sistema silvipastoril, segundo as estações

Estações	Distância (m) ¹				Média	C.V.
	0,0	2,0	4,75	8,5		
	-----%-----				-----%-----	
Outono 2010	27 dC	52 cB	74 bB	84 aB	59	60
Inverno 2010	56 cA	66 bA	82 aAB	89 aAB	73	38
Primavera 2010	41 cB	63 bA	86 aA	94 aA	71	48
Verão 2011	29 cC	53 bB	82 aAB	90 aAB	64	55
Média	38	59	81	89	67	50
C.V. (%)	65	57	35	25		

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa foi afetada pela interação entre distância e estação ($P < 0,0001$), cujas médias no período de avaliação foram de 38, 59, 81 e 89% para as distâncias 0,0, 2,0, 4,75 e 8,5 m, respectivamente (Tabela 3). Conforme esperado, a maior transmissividade foi relatada nas maiores distâncias avaliadas, independente da estação do ano, assim

como a menor transmissividade observada sob a copa das árvores (distância 0,0 m; $P < 0,05$). Entre as maiores distâncias só houve diferença da transmissividade no Outono, quando a 4,75 m foi 12% menor em relação à distância de 8,5 m.

A maior transmissividade observada na distância 0,0 m no Inverno não era prevista, pelo fato das árvores tutoras (capixingui e mutambo) terem características semidecíduas (CARVALHO, 2003; não perderem totalmente as folhas no inverno) e que no inverno a menor inclinação solar projetaria maior porcentagem de sombra no sistema. No entanto, o elevado déficit hídrico (Figura 3) ocasionado pela seca pronunciada que se estendeu até o final de setembro pode ter estimulado a abscisão foliar das árvores (BORCHERT et al., 2002), promovendo queda de mais de 70% das folhas (avaliação visual). Desta forma, a queda de folhas das árvores, deve ter sido o fator que mais contribuiu para a diferença na transmissividade entre o inverno e as demais estações.

Pezzopane et al. (2010) relataram que a variação da transmissividade da RFA nos diferentes pontos amostrais do cultivo arborizado está relacionada com a orientação das linhas do componente arbóreo mais alto e o movimento aparente do sol, com maior aclive no verão e maior declive no inverno.

A descontinuidade de cobertura vegetal em sistemas arborizados causando diferenças na transmissividade de radiação solar em diferentes pontos de cultivo de café arborizado também foi constatada por Farfan-Valencia et al. (2003), na Colômbia, e Pezzopane et al. (2005) em um sistema consorciado de cafeeiro com banana Prata Anã, em que foram constatadas variações de 35 a 94 % na transmissividade da radiação solar global. Comportamento semelhante foi observado por Pezzopane et al. (2003) em um sistema de café arborizado com coqueiro em Garça-SP.

4.3 Forragem

4.3.1 Material Morto

A massa de material morto foi influenciada pela interação distância x estação ($P < 0,0001$) em todas as estações, apresentando-se sempre menor a 2,0 m das árvores quando comparado com as demais distâncias ($P < 0,05$; Tabela 4), exceto nos períodos de primavera. A menor massa de material morto a 2,0 m provavelmente foi uma das primeiras respostas do dossel forrageiro às alterações do

micro clima impostas pelo Sistema Silvipastoril (Figura 9 e Tabela 3), a partir do Verão 2010.

Tabela 4 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de material morto nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação

Estações	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----			---%---
Primavera 2009	41 bE	68 aF	40 bE	34,8
Verão 2010	228 bD	297 aE	303 aD	27,4
Outono 2010	1084 bB	1354 aB	1378 aB	14,7
Inverno 2010	1438 bA	1838 aA	1825 aA	18,8
Primavera 2010	1005 bB	1115 bC	1690 aA	15,7
Verão 2011	588 bC	734 aD	738 aC	13,4
C.V.	35,5	34,4	36,7	
Média Geral	624	604	464	18,6

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A competição entre as árvores e a forragem, observada na distância 2,0 m, referente à menor transmissividade e armazenamento de água, pode ter proporcionado estresse às plantas ou condições ambientais nas quais o desenvolvimento seria menos favorável. Estas modificações estiveram praticamente ausentes ou não surtiram efeitos significativos para contribuir com a redução da massa de material morto na distância de 8,5 m. Nesta distância o sombreamento médio foi de apenas 11%.

De acordo com Reich et al. (1991), as espécies tolerantes à sombra apresentam maior longevidade das folhas, ou seja, mantêm suas folhas verdes por um período mais longo e aumentam seu potencial de retorno fotossintético, compensando a redução da radiação incidente. Como as folhas permanecem verdes por mais tempo houve menor renovação do material e, portanto menor massa de material morto.

Estes fatores podem influenciar a produtividade (ERIKSEN; WHITNEY, 1981), ao reduzir as taxas de crescimento das plantas (CASTRO et al., 1999; GOBBI, 2007; OLIVEIRA NETO, 2010), aumentar o tempo de vida das folhas (REICH et al., 1991), diminuir a taxa de aparecimento e alongamento de folhas, a taxa de senescência e ainda, pode interferir nas taxas de perfilhamento o que acarreta em menor número de perfilhos.

Jefferies (1965) apud Soares et al. (2009) relatou que plantas sob luminosidade reduzida têm desenvolvimento mais lento o que contribui para menores produções no sub-bosque (CARVALHO et al., 1995). Segundo Cruz (1997) a atribuição de N para o órgão de reserva parece ter uma prioridade mais baixa do que a alocação C, em plantas que crescem com apenas 33% da luz solar total. Portanto, sob baixa irradiância a rebrota sucessiva de um relvado pode ser posta em perigo não só porque existe uma falta de reservas de carbono, mas também devido a uma falta de reservas N.

A média da massa de material morto para as três distâncias registrada na Primavera de 2009 foi menor em 96% da observada na Primavera de 2010, tal diferença pode ter sido ocasionada, por uma infestação da área por cigarrinhas no mês de outubro de 2010. A literatura é clara quanto à susceptibilidade da *B.decumbens* à cigarrinha (KOLLER; VALÉRIO, 1987; VALÉRIO; KOLLER, 1995; KICHEL, 1999), com exemplos de redução da produção de matéria seca em apenas 10 dias de aproximadamente 30% (VALÉRIO, 1985).

4.3.2 Densidade

De forma análoga à massa de material morto, a densidade volumétrica foi afetada pela interação distância x estação ($P=0,0139$; Tabela 5). A densidade volumétrica apresentou alterações a partir do Outono 2010, com redução dos valores nas distâncias mais próximas das árvores, o que diferiu do padrão entre Primavera 2009 e Verão 2010.

A estrutura do dossel é o resultado de respostas morfofisiológicas das plantas desencadeadas em nível de perfilho para adaptarem-se ao ambiente como população, assim como em resposta ao manejo do pastejo (LEMAIRE, 2001). Estas adaptações ocorrem através de modificações no arranjo e distribuição espacial dos componentes da parte aérea das plantas dentro de uma comunidade (LACA; LEMAIRES, 2000) e pode ser caracterizada pela densidade volumétrica da forragem.

Sendo a estrutura o resultado de adaptações das plantas ao ambiente e ao pastejo, esta se modifica também ao longo do ano em função de variações na disponibilidade de fatores de crescimento (água, luz, nutrientes) e do estágio fisiológico das plantas (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996). Dessa forma a plasticidade fenotípica (por meio do fluxo de tecidos) e as relações luminosas determinadas pelo

arranjo dos componentes morfológicos são fatores que influenciam a estrutura do dossel (PEREIRA, 2009).

Tabela 5 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para densidade nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação

Estações	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- kg MS ha ⁻¹ .cm ⁻¹ -----			---%---
Primavera 2009	37,6 aC	47,0 aC	43,7 aC	14,9
Verão 2010	41,6 aC	44,7 aC	46,3 aC	11,8
Outono 2010	101,3 bAB	113,9 abB	129,2 aA	11,3
Inverno 2010	92,7 bB	125,1 aAB	150,3 aA	17,1
Primavera 2010	118,9 bA	147,2 abA	157,1 aA	7,1
Verão 2011	80,6 bB	104,0 aB	100,0 abB	5,8
C.V.	17,5	17,5	18,6	
Média Geral	74,2	90,7	96,1	11,0

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Gobbi et al. (2009) trabalhando com *B. decumbens*, cv. Basilisk e amendoim forrageiro (*A. pintoii*, cv. Amarillo) em três níveis de sombreamento (0, 50 e 70%) artificial, relataram diminuição linear na densidade do dossel de *B. decumbens* com o aumento do sombreamento em todos os cortes avaliados. Estes autores atribuem à redução da densidade a menor oferta de radiação. Segundo Bahmani et al., (2000) a maior oferta de radiação promove a ativação de gemas axilares e basais para formação de novos perfilhos.

A redução da passagem de luz para o dossel forrageiro em virtude da copa das árvores prejudica o suprimento de fotoassimilados, que são destinados aos perfilhos existentes, em detrimento às gemas axilares (ROBSON et al., 1988). Este mecanismo de competição pela luz resulta em inibição à produção de novos perfilhos. Cruz (1997) demonstrou em experimento com três níveis de radiação fotossinteticamente ativa, (100, 56% e 33%) impostas artificialmente sobre *Dichanthium aristatum* que, em baixos níveis de irradiância (33% da luz solar total) o desvio de reservas de C e N podem reduzir drasticamente a capacidade de rebrota do pasto.

Gautier et al. (1999) em trabalho com *Lolium perenne* L. selecionados para contrastar comprimentos de folha, relataram que o sombreamento neutro diminui

significativamente o perfilhamento. No entanto, redução na luz azul não teve efeito sobre o perfilhamento, enquanto que a redução da fração vermelho:vermelho-distante diminuiu o perfilhamento e a quantidade de gemas axilares de prontidão para o desenvolvimento de novos perfilhos. Estes autores ainda apontam que a desfolha reduz o número de perfilhos por planta.

4.3.3 Massa de Forragem

A massa de forragem (pré-pastejo) teve influência da interação distância x estação ($P=0,0012$; Tabela 6). Até o Outono de 2010 a massa de forragem foi semelhante em relação às distâncias ($P>0,05$). No entanto a partir do inverno houve aumento da massa de forragem em resposta à maior distância das árvores ($P<0,05$). A influência dos principais fatores limitantes (transmissividade e armazenamento de água) da massa de forragem, nas distâncias 2,0 e 8,5 m, pode ser observada entre as estações Inverno 2010 e Verão 2011.

Tabela 6 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de forragem no pré pastejo de dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação

Estação	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- kg.ha ⁻¹ MS -----			---%---
Primavera 2009	1406 aC	1497 aC	1380 aC	32,1
Verão 2010	1565 aC	1541 aC	1676 aC	29,7
Outono 2010	2394 aB	2609 aB	2657 aB	20,8
Inverno 2010	1755 bC	2361 aB	2749 aB	29,0
Primavera 2010	2394 bB	2752 abB	3067 aB	21,0
Verão 2011	3723 bA	5213 aA	5207 aA	16,4
C.V.	30,7	31,0	31,1	
Média Geral	2137	2538	2663	22,1

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

No inverno, a diferença entre a massa de forragem a 2,0 e 8,5 m foi de 56% o que pode ser explicado pela rigorosa estiagem, sugerindo que a falta de água no solo tenha sido o principal fator limitante ao desenvolvimento das plantas, visto que o sombreamento de 34% esta dentro da faixa de tolerância para a braquiária. Com o início das chuvas, na primavera, a diferença da massa de forragem entre as distâncias de 2,0 e 8,5 m diminui e ficou em 28%, com sombreamento de 37%. É

provável que nesse período (ambiente seco) o fator que esta exercendo papel determinante para o não crescimento da forragem ainda seja a água (BRAZIOTIS; PAPANASTASIS, 1995).

Era esperado que no verão houvesse menor diferença na massa de forragem entre as distâncias 2,0 e 8,5 m. No entanto, a reposição de folhas das árvores e a maior elevação do sol, elevaram o nível do sombreamento a 2,0 m das árvores para 47%, o que afetou o crescimento e aumentou a diferença da massa de forragem para 40% em relação à distância de 8,5 m. Esta diferença pode ser atribuída ao maior sombreamento, visto que no verão o balanço hídrico era positivo, na maior parte do tempo (Figura 3). Quando em ambientes úmidos o fator que pode determinar a interação dominante e que apresenta mais efeitos ao sistema é provavelmente a competição por luz (OSEI-BONSU et al., 2002).

A massa de forragem observada no Inverno, nas distâncias de 2,0, 4,75 e 8,5 m (34, 18 e 11% de sombreamento, respectivamente) estão de acordo com os resultados de Castro et al. (2009). Estes autores relataram maior massa de forragem a sol pleno e com 29% de sombreamento do que no sombreamento mais intenso (45%), onde foi observada a menor massa de forragem de *B. decumbens*, no inverno.

No entanto os resultados de primavera e verão do trabalho de Castro et al. (2009) foram diferentes dos resultados observados para a Primavera 2010 e Verão 2011, as quais tiveram redução de 28 e 40 %, respectivamente, da massa de forragem, na comparação da menor com a maior distância das árvores. Essa diferença provavelmente ocorreu em função do maior sombreamento (Tabela 3) e da maior competição por água disponível entre as árvores e a planta forrageira (Figura 11 e 12).

A literatura relata que *B. decumbens* é moderadamente tolerante ao sombreamento (SCHREINER, 1987; FRANKE, 2001) e que a redução da massa de forragem acontece quando o sombreamento alcança níveis superiores a 50% da radiação a sol pleno (CASTRO et al., 1999; ANDRADE et al., 2004; PACIULLO et al., 2007; GUENNI et al., 2008). Dias-filho (2002) aponta que o sombreamento intenso pode prejudicar o desenvolvimento e produção das forrageiras de ciclo C4, por inibirem as taxas fotossintéticas. Schreiner (1987) conclui que sombreamento de 50% causa redução na produção de *B. decumbens*, alcançando apenas 57% da produção obtida em luz plena.

Através das copas das árvores pode ocorrer a filtragem de radiação solar nas ondas do azul ao vermelho, pelas folhas de plantas mais altas, situação esta que diminui a proporção de luz fotossinteticamente ativa que chega ao sub-bosque (WILSON; LUDLOW, 1990). Dessa forma, plantas que sobrevivem em estratos inferiores experimentam não somente uma redução na quantidade de radiação incidente, mas também uma alteração na qualidade espectral da luz (SCHMITT; WULFF, 1993). A diminuição da relação vermelho:vermelho-distante, apresenta importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, em condições de sombreamento natural, o que diminui o perfilhamento das gramíneas (GAUTIER et al., 1999; BARUCH; GUENNI, 2007)

Os sistemas silvipastoris têm como premissa proporcionar melhorias ambientais para os animais, melhorando o conforto térmico (CARVALHO et al., 2001; LEME et al., 2005; PACIULLO et al., 2007). Este benefício poderia ocasionar uma maior pressão de pastejo na distância 2,0 m o que facilitaria o confundimento nos dados de massa de forragem. No entanto, esta situação não foi observada em avaliação comportamental dos animais realizada na área experimental (dados não publicados).

No início do ano de 2011 foi notado diferença de coloração entre a faixa de forragem próxima a cerca, mais clara, e a faixa de forragem central dos piquetes, mais escura. Esta diferença provavelmente foi ocasionada pela distribuição heterogênea dos fertilizantes nos piquetes. A dificuldade de fazer a adubação mecanizada de forma homogênea, em experimentos com sistemas silvipastoris, é consequência do tamanho da área experimental e presença das cercas para proteção das árvores. No entanto este fator não é um agravante apenas em áreas experimentais e podem acontecer em sistemas silvipastoris comerciais.

4.3.4 Massa de Colmo

A massa de colmo foi afetada pela interação distância x estação ($P=0,0002$; Tabela 7) e corroboram os dados de massa de forragem com diferenciação entre as distâncias a partir do Inverno 2010. No inverno a menor massa de colmos a 2,0 m das árvores pode ser explicada pelo menor disponibilidade de água disponível nesta estação e pelo menor desenvolvimento das plantas a partir do outono, consequência da menor transmissividade.

A primavera é marcada pela retomada das chuvas que aumentam o armazenamento de água no solo e propiciam as plantas condições melhores para iniciar a recomposição da área foliar e obtenção de maior capacidade fotossintética.

No verão 2011, a menor massa de colmos registrada a 2,0 m das árvores reflete o menor desenvolvimento das plantas decorrente do sombreamento, visto que nesta estação as demais condições ambientais (água e temperatura) eram satisfatórias para o desenvolvimento da forragem.

Tabela 7 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de colmo nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em sistema silvipastoril, segundo a estação

Estações	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----			---%---
Primavera 2009	512 aC	533 aBC	490 aB	22,8
Verão 2010	482 aCD	485 aBC	557 aB	19,0
Outono 2010	668 aB	638 aB	592 aB	13,8
Inverno 2010	186 bE	279 aD	330 aC	20,0
Primavera 2010	406 bD	456 abC	525 aB	18,2
Verão 2011	1592 bA	2248 aA	2313 aA	11,5
C.V.	26,5	26,8	26,3	
Média Geral	553	642	673	14,9

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Outra hipótese possível seria o efeito, na forragem, do manejo de dias fixos nos piquetes. As condições microclimáticas de transmissividade e o armazenamento de água, além de fatores como temperatura e velocidade do vento, podem predispor o dossel forrageiro à apresentar estádios de desenvolvimento diferente para cada distância. Essa técnica poderia influenciar a morfologia e morfogênese da forragem, de forma diferente para cada distância, alterando a composição morfológica.

Segundo Gomide et al. (2001), a pressão de pastejo é um instrumento valioso no manejo da pastagem, visto que diferentemente da taxa de lotação, considera a disponibilidade momentânea de matéria seca, o que reflete melhor a estreita relação existente entre a planta e animal, além de propiciar equilíbrio entre a produção desses fatores.

Cruz (2010) em trabalho com três cultivares de *B. brizantha* (Marandu, Piatã e Xaraés) submetidos à frequência de corte de 35 dias e em crescimento livre relatou que os processos de partição de massa seca da parte aérea foram influenciados pelo corte, sendo que nos tratamentos em crescimento livre houve um aumento da participação de colmo e material morto na massa de forragem.

4.3.5 Massa de Folha

Da mesma forma que para massa de colmos e massa de forragem, a massa de folha foi afetada pela interação distância x estação ($P < 0,0001$; Tabela 8). No Inverno 2010 e Verão 2011 a massa de folhas foi menor a 2,0 m em relação às distâncias 4,75 e 8,5 m.

Tabela 8 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para massa de folha nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em sistema silvipastoril, segundo a estação

Estações	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----			---%---
Primavera 2009	408 aD	393 aD	374 aD	14,1
Verão 2010	548 aC	558 aC	569 aC	11,0
Outono 2010	311 aE	373 aD	344 aD	9,1
Inverno 2010	88 bF	166 aE	213 aE	11,8
Primavera 2010	696 aB	817 aB	779 aB	8,5
Verão 2011	1065 bA	1553 aA	1635 aA	7,4
C.V.	18,2	16,5	16,7	
Média Geral	431	533	544	9,02

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A redução da massa de folhas no inverno, a 2,0 m das árvores, pode ser justificada pela menor densidade volumétrica (Tabela 5) do dossel forrageiro, corroborando os dados de massa de colmo (Tabela 7). Na Primavera 2010 a massa de folhas foi igual ($P > 0,05$) em todas as distâncias, o que evidencia a retomada do crescimento e recuperação da área foliar, que possibilitaram o rápido desenvolvimento da forrageira.

Com as primeiras chuvas o dossel forrageiro tem condições para se desenvolver e emitir as primeiras folhas. Estas emergem de um pseudo-colmo curto, têm uma rápida emergência e atingem pequenos comprimentos. As folhas subsequentes, devendo fazer um percurso mais longo para emergir, alcançam

comprimentos maiores (SKINNER; NELSON, 1995). Um processo importante para a restauração da área foliar após corte ou pastejo, e que garante a perenidade do pasto (GOMIDE; GOMIDE, 2001).

Na Primavera 2010 a quantidade de luz que chegava ao dossel forrageiro a 2,0 m das árvores era 54% menor comparado com o que chegava em 8,5 m. Contudo o sombreamento a 2,0 m era apenas 37% em relação a pleno sol, e essa diferença não impediu a produção de folhas, mas o aparecimento de perfilhos pode ter sido prejudicado (PERI et al., 2007; PACIULLO et al., 2011), como reforçam os dados de densidade volumétrica (Tabela 5), massa de forragem (Tabela 6), massa de colmos (Tabela 7).

4.3.6 Relação Folha : Colmo

A relação folha: colmo é importante indicador estrutural das forrageiras, pois quanto maior a proporção de folhas, maior o valor nutritivo da pastagem, além disso, o sombreamento pode alterar a relação em função de efeito na partição de nutrientes. Assim como a massa de folhas, a relação folha: colmo foi afetada pela interação distância x estação ($P < 0,0001$; Tabela 9).

Tabela 9 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para relação folha: colmo nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação

Estações	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- kg.kg ⁻¹ -----			---%---
Primavera 2009	0,83 aC	0,78 cC	0,82 bC	4,8
Verão 2010	1,18 bB	1,20 aB	1,05 cB	3,0
Outono 2010	0,47 cF	0,59 aF	0,59 bF	3,1
Inverno 2010	0,51 cE	0,63 bE	0,66 aE	4,5
Primavera 2010	1,79 bA	1,84 aA	1,54 cA	3,1
Verão 2011	0,68 cD	0,70 bD	0,71 aD	2,2
C.V.	5,9	5,5	4,7	
Média Geral	0,88	0,85	0,82	3,4

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

A 8,5 m das árvores, a relação folha: colmo só foi maior que as outras distâncias no Inverno 2010 e Verão 2011. Com exceção da Primavera 2009, em

todas as estações, a distância 2,0 m teve relação folha: colmo menor que as distâncias 4,75 e/ou 8,5 m.

O estiolamento é uma das estratégias utilizadas pelas plantas sombreadas como forma de aumentar a estatura, sendo uma das principais respostas morfológicas das plantas para evitar a sombra e aumentar a captação de luz. Esta estratégia é alcançada com o alongamento dos colmos que tem influencia direta na relação folha: colmo (LAMBERS et al., 1998).

Frade Da Silva, (2007), encontrou maior relação folha: colmo de *B. decumbens* exposta ao sol. Todavia, Soares et al. (2009) observaram que *B. decumbens* não apresentou diferença na relação folha:colmo, da mesma forma, Gobbi et al. (2009) estudando a *B. decumbens* sob três níveis de sombreamento (0, 50 e 70%) concluíram que não houve efeito do sombreamento sobre a relação folha:colmo.

4.3.7 Índice de área foliar

O índice de área foliar foi influenciado pela interação distância x estação ($P < 0,0001$; Tabela 10). No Inverno 2010 e no Verão 2011, o IAF foi menor na distância 2,0 m em relação às distâncias de 4,75 e 8,5 m. Na Primavera 2009, mesmo não havendo diferença ($P > 0,05$) na massa de folhas entre as três distâncias das árvores, o IAF foi influenciado e registrado maior a 2,0 m das árvores.

Tabela 10 - Média dos mínimos quadrados e coeficiente de variação (C.V.) para índice de área foliar nos dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em SSP, segundo a estação

Estações	Distância (m) ¹			C.V.
	2,0	4,75	8,5	
	----- m ² de folha/m ² de solo-----			---%---
Primavera 2009	0,60 aC	0,46 bC	0,42 bC	7,5
Verão 2010	0,88 aB	0,87 aB	0,91 aB	5,7
Outono 2010	0,45 aD	0,52 aC	0,47 aC	4,7
Inverno 2010	0,10 bE	0,16 aD	0,18 aD	6,3
Primavera 2010	0,85 aB	0,96 aB	0,96 aB	4,4
Verão 2011	2,06 cA	2,70 bA	3,20 aA	3,8
C.V.	10,8	9,7	10,4	
Média Geral	0,612	0,690	0,712	5,0

¹ Em relação às árvores. Médias de distâncias seguidas pela mesma letra minúscula e médias de estação seguidas pela mesma letra maiúscula não são diferentes pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

O IAF é uma medida estrutural importante para caracterizar a interceptação luminosa e o potencial de produção de plantas em diferentes ambientes (HIKOSAKA, 2005), sendo que alguns estudos com plantas forrageiras verificaram a redução do IAF em dosséis de plantas sombreadas (WONG; STÜR, 1995; GARCEZ NETO, 2006; GOBBI, 2007).

A redução na intensidade luminosa e as alterações na qualidade da luz sob as árvores promovem redução no perfilhamento e conseqüentemente diminuem o IAF de gramíneas (PERI et al., 2007). O inverno, observado no período experimental, foi rigoroso, podendo ter prejudicado o desenvolvimento de pontos de crescimento assim como ter reduzido as reservas metabólicas acumuladas nas raízes, principalmente na distância mais próxima das árvores.

A Primavera 2010 não apresentou diferença ($P < 0,05$) entre as distâncias contrariamente ao que foi relatado para o Inverno 2010 e o Verão 2011. Esse fato provavelmente se deve ao início da estação com condições favoráveis ao desenvolvimento da forragem principalmente a recomposição da área foliar.

No inverno, a limitação de recursos induz a utilização do C no crescimento radicular, permitindo melhor exploração dos recursos limitantes do meio (MORALES, 1998) e acumular mais reservas de carboidratos (CARVALHO et al., 2001; LUPINACCI, 2002) com o intuito de permitir rápido crescimento quando houver condições favoráveis ao crescimento, neste caso, o início das primeiras chuvas na primavera.

Costa et al. (2003) relatou que o vigor de rebrota em *Paspalum atratum* cv. Pojuca foi diretamente proporcional ao IAF remanescente. Porfírio-Da-Silva, (1998) observou tendência geral de o IAF ser menor dentro do sistema silvipastoril em relação à pastagem sem árvores, porém, os valores de inverno foram maiores no SSP do que na pastagem sem sombreamento. Gobbi (2007, 2009) relatou que o IAF da braquiária não sofreu alterações em função de taxas de sombreamento de 0, 50 e 70%, no primeiro e terceiro corte, mas apresentou redução linear no segundo corte, com o incremento nos níveis de sombra.

Gutmanis (2004), trabalhando com duas densidades de árvores que permitiam passagem de 29 e 21% da radiação fotossinteticamente ativa encontrou diferenças significativas, no IAF, entre densidades de árvores, assim como entre as forrageiras (*Panicum maximum* Jacq. cv. Gatton Panic, *B. brizantha*, *B. humidicola*, tifton-85 e *Panicum Maximum* cv. Tanzânia).

4.3.8 Área Foliar Específica

Os dados de área foliar específica tiveram influência da interação distância × estação ($P < 0,0001$). As maiores médias de AFE foram observadas no Verão 2011 e as menores no Inverno, para as três distâncias (Figura 13). A 2,0 m das árvores, distância com maior sombreamento, observou-se maior AFE na Primavera 2009, Outono e Inverno de 2010, em relação às duas outras distâncias, no entanto nos dois verões e na Primavera 2010 a AFE na distância 2,0 m superou apenas a distância 4,75 m.

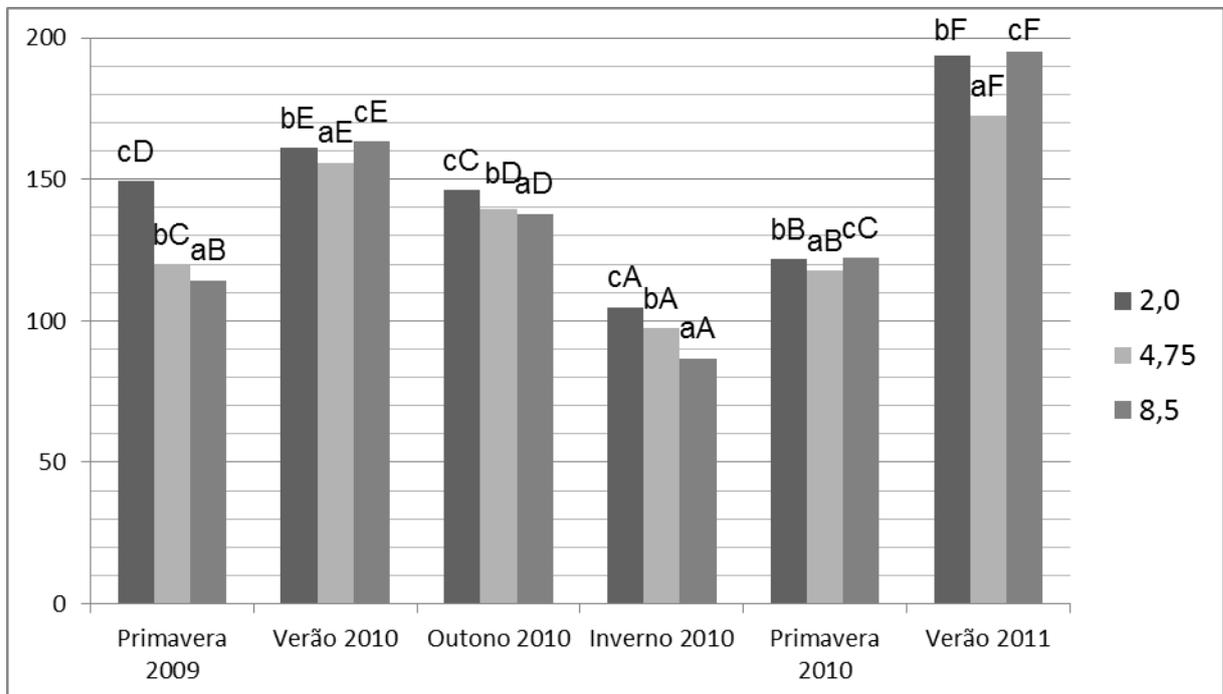


Figura 13 - Área foliar específica em dosséis de capim-braquiária em três distâncias das linhas de árvores em sistema silvipastoril. Médias seguidas de mesma letra maiúscula dentro de cada distância e minúscula para estação não diferem entre si pelo teste de Tukey

Para maximizar a captação da luz disponível, as plantas sombreadas investem, relativamente, maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, e geralmente, possuem folhas delgadas, maior AFE e folhas com menor densidade de massa (LAMBERS et al., 1998).

A AFE é uma característica ecofisiológica importante na compreensão das relações hídricas da vegetação e o ciclo de carbono (PIERCE et al., 1994). Após uma desfolhação severa, plantas que tenham uma maior taxa de alocação de C nos

meristemas foliares associado com maior AFE, podem ter maior taxa de crescimento.

Gobbi et al. (2009) relataram que a área foliar por perfilho aumentou com o sombreamento, assim como a área foliar específica (AFE). No entanto o índice de área foliar da *B. decumbens*, não sofreu alterações com os níveis de sombreamento no primeiro e terceiro corte, mas apresentou redução linear no segundo corte com o aumento nos níveis de sombra.

Guenni, Seiter e Figueroa (2008), observaram que a AFE aumentou em *B. decumbens* com a diminuição da intensidade da luz em função de uma maior redução na biomassa de folhas do que em área foliar e ainda que, a redução na biomassa das folhas foi resultado de um menor número de perfilhos.

5 CONCLUSÕES

As árvores nativas implantadas no sistema silvipastoril influenciam a transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa, o armazenamento de água no solo e os componentes morfológicos e produtivos da *B. decumbens*.

A redução na transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa em 47% a 2,0 m das árvores tutoras, no verão, ocasiona diminuição de 40% na massa de forragem de *B. decumbens*, comparada com a distância de 8,5 m com 11% de sombreamento.

Sombreamento de até 26% não afeta a densidade, massa de forragem, massa de material morto, massa de colmos e massa de folhas de *B. decumbens*.

Transmissividade da radiação fotossinteticamente ativa menor que 66% afeta a estrutura do dossel e componentes morfológicos de *B. decumbens*

A primeira característica do dossel forrageiro de *B. decumbens* a apresentar modificações em virtude da interferência das árvores é a massa de material morto seguida pela densidade, massa de forragem, massa de colmo e folha.

REFERÊNCIAS

ABEL, N.; BAXTER, J.; CAMPBELL, A.; CLEUGH, H.; FARGHER, J.; LAMBECK, R.; PRINSLEY, R.; PROSSER, M.; REID, R.; REVELL, G.; SCHMIDT, C.; STIRZAKER, R.; THORBURN, P. **Design principles for farm forestry**: a guide to assist farmers to decide where to place trees and farm plantations on farms. RIRDC/LWRRRRDC/FWPRDC Joint Venture Agroforestry Program, 1997. Disponível em: < <http://www.mtg.unimelb.edu.au/publications/design.htm>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 31, p. 163-167, 1991.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F. Adaptação, produtividade e persistência de *Arachis pinto* submetido a diferentes níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 439-445, maio/jun. 1999.

ANDRADE, C.M.S.; GARCIA, R.; COUTO, L. ;PEREIRA, O.G. Fatores limitantes ao crescimento do capim-tanzânia em um sistema agrossilvipastoril com eucalipto, na região dos cerrados de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Piracicaba, v. 30, n. 4, p. 1178-1185, 2001.

ANDRADE, C.M.S.; VALENTIM, J.F.; CARNEIRO, J.C.; VAZ, F.A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.263-270, Mar 2004.

ARYA R. A silvipastoral study combining *Cenchrus ciliaris* and three species of tree in arid India. **Journal of Arid Environments**, Maryland, v. 65 p. 179-191, 2006.

BAGGIO, A.J. **Sinopse de algumas vantagens e desvantagens dos sistemas silvipastoris com *Pinus spp.*** Curitiba: EMBRAPA, URPFC, 1983. 10 p. (EMBRAPA. URPFC. Circular Técnica, 7).

BAHMANI, I.; HAZARD, L.; VARLETGRANCHER, C.; M BETIN,M.; LEMAIRE, G.; MATTHEW, C.; THOM, E.R. Differences in tillering of long - and short - leaved perennial ryegrass genetic lines under full light and shade treatments. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 1095-1102, 2000.

BALLARE, C.; SCOPEL, A.L.; SANCHEZ, R.A. Far-red radiation reflected from adjacent leaves: an early signal of competition in plant canopies. **Sciences**, Washington, v. 247, p. 332-331, 1990.

BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v. 41, p. 269-276, 2007.

BELSKY, A.J. Influences of trees on savanna productivity: tests of shade, nutrients, and tree-grass competition. **Ecology**, Washington, v. 75, n. 4, p. 922-932, 1994.

BELSKY, A.J.; MWONGA, S.M.; AMUNDSON, R.G.; DUXBURY, J.M.; ALI, A.R. Comparative effects of isolated trees on their canopy environment in high and low rain fall savanna. **Journal applied Ecology**, London, v. 30 p. 143-155, 1993.

BELSKY, A.J.; AMUNDSON, R.G.; DUXBURY, J.M.; RIHA, S.J.; ALI, A.R.; MWONGA, S.M. The effects of trees on their physical, chemical, and biological environments in a semiarid savanna in Kenya. **Journal applied Ecology**, London, v. 26, p. 1005-1024, 1989.

BELESKY, D.P. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: I. Dry matter production and partitioning. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 65, p. 81-90, 2005a.

_____. Growth of *Dactylis glomerata* along a light gradient in the central Appalachian region of the eastern USA: II. Mechanisms of leaf dry matter production. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 65, p. 91-98, 2005b.

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

BERLYN, G.P.; CHO, J. Light, moisture, and nutrient use by plants. In: ASHTON, M.S.; MONTAGNINI, F. (Ed.). **The silvicultural basis for agroforestry systems**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 9-39.

BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.M. FERREIRA, E., OLIVEIRA, O.C.; REZENDE, C.P. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v. 103, p. 389-403, 2004.

BOLIVAR, D. **Contribution of *Acacia mangium* to the improvement of fodder quality of *Brachiaria humidicola* and fertility in acid soils in humid tropic**. 1998. Thesis (MSc) – CATIE, Turrialba, 1998.

BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, Washington, v. 34, p. 27-39, 2002.

BOX, G.E.P.; COX, D.R. An analysis of transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 26, n. 2, p. 211–252, 1964.

BRAZIOTIS, D.A.; PAPANASTASIS, V.P. Seasonal changes of understorey herbage yield in relation to light intensity and soil moisture content in a *Pinus pinaster* plantation. Netherlands, **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 29, p. 91-101, 1995.

BUERGLER, A.; FIKE, J.; BURGER, J.; MCKENNA, J.; FELDHAKE, C.M. Forage production and nutritive value within a temperate silvopasture system. In: WORLD CONGRESS OF AGROFORESTRY, 2004, Orlando. **Abstract...** Orlando, 2004. p. 111.

BURNER, D.M.; BRAUER, D.K. Herbage response to spacing of loblolly pine trees in a minimal management silvopasture in the southeastern USA. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 57, p. 69-77, 2003.

CAMPBELL, C.D.; ATKINSON, D.; JARVIS, P.G.; NEWBOULD, P. Effects of nitrogen fertiliser on tree/pasture competition during the establishment phase of a silvopastoral system. **Annals of Applied Biology**, New York, v. 124, p. 83-96, 1994.

CAMPOS, N.R.; PACIULLO, D.S.C.; BONAPARTE, T.P.; NETTO, M.M.G.; CARVALHO, R.B.; TAVELA, R.C.; VIANA, F.M.F. Características Morfogênicas e Estruturais da *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril e cultivo exclusivo. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 819-821, 2007.

CARVALHO, M.M. Utilização de sistemas silvipastoris. In: FAVORETTO, V., RODRIGUES, L.R.A.; RODRIGUES, T.J.D. (Ed.). **Ecossistema de pastagens**. Jaboticabal: UNESP, FCAV, 1997. p. 164-207.

_____. **Arborização de pastagens cultivadas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 1998. 37 p. (Embrapa Gado de Leite. Documentos, 64).

_____. Contribuição dos sistemas silvipastoris para a sustentabilidade da atividade leiteira. In: SIMPÓSIO SOBRE SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE LEITE A PASTO E EM CONFINAMENTO, 1., 2001, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2001. p. 85-108.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; ANDRADE, A.C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um sub-bosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicais**, Managua, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995.

CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P.; XAVIER, D.F. Início de florescimento, produção e valor nutritivo de gramíneas forrageiras tropicais sob condições de sombreamento natural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 717-722, 2002.

CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. v. 1, 1.039 p.

CASTRO, C.R.T. **Tolerância de gramíneas forrageiras tropicais ao sombreamento**. 1996. 247p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1996.

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

CASTRO, C.R.T.; PACIULLO, D.S.C; GOMIDE, C.A.M; MULLER, M.D; NASCIMENTO JR., E.R. Características agronômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 60, p.19-25, dez. 2009. Edição especial.

COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEND, C.R.; PEREIRA, R.G. A.; PAULINO, V.T. **Sistemas silvipastoris em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004. 18 p. (Embrapa Rondônia. Documentos, 86).

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; MAGALHÃES, J.A.; PAULINO, V.T.; PEREIRA, R.G.A. Formação e manejo de pastagens na Amazônia do Brasil. **Revista Electrónica de Veterinária**, Malaga, v. 7, n. 1, p 9-30. 2006.

COSTA, N.L.; TOWNSEND, C.R.; PAULINO, V.T.; PEREIRA, R.G.A.; MAGALHÃES, J.A. **Resposta de *Paspalum atratum* cv. Pojuca à regimes de cortes**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2003. 3 p. (Embrapa Rondônia. Comunicado Técnico, 256).

CRUZ, P. Effect of shade on the carbon and nitrogen allocation in a perennial tropical grass, *Dichanthium aristatum*. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 48, n. 306, p. 15-24, 1997.

CRUZ, P.G. da. **Produção de forragem em *Brachiaria brizantha*: adaptação, geração e avaliação de modelos empíricos e mecanicistas para a estimativa do acúmulo de forragem**. 2010. 102 p. Tese (Doutorado em Ciência animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-11022011-101117/>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

DANIEL, O.; COUTO, L.; VITORINO, A.C.T. Sistemas agroflorestais como alternativas sustentáveis à recuperação de pastagens degradadas. In: SIMPÓSIO – SUSTENTABILIDADE DA PECUÁRIA DE LEITE NO BRASIL, 1., 1999, Goiânia. **Anais...** Juíz de Fora: EMBRAPA, CNPGL, 1999b. p.151-170.

DANIEL, O.; COUTO, L.; SILVA, E.; JUCKSCHI, I.; GARCIA, R.; PASSOS, C.A.M. Sustentabilidade em sistemas agroflorestais: indicadores biofísicos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 23, n. 3, p. 367-370. 1999a.

DANIEL, O.; COUTO, L.; SILVA, E.; PASSOS, C.A.M.; JUCKSH, I. ; GARCIA, R. Sustentabilidade em sistemas agroflorestais: indicadores socioeconômicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 159-175, 2000.

DE FREITAS, C.A.; GOULART, D.D.; ALVES, F.D. **O processo de arenização no Sudoeste do Rio Grande do Sul: uma alternativa para o seu desenvolvimento sócio-econômico**. Disponível em: <http://www.fee.rs.gov.br/sitefee/download/eeg/1/mesa_11_freitas_goulart_alves.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2011.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; Maasen, A. Effects of light intensity on nitrogen metabolism. **Netherland Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 44, p. 111-124, 1996.

DEVKOTA, N.R.; KEMP, P.D.; VALENTINE, I.; HODGSON, J. Shade tolerance of pasture species in relation to deciduous tree, temperate silvopastoral systems. **Agronomy Society of New Zealand**, Havelock North, v. 30, p. 101-107, 2000.

DEY, D.; CONWAY, M.R.; GARRETT, H.E.; HINCKLEY, T.S.; COX, G.S. Plant-Water Relationships and Growth of Black Walnut in a Walnut-Forage Multicropping Regime. France, **Forest Science**, Cambridge, v. 33, p. 70-80, 1987.

DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomass allocation of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 2335-2341, 2000.

_____. Tolerance to flooding in five *Brachiaria brizantha* accessions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 439-447, 2002.

_____. **Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 173p.

_____. **Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas**. Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 30 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 258).

DIAS-FILHO, M.B.; FERREIRA, J.N. Barreiras para a adoção de sistemas silvipastoris. In: SIMPÓSIO DE FORRAGICULTURA E PASTAGENS, 6., 2007, Lavras. **Anais...** Lavras: NEFOR: UFLA, 2007. p. 347-365.

_____. **O pastejo e a biodiversidade da pastagem**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2009. 46 p. Embrapa Amazônia Oriental. (Documentos, 355).

DOSSA, D.; MONTOYA VILCAHUAMAN, L.J. As atividades florestal e agroflorestal como alternativas de renda aos produtores rurais. In: SEMINÁRIO SUL-BRASILEIRO DE ADMINISTRAÇÃO RURAL, 2., 2002. Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2002. p. 127-141.

DUBOIS J.C.L. **Manual Agroflorestal para a Mata Atlântica, Brasil**. Brasil, 2007. 60 p.

ELEVITCH, C.R.; KIM M.W. **The overstory book: cultivating connections with trees**. Holualoa: Permanent Agriculture Resources, 2001. 414 p.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA Produção de Informação, 1999. 412 p.

ERIKSEN, F.I.; WHITNEY, A.S. Effect of light intensity on growth of some tropical forage species. I. Interaction of light intensity and nitrogen fertilization on six forage grasses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, p. 427-433, 1981.

FAO. **FAOSTAT © FAO Statistics Division 2010**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 26 out. 2011.

FARFAN-VALENCIA, F.; ARIAS-HERNANDEZ, J.J.; RIANO-HERRERA, N.M. Desarrollo de una metodología para medir sombrio en sistemas agroflorestales con café. **Cenicafé**, Chinchina, v. 54, n. 1, p. 24-34, 2003.

FELDHAKE, C.M. Pasture soil surface temperature responses to drought. Madison, WI, **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 652–656, 1996.

FELDHAKE, C.M. Microclimate of a natural pasture under planted *Robinia pseudoacacia* in central Appalachia, West Virginia. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 53, p. 297-303, 2001.

FERRAZ, J.B.S.; FELÍCIO, P.E.D. Production system – An example from Brazil. **Meat Science**, Barking, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010.

FRADE DA SILVA, C.C.M. **Características morfológicas e anatômicas de *Brachiaria decumbens* Stapf (Poaceae) em um sistema silvipastoril**. 2007. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

FRANKE, I.L.; FURTADO, S.C. **Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p. (Embrapa Acre. Documentos, 74).

GARCEZ NETO, A.F. **Avaliação fisiológica, morfológica e estrutural de forrageiras de clima temperado sob diferentes regimes de luminosidade**. 2006. 102 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

GARCIA, R.; COUTO, L. Silvopastoral systems: emergent technology of sustainability. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON ANIMAL PRODUCTION UNDER GRAZING, 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, DZO, 1997. p. 281-302.

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**, Oxford, v. 83, p. 423-429, 1999.

GOBBI, K.F. **Características morfoanatômicas, nutricionais e produtividade de forrageiras tropicais submetidas ao sombreamento**. 2007. 82 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C. Leaf tissues degradation of signalgrass hay pretreated with urea and submitted to in vitro digestion. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 5, p. 802-809, 2008.

GOBBI, K.F. GARCIA, R.; NETO, A.F.G.; GOMES, O.P.; 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**, Viçosa, v. 38, n. 9, p. 1645-1654, 2009.

GOMIDE, J.A.; GOMIDE, C.A.M. Utilização e manejo de pastagens. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 808-825.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, p. 1487-1494, 2007.

GOMIDE, J.A.; WNDLING, I.J.; BRAS, S.P. et al. Consumo e produção de leite de vacas mestiças em pastagem de *Brachiaria decumbens* manejada sob duas ofertas diárias de forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1194-1199, 2001.

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

GUSTAFSON, A.F. Composition of black locust leaf mold and leaves and some observations on the effects of black locust. **Journal of the American Society of Agronomy**, Madison, v. 27, p. 237-239, 1935.

GUTMANIS, D. **Estoque de carbono e dinâmica ecofisiológica em sistemas silvipastoris**. 2004. 142 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2004.

GYENGE, J.E.; FERNÁNDEZ, M.E.; DALLA SALDA, G.; SCHLICHTER, T.M. Silvopastoral systems in Northwestern Patagonia II: water balance and water potential in a stand of *Pinus ponderosa* and native grassland. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 55, p. 47-55, 2002.

HEALEY, K.D.; RICKERT, K.G.; HAMMER, G.L.; BANGE, M.P. Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. **Australian Journal of Agricultural Research**, Camberra, v. 49, p. 665-672, 1998.

HIKOSAKA, K. Leaf canopy as a dynamic system: ecophysiology and optimality in leaf turnover. **Annals of Botany**, Oxford, v. 95, p. 521-533, 2005.

HOLLAND, V.L. Effect of blue oak on rangeland forage production in central California. In: SYMPOSIUM ON THE ECOLOGY, MANAGEMENT AND UTILIZATION OF CALIFORNIA OAKS, 1979, Claremont, 1979. **Proceedings...** Berkeley: Forest Service, U.S. Department of Agriculture, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 1980. p. 314-318. (General Technical Report, PSW-44).

HOUGHTON, D. Trees and erosion control. **Queensland Agricultural Journal**, Brisbane, v. 110, n. 1, p. 9-12. 1984.

HUMPHREYS, L.R. **Tropical forages:** their role in sustainable agriculture. New York: Longman Scientific & Technical, 1994. 193 p.

IBRAHIM, M.; SCHLONVOIGT, A.; CAMARGO, J.C.; SOUZA, M. Multistrata silvipastoral systems for increasing productivity and conservation of natural resources in Central America. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro, São Paulo. **Proceedings...** São Pedro, 2001. 1 CD-ROM.

KEPHART, K.D.; BUXTON, D.R.; TAYLOR, S.E. Growth of C3 and C4 Perennial Grasses under Reduced Irradiance. **Crop Science**, Madison v. 32, p. 1033-1038, 1992.

KICHEL, A.N.; MIRANDA, C.H.B.; ZIMMER, A.H. Degradação de pastagens e produção de bovinos de corte com a integração agricultura x pecuária. In: SIMPOSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 1., 1999, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1999. p. 201-234.

KINYAMARIO, J.I.; TRILICA, M.J.; NJOKA, T.J. Influence of tree shade on plant water status, gas exchange and water use efficiency of *Panicum maximum* Jacq. and *Themeda triandra* Forsk. in a Kenia savanna. **African Journal of Ecology**, East Africa, v. 33, p. 114-123, 1995.

KNOOP, W.T.; WALKER, B.H. Interactions of woody and herbaceous vegetation in a Southern African savanna. **Journal of Ecology**, London, v. 73, p. 235-254, 1985.

KOLLER, W.W.; VALÉRIO, J.R. Preferência de cigarrinhas-das-pastagens por plantas de *Brachiaria decumbens* Stapf cv Basilisk com diferentes características morfológicas. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 16, n. 1, p. 131-143, 1987.

KRUEGER, W.C. How a forest affects a forage crop. **Society for Range Management**, Rangelands, v. 3 n.2, p.70-71, 1981.

LACA, E.A.; LEMAIRE, G. Measuring sward structure. In: T'MANNETJE, L.; JONES, R.M. (Eds.). **Field and laboratory methods for grassland and animal production research**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. p. 103-121.

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

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001. São Pedro, **Proceedings...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 29-37.

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

LEME, T.M.P.; PIRES, M.F.A.; VERNEQUE, R.S.V.; ALVIM, M.J.; AROEIRA, L.J.M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 668-675, 2005.

LIMA, W.P. **O reflorestamento com eucalipto e seus impactos ambientais**. São Paulo: Artpress, 1987. 100 p.

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

_____. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 53, p. 269-281, 2001.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. v. 2, 373 p.

LUPINACCI, A.V. **Reservas orgânicas, índice de área foliar e produção de forragem em *Brachiaria brizantha* cv. Marandu submetida a intensidades de pastejo por bovinos de corte**. 2002. 160 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-27082002-135702/>>. Acesso em: 05 jul. 2012.

MACEDO, M.C.M. Análise comparativa de recomendações de adubação em pastagens In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 20., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. p. 317-356.

_____. Pastagens no ecossistema Cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 42., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: SBZ, 2005. p. 56-84.

MAGALHÃES, A.C.N. Fotossíntese. In: FERRI, M.G. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. São Paulo: EPU, EDUSP, 1979. v. 1, p. 117-163.

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**, Viçosa, v. 33, p. 282-289, 2004.

MELONI, S. A simplified description of the three-dimensional structure of agroforestry trees for use with a radioactive transfer model. Netherlands, **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 43, p. 121-134, 1999.

MENEZES, R.S.C.; SALCEDO, I.H.; ELLIOT, E.T. Microclimate and nutrient dynamics in a Silvopastoral system of semiarid northeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 56, p. 27-38, 2002.

MILLS, B. Dyanamic duo: cattle and pine trees. **The Furrow**, Moline, v. 104, p. 7-8, 1998.

MOCHIUTTI, S.; MEIRELLES, P.R. de L. Sistemas silvipastoris no Amapá: situação atual e perspectivas. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C.(Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Brasília: Embrapa Gado de Leite; FAO, 2001. p. 77-99.

MONTOYA VILCAHUAMAN, L.J.; BAGGIO, A.J.; SOARES, A. DE O. **Guia pratico de arborização de pastagens**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 15 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 49).

MORALES, A.A. **Morfogênese e repartição de carbono em *Lotus corniculatus* L cv. São Gabriel sob o efeito de restrições hídricas e luminosas**. 1998. 74 p. Tese (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2002. 625 p.

MOREIRA, G.R.; SALIBA, E.O.S; MAURÍCIO, R.M; SOUSA, L.F; FIGUEIREDO, M.P; GONÇALVES, L.C; RODRIGUEZ, N.M. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. marandu em sistemas silvipastoris. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 3, p. 706-713, 2009.

MORITA, O.;GOTO, M.;EHARA, H. Growth and dry matter production of pasture plants grown under reduced light conditions of summer season. **Bulletin of the Faculty of Bioresources**, Mie University, v. 12, n. 1, p.11-20, 1994.

MOSCA, C. El aprovechamiento del recurso suelo en um emprendimiento silvopastoril. **El Observador Agropecuario**, Montevideo, p. 10-11, 23 Oct. 1998.

MOSQUERA-LOSADA, M.R.; McADAM, J.H.; RIGUEIRO-RODRIGUEZ, A. **Silvopastoralism and Sustainable Management**. Lugo, Spain. 2004. 203p. (International Congress, Universidad Santiago de Compostela)

MURGUEITIO, E. Intensive sustainable livestock production; an alternative to tropical deforestation. Colombia, *Ambio*, Stockholm, v. 19, p. 397-400, 1990.

MYERS, R.J.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pastures in the tropics 5. Maintaining productive sown pastures. *Tropical Grasslands*, Brisbane, v. 25, p. 104-110, 1991.

NELSON, D.L.; COX, M.M. *Lehninger principles of biochemistry*. 6th ed. New York: W. H. Freeman, 2004. 1124 p.

NICODEMO, M.L.F. Sistemas silvipastoris: árvores e pastagens, uma combinação possível. In: ZOOTEC – PRODUÇÃO ANIMAL E RESPONSABILIDADE, 2005. Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2005. 1 CD-ROM.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.; V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa: SBCS, 2007. 1050 p.

OLIVEIRA, L.M.F.; YANAGI JR, T.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 823-831, set./dez. 2006.

OLIVEIRA, M.E.; LEITE, L.L.; FRANCO, A.C.; CASTRO, L.H.R. Efeito de duas espécies nativas de árvores sobre as propriedades do solo e forragem de *Brachiaria decumbens* Stapf. **Pasturas Tropicales**, Managua, v. 27, n. 1, 2005.

OLIVEIRA NETO, S.N.; VALE, A.B.; NACIF, A.P.; VILAR, M.B.; ASSIS, J.B. **Sistema agrossilvipastoril**: integração lavoura, pecuária e floresta. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. 189p.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

ONG, C.K.; CORLETT, J.E.; SIGNH, R.P.; BLACK, C.R. Above and below ground interactions in agroforestry systems. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 45, p. 45-57, 1991.

ONG, C.K.; LEAKEY, R.R.B. Why tree-crop interactions in agroforestry appear at odds with tree-grass interactions in tropical savannahs. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 45, p. 109-129, 1999.

OSEI-BONSU, K.; OPOKU-AMEYAW, K.; AMOAH, F.M.; OPPONG, F.K. Cacao-coconut intercropping in Ghana: agronomic and economic perspectives. Netherlands, **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 55, p. 1-8, 2002.

OVALLE, M.C.; AVENDAÑO, R.J.; OVALLE, M.C. The silvopastoral utilization of spinal (*Acacia caven* savanna) in the Mediterranean climatic zone of Chile. INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 16., 1989, Nice. **Proceedings...** Nice, 1989. p. 235-237.

PACIULLO, D.S.C.; CAMPOS, N.R.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; TAVELA, R.C.; ROSSIELLO, R.O.P. Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 7, p. 917-923, jul. 2008.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.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**, Brasília, v. 42, p. 573-579, 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**, Viçosa, v. 40, n. 2, p. 270-276, 2011.

PEREIRA, L.E.T. **Morfogênese e estrutura do dossel de pastos de capim-marandu submetidos à lotação contínua e ritmos morfogênicos contrastantes.**

2009.111 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11139/tde-22062009-143938/>>. Acesso em: 26 abr. 2012.

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

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; GALLO, P.B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 487-499, 2005.

PEZZOPANE, J.R.M.; GALLO, P.B.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro anão-verde. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 293-302, 2003.

PEZZOPANE, J.R.M.; MARSETTI, M.M.S.; SOUZA, J.M.; PEZZOPANE, J.E.M. Condições microclimáticas em cultivo de café conilon a pleno sol e arborizado com nogueira macadâmia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, p. 1-7, 2010.

PIERCE, L.L.; RUNNING, S.W.; WALKER, J. Relationships of leaf area index to specific leaf area and leaf nitrogen content. **Ecological Applications**, New York, v. 4, n. 2, p. 313-321, 1994.

PLATIS, P.D.; PAPANASTASIS, V.P. Relationship between shrub cover and available forage in Mediterranean shrublands. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 57, p. 59-67, 2003.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistema silvipastoril (grevílea + pastagem): uma proposição para aumento da produção do arenito caiué. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1., 1994, Porto Velho. **Anais...** Colombo: EMBRAPA, CNPF, 1994. p. 291-297. (EMBRAPA. CNPF. Documentos, 27).

_____. Sistemas silvipastoris para a produção de carne. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 23., 2006, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2006. p. 297-326.

_____. **Modificações microclimáticas em sistemas silvipastoris com *Grevillea robusta* A.Cunn, na região noroeste do Paraná.** 1998. 128 p. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MAZUCHOWSKI, J.Z. **Sistemas silvipastoris: paradigma dos pecuaristas para agregação de renda.** Curitiba: EMATER-PR, 1999. 52 p. (Série Informação Técnica, 50)

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; VIEIRA, A.R.R.; CARAMORI, P.H.; BAGGIO, J.A. Sombras e ventos em sistema silvipastoril no noroeste do Estado do Paraná. In. CONGRESSO BRASILEIRO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 2., 1998, Belém. **Resumos...** Belém: Embrapa, CPATU, 1998. p. 215-218.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; VIEIRA, A.R.R.; CARAMORI, P.H.; BAGGIO, A.J. A radiação solar em pastagem arborizada com renques de *Grevillea robusta* A. Cunn. **Revista Brasileira Agrossilvicultura**, Viçosa, v. 1, n. 2, p. 187-193, jul./dez. 2004.

PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M.S. **Mudanças climáticas:** visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p. (Documentos, 70).

RADWANSKI, S.A.; WICKENS, G.E. The ecology of *Acacia albida* on mantle soils in Zalingei, Jebel Marra, Sudan. **Journal of Applied Ecology**, London, v. 4, p. 569-578, 1967.

RANGEL, J.H.A.; ALMEIDA, S.A.; MUNIZ, E.N. Sistema silvipastoril: uma alternativa para a produção de ruminantes. In: MUNIZ, E.N.; GOMIDE, C.A.M.; RANGEL, J.H.; ALMEIDA, S.A.; SÁ, C.O.; SÁ, J.L. (Ed.). **Alternativas alimentares para ruminantes II.** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2008. p. 245-267.

RATLIFF, R.D.; DUNCAN, D.A.; WESTFALL, S.E. California oak-woodland overstory species affect herbage understory: Management implications. **Journal of Range Management**, Berkeley, v. 44, p. 306, 1991.

REICH P.B.; UHL, C.; WALTERS, M.B.; ELLSWORTH, D.S. Leaf lifespan as a determinant of leaf structure and function among 23 tree species in Amazonian forest communities. **Oecologia**, Heidelberg, v. 86, p. 16-18, 1991.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargill. 1985. 486 p.

REYNOLDS, S.G. **Pasture-cattle-coconut systems**. Bangkok: FAO-RAPA, 1995. 668 p. (FAO. Rapa Publications, 1995/7).

RIBASKI, J.; MONTOYA, L.J.; RODIGHERI, H.R. Sistemas agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, p. 61-67, 2001.

ROBSON, M.J.; RYLE, G.J.A.; WOLEDGE, J. The grass plant: its form and function. In: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (Ed.). **The grass crop: the physiological basis of production**. London: Chapman and Hall, 1988. p. 25-83.

RUSCHEL, A.R.; NODARI, E.S.; GUERRA, M.P.; NODARI, R.O. Evolução do uso e valorização das espécies madeiráveis da Floresta estacional decidual do Alto-Uruguai, SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 153-166, 2003.

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**, Ottawa, v. 114, p. 161-169, 1990.

SANCHÉZ, M.D. Panorama dos sistemas agroflorestais pecuários na América Latina. In: CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J.; CARNEIRO, J.C. (Ed.). **Sistemas agroflorestais pecuários: opções de sustentabilidade para áreas tropicais e subtropicais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite; Brasília: FAO, 2001. p. 9-17.

SANTOS, M.V.; MOTA, V.A.; TUFFI SANTOS, L.D.; OLIVEIRA, N.J.F.; GERASEEV, L.C.; DUARTE, E.R. Sistemas agroflorestais: potencialidades para produção de forrageiras no norte de Minas Gerais. In: GERASEEV, L.C.; OLIVEIRA, N.J.F.; CARNEIRO, A.C.B.; DUARTE, E.R. (Ed.). **Recomendações técnicas para vencer o desafio nutricional no período da seca**. Montes Claros: UFMG; ICA, 2008. p. 99-109.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: guide of personal computers; version 9.2. Cary, 2009. v. 1.

SCHMITT, J.; WULFF, R.D. Light spectral quality phytochrome and plant competition. Oxford, **Tree Physiology**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 47-51, 1993.

SCHREINER, H.G. Tolerância de quatro forrageiras a diferentes graus de sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 61-72, 1987.

SENTEK. **Diviner 2000**: user guide version 1.21. Stepney, 2000. 54 p.

SHARROW, S.H. Silvopastoralism: competition and facilitation between trees, livestock, and improved grass-clover pastures on temperate rainfed lands. In: BUCK, L.E.; LASSOIE, J.P.; FERNANDES, E.C.M. (Ed.). **Agroforestry in sustainable agricultural systems**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p.111-129.

SILVA, V.P. Sistema Silvopastoral (Grevílea+Pastagem: uma proposição para o aumento produção no arenito Caiuá. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 1, 1994, Porto Velho. **Anais**, Colombo-PR: EMBRAPA/CNPFFlorestas, 1994. V. 2. p. 291-297.

SILVA, I.J.O.; SILVA, K.O.; NÄÄS, I.A. Arborização: uma metodologia para avaliação da qualidade de sombras por meio dos índices de conforto térmico, In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., 1998. Goiânia. **Anais...** Goiânia, 1998. p. 277-283.

SKINNER, R.H.; NELSON, C.J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phylochron. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 1, p. 4-10, 1995.

SMITH, R.M. Some effects of black locusts and black walnut on southeastern Ohio pastures. **Soil Science**, Philadelphia, v. 53, p. 385-398, 1942.

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 Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 3, p. 443-451, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TEKLEHAIMANOT, Z.; JONES, M.; SINCLAIR, F. Tree and livestock productivity in relation to tree planting configuration in a silvopastoral system in North Wales, UK. Bangor, Gwynedd, UK. **Agroforestry Systems**, Amsterdam, v. 56, p. 47-55, 2002.

VALÉRIO, J.R. **Caracterização e avaliação do dano causado pelo adulto da cigarrinha-das-pastagens *Zulia entreriana* (Berg, 18799) em *Brachiaria decumbens* Stapf. Cv. Basilisk**. 1985. 152 p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

VALÉRIO, J.R.; KOLLER, W.W. **Proposição para o manejo integrado das cigarrinhas-das-pastagens**. Campo Grande: EMBRAPA, CNPGC, 1992. 37 p. (EMBRAPA. CNPGC, Documentos, 52).

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.A.S. Sistemas silvipastoris e produção animal nos trópicos úmidos: a experiência da Amazônia brasileira. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1., 1990. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 37-68.

VEIGA, J.B.; TOURRAND, J.F. **Pastagens cultivadas na Amazônia Brasileira: situação atual e perspectivas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 36 p. (Documentos, 83).

VEIGA, J.B.; ALVES, C.A.; MARQUES, L.C.T.; VEIGA, D.F. **Sistemas silvipastoris na Amazônia Oriental**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2000. 62 p. (Documentos, 56).

WILD, D.W.M.; WILSON, J.R.; STÜR, W.W.; SHELTON, H.M. Shading increases yield of nitrogen-limited tropical grasses. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. p. 2060-2062.

WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Canberra, v. 47, p. 1075-1093, 1996.

_____. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in sub humid South-East Queensland. **Tropical Grassland**, Brisbane, v. 32, p. 209-220, 1998.

WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. The environment and potential growth of herbage under plantations. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Ed.). **Forages for plantation crops**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1990. p. 10-24. (ACIAR. Proceedings, 32).

WONG, C.C.; STÜR, W.W. Mechanisms of persistence in tropical forages to defoliation under shade. In: MULLEN, B.F., SHELTON, H.M. (Ed.) **Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia**. Canberra: ACIAR, 1995. p. 37-41. (Publication, 64).

YOUNG, A. **Agroforestry for soil conservation**. Nairobi: ICRAF, 1991. 276 p.