

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA**  
**CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA**

**LETÍCIA MOURA RAMOS**

**ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS DE *Brachiaria***  
***decumbens* EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PECUÁRIA**

**São Luís- MA**

**2014**

**LETÍCIA MOURA RAMOS**

**ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS DE *Brachiaria*  
*decumbens* EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PECUÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão como requisito para obtenção do Título de Mestre em Agroecologia.

**Orientador: Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis**

SÃO LUÍS-MA  
2014

Ramos, Letícia Moura.

Estudo de variáveis ecofisiológicas de *Brachiariadecumbens* em diferentes sistemas de manejo de pecuária / Letícia Moura Ramos.– São Luís, 2014.

62 f

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2014.

Orientador: Prof. Fabrício de Oliveira Reis

1.Braquiária. 2.Sistema silvipastoril. 3.Eficiência fotoquímica. 4.Estimativa do teor de clorofila. I.Título

CDU: 633.2

**ESTUDO DE VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS DE *Brachiaria*  
*decumbens* EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PECUÁRIA**

**LETÍCIA MOURA RAMOS**

Aprovada em: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Fabrício de Oliveira Reis (Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

---

Prof. Dr. Paulo Henrique Aragão Catunda

Universidade Estadual do Maranhão/UEMA

---

Prof. Dra. Alena Torres Netto

Universidade Estadual do Norte Fluminense/UENF

## AGRADECIMENTOS

A Deus pai que me ajudou, me deu forças e sabedoria em tantos momentos difíceis e iluminou o meu caminho durante essa difícil caminhada.

Aos meus pais Berliete e Lourenço por me apoiarem em todos os momentos da minha vida, pelo carinho e por sempre acreditarem em mim.

Ao meu irmão Lucas e minha tia Verinha pelo carinho e apoio.

Ao meu namorado Augusto por sempre acreditar em mim e me dá força e coragem, me apoiando nos momentos de alegrias e dificuldades.

Ao professor Dr. Paulo Henrique A. Catunda, pela paciência na orientação e por acreditar no projeto. Foram valiosas suas contribuições para o meu crescimento intelectual e pessoal competência profissional que servirá de espelho pra a minha vida.

Ao professor Dr. Fabrício de Oliveira Reis, pelos ensinamentos valiosos e sua orientação segura e competente.

Aos meus amigos Edvan, Ricardo e Léo Vieira por me acompanharem nos trabalhos de campo, pelo convívio e pela equipe, ponto fundamental para a realização da pesquisa.

Ao meu amigo Eduardo por me ajudar não somente nas análises estatísticas, na revisão da minha dissertação e pelas palavras de força que me ajudaram em momentos de fraqueza.

Ao meu Amigo Rozalino por me ajudar nas análises estatísticas, pela amizade e pelas conversas agradáveis.

Aos meus colegas de turma, Robson, Roberto, Maria, Márcio, Elizabete e Robinson pela amizade e convívio agradável durante o curso.

Ao Dr. Mauroni por acreditar na viabilidade e sustentabilidade do sistema silvipastoril.

Ao Luís e Wirislene pelo apoio e momentos de amizade durante as medições na fazenda.

Ao Dr. Franciscano por ter permitido fazer uma parte do experimento na Fazenda Lua Cheia.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Desenvolvimento Científico (FAPEMA), pela concessão da bolsa de Mestrado e financiamento do projeto, que viabilizou a realização da pesquisa.

Aos pesquisadores João Zonta e Joaquim da Embrapa.

À todos aqueles que contribuíram diretamente e indiretamente para a realização desse trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	xii
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE SIGLAS .....	xiv
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>16</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1 SISTEMAS SILVIPASTORIS .....	18
<b>2.1.1 Vantagens do sistema silvipastoril .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.2 Limitações do sistema silvipastoril.....</b>	<b>19</b>
<b>2.1.3 Componente silvícola no sistema silvipastoril.....</b>	<b>20</b>
2.1.3.1 Gênero <i>Brachiaria</i> .....	20
2.1.3.2 Utilização de leguminosas .....	21
2.1.3.3 <i>Leucaena leucocephala</i> .....	22
2.2 ECOFISIOLOGIA VEGETAL .....	23
<b>2.2.1 Eficiência fotoquímica .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2 Estimativa do teor de clorofila (SPAD-502).....</b>	<b>25</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>36</b>
<b>ESTUDOS DE VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS DE <i>BRACHIARIA DECUMBENS</i></b> <b>EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PECUÁRIA .....</b>	<b>37</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>37</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>38</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
2.1 CONDIÇÕES DE CULTIVO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA .....	39
2.2 AVALIAÇÕES DAS VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS .....	43
<b>2.2.1 Eficiência fotoquímica.....</b>	<b>43</b>
<b>2.2.2 Estimativa do teor de clorofila (valor SPAD) .....</b>	<b>43</b>
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>45</b>
3.1 EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA .....	45
3.2 ESTIMATIVA DO TEOR DE CLOROFILA (VALOR SPAD) .....	55
3.3 MASSA DA MATÉRIA SECA .....	57
<b>4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>61</b>

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

FIGURA 1 - Sistema silvipastoril na época chuvosa (A, B,C) e época seca (D).....	40
FIGURA 2 - Sistema rotacionado com regeneração nativa na época chuvosa (A, B) e seca (C) .....	41
FIGURA 3 - Sistema extensivo na época chuvosa (A)e seca (C) com animais avaliados e reguladores (B). .....	41
FIGURA 4 - Dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar (A) e precipitação pluvial dos meses de abril à outubro de 2013 (B) no cerrado de São Francisco do Brejão-MA, 2013.....	42
FIGURA 5 - Mini-estação climatológica WatchDog modelo 2900ET instalada na área experimental de abril a outubro de 2013. ....	42
FIGURA 6 - Coleta de solo no sistema extensivo.....	43
FIGURA 7 - Medições com o Fluorômetro em folhas de capim braquiária, época chuvosa (A) e época seca (B).....	45
FIGURA 8 - Medições com o clorofilômetro SPAD no sistema silvipastoril. ....	45
FIGURA 9 - Gaiolas de exclusão no sistema extensivo.....	46

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resultado da análise química do solo, de amostras retiradas da profundidade de 0-20cm e 20-40 cm em diferentes sistemas de manejo de pecuária no município de São Francisco do Brejão em 2013 .....	43
TABELA 2 - Resultado da análise textural do solo, de amostras retiradas da profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm em diferentes sistemas de manejo de pecuária no município de São Francisco do Brejão em 2013 .....	44
TABELA 3 - Valores médios da fluorescência inicial ( $F_0$ ) em folhas de <i>B. decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00, 12:00 e 16:00 .....	47
TABELA 4 - Valores médios de fluorescência máxima ( $F_m$ ) em folhas de <i>B. decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00, 12:00 e 16:00 .....	49
TABELA 5 - Valores médios de fluorescência variável ( $F_v$ ) em folhas de <i>B. decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00h, 12:00h e 16:00h .....	51
TABELA 6 - Valores médios da eficiência fotoquímica ( $F_v/F_m$ ) em folhas de <i>B. decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00, 12:00 e 16:00 .....	53
TABELA 7 - Valores do Índice de Performance (PI) em folhas de <i>Brachiaria decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca .....	56
TABELA 8 - Valores médios da estimativa do teor de clorofila (SPAD) em folhas de <i>B. decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca. ....	58
TABELA 9 - Valores da Massa da matéria seca (kg/ha) em folhas de <i>Brachiaria decumbens</i> nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca .....	59

**LISTA DE SIGLAS**

SSP .....	Sistema Silvipastoril
ROT .....	Rotacionado
EXT .....	Extensivo
CO <sub>2</sub> .....	Gás carbônico
N .....	Nitrogênio
F <sub>0</sub> .....	Fluorescência inicial
F <sub>v</sub> .....	Fluorescência variável
F <sub>m</sub> .....	Fluorescência máxima
FSII .....	Fotossistema II
F <sub>v</sub> /F <sub>m</sub> .....	Eficiência quântica máxima do FSII
PI .....	Índice de Performance
SPAD .....	Soil and Plant Analysis Development

## CAPÍTULO I

---

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária brasileira se caracteriza por ter a maioria de seu rebanho criado em pastagens, que é a principal e mais econômica fonte de nutrientes para os bovinos. Porém, essas pastagens são normalmente de baixa qualidade devido à característica de nossos solos, das espécies cultivadas, e principalmente devido à falta de práticas como: adubação, uso de forrageiras adequadas, rodízio, taxa de lotação adequada, entre outras (OLIVEIRA *et al.* 1999).

O desenvolvimento de sistemas de uso da terra mais diversificados e equilibrados, menos dependentes de insumos externos e com maior longevidade produtiva é uma necessidade atual (FRANKE *et al.* 2001). A degradação de um solo sob intenso cultivo e mal manejado pode resultar em queda gradual e constante na produtividade das forrageiras, além da perda da fertilidade dos solos (PAULINO, 2007), nesse sentido surge a importância da escolha do sistema de manejo mais adequado. Entre os sistemas mais utilizados estão: sistema extensivo, rotacionado e silvipastoril.

O pastejo contínuo é a forma mais primitiva empregada para o aproveitamento do pasto. Consiste em deixar que os animais pastem durante todo o ano, ou durante vários anos na mesma pastagem. As variações neste sistema de pastejo, refere-se a lotação fixa ou variável. Embora simples, também oferece oportunidade para planificação, como ocorre com os métodos mais sofisticados, diversas práticas podem ser adotadas para aumentar sua eficiência e promover maiores produções de produto animal com oportunidades como: utilização do número adequado de animais em diferentes categorias, suplementação e limpeza de pastagens (MORAIS, 2005).

O pastejo rotacionado tem sido uma das principais técnicas adotadas no processo de intensificação dos sistemas pastoris. O pastejo rotacionado consiste na utilização de pelo menos dois piquetes submetidos a sucessivos períodos de descanso e ocupação. Durante o período de descanso ocorre a rebrota da planta forrageira na ausência do animal, no período de ocupação verifica-se a utilização do pasto pelos animais (consumo) (EMBRAPA, 2003).

Os sistemas silvipastoris, referem-se às técnicas de produção nas quais se integram animais, plantas forrageiras e árvores na mesma área. Apresentam grande potencial de benefícios econômicos e ambientais para os produtores e para a sociedade. É um sistema multifuncional, onde existe a possibilidade de intensificar a produção pelo manejo integrado dos recursos naturais evitando sua degradação, além de recuperar sua capacidade produtiva (SILVA, 2004).

No sentido de auxiliar a compreensão da flexibilidade das respostas bem como capacidade de aclimatação das espécies vegetais às variantes ambientais, relatando, sobretudo, as respostas fotossintéticas das plantas às diversas condições promotoras de estresse surge a Ecofisiologia vegetal. Uma ferramenta necessária para o entendimento de fatores ambientais como a seca, déficit nutricional e radiação ultravioleta (UV), dentre outros, que são frequentemente associados à diminuição da produção de culturas agrícolas e que torna extremamente importante investigar as respostas fisiológicas das espécies agrícolas a estresses abióticos (MENEZES *et al.* 2011).

Como os trabalhos que avaliam as variáveis ecofisiológicas em diferentes sistemas de manejo são escassos, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar as variáveis ecofisiológicas de plantas forrageiras em diferentes sistemas de manejo de pecuária no sul do Maranhão.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 SISTEMAS SILVIPASTORIS

A produção de bovinos de corte no Brasil é realizada principalmente de forma extensiva, em pastagens naturais ou cultivadas que ocupam solos marginais em relação às áreas agrícolas. A sustentabilidade da produção animal é comprometida principalmente pela condição de degradação das pastagens, favorecida pelo manejo animal inadequado e pela ausência de adubação de manutenção (MACEDO, 2009). A degradação dos solos, o superpastejo, a mecanização do solo entre outros processos e práticas estão associadas ao declínio das forrageiras. O gado mantido nessas pastagens, por sua vez (alimentando-se de forragens pobres, com baixa qualidade nutricional), apresenta baixo crescimento, lento desempenho reprodutivo e baixa produtividade (EMBRAPA, 2002).

Nesse sentido, os sistemas silvipastoris podem ser uma alternativa para que o problema de degradação das pastagens seja superado, pois contribuem para melhorar a capacidade produtiva dos animais (fertilidade, ganho de peso e produção de leite) e das pastagens, melhorando a fertilidade, a conservação do solo, minimizando o estresse climático sobre os animais, aumentando a rentabilidade por área e agregando valor à propriedade (OLIVEIRA *et al.* 2003; DUTRA *et al.* 2004).

O estabelecimento de sistemas silvipastoris implica na presença e o aproveitamento de pastagem e animais numa mesma área. Entre os benefícios de adicionar árvores para o sistema, especialmente quando se trata de leguminosas arbóreas, destacam-se a maior retenção de umidade e o aumento da fertilidade do solo, com melhoria da atividade biológica na sua superfície e maior conforto térmico para os animais (CARVALHO, 2001; LEME *et al.* 2005; PACIULLO *et al.* 2007).

Para Payne (1995), os sistemas silvipastoris constituem uma boa alternativa de uso da terra e exploração agrícola. Têm como objetivo principal aumentar a eficiência de uso dos recursos naturais e diversificar a produção da propriedade, envolvendo várias atividades agrícolas. Assim, em regiões tropicais úmidas, a integração entre rebanhos e cultivos arbóreos pode reproduzir os benefícios ecológicos da floresta e reduzir os impactos ambientais decorrentes do desmatamento para formar pastagens.

Segundo Payne (1985), a máxima produtividade dos sistemas silvipastoris é obtida quando a máxima quantidade de produto animal é obtida sem que ocorra decréscimo na produção da cultura arbórea, e vice-versa. Por isso, a produtividade desses sistemas não deve ser medida, somente com base no produto comercializado por unidade de área (NAIR, 1993).

### **2.1.1 Vantagens do sistema silvipastoril**

Existem vantagens ambientais e socioeconômicas destes sistemas integrados em comparação às monoculturas agrícolas. De acordo com Daniel (2000), entre as vantagens biológicas estão: a eficiência na utilização do espaço, melhoria das características químicas, físicas e biológicas do solo, aumento da produtividade, redução da erosão do solo, redução de extremos microclimáticos, aumento da biodiversidade e uso positivo do sombreamento.

Para Altieri (2002), entre as vantagens socioeconômicas estão, a variedade de produtos e / ou serviços, aumento de oportunidade de geração de renda, redução de tratos culturais, os vários componentes ou produtos do sistema podem ser usados como insumos na produção de outros e, portanto, os gastos com insumos comerciais e investimentos podem diminuir e pela eficiência ecológica, a produção total por unidade de área pode ser aumentada.

O sistema oferece vantagens de reduzir custos do controle de plantas invasoras. Além da fertilidade do solo que poderá ser aumentada, o esterco produzido pelos animais poderá melhorar as propriedades físicas e químicas do solo. A utilização de leguminosas forrageiras que venham a ser estabelecidas no consórcio trarão também um incremento de nitrogênio através da fixação simbiótica além de uma ciclagem de nutriente pela queda das folhas (GARCIA e COUTO, 1991)

Existem outras vantagens proporcionadas pelas árvores nos ecossistemas pecuários, como o microclima, que beneficia as plantas e os animais. As copas das árvores funcionam, também, como quebra ventos, diminuindo a demanda evaporativa das plantas herbáceas dos sub-bosques em relação às variações microclimáticas. Em períodos de estiagem, os solos apresentam maior teor de umidade sob a sua copa do que em áreas expostas diretamente ao sol e vento, contribuindo para melhorar o desempenho quantitativo e qualitativo das gramíneas forrageiras (CARVALHO, 2001).

Soma-se ainda, o aumento da biodiversidade que os sistemas silvipastoris proporcionam em regiões alteradas pelo uso inapropriado do solo, auxiliando na preservação de nascentes e mananciais, conferindo maior conforto aos animais (LEME *et al.* 2005).

### **2.1.2 Limitações do sistema silvipastoril**

Em virtude da procura por opções de produção sustentáveis por parte da sociedade mundial, as diferentes tecnologias agroecológicas e em especial os SSP têm apresentado avanços no que diz respeito à sua adoção. No entanto, segundo Carvalho *et al.* (2002), a sua implantação está ligada à necessidade de pesquisas sobre alguns aspectos importantes como a

adaptação e o desempenho das espécies às diferentes condições de clima e solo e os procedimentos para implantação.

O efeito de interação entre plantas pode ser positivo (favorecimento), neutro ou negativo (competição), e dependente de diversos fatores ecológicos (CALLAWAY; WALKER, 1997). Estes efeitos podem oscilar do favorecimento à competição, com estágios interativos coexistindo no tempo e espaço (ANDERSON e SINCLAIR, 1993).

Em sistemas silvipastoris, a necessidade de manutenção do equilíbrio entre seus componentes (árvores, forrageiras e herbívoros), aliada ao grande número de interações possíveis entre estes e os fatores clima e solo, aumenta a necessidade de um planejamento rigoroso, incluindo mercado, produtos, espécies, arranjo e manejo, bem como as dificuldades gerenciais na condução da atividade. Atualmente, o maior entrave à exploração de sistemas silvipastoris sustentáveis está na falta de informações técnicas para auxiliar, tanto no planejamento quanto no gerenciamento de tais sistemas (ANDRADE, *et al.* 2003).

A obtenção de sistemas silvipastoris sustentáveis depende do nível de conhecimento das interações existentes entre seus componentes, principalmente no que diz respeito aos diferentes níveis de exigência e utilização dos fatores naturais de produção, destacando-se luz, água e nutrientes (PEREIRA e REZENDE, 1997).

Segundo Andrade *et al.* (2002), uma das limitações para a implantação de sistemas silvipastoris é a dificuldade para introdução das árvores em pastagens estabelecidas. Constatou-se que a implementação do método de proteção das mudas, com arame farpado e estaca, implica o acréscimo de aproximadamente 9% no custo operacional da exploração bovina de corte, o que significa redução de 27% no retorno bruto (MONTROYA e BAGGIO, 1991).

### **2.1.3 Componente silvícola no sistema silvipastoril**

#### **2.1.3.1 Gênero braquiária**

Pertence à família Poaceae, o gênero é nativo da África. Levantamentos realizados no Brasil indicam a presença de 16 espécies de gramíneas do gênero *Brachiaria*. Do ponto de vista forrageiro, tem-se destacado como mais importantes a *Brachiaria decumbens* na região do Brasil Central, a *Brachiaria humidicola* na Amazônia e a *Brachiaria purpurascens* para solos úmidos nas regiões litorâneas (SEIFFERT, 1984).

Para Timossi *et al.* (2007), o gênero braquiária se destaca pela excelente adaptação a solos de baixa fertilidade, fácil estabelecimento e considerável produção de biomassa durante o ano, proporcionando excelente cobertura vegetal do solo.

Essa forrageira já é difundida e aceita pelos produtores rurais, o que facilita a sua eventual adoção para a produção de massa para a cobertura do solo, em sistema de plantio direto. Apresentam boa produção de massa seca, adaptam-se a uma grande gama de tipos de solos e o seu crescimento é bem distribuído durante a maior parte do ano. (BERNARDES, 2003).

Os sistemas de produção de bovinos no Brasil são, em sua maioria, baseados na utilização de pastagens. Estimativas admitem que 80 a 90% das áreas de pastagens no país são constituídas por espécies forrageiras, do gênero *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens* e *B. brizantha* (BODDEY *et al.* 2004 e MACEDO, 2009).

Dentre estas, destaca-se a *Brachiaria decumbens*, que tem sido amplamente disseminada pelas regiões tropicais do mundo, devido a suas qualidades como forrageira (LORENZI e SOUZA, 2000).

A *Brachiaria decumbens* Stapf foi introduzida no Brasil em 1960, onde se adaptou muito bem, principalmente nas áreas dos cerrados, devido à abundância de sementes (Macedo, 2009). Além disso, devido a sua tolerância aos estresses abióticos como seca e fogo, ou níveis potencialmente tóxicos de alumínio no solo, alcançou uma ampla difusão, sendo atualmente utilizada na formação de pastagens para bovinos em todo o Brasil (BRITO *et al.* 2004). Segundo Castro *et al.* (1999), esta espécie também apresenta tolerância ao sombreamento moderado, sendo utilizada em sistemas silvipastoris.

#### 2.1.3.2 Utilização de leguminosas

A introdução de leguminosas arbóreas em campos agrícolas resulta em diversos benefícios para a cultura associada, dentre os quais podemos destacar: o aporte de matéria orgânica que causa melhoria da estrutura e da porosidade do solo, favorecendo a disponibilidade de água e O<sub>2</sub> (MOURA, 1995). Para Alegre (1996), as leguminosas permitem o tamponamento das temperaturas do solo, o que favorece os processos de liberação de nutrientes e sua absorção pelas plantas; a proteção contra erosão eólica; o controle da erosão superficial principalmente em áreas declivosas; o aumento da diversidade das espécies o que pode reduzir a ocorrência de pragas e doenças; o maior controle de ervas daninhas devido à copa das árvores e pela cobertura morta adicionada ao solo.

De acordo com Blair *et al.* (1990), as leguminosas arbóreas podem fornecer nutrientes para a cultura consorciada por meio das fontes principais: os nutrientes exsudados pelas raízes; a morte e decomposição dos nódulos e raízes, os nutrientes presentes nas folhas senescentes (liteira) e os nutrientes mineralizados a partir dos ramos podados e adicionados ao solo.

#### 2.1.3.3 *Leucaena leucocephala*

O gênero *Leucaena*, originário da América Central, de acordo com Brewbaker (1989), possui cerca de 51 espécies, das quais somente treze são mais estudadas e, dentre estas, apenas a espécie *Leucaenaleucocephala* é conhecida popularmente como leucena. De acordo com a base de dados de leguminosas (ILDIS, 2006), esta espécie pertence à família Leguminosae e à subfamília Mimosoideae.

A leucena é uma leguminosa exótica, originária do México, e é encontrada em toda a região tropical. Essa espécie mantém-se verde durante a estação seca, perdendo somente os folíolos em secas muito prolongadas ou com geadas fortes. A planta apresenta um sistema radicular profundo, com poucas raízes laterais, que ocorrem em pequeno número, próximas à superfície do solo. A planta apresenta características múltiplas de utilização, com destaque para o reflorestamento de áreas degradadas, alimentação animal e adubação verde (PRATES *et al.* 2000).

A introdução de leucena no Brasil, de acordo com Vilela e Pedreira (1976), deu-se em novembro de 1940, no Estado de São Paulo, através de sementes trazidas pelo Serviço Florestal do Rio de Janeiro. Além de altamente palatável, a leucena produz elevadas quantidades de forragem com altos teores de proteína e minerais, sendo, portanto, uma alternativa de baixo custo para a substituição parcial dos produtos comerciais comumente utilizados na suplementação animal. As folhas e os ramos jovens apresentam teores de proteína bruta (PB) em torno de 25%, sendo que, nas folhas e ramos mais velhos, esses teores ficam em torno de 15 a 20% de PB (COSTA, 1987).

De acordo com Drumond (2001), a leucena é considerada por muitos produtores da região semi-árida como sendo a “rainha” das leguminosas. Essa consideração se deve ao fato da leucena, além de apresentar boa produtividade, que pode variar, dependendo do ano, de dois até oito toneladas de matéria seca comestível e de até 750 kg de sementes/ha/ano, possuir também excelente qualidade nutricional, apresentando uma boa composição química e alta aceitabilidade pelos animais (CARVALHO *et al.* 2001).

## 2. 2 ECOFISIOLOGIA VEGETAL

A Ecofisiologia Vegetal é de importância notável para a agricultura, e é uma ferramenta para entender o funcionamento e adaptações das plantas nos mais variados ambientes. Para Lambers *et al.* (1998), a ecofisiologia vegetal é uma ciência integradora que utiliza a fisiologia vegetal como instrumento para estudar as variáveis fisiológicas da planta (por exemplo, taxas de fotossíntese, pigmentos clorofilados e potencial osmótico) e entender seu potencial de crescimento ou habilidade em certos ambientes em que vivem.

É uma ciência experimental que procura explicar os mecanismos fisiológicos que estão associados com as observações ecológicas, ou seja, é o estudo das respostas fisiológicas das plantas ao meio ambiente. O que se procura é entender são os controles do crescimento, reprodução, sobrevivência e distribuição geográfica das plantas e como esses processos são afetados pelas interações entre as plantas e seu meio físico, químico e biótico (LAMBERS *et al.* 1998).

Nesse sentido, o conhecimento da Ecofisiologia é necessário para o desenvolvimento de práticas de manejo consistentes com a capacidade produtiva das plantas forrageiras em um dado ambiente. A compreensão dos efeitos do pastejo sobre a planta requer conhecimento e análise das alterações morfológicas, fisiológicas, na biomassa radicular e na distribuição vertical das raízes. Esses efeitos são consequências dos fatores ambientais, ou seja, disponibilidade hídrica e de nutrientes, intensidade luminosa e estágio fenológico das plantas (LORETTI, 2003).

### 2.2.1 Eficiência fotoquímica

A fotossíntese é essencial para a produção de uma cultura. Cerca de 90% da matéria seca total de um vegetal resulta diretamente do processo fotossintético. De acordo com BAKER e ROSENQVIST (2004), mudanças na eficiência fotoquímica são indicativos de alterações na atividade fotossintética causada por vários tipos de estresse.

A eficiência fotoquímica foi primeiro observada por Kautsky (GOVINDJEE,1995). Kautsky descobriu que transferindo um material fotossintetizante do escuro para a luz ocorria um aumento da fluorescência da clorofila. Está comprovado que a intensidade da fluorescência está relacionada à redução das plastoquinonas (geralmente chamadas de Qa pelos fisiologistas) envolvidas no transporte de elétrons durante a fotossíntese (MAXUELL; JOHNSON, 2000).

A medição da eficiência fotoquímica pode ser usada para revelar informações sobre os estádios de desenvolvimento de plantas (BACARIN e MOSQUIN, 2002), e também, para investigar danos causados ao aparato fotossintético, por diversos tipos de estresse (SMILLE e NOT, 1982). Quando as plantas são expostas a estresse ambiental ou biótico, alterações no estado funcional das membranas dos tilacóides dos cloroplastos provocam mudanças nas características dos sinais de fluorescência, os quais podem ser quantificados nas folhas (RIBEIRO *et al.* 2003; BAKER ; ROSENQVST, 2004).

A medição da eficiência fotoquímica é uma significativa informação do processo fotossintético, desta forma, as aferições da fluorescência podem contribuir para o entendimento do processo evolutivo dessas plantas sob condições adversas, permitindo caracterizar as diferenças fisiológicas no período chuvoso e no período de estiagem (TORRES NETTO *et al.* 2002).

O uso de parâmetros de fluorescência tem sido difundido por se tratar de um método que, além de não destrutivo, permite uma análise qualitativa e quantitativa da absorção e aproveitamento da energia luminosa pelo fotossistema II (FSII) e possíveis relações com a capacidade fotossintética (MOUGET, 200 2; TORRES NETTO *et al.* 2005).

A eficiência quântica máxima do FSII das plantas é dada pela relação  $F_v/F_m$ , em que  $F_m$  é a fluorescência máxima e  $F_v$  é a fluorescência variável, que é obtida pela diferença entre  $F_m - F_0$ . O  $F_0$  representa a fluorescência inicial, correspondente à fração da energia absorvida pelo complexo-antena e não é transmitida, ou seja, não é absorvida pelos pigmentos fotossintéticos (RASCHER *et al.* 2000). Nesse contexto, a utilização desses parâmetros é uma importante ferramenta para mensurar alterações na capacidade fotossintética das plantas em decorrência de estresses de diversas origens.

O decréscimo na razão fluorescência variável/ fluorescência máxima ( $F_v/F_m$ ) é geralmente atribuído à inibição do centro de reação do FSII ou a redução da capacidade de transportar elétrons entre os fotossistemas (KOLBLER *et al.* 1998; RALPH; BURCHETT, 1998).

Os centros de reação do FSII são bem protegidos contra impactos ambientais (baixa temperatura, excesso de luz, déficits hídrico, nutricional e outros) e só são afetados quando esta proteção é superada. O efeito do estresse sobre a atividade fotossintética manifesta-se de várias formas diferentes, conduzindo a perda de eficiência no aparato fotossintético, tais como diminuição do uso de fótons para síntese de NADPH, ATP e produção de carboidratos (OLIVEIRA, *et al.*, 2002).

Alterações nos fatores abióticos afetam a atividade fisiológica das plantas em suas diferentes fases de crescimento (GONÇALVES *et al.* 2005; LIBERATO *et al.* 2006; SANTOS JUNIOR *et al.* 2006). Podendo causar estresse temporário ou permanente.

O estresse pode ser considerado como pressões ambientais sobre os organismos (LEVITT, 1972) ou resposta dos organismos aos distúrbios ambientais (SELYE, 1973). De acordo com Pahlich (1993), o estresse pode ser descrito como o estado no qual o aumento de uma demanda para a planta pode levá-la a uma inicial desestabilização de funções, seguida por uma normalização e o desenvolvimento de resistência. No entanto, se os limites de tolerância são excedidos, e a capacidade adaptativa é suplantada, o resultado são danos permanentes ou frequentemente a morte.

### **2.2.2 Estimativa do teor de clorofila (SPAD-502)**

A cor verde das plantas está diretamente associada com o teor de clorofila foliar, e este, altamente relacionado com o teor de nitrogênio na maioria das plantas. Os pigmentos fotossintéticos (clorofilas *a*, *b*, total e carotenóides) são essenciais para o desenvolvimento das plantas, pois são responsáveis pela captura da energia solar usada na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Assim, plantas cultivadas com quantidades inadequadas de nitrogênio normalmente não expressam o seu potencial produtivo, visto que, sob tais condições, podem ocorrer reduções significativas na taxa assimilatória líquida de CO<sub>2</sub>, já que o nitrogênio faz parte dos principais componentes do sistema fotossintético, como as clorofilas e as enzimas ribulose 1,5 bisfosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) e fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase). (COELHO *et al.* 2010).

As clorofilas são essenciais para a conversão da radiação luminosa em energia química, sob forma de ATP e NADPH, por essa razão são estreitamente relacionadas com a eficiência fotossintética das plantas e conseqüentemente ao seu crescimento e adaptabilidade a diferentes ambientes (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O teor de clorofila na folha é utilizado para prever o nível nutricional de nitrogênio (N) em plantas, devido ao fato de a quantidade desse pigmento correlacionar-se positivamente com teor de N na planta (PIEKIELEK, 1992). Essa relação é atribuída, principalmente, ao fato de que 50 a 70 % do N total das folhas ser integrante de proteínas (CHAPMAN, 1997).

Os métodos tradicionais utilizados para determinar a quantidade de clorofila na folha requerem destruição de amostras de tecido e muito trabalho nos processos de extração e quantificação. O desenvolvimento de um medidor portátil de clorofila, que permite medições

instantâneas do valor correspondente ao seu teor na folha sem destruí-la, constitui uma alternativa para estimar o teor relativo desse pigmento na folha (DWYER *et al.* 1991; ARGENTA *et al.* 2001).

De acordo com SWIADER e MOORE (2002), o clorofilômetro *Soil Plant Analysis Development* (SPAD-502), utiliza princípios óticos não destrutivos aos valores calculados pela leitura diferencial da quantidade de luz transmitida pela folha, em duas regiões de espectro (650 nm e 940 nm), e a absorção de luz pela clorofila ocorre no comprimento de onda de 550nm.

O medidor de clorofila possui diodos que emitem luz a 650 nm (vermelho) e a 940 nm (infravermelho). A luz em 650 nm situa-se próxima dos dois comprimentos primários de ondas associados à atividade da clorofila (645 e 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura ou no conteúdo de água da folha ou que sejam devidas a outros fatores (WASKOM, 1996). A luz que passa através da amostra da folha atinge um receptor (fotodiodo de silicone) que converte a luz transmitida em sinais elétricos analógicos. Por meio do conversor A/D, esses sinais são amplificados e convertidos em sinais digitais (MINOLTA, 1989), sendo usados por um microprocessador para calcular os valores SPAD (“*Soil plant analysis development*”), que são mostrados num visor. Os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila presente na folha.

## REFERÊNCIAS

ALEGRE, J. C. CASSEL, D.K. Dynamics of soil properties under alternative systems to slash and-burn. **Agriculture Ecosystems Environment**. Amsterdam, v. 58, p. 39-48, 1996.

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. **Agroforestry Abstracts**, v.6 , n. 2, p. 57-91 1993.

ANDRADE, C.M.S; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O.G.P.; SOUZA,A.L. Desempenho de Seis Gramíneas Solteiras ou Consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e Eucalipto em Sistema Silvipastoril. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.6, p.1845-1850, 2003.

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. 1 ed. Guaíba: Agropecuária, 2002, 592 p.

ARGENTA G.; SILVA, P. R. F. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de nitrogênio em cereais. **Ciência Rural**, v. 3, p. 715- 722, 2001.

ARGENTA G.; SILVA, P. R. F.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; STRIEDER, M. L. Relação da leitura do clorofilômetro com os teores de clorofila extraível e de nitrogênio na folha de milho. **Revista Brasileira de fisiologia vegetal**, lavras, v. 13, n. 2, p. 158-167, 2001.

BACARIN, M. A.; MOSQUIM, P. R. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v.26, n.4, p.705-710. 2002.

BAUMER, M. Animal production, agroforestry and similar techniques. **Agroforestry Systems**, Holanda, v.4, n.4, p.179- 98, 1991.

BAKER, N.R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.55, p.1607-1621, 2004.

BERNARDES, L.F. Semeadura de capim-braquiária em pós emergência da cultura do milho para obtenção de cobertura morta em sistema de plantio direto. 2003. 42f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, 2003.

BJORKMAN, O.; POWLES, S.B. Inhibition the photosynthetic reactions under water stress interaction with light level. **Plant**, n.161, p. 490-504, 1984.

BLAIR, G. CACTHPOOLE, D. HORNE, P. Forage tree legumes: their management and contribution to the nitrogen economy of wet and humid tropical environments. **Advances in Agronomy**. Washington, n. 44, p.155-223, 1990.

BLASER, R .E. Integrated pasture and animal management. **Tropical Grasslands**, Melbure, v. 16., n.1,p. 9-24, 1984.

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

BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A. & DESCHAMPS, F. C. Anatomia quantitativa da folha e do colmo de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex. A. Rich.) Stapf e *B. humidicola*(Rendle) Schweick. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 519-528, 2004.

CALLAWAY, R. M.; WALKER, L. R. Competition and facilitation: A synthetic approach to interactions in plant communities. **Ecology**, v. 78, n. 7, p.1958-1965, 1997.

CARVALHO, M.M. 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, 2002. p.85-108.

CARVALHO, M.M.; ALVIM, M.J. XAVIER, F.D. et al.Estabelecimento de sistemas silvipastoris: ênfase em áreas montanhosas e solos de baixa fertilidade. Juiz de Fora, MG: Embrapa - CNPGL, 2001. 11p. (Circular Técnica, 68).

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

CHANG, S.X.; AMATYA, G.; BEARE, M.H.; MEAD, D.J. Soil properties under a *Pinus radiata*: ryegrass silvopastoral system in New Zealand. Part I. Soil N and moisture availability. **Agroforestry Systems**, v.54, p.137-147, 2002.

CHAPMAN, S.C.; BARRETO, H.J. Using a chlorophyll meter to estimate specific leaf nitrogen of tropical maize during vegetative growth. **Agronomy Journal**, v. 89, p.557-562, 1997.

COELHO, F.S; FONTES, P.C.R; PUIATTI,M.; NEVES, J.C.L. SILVA, M.C.R.C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Ciênc. Solo**, v.34, p. 1175-1183, 2010.

DANIEL, O.; COUTO, L., GARCIA, R.;PASSO, C.A.M. **Proposta de um conjunto mínimo de indicadores sócio-econômicos para o monitoramento da sustentabilidade em sistemas agroflorestais**. R. *Árvore*, Viçosa- MG, V.24, n.24, n.3, p.283-290, 2000.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; AZEVEDO, B.C.; VIEIRA, M.S.; COLOMBARI, A.A.; DIAS, J.; FRANCO, A.A. Estabelecimento de leguminosas arbóreas em pastos de capim-marandu e tanzânia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.1413-1419, 2007.

DRUMOND, M. A. Leucena: Uma arbórea de uso múltiplo, para a região semi-árida do Nordeste Brasileiro. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE CAPTACAO DE AGUA DE CHUVA NO SEMI-ARIDO, 3., 2001, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: Johan Gnadlinger, 2001. v.1. CD-ROM.

DUTRA, S.; VEIGA, J. B. DA; TEIXEIRA NETO, J. F. Sistemas silvipastoris do nordeste paraense. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2004. 3p. (Comunicado Técnico 120).

DWYER, L.M.; TOLLENAAR, M. e HOUWING, L. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn. **Canadian Journal of PlantScience** , v. 71, p. 505-509, 1991.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Primeiro inventário brasileiro de emissões Antrópicas de gases de efeito estufa. Relatórios de referência. Emissões de metano da pecuária. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2002.p. 79.

GARCIA, R., COUTO, L. Sistemas silvipastoril: experiências no Estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E PLANEJAMENTO FLORESTAL, 2., 1991, Curitiba-PR. **Anais...**Embrapa, 1991.v.1, p. 201-210.

GONÇALVES, J.F.C; BARRETO, D.C.S; SANTOS JUNIOR, U.; FERNANDES, A.V.; SAMPAIO, P.T.B.; BUCKERIDE, M.S. Growth, photosynthesis and stress indicators in Young rosewood plants (*Aniba rosaeodora* Ducke) under different light intensities. **Brazilian Journal of Plant physiology**, v.17, p.325-334, 2005.

LORENZI, H.; SOUZA, H.M. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas**.Nova Odessa: Plantarum, 2000.

LORETTI, J. Effects of grazing on grass morphology. Disponível em: <<http://www.duke.edu/jlorete/ecophys/rootdistrib.html>>, disponível em: em 24/12/2013.

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

MAXUELL, K; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence –a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, p. 659-668, 2000.

MOURA, E.G. **Atributos de fertilidade de um podzólico vermelho amarelo da formação Itapecuru limitantes da produtividade do milho**. Tese de Doutorado. UNESP, Botucatu-SP, 91fls., 1995.

NAIR, P.K.R. **An introduction to agroforestry**. London: Kluwer Academic Publishers, 1993. 499p.

OLIVEIRA, I. P., KLUTHCOUSKI, J., SANTOS, R. S. M., MAGNABOSCO, C. U., FERNANDES, A. Desempenho animal sob os diferentes manejos das pastagens. Apostila curso de atualização por tutoria à distância - Modelos de sistemas de produção. Módulo VI. Uberaba: ABCZ/FAZU, 1999. p. 85-93.

OLIVEIRA, J.G.; ALVES, P.L.; MAGALHÃES, A.C. The effect of chilling on the photosynthetic activity in coffee (*Coffea arabica* L.) seedlings. The protective action of chloroplastid pigments. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 14, p. 95-104, 2002.

OLIVEIRA, T.K. ; FURTADO, S.C.; ANDRADE, C.M.S. DE; FRANKE, I.L. Sugestões para implantação de sistemas silvipastoris. Embrapa Acre, Rio Branco, 2003. 28 p. (Documentos, 84).

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; ORENZ, 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**, v.42, p.573-579, 2007.

PAHLICH, E. Larcher's definition of plant stress: a valuable principle for metabolic adaptability research. **Revista brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 05, p. 209-216, 1993.

PAULINO, S. D. Sustentabilidade de pastagens consorciadas- ênfase em leguminosas forrageiras In: II ENCONTRO SOBRE LEGUMINOSAS, **Anais...**São Paulo: 2007.

PAYNE, W.J.A. A review of the possibilities for integrating cattle and tree crop production systems in the tropics. **Forest Ecology and Management**, Amsterdã, v.12, p.1- 36, 1985.

PEREIRA, J.M., REZENDE, C.P. Sistemas silvipastoris: fundamentos agroecológicos e estado de arte no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997. p.199-219.

PETRITZ, D.C., et al. Performance and economics returns of beef cows and calves grazing Grass-legume herbage. **Agronomy Journal**, Madison, v.72.,n.4, p.581-584,1980.

PIEKIELEK, W. P.; FOX, R. H. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. **Agronomy Journal**, MADISON, V.84, P.59- 65, 1992.

PRATES, H. T.; PAES, J. M. V.; PIRES, N. M.; PEREIRA FILHO, I. A.; MAGALHÃES, P. C. Efeito do extrato aquoso de *Leucena* na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 909-914, 2000.

RALPH, P.J.; BURCHETT, M.D. Impact of petrochemical on the photosynthesis of *Halophila ovalis* using chlorophyll fluorescence. *Marine Pollution Bulletin*, v.36, p.429-436, 1998.

SILVA, V.D.D. Sistemas Silvipastoris. 2004. Disponível em: <<http://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/safs/index.htm>>. Acesso em 15.maio 2012.

SMILLE, R. M.; NOTT, R. Salt tolerance in crop plants monitored by chlorophyll fluorescence *in vivo*. **Plant Physiology**, v.70, p.1049-1054, 1982.

SOUSA, J. P. S. Avaliação ecofisiológica e metabólica de quatro variedades de cana-de-açúcar. Sergipe, Universidade Federal de Sergipe, 2013, 68p. (Tese de Mestrado).

SUASSUNA, J.F.; MELO, A.S.D; COSTA, F.S; FERNANDES, P.D.; FERREIRA, R.S.; SOUSA, M.S.S.S. Eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro cultivado sob diferentes lâminas de irrigação. **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1251-1262, 2011.

WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E.; SOLTANPOUR, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, p.545- 560, 1996.

SEIFFERT, F.N. Gramíneas forrageiras do gênero *brachiaria*. Disponível em: <<http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/ct/ct01/index.html>>. Acesso em 19 març. 2014.

SWIADER, J.M.; MOORE, A. SPAD-chlorophyll response to nitrogen fertilization and evaluation of nitrogen status in dryland and irrigated pumpkin. **Journal of Plant Nutrition**, v.25, p.1089-110, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 719, p.2004.

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J. C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.4, p.617-622, 2007.

TORRES NETTO, A. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll a fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, v.104, n.02, p.199-209, 2005.

TORRES NETTO, A.; CAMPOSTRINI, E. OLIVEIRA, J. G. DE; YAMANISHI, O. K. Portable chlorophyll meter for the quantification of photosynthetic pigments, nitrogen and the possible use for assessment of the photochemical process in *Carica papaya* L. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v.14, n.3, p.203-210, 2002.

VILELA, E.; PEDREIRA, J. V. S. Efeitos de densidade de semeadura e níveis de adubação nitrogenada no estabelecimento de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Boletim da indústria animal**, Nova Odessa, v. 33, n. 2, p. 251-280, 1976.

WASKOM, R.M.; WESTFALL, D.G.; SPELLMAN, D.E.; SOLTANPOUR, P.N. Monitoring nitrogen status of corn with a portable chlorophyll meter. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.27, p.545- 560, 1996.

WENZL, P.; PATIÑO, G. M.; CHAVES, A. L.; MAYER, J. E. & RAO, I. M. The high level of aluminium resistance in signalgrass is not associated with known mechanisms of external aluminium detoxification in root apices. **Plant Physiology**, v.125, p.1473-1484, 2001.

ZIMMER, A.H.; CORRÊA, E.S. A pecuária nacional: uma pecuária a pasto? In: ENCONTRO SOBRE RECUPERAÇÃO DE PASTAGENS, 1., 1993, Nova Odessa. Anais... Nova Odessa: Instituto de Zootecnia, 1993. p. 1-25.

## **CAPÍTULO II**

---

## **ESTUDOS DE VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS DE *BRACHIARIA DECUMBENS* EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DE PECUÁRIA**

### **RESUMO**

A sustentabilidade da produção animal é comprometida principalmente pela condição de degradação das pastagens, favorecida pelo manejo animal inadequado e pela ausência de adubação de manutenção. Nesse contexto, os sistemas silvipastoris podem ser uma alternativa viável para que o problema de degradação das pastagens seja superado, pois contribuem para melhorar a capacidade produtiva das pastagens, melhorar a fertilidade e a conservação do solo. Nesse sentido, a ecofisiologia vegetal pode ser uma ferramenta de estudo para compreender a flexibilidade das respostas e aclimação das pastagens às variantes ambientais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as variáveis ecofisiológicas em diferentes sistemas de manejo da pecuária de corte no sul do Maranhão. O estudo foi implantado no município de São Francisco do Brejão-MA. O experimento foi constituído por três tratamentos: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT) em duas épocas: seca e chuvosa. No decorrer do experimento foram avaliados: eficiência quântica, estimativa do teor de clorofila (SPAD) e massa da forragem. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC). A braquiária no sistema silvipastoril se mostrou com melhor eficiência nas épocas chuvosa e seca em todas as variáveis em relação aos outros sistemas. Ademais, pode-se concluir que o sistema silvipastoril surge como uma alternativa de manejo de pecuária para minimizar as intempéries do clima tropical sobre gramíneas forrageiras como a braquiária.

**Palavras-chave:** Braquiária. Sistema silvipastoril. Eficiência fotoquímica. Estimativa do teor de clorofila.

## ABSTRACT

The sustainability of animal production is compromised primarily by the condition of pasture degradation, favored by inadequate livestock management and lack of maintenance fertilization. In this context, silvopastoral systems can be a viable alternative to the problem of pasture degradation is overcome, as they contribute to improve the productive capacity of pastures, improve fertility and soil conservation. Accordingly, the plant physiological ecology can be a study tool for understanding the flexibility of responses and acclimation to environmental variants of pastures. This study aims to evaluate the ecophysiological variables in different management systems of beef cattle in southern Maranhão. The study was implemented in the municipality of São Francisco do Brejão - MA. The experiment consisted of three treatments: a silvopastoral system (SSP), rotational grazing with native regeneration (ROT) and extensive (EXT) in two seasons: rainy and dry. During the experiment were evaluated: quantum efficiency and estimation of chlorophyll content (SPAD) and herbage mass. A completely randomized design (CRD) was used. Signalgrass in silvopastoral system proved with better efficiency in rainy and dry season in all variables compared to other systems. Moreover, it can be concluded that the silvopastoral system is an alternative livestock management to minimize weather-tropical climate on forage grasses such as *Brachiaria*.

**Keywords:** Braquiária. Silvopastoral system. Photochemical efficiency. Estimation of chlorophyll content.

## 1 INTRODUÇÃO

Baixos índices de produção de carne e leite são observados frequentemente no país. Vários fatores contribuem para esse contexto, entre eles, estão a baixa fertilidade natural do solo, degradação de pastagens e reduzida disponibilidade de nutrientes, como fósforo, em decorrência da frequente exploração. Além do déficit pluviométrico e sua má distribuição durante o ano (FAGUNDES *et al.*, 2005).

Frente aos desafios da pecuária competitiva no mundo globalizado, é necessária a intensificação dos sistemas de produção animal no Brasil. Além de produtivos, os sistemas devem ser sustentáveis, o que exige investimentos em novas tecnologias e processos de produção ambientalmente viáveis. Uma alternativa promissora é o estabelecimento de sistemas silvipastoris, que podem contribuir para reduzir os problemas decorrentes do desmatamento e da degradação dos ecossistemas (MARTUSCELLO *et al.*, 2009).

Em virtude da procura por opções de produção mais ecológicas por parte da sociedade, as diferentes tecnologias agroecológicas e em especial os sistemas silvipastoris têm apresentado avanços no que diz respeito à sua adoção (CARVALHO *et al.*, 2002). Sistemas com o potencial para substituir com vantagens os atuais sistemas agrícolas de pastagens cultivadas, que em sua grande maioria são constituídos por monoculturas de gramíneas forrageiras (FRANKE *et al.*, 2001).

Nesse contexto, o conhecimento da ecofisiologia vegetal é de importância notável para a agropecuária, e é uma ferramenta para entender o comportamento, funcionamento e adaptações das plantas nos mais variados ambientes. Além do mais é necessária para o desenvolvimento de práticas de manejo condizentes com a capacidade produtiva das plantas forrageiras em um dado ambiente (LORETTI, 2003).

Como os trabalhos que avaliam as variáveis ecofisiológicas em sistemas silvipastoris são escassas, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de estudar variáveis

ecofisiológicas nas *Brachiaria decumbens* em diferentes sistemas de produção de pecuária de corte no sul do Maranhão.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 CONDIÇÕES DE CULTIVO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O estudo foi realizado no município de São Francisco do Brejão-MA, latitude 5°7'24'' sul, longitude 47° 25'6''. O experimento foi constituído por três tratamentos: sistema silvipastoril (SSP) (figura 1), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) (figura 2), e sistema extensivo (EXT) (figura 3), em duas épocas: seca e chuvosa.



**Figura 1.** Sistema silvipastoril na época chuvosa (A, B,C) e época seca (D).



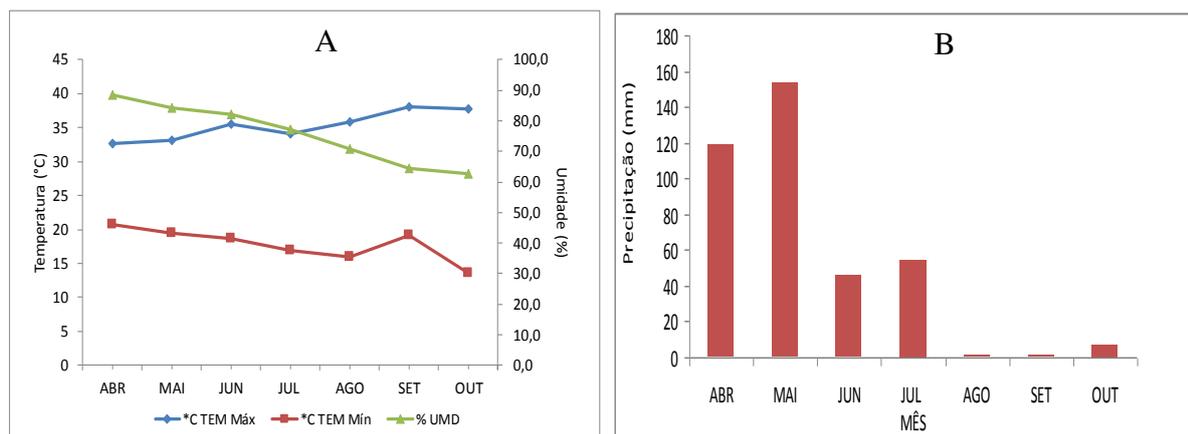
**Figura 2.** Sistema rotacionado com regeneração nativa na época chuvosa (A, B) e seca (C).

**Figura 3.** Sistema extensivo na época chuvosa (A) e seca (C) com animais avaliados e reguladores (B)



Em cada sistema foi realizado um levantamento das principais espécies vegetais. No sistema silvipastoril foram observadas *Brachiaria decumbens* (braquiária), *Leucaena leucocephala* (leucena) e *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (bordão de velho). Entre as espécies do rotacionado foi observado *Brachiaria decumbens* (braquiária), *Cecropia concolor* Willd (embaúba), *Clitoria fairchildiana* Howard (sombreiro), *Dimorphandra mollis* Benth (favada), *Ormosia sp* (olho de cabra), *Samanea saman* (Jacq.) Merr (bordão de velho), *Senna reticulata* (Willd.) H.S. Irwin & Barneby (mata-pasto), *Solanum paniculatum*. L. (jurubeba), *Tabebuia serratifolia* (Vahl.) Nich (ipê amarelo), *Vernonia polyanthus* (asa-peixe) e *Bauhinia sp* (pata de vaca). Já no sistema extensivo registrou-se apenas *Brachiaria decumbens* (braquiária).

De acordo com a classificação climática proposta por Köppen (1948), o clima da área experimental é do tipo AW' (tropical quente e úmido). Prevalendo duas épocas bem definidas: chuvosa e seca. Os dados climatológicos mensais referentes à temperatura mínima e máxima, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica durante o período experimental de abril a outubro de 2013 do município de São Francisco do Brejão (figura 4) foi fornecido por uma mini-estação climatológica WatchDog modelo 2.900ET (Spectrum Technologies, Inc. Illinois, U.S.A.) (Figura 5).



**Figura 4** -Dados de temperatura máxima e mínima, umidade relativa do ar (A) e precipitação pluvial dos meses de abril à outubro de 2013 (B) no cerrado de São Francisco do Brejão-MA, 2013.



**Figura 5.** Mini-estação climatológica WatchDog modelo 2900ET instalada na área experimental de abril a outubro de 2013.

A amostragem do solo foram coletadas em outubro de 2013. Em todos os tratamentos, foram coletadas cinco amostras compostas nas camadas, 0-20 cm e 20-40 cm (figura 6). As análises química e física do solo foram realizadas no laboratório da Universidade Estadual do Maranhão, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 1 e 2.



**Figura 6.** Coleta de solo no sistema extensivo

**Tabela 1.** Resultado da análise química do solo, de amostras retiradas da profundidade de 0-20cm e 20-40 cm em diferentes sistemas de manejo de pecuária no município de São Francisco do Brejão em 2013.

Tratamento	M.O. (g/dm <sup>3</sup> )	pH (CaCl <sub>2</sub> )	P (Mg/dm <sup>3</sup> )	Ca	Mg	K	H+Al	SB	CTC	V
				(mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )						
SSP (0-20cm)	17	5,1	3	15	5	2	19	24,5	43,5	56
SSP (20-40cm)	14	5,4	41	20	8	1,6	12	31,3	49,3	63,5
ROT (0-20cm)	14	4,8	2	13	3	0,9	22	17,5	39,5	44
ROT (0-40cm)	10	4,9	2	12	3	0,5	22	16	38,0	42,1
EXT (0-20cm)	10	5,0	15	14	7	0,6	18	26,9	44,9	60
EXT (20-40cm)	8	5,2	7	13	2	0,9	17	16,5	33,7	49,6

M.O.= Matéria orgânica; V= Saturação de bases; SB= Soma de bases; CTC= Capacidade de Troca de Cátions; pH=7,0; SSP= Silvopastoril; ROT=Rotacionado; EXT=Extensivo.

**Tabela 2.** Resultado da análise textural do solo, de amostras retiradas da profundidade de 0-20 cm e 20-40 cm em diferentes sistemas de manejo de pecuária no município de São Francisco do Brejão em 2013.

Tratamento	Composição Granulométrica				Textura
	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	
	g Kg <sup>-1</sup>				
SSP (0-20cm)	40	40	6	14	Franco Arenoso
SSP (20-40cm)	38	38	10	14	Franco Arenoso
ROT (0-20cm)	36	45	5	14	Franco Arenoso
ROT (0-40cm)	30	42	16	12	Franco Arenoso
EXT (0-20cm)	40	36	14	10	Franco Arenoso
EXT (20-40cm)	37	42	11	10	Franco Arenoso

SSP= Silvopastoril; ROT=Rotacionado; EXT=Extensivo

O experimento foi analisado em esquema fatorial 3x2x3, três sistemas de manejo de pastagem (sistema silvipastoril, sistema rotacionado com regeneração nativa e sistema

extensivo), duas épocas (chuvosa e seca) e três horários de avaliação (08:00h, 12:00h e 16:00h), em delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove repetições.

O software utilizado na análise estatística foi o Assistat versão 7.6 beta. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors. Posteriormente, as variáveis que apresentaram normalidade ( $F_0$ ,  $F_m$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_m$  e SPAD) foram submetidas à Anova, a comparação de média dos tratamentos foi realizada pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A variável Índice de Performance (PI) por não apresentar normalidade, foi submetida à Anova e sofreu análise não paramétrica. A comparação de média dos tratamentos foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis e Man-Whitney, ao nível de 5 % de probabilidade.

## 2.2 AVALIAÇÕES DAS VARIÁVEIS ECOFISIOLÓGICAS

### 2.2.1 Eficiência fotoquímica

A amostragem nas plantas de foi realizada nas plantas (*Brachiaria decumbens*) de cada sistema, foram realizadas em três folhas por planta, em três horários do dia (8:00h, 12:00h e 16:00h). As avaliações da emissão eficiência fotoquímica (figura 7) foram realizadas por meio de um Fluorômetro não-modulado modelo Pocket-PEA (Hansatech Instruments Ltd, King's Lynn, Norfolk, UK).



**Figura 7.** Medições com o Fluorômetro em folhas de capim braquiária, época chuvosa (A) e época seca (B).

### **Estimativa do teor de clorofila (SPAD)**

Simultaneamente às análises de fluorescência a, a estimativa do teor de clorofila foi realizada por meio de um clorofilômetro SPAD-502 (MINOLTA, 1989) nas mesmas plantas e em suas respectivas folhas (figura 8). Foram realizadas leituras de cinco pontos de cada folha, conforme adaptação de método de Swiader e Moore (2002).



**Figura 8.** Medições com o clorofilômetro SPAD no sistema silvipastoril

## **2.3 AVALIAÇÃO DA MASSA DA MATÉRIA SECA**

A massa da matéria seca foi estimada na época chuvosa e na época seca. Nos sistemas silvipastoril intensivo (SSP) e sistema com regeneração nativa (ROT) a massa da

forrageira foi estimada cortando-se amostras de 1 m<sup>2</sup>, rente ao solo, alocadas ao acaso (método direto) (FLORES *et al.*, 2002).

No sistema extensivo (EXT) a massa da matéria seca foi estimado utilizando-se três gaiolas na área (1 m<sup>2</sup>) de exclusão por piquete (figura 9) e pelo método direto. As massas de matéria seca, dentro e fora da gaiola (através do método direto), foram obtidas por corte rente ao solo.

A massa da matéria seca (kg/ha de matéria seca) foi obtido pela diferença entre as massas da matéria seca observadas dentro e fora da gaiola (FLORES *et al.*, 2002). As amostras foram ensacadas colocadas em estufa de circulação forçada de ar, a 70°C, por 72-96 horas, e determinada a matéria seca (COSER, *et al.*, 1998).



**Figura 9.** Gaiolas de exclusão no sistema extensivo

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA**

Os dados da Tabela 3 mostram que a braquiária no sistema silvipastoril na época chuvosa apresentou menores valores de  $F_0$  em comparação aos outros dois sistemas nos três horários avaliados (rotacionado com regeneração nativa e extensivo). A planta nesse sistema de manejo teve um indicativo de estresse somente no horário de 12:00.

Esses resultados, estão de acordo com valores apresentados por Gonçalves *et al.* (2005), em os valores de  $F_0$  por volta de 500 são indicativos para plantas saudáveis e valores acima de 550 plantas que estão sob estresse.

**Tabela 3.** Valores médios da fluorescência inicial ( $F_0$ ) em folhas de *B. decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00, 12:00 e 16:00

SISTEMA X EPOCA		F0		
		8h	12h	16h
CHUVOSA	SSP	474,99 dC	629,33 cA	508,70 cB
	ROT	517,00 cB	632,66 cA	628,70 bA
	EXT	530,33 cC	672,66 bA	602,03 bB
SECA	SSP	540,56 cC	657,23 bcA	625,16 bB
	ROT	584,76 bC	675,766 bA	633,06 bB
	EXT	652,80 aC	789,66 aA	730,73 aB
MÉDIA		550,07	676,13	621,40
CV(%)			2,60	

Médias seguidas de pelo menos por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado com regeneração nativa; EXT=extensivo.

Na Tabela3, percebe-se que houve aumento nos valores de  $F_0$  ao longo do dia na braquiárida época chuvosa e seca nos três sistemas avaliados, apresentando os maiores valores na segunda medição do dia: 12 horas, esse aumento pode ser em função do aumento natural da temperatura ao longo do dia, que gera um estresse para as plantas principalmente na época seca.

Os resultados obtidos corroboram com os resultados encontrados por Vieira *et al.* (2010), onde os menores valores da fluorescência inicial ( $F_0$ ) foram no período da manhã, até por volta das 7 horas, a partir das 8 horas, a  $F_0$  aumentou e manteve-se até às 16 horas, quando ocorreu declínio. De acordo com Portes (1990), estas alterações nos valores de  $F_0$  estão mais relacionadas com as mudanças de temperatura em que as leituras foram feitas ao longo do dia, do que com alterações na estrutura do FSII.

De acordo com Silva *et al.* (2001) em experimento com capim-canarana (*Echinochloa pyramidalis*) e capim-setária (*Setaria anceps*) em época chuvosa e seca,

aumento de  $F_0$  na época seca, e este foi acompanhado de enrolamento foliar e murchamento severo. O enrolamento foliar das gramíneas pode ser uma estratégia para redução da transpiração, com o objetivo de manter os estômatos em condições de elevada umidade. A estabilidade de  $F_0$  indica equilíbrio no FSII, já um aumento ou a diminuição da capacidade de transferência de energia é indicativo de degradação dos seus centros de reação, (BAKER; ROSENQVIST, 2004) conforme resultados obtidos nesta pesquisa.

Observa-se também na Tabela 3, que nos sistemas silvipastoril e rotacionado com regeneração nativa, a braquiária apresentou os melhores valores de  $F_0$  ao longo do dia em ambas as épocas do ano em comparação as plantas no sistema extensivo.

Na Tabela 4, observa-se que na época chuvosa, a gramínea cultivada no sistema silvipastoril apresentou maiores valores de  $F_m$  em relação aos outros sistemas (rotacionado com regeneração nativa e extensivo) às 8:00 horas. Com a tendência dos maiores valores estarem no horário de 8 horas, reduzindo os valores ao meio dia e após esse horário, adquirindo uma estabilidade e mantendo-se no mesmo patamar até as 16:00.

De acordo com a Tabela 4, os maiores valores de  $F_m$  na braquiária foram observados na época chuvosa. Segundo Gates (1968), à medida que a disponibilidade de água para a planta diminui, a transpiração é reduzida drasticamente, potencializando outros fatores ambientais de estresse, como temperatura, tornando-se mais difícil separar os efeitos de alta temperatura daqueles.

Na época seca, a braquiária no SSP em relação aos outros sistemas avaliados apresentou maior integridade do fotossistema, pois continuou se destacando com melhores valores de  $F_m$ , com a tendência dos maiores valores estarem no horário de 8 horas.

**Tabela 4.** Valores médios de fluorescência máxima ( $F_m$ ) em folhas de *B. decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00, 12:00 e 16:00

SISTEMA X EPOCA	$F_m$		
	8h	12h	16h

CHUVOSA	SSP	2939 aA	2670 aB	2753 aB
	ROT	2724 bA	2494 bC	2638 bB
	EXT	2132 eA	1774 cC	1909 dB
SECA	SSP	2368 cA	1779 cC	2053 cB
	ROT	2253 dA	1593 dC	2084 cB
	EXT	2132 eA	1419 eC	1635 eB
MÉDIA		237735	1925	2179
CV(%)			1,98	

Médias seguidas de pelo menos por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado com regeneração nativa; EXT=extensivo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2006), em que uma redução significativa em Fm foi encontrada em capins-do-nilo (*Acroceras macrum* Stapf.) e capim-setária (*Setaria anceps* Stapf.), indicando susceptibilidade à intensificação do estresse hídrico ao longo do tempo. As reduções de valores de Fm podem demonstrar variações nas propriedades dos aceptores de elétrons do FSII, causadas por mudanças na fisiologia induzidas pelo estresse no principal constituinte do complexo proteico que forma o FSII, a proteína D1 (BULKHOV *et al.* 1999).

Em um trabalho com meloeiro com eficiência fotoquímica e produtividade de frutos de meloeiro, Suassuna (2011), observou que a fluorescência máxima reduziu tanto em condições de deficiência hídrica, quanto em condições de alto suprimento hídrico, notando que o nível de água para a planta tem que ser equilibrado de acordo com as necessidades da plantas.

As gramíneas tropicais podem sofrer limitações ambientais, de modo que a presença da água em condições ideais é determinante para o crescimento e desenvolvimento vegetal. Segundo Kaiser (1987), o estresse hídrico pode causar severa inibição da fotossíntese, mesmo em plantas C4, sobretudo em razão da maior resistência difusiva à entrada do CO<sub>2</sub>. Esses eventos são oriundos da redução da turgescência das células-guarda do estômato, seguida pelo fechamento do poro estomático (BARUCH, 1994; SILVA *et al.* 2001).

Na Tabela 5, observa-se que a braquiária no sistema silvipastoril apresentou os maiores valores de Fv, em comparação aos outros sistemas estudados (ROT e EXT) tanto na época chuvosa quanto na época seca. Possivelmente devido à leucena e demais árvores no sistema, que podem ter proporcionado menor incidência solar sobre o solo e conseqüentemente menor evapotranspiração da planta. Já o sistema extensivo apresentou os menores valores de Fv em comparação aos outros sistemas (ROT e EXT) indicando que foi o tratamento que mais sofreu efeito negativo das perturbações ambientais de variações de temperaturas, baixa umidade relativa e menor disponibilidade hídrica no solo.

Observa-se também na Tabela 5 que, os maiores valores de fluorescência variável (Fv) da gramínea encontram-se no período chuvoso. Evidenciando que a diminuição da disponibilidade de água na planta e no solo proporcionado pela época seca, os valores de Fv começam a decrescer e conseqüentemente comprometem a transferência de elétrons e o bom funcionamento da planta, comprometendo o aparato fotossintético da gramínea em estudo.

**Tabela 5.** Valores médios defluorescência variável (Fv) em folhas de *B. decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00h, 12:00h e 16:00h.

SISTEMA X EPOCA		Fv		
		8h	12h	16h
CHUVOSA	SSP	2464 aA	2041 aC	2245 aB
	ROT	2207 bA	1861 bC	2009 bB
	EXT	1602 dA	1101 cC	1307, dB
SECA	SSP	1828 cA	1122 cC	1428 cB
	ROT	1668 dA	917 dC	1451 cB
	EXT	1191 eA	630 eC	904 Eb
MÉDIA		1827	1279	1557
CV(%)			2,99	

Médias seguidas de pelo menos por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado com regeneração nativa; EXT=extensivo.

A baixa disponibilidade de água no solo acarreta desidratação, redução do crescimento e aceleração da senescência dos tecidos na planta, comprometendo o crescimento

por reduzir as taxas de expansão foliar e fotossíntese (LUDLOW; NG 1976), e de senescência (MCIVOR, 1984) de lâminas foliares, que reduzem a área foliar em espécies gramíneas.

O estresse hídrico afeta o processo fotossintético devido a efeitos estomáticos e não-estomáticos. O efeito estomático é um evento primário que leva a uma menor disponibilidade de CO<sub>2</sub> nos espaços intercelulares, reduzindo sua assimilação nos cloroplastos (FARIA *et al.* 1996). Os efeitos não-estomáticos estão relacionados às perturbações nos processos bioquímicos (redução na eficiência carboxilativa e atividade da Rubisco e de outras enzimas do metabolismo fotossintético) (LU; ZANG, 1999).

Ainda de acordo com a Tabela 5, nota-se que a braquiária apresentou comportamento semelhante nos três sistemas avaliados (SSP, ROT e EXT) com tendência para os maiores valores de fluorescência variável corresponderem ao primeiro horário de medição (8:00), após esse horário houve um declínio às 12:00 e posteriormente uma estabilidade às 16:00. Os valores de Fv do trabalho estão de acordo com os trabalhos de Portes (1990), em que a hora do dia em que as leituras foram feitas, a emissão de fluorescência variável foi decrescendo até às 12 horas, recuperando-se depois do meio-dia.

De acordo com a Tabela 6, a braquiária do sistema silvipastoril para a variável Fv/Fm (eficiência quântica máxima do FSII) na época chuvosa se destacou, apresentando os maiores valores em relação aos outros sistemas (rotacionado com regeneração nativa e extensivo), o horário de 8 horas se sobressaiu apresentando o maior valor (0,82), indícios que esse sistema, que conta com a presença de árvores e leucena pode ter amenizado as condições de altas temperaturas dos trópicos.

De acordo com Bolhàr-Nordenkampf *et al.* (1989), quando a planta está com seu aparelhofotossintético intacto, a razão Fv/Fm deve variar entre 0,75 e 0,85 enquanto uma queda nesta razão reflete a presença de um fotoinibitório nos centros de reação do FSII.

Os dados da Tabela 6 mostram que, a gramínea na época chuvosa nos sistemas rotacionado com regeneração nativa e extensivo apresentaram no horário de 8 horas valores semelhantes (0,73 e 0,71 respectivamente). Indicando um comprometimento do aparato fotossintético, o que comprova que a planta nesses dois sistemas (ROT e EXT) estava sob estresse.

Ainda na Tabela 6, pode-se observar que, no horário de 8 horas houve uma queda nos valores de Fv/Fm na braquiária em todos os sistemas estudados (SSP, ROT e EXT), que pode ser devido ao fechamento estomático por conta das altas temperaturas. Para Bjorkman (1984), a temperatura pode afetar a fisiologia de uma planta de diversas formas: diretamente afetando a fotossíntese ou a respiração e/ou indiretamente alterando, por exemplo, o funcionamento dos estômatos.

**Tabela 6.** Valores médios da eficiência fotoquímica (Fv/Fm) em folhas de *B. decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca nos horários de avaliações às 8:00, 12:00 e 16:00.

SISTEMA X EPOCA		Fv/Fm		
		8h	12h	16h
CHUVOSA	SSP	0,82 aA	0,64 aC	0,71 aB
	ROT	0,73 bcA	0,63 aB	0,71 aA
	EXT	0,71 bcA	0,67 aA	0,69 aA
SECA	SSP	0,78 abA	0,68 aA	0,66 Aa
	ROT	0,69 cA	0,63 aA	0,66 aA
	EXT	0,69 cA	0,51 bB	0,55 bB
MÉDIA		0,73	0,63	0,67
CV(%)			4,81	

Médias seguidas de pelo menos por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado com regeneração nativa; EXT=extensivo.

Os resultados obtidos no trabalho colaboram com os resultados encontrados por Naumann *et al.* (2008), que mostraram que há uma queda de Fv/Fm ao meio dia e após esse horário ocorre um aumento no valor dessa variável e uma estabilidade da eficiência fotoquímica.

De acordo com Ogaya (2011), em um experimento que simulou as mudanças climáticas em duas espécies arbustivas, a temperatura e a umidade relativa do ar foram os fatores mais importantes para determinar os valores de  $F_v/F_m$  superando a disponibilidade hídrica. Onde valores mínimos de  $F_v/F_m$  foram alcançados no inverno, quando o frio foi combinado com a baixa umidade relativa do ar, enquanto que em condições ideais de temperatura e disponibilidade de água os valores de  $F_v/F_m$  foram de 0,80.

Contudo, mesmo para uma planta com um bom suprimento de água, ao meio dia, com as temperaturas mais altas, pode ocorrer o fechamento estomático (que por si só já causa aumento da temperatura da folha) e haver fotoinibição (alta densidade de fluxo de fótons fotossintético), que é um processo dependente de temperatura e de luz, que resulta no decréscimo na eficiência de utilização da energia dos fótons capturados (NOGUEIRA, *et al.* 2005).

Para a variável da eficiência quântica do fotossistema II, tanto na época chuvosa quanto na seca, a gramínea no sistema silvipastoril se apresentou como o melhor sistema, apresentando no horário de 8 horas os valores de 0,82 e 0,78 mostrando que o aparelho fotossintético está saudável. Já na época seca, a braquiária do sistema extensivo mostrou um declínio maior dos valores de  $F_v/F_m$  nos horários de 12:00h e 16:00h (0,51 e 0,55 respectivamente).

A resposta da planta a seca é caracterizada por mudanças fundamentais na relação da célula com a água, nos seus processos fisiológicos, na estrutura de membranas e de organelas celulares, além de mudanças morfológicas e fenológicas da planta, alterando a parte aérea com o ambiente. Ao nível de parte aérea da planta, uma resposta usual ao estresse, antes mesmo de haver variação no conteúdo em água dos tecidos, é uma diminuição do crescimento, que é associada com alterações no metabolismo de carbono e de nitrogênio (YORDANOV, *et al.* 2000).

Contrariando esses resultados do trabalho, Ghannoum *et al.* (2003), não encontraram alterações significativas na relação Fv/Fm em quatro espécies de gramíneas de rota C4, indicando que a capacidade de transporte de elétrons não foi alterada em função do estresse hídrico.

Na tabela 7, observou-se que na época chuvosa a braquiária no sistema silvipastoril apresentou maiores índices de performance (PI) em relação às gramíneas dos sistemas estudados (rotacionado e extensivo) apresentando os maiores ranks. Foi visualizada uma superioridade de performance da braquiária do sistema silvipastoril sobre a performance da braquiária do rotacionado e da performance da braquiária do sistema rotacionado sobre a performance da braquiária do sistema extensivo.

A melhor performance da *Brachiaria decumbens* nos sistemas silvipastoril e rotacionado pode ser devido às plantas presente nos dois sistemas terem fornecido proteção às gramíneas em relação as condições de alta radiância dos trópicos e o sistema extensivo por ter somente a braquiária ficou mais exposto às condições de altas temperaturas e luz.

**Tabela 7.** Valores do Índice de Performance (PI) em folhas de *Brachiaria decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca

Tratamentos	Época	
	Chuvosa	Seca
SSP	196aA (6,11)	196aB(3,22)
ROT	131bA(4,00)	119bB (1,66)
EXT	52cA (1,77)	62bB (0,77)
CV(%)		

Mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, que seguem as somas de rank, não diferem estatisticamente entre si pelos testes de Kruskal-Wallis e Mann-Whitney, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade. Valor entre parênteses corresponde à média do ganho de peso diário dos animais transformado. SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado; EXT=extensivo.

Observa-se ainda que na tabela 7, na época seca a braquiária no sistema silvipastoril se sobressaiu em relação às gramíneas dos outros sistemas, que teve como diferencial a *Leucaena leucocephala* presente no sistema, que pode ter conferido maior proteção à

gramínea na época seca. Já a *Brachiaria decumbens* no sistema rotacionado e extensivo foram semelhantes.

Na época seca, com as temperaturas mais altas, pode ocorrer o fechamento estomático (que por si só já causa aumento da temperatura da folha) e haver fotoinibição (alta densidade de fluxo de fótons fotossintético), que é um processo dependente de temperatura e de luz, que resulta no decréscimo na eficiência de utilização da energia dos fótons capturados (NOGUEIRA, *et al.* 2005).

A fotoinibição diminui cerca de 10% do potencial produtivo das culturas e à medida que o estresse por falta de água se intensifica, com o passar dos dias, a fotoinibição é aumentada, e os efeitos podem se tornar irreversíveis (BJORKMAN; POWLES, 1994).

### 3.2 ESTIMATIVA DO TEOR DE CLOROFILA (VALOR SPAD)

De acordo com a Tabela 8, os resultados mostram que na época chuvosa, a braquiária nos sistema silvipastoril e rotacionado apresentaram valores de estimativa do teor de clorofila semelhantes ao longo do dia, possivelmente devido às árvores presente no sistema, ter fornecido sombreamento parcial segundo Martuscello (2009).

Na Tabela 8, observa-se ainda que, na época chuvosa, os valores do índice SPAD na braquiária cultivada nos sistema silvipastoril e rotacionado apresentaram uma mesma tendência no comportamento dos valores de SPAD, apresentando estabilidade nos valores de SPAD ao longo do dia.

**Tabela 8.** Valores médios da estimativa do teor de clorofila (SPAD) em folhas de *B. decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca.

Tratamentos	Época	
	Época Chuvosa	Época Seca
SSP	39.58 aA	27.66 aB
ROT	33.89 aA	22.02 abB
EXT	18.83 bA	12.98 bA

MÉDIA	30.76	20.89
CV(%)	17.01	

Médias seguidas de pelo menos por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado com regeneração nativa; EXT=extensivo.

Na época seca, onde prevalecerem condições adversas para as plantas, o valor do SPAD na *Brachiaria decumbens* dos sistemas silvipastoril e rotacionado foram semelhantes, já o sistema extensivo mostrou-se como o pior tratamento. Provavelmente devido à ausência de árvores na área, visto que, nos outros sistemas (SSP e ROT) a presença das mesmas pode ter contribuído para redução da evaporação do braquiária e fornecido sombreamento

O déficit hídrico caracteriza-se como um dos estresses ambientais responsáveis pela alterações dos pigmentos nas folhas, alterando a relação clorofila *a* e *b* e a relação clorofila: carotenóides que é usada em menor proporção para diagnosticar senescência sob condições de estresse hídrico (HENDRY; PRICE, 1993). Assim, métodos de quantificação e de estimativa de tais pigmentos, de certa forma, também podem ser utilizados como ferramentas para seleção de genótipos tolerantes à seca (SILVA *et al.* 2006).

### 3.3 MASSA DA MATÉRIA SECA

Os maiores valores de massa da matéria seca foram encontrados na braquiária nos sistemas avaliados (SSP, ROT e EXT) na época chuvosa (Tabela 9), quando há maior disponibilidade hídrica, umidade relativa do ar e maior oferta de nutrientes para as plantas. De acordo com Sousa *et al.* (2006), quanto maiores são os valores de precipitação e umidade relativa maiores são as produções de matéria seca de um sistema de produção, o desempenho de gramíneas está relacionado à precipitação e à umidade relativa do local onde é cultivada. Para os mesmos autores, o SSP como sistema de produção que contém árvores, os valores de produções de matéria seca de forragem, dependem menos das condições de precipitação e umidade relativa.

**Tabela 9.** Valores da Massa da matéria seca (kg/ha) em folhas de *Brachiaria decumbens* nos sistemas avaliados: sistema silvipastoril (SSP), sistema rotacionado com regeneração nativa (ROT) e sistema extensivo (EXT), nas épocas chuvosa e seca

Tratamentos	Época	
	Época Chuvosa	Época Seca
SSP	1,00 aA	0,72 aB
ROT	0,83 bA	0,58 bB
EXT	0,53 cA	0,40 cB
MÉDIA	0,78	0,57
CV(%)	8,69	

Médias seguidas de pelo menos por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

SSP=Silvipastoril; ROT=Rotacionado com regeneração nativa; EXT=extensivo.

De acordo com a Tabela 9, na época chuvosa a produção e massa seca da braquiária no sistema silvipastoril se sobressaiu em comparação aos demais sistemas (ROT e EXT), com um acréscimo de 17% em relação ao rotacionado com regeneração nativa e 47 % em relação ao extensivo.

Esses resultados estão de acordo com Anderson *et al.* (1988), que verificaram que o sistema silvipastoril se sobressaiu, pois o solo sob a copa das árvores apresentou maior teor de umidade e que no silvipastoril ocorreu diminuição da demanda transpirativa das plantas herbáceas e rasteiras do sub-bosque, em face das condições climáticas amenas e da menor

velocidade dos ventos. Estes dados contribuem para mostrar que os sistemas silvipastoris proporcionam aumento da eficiência dos recursos naturais do ecossistema gerando menor impacto e aumento dos benefícios ambientais.

Entretanto, apesar dos benefícios dos SSP, de acordo com Vostet *al.* (1998) e Lee (2000), quaisquer estratégias que visem benefícios ambientais (por exemplo, aumento da biodiversidade) em atividades agrícolas devem considerar atrativos econômicos da adoção dessas tecnologias para os produtores.

De acordo com a Tabela 9, na época seca, a braquiária no sistema silvipastoril apresentou melhor resultado, enfatizando a estabilidade do sistema e se mostrando ser uma alternativa viável durante esse período de estiagem. Sendo que nesse período a oferta de alimento para os animais é uma preocupação constante para os produtores.

Nesse contexto, Gomide e Gomide (2001), sugeriram que a planta forrageira seja utilizada de forma mais racional, por meio de práticas de manejo sustentáveis que permitam alta produtividade e aproveitamento eficiente da forragem produzida, de modo a gerar máxima produtividade animal. Assim, conciliar alta produção de forragem e perenidade do pasto.

O sistema silvipastoril por estar presente a leucena e outras árvores como componente arbóreo, têm um maior volume de solo explorado, já que exploram profundidades de solo diferentes. Além do fato da leucena ser uma leguminosa arbórea, que pode refletir em diversidade biótica e ciclagem de nutrientes. Para Buresh e Tian (1997), em sistemas silvipastoris, as espécies arbóreas têm o potencial de melhorar o solo por numerosos processos. Podem influenciar na quantidade e disponibilidade de nutrientes dentro da zona de atuação do sistema radicular das culturas associadas, principalmente pela possibilidade de recuperar nutrientes abaixo do sistema radicular das pastagens e reduzir perdas por lixiviação

e erosão, aumentando assim a disponibilidade de nutrientes pela maior quantidade de matéria orgânica depositada no solo e pelo processo de ciclagem e nutrientes (BURESH; TIAN, 1997)

Um aspecto a ser considerado é a sombra proporcionada pela leucena no sistema silvipastoril. Para Paciullo *et al.* (2008), já que a sombra é um componente importante para o crescimento e desenvolvimento das plantas do sistema, reduz a temperatura do solo entre 5 e 10°C, a depender de seu movimento durante o dia. Isto é importante no aumento do crescimento das plantas, tanto pela redução do déficit hídrico, quanto pelo favorecimento da atividade microbiana na serrapilheira e no solo.

Ainda que sob sombreamento tenha havido redução da quantidade de luz para as plantas do sistema silvipastoril, os efeitos positivos da leucena sobre a ciclagem de nutrientes e sua liberação no solo podem ter favorecido o crescimento das plantas do sistema.

#### 4 CONCLUSÕES

O sistema silvipastoril surge como uma alternativa de manejo de pecuária para minimizar as intempéries do clima tropical sobre gramíneas forrageiras como a braquiária.

O sistema silvipastoril favoreceu a integridade do aparato fotossintético das plantas forrageiras cultivados nesse sistema de manejo.

O sistema silvipastoril proporcionou maiores valores de massa de matéria seca de forragem nas duas épocas avaliadas.

O sistema rotacionado com regeneração nativa se mostrou como uma alternativa viável como manejo de pecuária, proporcionando boas variáveis ecofisiológicas para a *Brachiaria decumbens*.

O sistema extensivo não é um sistema de manejo recomendável, pois proporcionou os piores valores das variáveis ecofisiológicas resultando em uma viabilidade comprometida ao longo do tempo.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, L. S.; SINCLAIR, F. L. Ecological interactions in agroforestry systems. **Agroforestry Abstracts**, v.6 , n. 2, p. 57-91 1993.

BAKER, N. R. Light-use efficiency and photoinhibition of photosynthesis in plants under environmental stress. *In*: SMITH, J. A. C.; GRIFFITHS, H. (eds.). **Water deficits plant responses from cell to community**. Oxford: Bios Scientific Publisher, 1993. p.221-235.

BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v.55, n. 403, p.1607-1621, 2004.

BARUCH, Z. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. 2. Leaf water potential, photosynthesis rate and alcohol dehydrogenase activity. **Plant Soil**, v.164, p.97-105, 1994.

BJORKMAN, O.; POWLES, S. B. Inhibition the photosynthetic reactions under water stress interaction with light level. **Plant**, v. 6, n.161, p. 490-504, 1984.

BOARDMANN, N. K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, v.28, s/n, p.358-377, 1977.

BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R. Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: A review of current instrument. *Functional Ecology*, v.3, n. 4, p.497- 514, 1989.

BULKHOV, N. *et al.* Heat sensitivity of chloroplasts and leaves: Leakage of protons from thylakoids and reversible activation of cyclic electron transport. **Photosynthesis Research**, v.59, n. 1, p.81-93, 1999.

BURESH, R.J; TIAN, G. Soil improvement by in subsaharam Africa. **Agroforestry Systems**, v.38, n.1-3, p. 51-76, 1997.

CARVALHO, M. M.; FREITAS, V. P.; ANDRADE, A. C. Crescimento inicial de cinco gramíneas tropicais em um subbosque de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* Benth.). **Pasturas Tropicales.**, v.17, n. 1, p. 24-30, 2002.

COSER, A. C.; MARTINS, C. E.; ALVIM, M.J.; Teixeira, F.V. Altura da Planta e Cobertura do Solo Como Estimadores da Produção de Forragem em Pastagem de Capim-Elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p.676-680, 1998.

CHRISTEN, D.; SCHÖNMANN, S.; JERMINI, M.; STRASSER, R.J.; DÉFAGO, G. Characterization and early detection of grapevine (*Vitis vinifera*) stress responses to esca disease by in situ chlorophyll fluorescence and comparison with drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v.60, p.504-514, 2007.

FAGUNDES, J. L.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados com nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.4, p.397-403, 2005.

FLORES, R.S.; EUCLIDES, V.P.; ABRÃO, M.P.C.; GALBEIRO, S. GELSON DOS SANTOS DIFANTE.;G.D.S.. BARBOSA, R.A.Desempenho animal, produção de forragem e características estruturais dos capins marandu e xaraés submetidos a intensidades de pastejo.**Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.8, p.1355-1365, 2008.

GHANNOUM, O.; CONROY, J. P.; DRISCOLL, S. P.; PAUL, M. J.; FOYER, C. H.; LAWLOR, D. W. Nonstomatal limitations are responsible for drought-induced photosynthetic inhibition in four C4 grasses. **New Phytologist**, v.159, n. 3, p.599-608, 2004.

GATES, D. M. Transpiration and leaf temperature. **Annual Review Plant Physiology**, v.19, s/n, p.211-238, 1968.

GONÇALVES, J.F.C.; SANTOS JUNIOR,U.M.; NINA JUNIOR, R.; CHEVREUIL, L.R. Energetic flux and performance index in copaiba (*COPAIFERA MULTIJUGA* Hayne) and mahogany (*Swietenia macrophylla* Ling) seedlings grown under two radiance environments. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, p. 171-184,2007.

GONÇALVES, M. C.; VEJA, J.; OLIVEIRA, J. G; GOMES, M. M. A Sugarcane yellow leaf vírus infection leads to alterations in photosynthetic efficiency and carbohydrate accumulation in sugarcane leaves. **Revista deFitopatologia Brasileira**, v.30, n. 1, p.10-16, 2005.

HENDRY, G. A. F.; GRIME, J. P. **Methods in comparative plant ecology** - a laboratory manual. 1 ed. London: Chapman & Hall, 1993, 252 p.

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:Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2001. (CD-ROM).