

**Sérgio Murilo Duarte**

**Sombreamento contínuo e intermitente e a resposta produtiva e bromatológica das  
forrageiras *Megathyrus maximus* e *Urochloa brizantha***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

**Área de Concentração:** Produção Animal

**Orientador:** Leonardo David Tuffi Santos

**Coorientadores:** Luciana Castro Geraseev

Vitor Diniz Machado

**Montes Claros**

**2018**

D812s  
2019 Duarte, Sérgio Murilo.

Sombreamento contínuo e intermitente e a resposta produtiva e bromatológica das forrageiras *Megathyrsus maximus* e *Urochloa brizantha* / Sérgio Murilo Duarte. Montes Claros, 2018.  
47 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Animal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador(a): Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos  
Banca examinadora: Prof. Dr. Luciana Castro Geraseev, Prof. Dr. Mário Henrique França Mourthé, Prof. Dr. Otaviano de Souza Pires Neto.

Inclui referências.

1. Alimentos - análise. 2. Sombras e sombreados. 3. Capim-marandu.  
I. Tuffi Santos, Leonardo David. II Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.2

**Sérgio Murilo Duarte**

**Sombreamento contínuo e intermitente e a resposta produtiva e bromatológica das  
forrageiras *Megathyrsus maximus* e *Urochloa brizantha***

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Produção Animal.

**Área de Concentração:** Produção Animal  
**Orientador:** Leonardo David Tuffi Santos  
**Coorientadores:** Luciana Castro Geraseev  
Vitor Diniz Machado

Aprovado pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Mário Henrique França Mourthé

Prof<sup>ª</sup>. Luciana Castro Geraseev

Prof. Otaviano de Souza Pires Neto



---

Prof. Leonardo David Tuffi Santos  
Orientador (ICA/UFMG)

**Montes Claros 31 de outubro 2018.**

Aos meus pais Valdeci Alves Duarte (*in memoriam*) e Ilza Teixeira Duarte pelo exemplo de perseverança, honradez e honestidade sempre. A minha esposa Maria Celina Barbosa Duarte pelo amor, companheirismo e incentivo nas horas mais difíceis. Aos meus filhos Bernardo Barbosa Duarte e Gabriel Barbosa Duarte por me mostrar a forma mais sublime e intensa do amor.

DEDICO!

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e pelo amparo nas horas mais difíceis.

Ao Instituto de Ciências Agrárias (ICA) e ao Mestrado em Produção Animal da UFMG pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro em parte dos estudos.

À professora Luciana Castro Geraseev a quem tenho verdadeira admiração pelo profissionalismo e dedicação à pesquisa e que desde o primeiro dia após a minha aprovação tem me incentivado e orientado com afinco e sabedoria.

Ao professor Vitor Diniz Machado pelo apoio na montagem e condução do experimento. Suas orientações foram valiosíssimas.

Ao professor orientador Leonardo David Tuffi Santos que sem abrir mão do seu profissionalismo soube de forma objetiva me orientar e fazer-me acreditar que era capaz, quando nem mesmo eu acreditava. Mesmo com minhas dificuldades decorrentes de uma formação na graduação diferente da área do Mestrado, consegui extrair o máximo do meu conhecimento outrora adquirido, provando ser um professor por excelência, daqueles que a gente leva seus ensinamentos para vida toda.

Aos professores Anna Christina de Almeida e Eduardo Robson Duarte pelos inúmeros exemplos de dedicação, perseverança e amor ao próximo, sempre prontos a te escutar não somente com os ouvidos, mas também com o coração.

A professora Franciellen Moraes pela amizade, incentivo e inestimável contribuição e parceria em outras pesquisas.

Ao amigo Fernando dos Santos Magaço que sempre com sorriso no rosto se mostrou prestativo em todas as tarefas solicitadas. Obrigado também pela colaboração nas pesquisas em outros idiomas.

Ao João Paulo Bicalho Prates, precursor do experimento, que não se furtou em contribuir incisivamente em todas atividades. Obrigado João pelo companheirismo e amizade.

Aqui cabe um agradecimento mais que especial a todos do Laboratório de Biologia e Manejo de Plantas Daninhas Luan, Willian, João Paulo, Rodrigo Barros, Leonardo Rocha, Matheus Sales, Guilherme, Pedro, Álvaro, Matheus Mendes e Vitor Augustus, aos quais me refiro sempre emocionado pela inestimável contribuição. Seria praticamente impossível conduzir o experimento sem vocês. Obrigado pela ajuda nos cortes de uniformização e coletas das forrageiras, pelo manuseio do sombrite e pelo auxílio acadêmico. Acredito que o verdadeiro valor do homem não se mede pelas palavras, mas sim pelas atitudes. Eternamente grato!

À todos do Laboratório Bromatologia. Tânia Dayna e Andre Peixoto pelos ensinamentos no manuseio dos equipamentos ao ingressar no ICA. Sarah, Karol, Stephane, Tawany pela colaboração na realização das análises.

Aos colaboradores Davi, Alexandre, Adriano e João Neto do setor de jardinagem que com toda humildade e simplicidade se mostram sempre solícitos durante os momentos de dificuldade.

Enfim, a todos os colegas de trabalho pelo apoio e pelas palavras de incentivo.

**“É fundamental diminuir a distância entre o que se diz e o que se faz, de tal maneira que num dado momento a tua fala seja a tua prática.”**

**Paulo Freire**

## RESUMO

As plantas forrageiras quando submetidas à restrição luminosa podem apresentar alterações em sua produtividade e qualidade decorrentes de alterações morfológicas e fisiológicas necessárias à adaptação ao ambiente de cultivo. No presente estudo objetivou-se avaliar a interferência do sombreamento contínuo e intermitente, com 70% de restrição luminosa, sobre a produtividade, composição química e fisiologia de quatro forrageiras tropicais. Foram conduzidos dois experimentos, ambos em delineamento de blocos casualizados com 5 repetições, sendo o primeiro em esquema fatorial 2 x 3, com duas forrageiras (capim-piatã e capim-marandu) submetidas a diferentes condições de luminosidade (pleno sol, sombreamento contínuo e sombreamento descontínuo com três horas de sol). O segundo experimento foi conduzido com o mesmo delineamento experimental, porém com as forrageiras capim-tamani e capim-tanzânia. No primeiro ensaio, o capim-piatã apresentou maior taxa de acúmulo diário de matéria seca (40,9 Kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) que o capim-marandu (34,4 Kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), independente da condição de luminosidade no ambiente de cultivo, entretanto não observou-se variação na produtividade entre capim-tamani e capim-tanzânia. O sombreamento contínuo e intermitente com 70% de restrição luminosa ocasionou menor taxa de acúmulo diário de matéria seca, com reduções de 17,4, 28,5, 28,8 e 30,3% para os capins-tanzania, tamani, piatã e marandu, respectivamente em comparação as plantas mantidas em condição de pleno sol. Por outro lado, nos dois ensaios, o teor de proteína foi superior em plantas mantidas sob sombreamento, em comparação ao pleno sol. Os teores de FDN encontrados nas forrageiras capim-tamani, capim-tanzânia, capim-piatã e capim-marandu cultivadas no pleno sol foram maiores, em comparação aos observados para os ambientes sombreados. As forrageiras estudadas quando expostas ao sombreamento contínuo apresentam redução significativa das variáveis fisiológicas, enquanto no sombreamento intermitente as médias se aproximam dos valores encontrados ao pleno sol, em resposta ao estímulo luminoso momentâneo. O capim-tanzânia caracteriza-se por maior taxa fotossintética em detrimento ao capim-tamani, apesar dessa última apresentar maior adaptação ao sombreamento. As alterações nas variáveis fisiológicas das forrageiras sombreadas e expostas ao estímulo luminoso direto de 3h estudadas são positivas, entretanto não refletem em ganhos produtivos. O comportamento produtivo e na composição bromatológica das quatro forrageiras mantidas em sombreamento contínuo com sombrite são similares aos encontrados com o ambiente com sombreamento intermitente com 3h de luz solar direta, o que valida o uso do sombreamento contínuo com sombrite em simulação aos ambientes sombreados naturalmente.

**Palavras-chave:** Análise bromatológica. *Megathyrsus maximus*. Restrição luminosa. *Urochloa brizantha*.

## ABSTRACT

Forage plants when submitted to light restriction may present changes in their productivity and quality resulting from morphological and physiological changes necessary for adaptation to the growing environment. The objective of this study was to evaluate the interference of continuous and intermittent shading, with 70% light restriction, on the productivity, chemical composition and physiology of four tropical forages. Two experiments were conducted in a randomized complete block design with 5 replicates, the first one in a 2 x 3 factorial scheme, with two forages (piatã grass and marandu grass) submitted to different light conditions (full sun, shading continuous and with three hours of sun). The second experiment was conducted with the same experimental design, but with tamani grass and tanzania grass forages. In the first trial, the piatã grass presented a higher daily dry matter accumulation rate ( $40.9 \text{ kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ) than the marandu grass ( $34.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ day}^{-1}$ ), regardless of the condition of luminosity in the cultivation environment, however, it was not observed a variation in the productivity between grass-size and tanzania grass. Continuous and intermittent shading with 70% light restriction resulted in a lower daily accumulation of dry matter, with reductions of 17.4, 28.5, 28.8 and 30.3% for tanzania, tamani, piatã and marandu, respectively compared to plants kept in full sun condition. On the other hand, in both trials, the protein content was higher in plants kept under shading compared to full sun. The NDF levels found in forage grasses, Tanzania grass, piatã grass and marandu grass grown in the full sun were higher than those observed for shaded environments. The forages studied when exposed to continuous shading show a significant reduction of the physiological variables, while in the intermittent shading the averages approach the values found in the full sun, in response to the momentary light stimulus. Tanzania grass is characterized by a higher photosynthetic rate in detriment to the Tamani grass, although the latter shows a greater adaptation to the shading. The changes in the physiological variables of the shaded forages exposed to the direct light stimulus of 3h studied are positive, but do not reflect in productive gains. The productive behavior and the bromatological composition of the four forages maintained in continuous shading with sombrite are similar to those found with the environment with intermittent shading with 3h of direct sunlight, which validates the use of continuous shading with sombrite in simulation to naturally shaded environments.

Keywords: Bromatological analysis. *Megathyrus maximus*. Light restriction. *Urochloa brizantha*.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Imagem ilustrativa das estruturas de sombrites para interceptação da luz.....	33
Gráfico 1- Produtividade dos capim-piatã e capim-marandu em diferentes condições de luminosidade.....	35
Gráfico 2- Produtividade dos capim-tanzânia e capim-tamani em diferentes condições de luminosidade.....	37

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1- Composição química dos capim-piatã e capim-marandu em diferentes condições de luminosidade.....	36
TABELA 2- Taxa fotossintética ( <i>A</i> ), taxa respiratória ( <i>E</i> ) concentração interna de carbono na folha ( <i>Ci</i> ) e eficiência no uso da água ( <i>EUA</i> ) para capim-piatã e capim-marandu cultivados em diferentes condições de luminosidade na primavera.....	36
TABELA 3- Taxa fotossintética ( <i>A</i> ), concentração interna de carbono na folha ( <i>Ci</i> ), condutância estomática ( <i>gs</i> ), taxa respiratória ( <i>E</i> ) e eficiência no uso da água ( <i>EUA</i> ), para capim-piatã e capim-marandu sob diferentes condições de luminosidade no verã.....	37
TABELA 4- Composição química dos capim-tanzânia e capim-tamani em diferentes condições de luminosidade.....	38
TABELA 5- Condutância estomática ( <i>gs</i> ) taxa transpiratória ( <i>E</i> ), para capim-tanzânia e capim-tamani sob diferentes condições de luminosidade na primavera.....	39
TABELA 6- Taxa fotossintética ( <i>A</i> ), taxa respiratória ( <i>E</i> ) concentração interna de carbono na folha ( <i>Ci</i> ) e eficiência no uso da água ( <i>EUA</i> ) para capim-tanzânia e capim-tamani sob diferentes condições de luminosidade no verão.....	39
Tabela 7: Taxa fotossintética ( <i>A</i> ), concentração interna de carbono na folha ( <i>Ci</i> ), condutância estomática ( <i>gs</i> ), taxa respiratória ( <i>E</i> ) e eficiência no uso da água ( <i>EUA</i> ), para capim-tanzânia e capim-tamani sob diferentes condições de luminosidade no verão.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AFE - Área Foliar Específica  
Al - Alumínio  
Ca - Cálcio  
Ci - Concentração Interna de Carbono na Folha  
Cm - centímetro  
DIVMS - Digestibilidade *in vitro* da matéria seca  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
E - Taxa de transpiração  
EUA - Eficiência no Uso da Água  
FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura  
FDA - Fibra insolúvel em detergente ácido  
FDN - Fibra insolúvel em detergente neutro  
gs - condutância estomática dos vapores de água  
h - Horas  
ha - Hectare  
ICA - Instituto de Ciências Agrárias  
ILPF - Integração Lavoura-Pecuária-Floresta  
K - Potássio  
Kg - Quilo Grama  
m<sup>2</sup> - Metro Quadrado  
Mg - Magnésio  
P - Fósforo  
PB - Proteína bruta  
pH - Potencial Hidrogeno Iônico  
PIDA - Proteína Indisponível em Detergente Ácido  
PIDN - Proteína Indisponível em Detergente Neutro  
RFA - Radiação fotossinteticamente ativa  
UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
2	<b>OBJETIVOS</b> .....	14
	Objetivo Geral .....	14
	Objetivos Específicos.....	14
3	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
3.1	Pecuária e Pastagem no Brasil .....	15
3.2	Sistemas integrados de produção de forragem .....	16
3.3	Experimentação em sistemas de ILPF.....	16
3.4	Respostas dos valores protéicos em forrageiras sombreadas .....	19
3.5	Componentes fibrosos em forrageiras sombreadas .....	20
3.6	REFERÊNCIAS .....	22
4	<b>ARTIGO</b> .....	28
4.1	Sombreamento contínuo e intermitente e a resposta produtiva e bromatológica das forrageiras <i>Megathyrsus maximus</i> e <i>Urochloa brizantha</i> .....	28

## 1 INTRODUÇÃO

As pastagens se configuram como o principal suporte à manutenção da pecuária brasileira e a qualidade da carne produzida, o que assegura posição de destaque do Brasil no cenário mundial. Dada à importância da pecuária na economia brasileira é preciso propor sistemas de produção que mantenham as pastagens produtivas e com características sustentáveis como ocorre nos sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). A ILPF consiste no cultivo simultâneo ou sequencial de culturas agrícolas, forrageiras e árvores que comprovadamente tem propiciado benefícios ecológicos, econômicos e sociais, com destaque para a geração de renda extra, melhoria no conforto térmico para os animais e aumento do sequestro de carbono do solo.

Contudo, é importante destacar que o nível de sombreamento proporcionado pelo componente arbóreo pode interferir negativamente na produtividade e qualidade da forragem produzida (SOARES; BERNARDON; AIOLFI; ARAUJO *et al.*, 2016). Gramíneas forrageiras apresentam alterações fisiológicas, morfológicas e estruturais de acordo com a disponibilidade luminosa de seu ambiente de crescimento. É importante evidenciar que mesmo as espécies de clima tropical respondem de maneira diferente quanto ao nível de luminosidade podendo ter seus valores produtivos e bromatológicos alterados com acréscimo ou decréscimo, dependendo da cultivar escolhida (CASTRO *et al.*, 1999; CARVALHO, 2001; ANDRADE *et al.*, 2004). Nesse contexto, torna-se importante o entendimento da relação intensidade luminosa no ambiente de cultivo de diferentes forrageiras frente às características produtivas e nutricionais de cada cultivar.

Características nutricionais das forrageiras, especialmente o teor de proteína e de fibras, são influenciadas pelo sombreamento. Na literatura os teores de proteína em plantas forrageiras cultivadas sob sombreamento são normalmente superiores aos de plantas de pleno sol (SANTIAGO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Por outro lado, as variações nos teores de fibras de gramíneas forrageiras são melhorados, pensando em aproveitamento animal, quando em ambientes sombreados (ARAUJO *et al.*, 2017), ou a restrição luminosa não interfere nessa característica (PACIULLO *et al.*, 2014).

Estudos a respeito do efeito da restrição luminosa sobre as forrageiras têm possibilitado respostas importantes quanto a características produtivas e bromatológicas. Tal conhecimento está consolidado em inúmeros trabalhos experimentais em condições de sombreamento natural, em cultivo consorciado com árvores, bem como em condições controladas com uso de sombreamento artificial.

No sombreamento artificial as condições de luminosidade diferem em muito das condições naturais, em que existe uma alternância de radiação direta ou difusa incidindo no sub-bosque em decorrência do movimento da terra no seu eixo. Esse padrão de luminosidade torna-se evidente quando se utiliza arranjos espaciais mais regulares com maiores espaçamentos entre linhas de plantio e menores entre plantas, o que é recomendado no sistema ILPF. Nesse sentido, quando uma planta sombreada é estimulada por feixes de radiação direta, ela necessita

de certo tempo para responder ao estímulo luminoso, aumentando sua fotossíntese (SALISBURY, ROSS 1992). O intervalo de tempo entre estímulo e a resposta é em função da abertura estomática e acumulação de metabólitos intermediários do processo fotossintético. De maneira inversa, quando a planta é sombreada, a fotossíntese não é reduzida drasticamente para os mais baixos índices de radiação, permanecendo alta até que metabólitos intermediários produzidos sob alta luminosidade sejam consumidos (PERI, MOOT, MACNEIL, 2006).

Em condições de campo, com o sombreamento por árvores, a quantidade e qualidade da luz que chega no sub-bosque é heterogênea, o que dificulta a obtenção de resultados consistentes sobre a resposta das forrageiras a esses ambientes. Em condições controladas, com sombreamento artificial por meio de sombrites, é possível manipular o ambiente de forma a conseguir maior homogeneidade na luz que chega às forrageiras. Na literatura as informações sobre a resposta de plantas forrageiras sombreadas ao estímulo luminoso direto e momentâneo são escassas.

Entender a resposta de forrageiras ao estímulo luminoso direto intermitente em ambientes sombreados artificialmente, em simulação ao que acontece em ambientes naturais, torna-se fundamental para o conhecimento das alterações na produtividade e qualidade da forragem produzida em sistemas consorciados com árvores.

## 2 OBJETIVOS

### Objetivo Geral

Avaliar a interferência do sombreamento contínuo e intermitente sobre a produtividade, composição químico-bromatológica e características fisiológicas do capim-tanzânia, capim-tamani, capim-piatã e capim-marandu submetidos.

### Objetivos Específicos

- Avaliar a influência do sombreamento contínuo e intermitente na produtividade de *Megathyrus maximus* e *Urochloa Brizantha*.
- Avaliar a influência do sombreamento contínuo e intermitente na composição químico-bromatológica de *M. maximus* e *U. Brizantha*.
- Avaliar como a disponibilidade de luz interfere nas trocas gasosas das forrageiras *M. maximus* e *U. Brizantha*.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Pecuária e Pastagem no Brasil

Em 2017, o rebanho bovino brasileiro atingiu a marca de 214,9 milhões de cabeças (IBGE, 2017). Segundo o Ministério do Planejamento e Agricultura a expectativa é que até 2020 a produção nacional de carnes suprirá 44,5% do mercado mundial. Dados oficiais destacam que, em 2017, só as exportações de carne bovina representaram 3,2% de tudo o que o Brasil exportou, movimentando 523,25 bilhões de reais e gerando 353.725 vagas de trabalho com carteira assinada.

Essa posição de destaque no cenário mundial se deve principalmente pelo sistema de produção brasileiro a pasto, o que garante maior competitividade na pecuária em comparação a outros países (DIAS-FILHO, 2014). Entretanto, mesmo sendo as pastagens a principal base de sustentação para o desenvolvimento e manutenção da pecuária brasileira, estudos demonstram que cerca de 80% destas se encontram em algum nível de degradação. Esta, por sua vez, pode ser agrícola, onde o aumento na proporção de plantas daninhas na área diminui gradualmente a capacidade de suporte, ou biológica, que ocorre quando o solo perde a capacidade de sustentar a produção vegetal de maneira significativa, levando à substituição da pastagem por plantas pouco exigentes em fertilidade ou simplesmente ao aparecimento de áreas desprovidas de vegetação (DIAS-FILHO, 2006, 2014).

Historicamente, durante a expansão agrícola, terras com baixa fertilidade foram destinadas a formação de pastagens, como é o caso do Cerrado, bioma de características muito semelhante a savanas africanas e que concentram a maior parte da produção pecuária brasileira (FERRAZ, 2010; DIAS-FILHO, 2014). Essas áreas são acometidas principalmente pela degradação biológica, onde a escolha incorreta da espécie forrageira, má formação inicial, falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem tem agravado tal situação (DIAS FILHO, 2006; PORFIRIO, 2009).

Outro ponto de destaque que pode estar associado ao processo de degradação das pastagens é a adoção de práticas inadequadas de manejo que pode provocar um desequilíbrio das condições físicas, químicas e biológicas do solo, levando, a uma perda de produtividade da forragem (MACEDO, 2000; BALBINO et al., 2011).

Assim é preciso não só implementar modelos de produção mais sustentáveis, como também promover a recuperação de áreas já degradadas. Uma alternativa promissora frente aos processos de degradação das pastagens é a implantação de Sistemas Integrados de produção, como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta, que tem por objetivo otimizar o uso da terra tanto no sentido ecológico quanto econômico (BALBINOT *et al.*, 2011; SALTON *et al.*, 2014; TORRES *et al.*, 2017).



### 3.2 Sistemas integrados de produção de forragem

O sistema de integração entre culturas agrícolas tem se mostrado extremamente benéfico para o ecossistema, porém somente nos últimos 50 anos tais sistemas começaram a ser estudados cientificamente (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Harmonizar, de forma sinérgica, diferentes culturas em um mesmo ambiente é papel da agroecologia, ciência esta que pode agrupar conhecimentos populares, tradicionais e modernos com intuito de propor sistemas mais sustentáveis (GLIESSMAN, 2001).

Dentre os modelos de cultivos de árvores com culturas agrônômicas e pastagens e ou animais, têm ganhado destaque nos últimos anos o sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Este sistema tem caráter conservacionista, em comparação aos monocultivos de pastagem, por proporcionar maior equilíbrio do ecossistema (JACKSON, 1998; WILSON, 1996; LEME *et al.*, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2015). Em geral, a adoção deste sistema é benéfica, pois propicia recuperação da qualidade e da capacidade produtiva do solo devido a maior deposição da serapilheira (SALTON *et al.*, 2014).

A adoção de sistemas ILPF tem se difundido por várias regiões do Brasil. Contudo, a grande extensão territorial e as variações climáticas do país possibilitam adaptações que diferem na sequência de espécies, detalhes de implementação e fases de rotação entre culturas e pecuária (BALBINOT *et al.*, 2011; CARVALHO *et al.*, 2010; SALTON *et al.*, 2014). Como ponto positivo, a alternância de culturas vegetais com a integração de animais estimula a biodiversidade e ajuda a quebrar ciclos de pragas, doenças e plantas daninhas, reduzindo assim os custos de produção, aumentando os resultados econômicos e ambientais (KICHEL *et al.*, 2014; REIS *et al.*, 2016).

Apesar dos avanços alcançados na pesquisa relacionados a sistemas integrados nos últimos anos, o conhecimento científico da produção integrada e operação de tais sistemas ainda está aquém da quantidade demandada (DELLA GIUSTINA *et al.*, 2017). Dentre as inúmeras variáveis de um sistema consorciado, o sombreamento provocado pelo componente arbóreo e suas implicações sobre a espécie forrageira abre inúmeras possibilidades de estudos que possam maximizar as características produtivas e nutricionais de ambos (BARCELLOS *et al.*, 2008; CORDEIRO *et al.*, 2017)

### 3.3 Experimentação em sistemas de ILPF

A experimentação em sistemas ILPF apresenta certa dificuldade, pois ao se trabalhar com componente arbóreo a relação tempo/espaço normalmente é extensa. A fim de obtermos respostas mais rápidas e com menor grau de interferentes externos, boa parte do conhecimento atual em relação às repostas das forrageiras ao sombreamento é obtido em ensaios sob telas de polietileno preto (sombrites), de diferentes malhas de interceptação da luz. Neste contexto, diversos trabalhos foram realizados com objetivo de avaliar o efeito de níveis de sombreamento artificial sobre as características químicas, morfológicas e produtivas das forrageiras de clima

tropical (SOARES *et al.*, 2016; BRANDANI *et al.* 2015; VIEIRA *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2014). Contudo é notório que a condição de luminosidade proporcionada pelo sombreamento artificial realizada por sombrite é diferente do observado em condições naturais no sistema silvipastoril. Em condições naturais, existe alternância de radiação direta ou difusa incidindo no sub-bosque em decorrência do movimento da terra no seu eixo. Já os sombrites interceptam a luz de maneira contínua, permitindo a passagem de radiação, predominantemente na forma difusa.

Adicionalmente, as árvores cultivadas no sistema ILPF provocam alterações microclimáticas como diminuição da temperatura e aumento da umidade, devido à redução da radiação solar e da velocidade do vento no sub-bosque (KICHEL *et al.*, 2014; PEZZOPANE *et al.*, 2015). Sabe-se que o espaçamento e o tipo de componente arbóreo influenciam diretamente na quantidade e na qualidade da luz que chega ao sub-bosque, provocando mudanças tanto na produtividade quanto nas características químicas das gramíneas cultivadas (OLIVEIRA *et al.*, 2007; TUFFI SANTOS *et al.*, 2015). Estas alterações podem ser atenuadas ou intensificadas, dependendo do espaçamento adotado.

Castro *et al.* (1999) e Carvalho (1995) trabalhando em condições de sombreamento artificial moderado (30% em relação à radiação fotossinteticamente ativa plena), observaram que *U. decumbens*, *Megathyrus* sp. e *Setaria sphacelata* produziram 70, 119,7 e 100,5%, respectivamente, da quantidade de forragem obtida a pleno sol. Já Andrade *et al.* (2004) constataram decréscimo acentuado na taxa de crescimento da *U. brizantha*, quando as plantas foram submetidas ao sombreamento intenso (mais de 50% de redução da luminosidade). Paciullo *et al.* (2011) observaram que espaçamentos mais amplos garantem a longevidade das forrageiras cultivadas no sistema ILPF. No caso de gramíneas tropicais, espaçamentos com menor densidade possibilitam, sobretudo, a passagem de radiação suficiente para o crescimento da forrageira e melhor desenvolvimento, como é o caso das leguminosas que, mesmo com ponto de compensação luminosa menor para fotossíntese em relação às gramíneas tropicais, apresentam desenvolvimento satisfatório em espaçamento arbóreo superior a 12 m entre as linhas de árvores (ARAUJO *et al.*, 2017)

Assim, além do arranjo, densidade e espaçamento das árvores a escolha da forrageira a ser cultivada torna-se fundamental para o sucesso desses sistemas de cultivo. As gramíneas forrageiras se diferenciam nas respostas quanto a velocidade de crescimento, competitividade por nutrientes rebrota, teor de matéria seca, além das características morfofisiológicas específicas de cada cultivar (NEVES NETO *et al.*, 2015). Ter acesso a essas informações possibilita uma decisão mais assertiva de qual forrageira se adapta a condição que se tem disponível.

A vasta extensão territorial brasileira permite as mais variadas escolhas de forrageiras, porém a maior parte das pastagens destinadas à produção pecuária se concentra na região do Cerrado. Com características de solo ácido de média e baixa fertilidade e devido à similaridade com as savanas africanas, espécies de gramíneas como a *Megathyrus maximus* e *Urochloa brizantha* se desenvolveram muito bem. Parte importante deste desenvolvimento se deve a Embrapa que, em posse de uma grande quantidade de germoplasmas, tem intensificado suas

pesquisas desde a década de 70, adaptando variedades de forragem, especialmente do gênero *Urochloa* e *Megathyrus* às condições brasileiras, em especial aos cerrados (FERRAZ FELICIO, 2010).

A adoção das espécies *Urochloa* e *Megathyrus* na maioria dos sistemas consorciados tem relação direta com a boa capacidade de adaptação destas forrageiras a condição restritiva da luz, implicando em menor quantidade do tecido de sustentação e também menor número de célula do mesófilo por unidade aérea, produzindo assim folhas mais finas e maiores, o que conferem maior adaptação em ambientes com restrição de radiação (BURIN, 2017; SOARES *et al.*, 2016).

As forrageiras do gênero *Urochloa* estão entre as gramíneas mais utilizadas em sistema de produção animal no Brasil para formação de pastagens com ou sem consorciamento (COSTA *et al.*, 2005; GOMES *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2016). São plantas que possuem sistema radicular bastante eficiente com capacidade de promover a estruturação do solo, proporcionando um ambiente favorável ao crescimento da cultura subsequente (SALTON *et al.*, 2014). São plantas com ótima taxa de crescimento, excelente capacidade de rebrota e boa área pastejável (VALLE ; JANK; RESENDE, 2009). Versatilidade e uma característica marcante, pois apresenta bons resultados tanto em sistemas tradicionais de pastagem quanto em sistemas consorciados (PACIULLO *et al.*, 2008)

*Megathyrus maximum* é uma planta apomítica com alto potencial para pastagem, bem adaptada a solos de média e alta fertilidade, bem drenados, exigentes a altas temperaturas e muito utilizada em sistemas intensivos devido às altas produções de forragem de boa qualidade; mas também se adaptam a sistemas ILPF em função de uma maior diversidade morfológica. As espécies de crescimento cespitoso apresentam altura de 0,5 a 3,5m dependendo da cultivar, resistem bem ao sombreamento moderado, alterando sua fisiologia, diminuindo a produção de biomassa e melhorando a qualidade nutritiva (SANTIAGO-HERNÁNDEZ, 2016).

As gramíneas forrageiras, por serem em sua grande maioria plantas com metabolismo C4, apresentam alterações morfogênicas e estruturais de acordo com a disponibilidade luminosa de seu ambiente de crescimento. A quantidade e a qualidade de luz interceptada pelas plantas, além da importância na fotossíntese, tem grande influência sobre a estrutura de folhas, caules e raízes (VIERA *et al.*, 2014).

A radiação solar direta interceptada pelo componente arbóreo altera significativamente a razão entre os espectros de luz vermelho/vermelho extremo, principal comprimento de onda absorvido pelo fitocromo, pigmento proteico responsável pela percepção luminosa nos vegetais, que sobre condição restritiva da luz aloca a maior parte dos seus recursos para crescimento em altura, produzindo assim folhas mais finas e maiores e estimulando o alongamento do caule (SANTOS *et al.*, 2016; SOARES, BERNARDON, AIOLFI, 2016)

Tais características estão intrinsecamente relacionadas à produtividade das forrageiras, porém não apresentaram comportamento padrão, variando conforme a espécie avaliada. Em trabalho realizado por Martins *et al.* (2014) com capim-marandu (*U. brizantha* cv. Marandu) submetida a níveis de sombreamento (0%; 30%; 50% e 70%) foi observado que a produtividade

não fora alterado pelos tratamentos. Os autores constataram também que o capim-marandu possui boa capacidade de adaptação aos níveis crescentes de sombreamento, sendo capaz de produzir um percentual de matéria seca equivalente ao pleno sol.

Resultados diferentes são relatados em outros trabalhos e atribuem a queda na produção de gramíneas de ciclo C4 ao sombreamento mais severo, pois tal alteração provoca diminuição acentuada das taxas fotossintéticas o que reduz a produtividade das forrageiras (SOARES; BERNARDON; AIOLFI, 2016). Em trabalho realizado por Castro *et al.* (1999) foi observado redução de 50% no rendimento das forrageiras *Panicum maximum* e *Melinis minutiflora*, quando cultivadas com 60% de sombreamento artificial. O capim-marandu também apresentou diminuição de 60% na taxa de acúmulo de matéria seca, quando cultivada sob sombreamento artificial de 70% (ANDRADE *et al.*, 2004).

Paciullo *et al.* (2007) observaram não haver diferença na produtividade da *U. decumbens* quando cultivada com sombreamento de 35% e pleno sol. Solos com media fertilidade e forrageiras cultivadas sob condição de baixa densidade arbórea proporcionam maior produtividade de forrageiras (BURROWS *et al.*, 1990; WILSON *et al.*, 1990). Em outro experimento realizado por Castro *et al.*, (1999) a produção de matéria seca da *M. maximum* cv. Vencedor foi 19,72% maior à sombra moderada que a pleno sol. Equalizar boas técnicas de manejo e forrageiras bem adaptadas à especificidade de cada região não é tarefa fácil, motivo pelo qual tem se intensificado pesquisa na área de forragicultura com o intuito de selecionar genótipos superiores e com melhor desempenho agrônômico.

### 3.4 Respostas dos valores protéicos em forrageiras sombreadas

Dentre as mudanças provocadas pela restrição luminosa nas forrageiras cultivadas no sistema ILPF o aumento dos valores protéicos tem se mostrado vantajoso. A proteína está associada a maior ganho de peso, maior produção de leite e de forma geral melhoria da qualidade do rebanho (FERNANDES *et al.*, 2015; ABRÃO *et al.*, 2016).

A principal hipótese aceita na literatura é que o aumento da proteína para plantas sombreadas correlaciona-se às características adaptativas, onde a restrição luminosa provoca a diminuição da taxa de fotossintética (DALMOLIN *et al.*, 2015). Tal fato compromete diretamente o metabolismo da planta, que sob esta condição é acometida por alterações morfofisiológicas, dentre elas o aumento da área foliar, redução do percentual de matéria seca e maior concentração dos minerais nitrogênio, fósforo e potássio (CARVALHO, FREITAS, ANDRADE 1995). Assim, como o nível de proteína bruta está diretamente ligado ao nitrogênio contido no vegetal, o aumento dos valores de nitrogênio, causados pelo sombreamento, tem impacto direto no incremento dessa variável bromatológica em vegetais sombreado (ARAUJO *et al.*, 2017).

Contudo hipóteses diferentes são relatadas na literatura para aumento do teor proteico das forrageiras sombreada. Wilson (1996) relata que em ambientes sombreados ocorre um aumento da degradação da serapilheira, com maior incorporação de nitrogênio ao solo. Esta condição, associada ao componente arbóreo constituído por leguminosas, pode potencializar a

fixação biológica de nitrogênio no solo elevando os valores de proteína para forrageiras consorciada (HANISCH *et al.*, 2016; GUIMARÃES *et al.*, 2017). Entretanto, SOUSA *et al.*, (2010) atribuíram maior valor de proteína para plantas sombreadas ao desenvolvimento ortogenético. Nesse caso, as gramíneas tendem a ser fisiologicamente mais jovens, o que prolonga a fase vegetativa juvenil e permite a manutenção de níveis metabólicos mais elevados por um período maior de tempo.

Porem valores elevados de proteína na forrageira não garante que toda essa proteína esteja prontamente disponível. Com intuito de conciliar quantidades desse nutriente, análises bromatológicas são propostas a fim de determinar variações do nitrogênio indisponível em detergente neutro e detergente ácido (TOLENTINO *et al.*, 2016). Frações estas que estão associadas à lignina (BALSALOBRE *et al.*, 2003). Os componentes dessas frações são altamente resistentes ao ataque microbiano e enzimático, por esse motivo, são completamente insolúveis e ou indigestíveis no trato gastrointestinal (SANTOS *et al.*, 2017). Desta maneira os valores de nitrogênio indisponível são convertidos em PIDN e PIDA auxiliado na determinação percentual da inacessibilidade microbiana em função da proteína aderida à parede celular (CLIPES *et al.*, 2010).

### 3.5 Componentes fibrosos em forrageiras sombreadas

A fibra não é um componente químico único e sim um agregado de compostos, que constitui a parede celular dos vegetais tais como: celulose, hemicelulose, lignina, proteína e outros compostos minoritários (MERTENS 1987). Desta maneira a composição química da fibra é dependente da fonte de origem e da metodologia usada na sua determinação laboratorial.

Em análises bromatológicas a fração fibrosa das forrageiras pode ser estimada pela determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). A quantidade de FDN em uma forrageira está relacionada com constituintes da parede celular. E representa uma estimativa da celulose, hemicelulose e lignina, com alguma contaminação de pectina, proteína e cinzas (MACEDO JÚNIOR *et al.*, 2007).

Plantas forrageiras cultivadas a pleno sol normalmente apresentam células com paredes mais espessas, quando comparadas a plantas que se desenvolvem em condição de sombra, devido à maior proporção de tecido esclerenquimático (PORFIRIO, 2009). Entretanto, variações nos conteúdos de FDN e FDA podem estar relacionados com a interação entre a porcentagem de sombra e o estágio de maturidade da planta, mas que devido as características adaptativas de cada espécie forrageira não garantem um padrão de resposta para os valores de FDN e FDA.

Macedo Júnior *et al.*, (2007) destacam que a FDN constitui o parâmetro mais usado para o balanceamento de dietas, uma vez que interfere na qualidade do alimento fornecido aos ruminantes. Outro fator associado ao teor de FDN é a digestibilidade, à medida que a FDN aumenta, a digestibilidade diminui (SANTIAGO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Valores de FDN acima de 65% indicam baixo valor nutricional (VARGAS, 2002). Quanto à fração do FDA,

Gonçalves *et al.* (2010 ) afirmam que um alto teor dificulta a fragmentação do alimento e sua digestão pelas bactérias ruminais.

Em experimento realizado por Oliveira *et al.* (2015) com *Urochloa decumbes* com restrição da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) de 20% e 70% e em comparação ao pleno sol, o sombreamento severo promoveu aumentos de 20 e 51% nos teores de clorofila e de proteína bruta, respectivamente e reduções dos teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Resultados estes que corroboram com trabalho realizado por Santiago-Hernández *et al.*(2016) que avaliaram o efeito do sombreamento sob a qualidade de forragem de *Megathyrus maximus* cv. Tanzânia e cv. Mombaza e híbridos *Urochloa Oaxaca* e *Yacaré*. observara a redução de 44% nos valores de FDN nas folhas e 36% nas hastes.

Contrariamente, Oliveira *et al.* (2013), que avaliaram o comportamento do *Megathyrus maximus* cv. Tanzânia' e do *Andropogon gayanus* cv. 'Planaltina' sob 30 e 50% de restrição luminosa respectivamente, não observaram alterações no teor de FDN, entretanto os autores destacam que a restrição luminosa retardou o florescimento das forrageiras o que pode ser benéfico para o manejo.

### 3.6 REFERÊNCIAS

- ABRÃO, F. O.; FERNANDES, B. C.; PESSOA, M. S. Produção sustentável na bovinocultura: princípios e possibilidades. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 6, n. 4, p. 61-73, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2yKGkYt>>. Acesso em: 22 jul 2018.
- ABRAHAM, E. M.; KYRIAZOPOULOS, A. P.; PARISSI, Z. M., KARATASSIOU, M.; ANJALANIDOU, K.; KATSOUTA, C. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 287-299, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2P3JZe0>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- 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**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/2EBsJsm>>. Acesso em: 22 jul 2018.
- ARAÚJO, S. A. C.; SILVA, T. O.; ROCHA, N. S.; ORTÊNCIO, M. O. Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 27-34, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2J212I2>>. Acesso em: 26 jul 2018.
- BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MATÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2J1O9O9>>. Acesso em: 25 jul 2018.
- BALSALOBRE, M. A. A.; CORSI, M.; SANTOS, P. M.; VIEIRA, I.; CÁRDENAS, R. R. Composição química e fracionamento do nitrogênio e dos carboidratos do capim-tanzânia irrigado sob três níveis de resíduo pós-pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 3, p. 519-528, 2003. Disponível em: <<https://bit.ly/2P4UcqF>>. Acesso em: 19 set 2017
- BARCELLOS, A. D. O.; RAMOS, A. K. B.; VILELA, L.; JUNIOR, M.; BUENO, G.; Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. SPE, p. 51-67, 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/2Rzlio3>>. Acesso em: 19 set 2016
- BRANDANI, J.; JUNGLOS, F.; JUNGLOS, M. NUNES, N.; PEREIRA, Z.; MORAIS, G. Crescimento inicial de espécies arbóreas sob sombreamento artificial em área de pastagem. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2CPpagF>>. Acesso em: 19 set 2017
- BURIN, P. C. Principais forrageiras e taxa de semeadura em integração lavoura pecuária. **REDVET**, v. 18, n. 9, p. 1-24, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2yNgWkz>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- BURROWS, W. H.; CARTER, J.O.; SCANLAN, J. C.; ANDERSON, E. R. Management of savannas for livestock production in north-east Australia: contrasts across the tree-grass continuum. **Journal of Biogeography**, v. 17, n. 4, p. 503-512, 1990. Disponível em: <<https://bit.ly/2ypm0wl>>. Acesso em: 05 maio. 2018.
- 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**, v. 17, n. 1, p. 24-30, 1995. Disponível em: <<https://bit.ly/2QUlvzQ>>. Acesso em: 19 set 2017

- CARVALHO, M. M.; FREITAS, V.; XAVIER, D. 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, P. C. F.; ANGHINONI, I.; MORAES, A.; SOUZA, E. D.; SULC, R. M.; LANG, C. R.; FLORES, J. P. C.; LOPES, M. L. T.; SILVA, J. L. S.; CONTE, O.; WESP, C. L.; LEVIEN, R.; FONTANELI, R. S.; BAYER, C. Managing grazing animals to achieve nutrient cycling and soil improvement in no-till integrated systems. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 88, n. 2, 259-273, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2CQ3m4K>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- 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. Disponível em: <<https://bit.ly/2QV4Ygh>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- CLIPES, R. C.; SILVA, J. F. C.; DETMANN, E.; VASQUES, H. M.; HENRIQUES, L. T.; DONATELE, D. M.; HADDADE, I. R. Proteína insolúvel em detergente ácido como estimador da fração protéica não degradável no rúmen de forragens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 463-473, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2q5I3ox>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- CORDEIRO, L. A. M., VILELA, L., MARCHÃO, R. L., KLUTHCOUSKI, J., JÚNIOR, G. B. M. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2SSBQri>>. Acesso em: 08 out. 2018.
- COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTÓDIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. 2005. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 187-193, 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/2yqWJBT>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- DALMOLIN, A. C.; THOMAS, S. E. O.; ALMEIDA, B. C.; ORTÍZ, C. E. R. Alterações morfofisiológicas de plantas jovens de *Curatella americana* L. submetidas ao sombreamento. **Revista Brasileira de Biociências**, v.13, n. 1, p. 41-48, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2NMCJOQ>>. Acesso em: 26 nov. 2016
- DELLA GIUSTINA, C., CARNEVALLI, R. A.; ROMANO, M. R.; ANTÔNIO, D. B. A.; ECKSTEIN, C. Crescimento de diferentes espécies de árvores de fruta em sistemas silvopastorais durante a fase de estabelecimento. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 4, p. 1040-1049, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2yoxm3F>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- DIAS-FILHO, M. B. Degradação de pastagens: processos, causas e estratégias de recuperação. **Documentos**, n. 258, p. 11-33, 2006. Disponível em: <<https://bit.ly/2RV2MGY>>. Acesso em: 26 nov. 2016
- DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. **Documentos**, n. 402, p. 9-36, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2NGSAzV>>. Acesso em: 26 nov. 2016
- FERNANDES, L. O.; REIS, R. A.; PAES, J. M. V.; TEIXEIRA, R. M. A.; QUEIROZ, D. S.; PASCHOAL, J. J. Desempenho de bovinos da raça Gir em pastagem de *Brachiaria brizantha* submetidos a diferentes manejos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 1, p. 36-46, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2yJa9IM>>. Acesso em: 26 nov. 2016
- FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems: an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, n. 2, p. 238-243, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2CQyuRy>>. Acesso em: 05 out. 2018.



GERON, L. J. V.; CABRAL, L. S.; TRAUTMANN-Machado, R. J.; ZEOULA, L. M.; OLIVEIRA, E. B.; GARCIA, J.; GONÇALVES, M. R.; AGUIAR, R. P. S. Avaliação do teor de fibra em detergente neutro e ácido por meio de diferentes procedimentos aplicados às plantas forrageiras. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1533-1542, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2yKMNTf>>. Acesso em: 05 out. 2018.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia**: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2. ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001. 653 p.

GOMES, R. A.; LEMPP, B.; JANK, L.; CARPEJANI, G. C.; MORAIS, M. G. Características anatômicas e morfofisiológicas de lâminas foliares de genótipos de *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p. 205-211, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2NK0Fm1>>. Acesso em: 05 out. 2018.

GONÇALVES, J. R. S.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; LIMA, L. G. D.; MENDES, C. Q.; FERREIRA, E. M. Substituição do grão de milho pelo grão de milheto em dietas contendo silagem de milho ou silagem de capim-elefante na alimentação de bovinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 9, p. 2032-2039, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2sok2sl>>. Acesso em: 14 nov 2017.

GUIMARÃES, F. G.; CIAPINA, A. L.; ANJOS R. A. R.; SILVA, A.; PELA, A. CONSÓRCIO GUANDU-MILHO-BRAQUIÁRIA PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 4, n. 5, p. 22-27, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2QX3fHh>>. Acesso em: 01 set 2018.

HANISCH, A. L.; Negrelle R. R. B.; Balbinot Junior A. A.; Almeida E. X. Produção, composição botânica e composição química de missioneira-gigante consorciada com leguminosas perenes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n 1, 2016, P. 60-66, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2OASGND>>. Acesso em: 01 set 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE: **Produção Pecuária municipal**, Rio de Janeiro, v. 45, p.1-8, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2DZe1JI>>. Acesso em: 15 jul. 2018.

JACKSON, J.; ASH, A.J. Tree-grass relationships in open eucalypt woodlands of Northeastern Australia: influence of trees on pasture productivity, forage quality and species distribution. **Agroforestry Systems**, v. 40, p.159-176, 1998. Disponível em: <<https://bit.ly/2RXc70Q>>. Acesso em: 05 out. 2018.

KICHEL, A. N.; COSTA, J. A. A.; ALMEIDA, R. G.; PAULINO, V. T. Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPP): experiência no Brasil. **Boletim de Indústria Animal**, v. 71, n. 1, p. 94-105, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2yIH1YT>>. Acesso em: 20 março 2017.

LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S.; ALVIM, M. J.; AOREIRA, L. J. M. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p.668-675, 2005. Disponível em: <<https://bit.ly/2ykFn9W>>. Acesso em: 15 out. 2018.

MACEDO JÚNIOR, G. L.; ZANINE, A. M.; BORGES, I.; PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n. 7, p. 7-17, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2NMe6lq>>. Acesso em: Acesso em: 26 março. 2018.

MARTINS, A. D.; SOUSA, L. F.; NÓBREGA, E. D.; DONIZETTI, J. G. S.; SANTOS, A. C.; SOUSA, J. T. L. Relação do nível de sombreamento artificial e da adubação sobre o desenvolvimento da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 4, p. 994-1005, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2NLmO3p>>. Acesso em: 20 março 2017.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Dairy Science**, p. 64, p.1548-1558, 1987 Disponível em: <<https://bit.ly/2PPUfTG>>. Acesso em: 2 março 2017.

NEVES NETO, D. L.; SANTOS, A. C.; ALEXANDRINO, E.; SANTOS, P. M. Características morfogênicas e estruturais de *Urochloa* spp. sob manejo convencional e consorciado com cereais. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 1, p. 204-215, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2NOrxS9>>. Acesso em: 20 março 2017.

OLIVEIRA, F. L. R.; MOTA, V. A.; RAMOS S M.; SANTOS, L. D. T.; OLIVEIRA, N. J.F.; GERASEEV, L. C.; Comportamento de *Andropogon gayanus* cv.'planaltina' e *Panicum maximum* cv. 'tanzânia' sob sombreamento. **Ciência Rural**, 43(2). (2013). Disponível em: <<https://bit.ly/2CS8W6p>>. Acesso em: 20 março 2017.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C. D.; SANTOS, L. D. T.; BARROSO, D. G.; SANTOS JÚNIOR, A.; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R. A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, v. 21, n. 2, 227-233, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2yLGChM>>. Acesso em: 20 março 2017

OLIVEIRA, T. K.; MACEDO, R. L. G.; SANTOS, I. P. A.; HIGASHIKAWA, E. M.; VENTURIN, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf cv. marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. **Ciência e Agro tecnologia**. v. 31, n. 3, p. 748-757, Junho 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2J4EPZE>>. Acesso em: 20 novembro 2017

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**, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/2J4EPZE>>. Acesso em: 20 março 2017.

\_\_\_\_\_; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2CrbhN>>. Acesso em: 20 março 2017.

\_\_\_\_\_; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. M.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2RVa51n>>. Acesso em: 20 março 2017.

\_\_\_\_\_; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; MAURÍCIO, R. M.; GOMIDE, C. A. M.; SILVEIRA, S. R. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass-legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2PDhT6j>>. Acesso em: 17 dez 2017.

PERI, P. L.; MOOT, D. J.; MACNEIL, D. L. Validation of a canopy photosynthesis mode for cocksfoot pasture grown under different light regimes. **Agroforestry Systems**. Dordrecht. v.67; p.259-272, 2006. Disponível em: <<https://bit.ly/2J6vW1Q>>. Acesso em: 18 março 2018

PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M.; CRUZ, P. G.; PARMEJANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Bragantia**, v. 74, n. 1, p 110-119, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2P3EVpV>>. Acesso em: 15 out. 2018.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. *et al.* **Arborização de pastagens com espécies florestais madeireiras**: implantação e manejo. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2009. 48 p. Disponível em: <<https://bit.ly/2Ag8i01>>. Acesso em: 13 out. 2018.

REIS, J. C.; RODRIGUES, R. A. R.; CONCEIÇÃO, M. C. G.; MARTINS, C. M. S. Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: uma estratégia de agricultura sustentável baseada nos conceitos da Green Economy Initiative. **Sustentabilidade em Debate**, v. 7, n.1, p. 58-73, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2NM57AB>>. Acesso em: 12 out. 2018.

SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. Plant Physiology. 4ed. California: **Wadsworth Publishing Company**, Inc., 1992, 682p.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENCO, G.; SILVA, W. M.; RETORE, M. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: toward a sustainable production system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 70-79, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2Es9NMJ>>. Acesso em: 01 set 2018.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; JARILLO-RODRIGUEZ, J. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. **Agroforestry systems**, v. 90, n. 2, p. 339-349, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2Af1GiC>>. Acesso em: 01 set 2018.

SANTOS, A. X. Fracionamento de carboidratos e proteínas, cinética de degradação ruminal *in vitro* pela técnica de produção de gás, de rações suplementares contendo torta de girassol. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, n. 1, p. 234-242, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2Af1GiC>>. Acesso em: 01 set 2018.

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A. F. S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2EtKjP2>>. Acesso em: 15 out. 2018.

SANTOS, K. C.; MAGALHÃES, A. L.R.; SILVA, D. K. A.; ARAÚJO, G. G. L.; FAGUNDES, G. M.; YBARRA, N. G.; ABDALLA, A. L. Nutritional potential of forages species found in brazilian semiarid region. **Livestock Science**, v. 195, p. 118-12, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2Evdmlw>>. Acesso em: 01 set 2018.

SILVA, J. L.; RIBEIRO, K. G.; HERCULANO, B. N.; PEREIRA, O. G.; PEREIRA, R. C.; SOARES, L. F. P. Massa de forragem e características estruturais e bromatológicas de cultivares de *brachiaria* e *panicum*. **Ciência Animal Brasileira**, v. 17, n. 3, p. 342-348, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2QX3fHh>>. Acesso em: 01 set 2018.

SOARES, A. B.; BERNARDON, A.; AIOLFI, R. B. Forage yield, rate of CO<sub>2</sub> assimilation, and quality of temperate annual forage species grown under artificial shading conditions **Ciência Rural**, v. 46, n. 6, p. 1064-1069, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2q0BnqA>>. Acesso em: 01 set 2018.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G.R.M.; GONÇALVES, L.C.G.; BORGES, I.; PEREIRA, L.G.R. Nutritional evaluation of “Braquiaraão” grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.79, n.2, p.189-199, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2CdHbCF>>. Acesso em: Acesso em: 05 set 2016.

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J. A.; PIRES, D. A. A.; VERIATO, F. T.; LIMA, L. O. D.; MOURA, M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 143-149, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2ypvKqg>>. Acesso em:

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE, L. A. G.; NETO, S. O.; FRAISSE, C. W.; SOARES, C. P. B.; NETO, F. C.; LEMES, P. G.; (2017). Greenhouse gas emissions and carbon sequestration by agroforestry systems in southeastern Brazil. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 16738, 2017. Disponível em: <<https://go.nature.com/2CbAK2N>>. Acesso em: 14. Maio. 2018

TUFFI SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A.; SANTOS B. F.; SANTOS, B. F. S. ; SANTOS I. T.; OLIVEIRA, A. M.; BARROS, R. E.; SANTOS, M. V.; FARIA, R. M. Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v. 87, p. 519-528, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2PdP9UT>>. Acesso em: 22 jul 2018.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. S. M. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Ceres**, v. 56, n. 4, p. 460-472, 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/2DG3VNL>>. Acesso em: 13 set 2018.

VARGAS BR PASTURES AND FORAGES. Agricultural Technology Series 6. Colombian Institute for the Promotion of Higher Education (ICFES). **Editorial Guadalupe, Bogota', Colombia**(2002)

VELÁSQUEZ, P. A. T.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A.; RIVERA, A. R.; DIAN, P. H. M.; TEIXEIRA, I. A. M. D. A. Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade *in vitro* de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 6, p. 1206-1213, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2q0071T>>. Acesso em: 24 set. 2018.

VIEIRA, M. U. A.; PORTO, E. M. V.; ALVES, D. D.; GONÇALVES, V. D.; MATSUI, J. M.; MAGALHÃES, C. G. Características morfogênicas e estruturais de três gramíneas forrageiras submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 10, n. 4, p. 51-58, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2CqxYsy>>. Acesso em: 15 maio. 2018.

WILSON, J. R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 47, n. 7, p. 1075-1093, 1996. Disponível em: <<https://bit.ly/2q01bCV>>. Acesso em: 18 agosto 2016

WILSON, J. R.; SHELTON, H. M.; CAMERON, D. M. The growth of *Paspalum notatum* under the shade of a *Eucalyptus grandis* plantation canopy or in full sun. **Tropical Grasslands**, v. 24, n. 1, p. 24-28, 1990. Disponível em: <<https://bit.ly/2Cse6VV>>. Acesso em: 18 agosto 2016

#### 4 ARTIGO

##### 4.1 Sombreamento contínuo e intermitente e a resposta produtiva e bromatológica das forrageiras *Megathyrus maximus* e *Urochloa brizantha*

Este artigo foi elaborado conforme normas da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

**Sombreamento contínuo e intermitente e a resposta produtiva e bromatológica das forrageiras *Megathyrus maximus* e *Urochloa brizantha***

**Resumo:** A disponibilidade de luz nos ambientes de cultivo pode alterar a produtividade e a qualidade das forrageiras. Objetivou-se avaliar a interferência do sombreamento contínuo e intermitente sobre a produtividade, composição químico-bromatológica e trocas gasosas de quatro forrageiras tropicais. Foram conduzidos dois experimentos, o primeiro em esquema fatorial 2 x 3, com duas forrageiras (capim-piatã e capim-marandu) submetidas a diferentes condições de cultivo, sendo pleno sol, sombreamento contínuo e sombreamento descontínuo com três horas de sol, ambos com 70% de restrição luminosa. O segundo experimento foi conduzido com o mesmo delineamento experimental, porém com as forrageiras capim-tamani e capim-tanzânia. O sombreamento contínuo e descontínuo promoveu redução na taxa de acúmulo diário de matéria seca de 17,4, 28,5, 28,8 e 30,3% para os capins-tanzania, tamani, piatã e marandu, respectivamente em comparação as plantas mantidas em condição de pleno sol. Porém a restrição luminosa de 70% continua ou descontínua ocasionou aumento nos valores protéicos para *M. maximus* e *U. brizantha* de 31,7 e 24,5 %, respectivamente. As forrageiras estudadas expostas ao sombreamento contínuo apresentam redução nas variáveis fisiológicas, enquanto no sombreamento intermitente as médias se aproximam dos valores encontrados ao pleno sol. O sombreamento contínuo e descontínuo reduz a produtividade de capim-tamani, capim-tanzânia, capim-piatã e capim-marandu, em comparação as plantas mantidas em condição de pleno sol, porém influenciam de forma positiva as características químico-bromatológicas das forrageiras com maior teor de proteína para todas as cultivares e menores valores de FDN.

**Palavras-chave:** capim-tanzânia, capim-tamani, capim-piatã, capim-marandu, luz intermitente, nitrogênio.

**ABSTRACT**

The availability of light in growing environments may alter the productivity and quality of forages. The objective of this study was to evaluate the interference of continuous and intermittent shading on yield, chemical and bromatological composition and gas exchange of four tropical forages. Two experiments were carried out, the first in a 2 x 3 factorial scheme, with two forages (piatã grass and marandu grass) submitted to different cultivation conditions, being full sun, continuous shading and discontinuous shading with three hours of sunshine, both with 70% light restraint. The second experiment was conducted with the same experimental design, but with grassgrass and Tanzanian grass forages. The continuous and discontinuous shading promoted a reduction in the daily dry matter accumulation rate of 17.4, 28.5, 28.8 and 30.3% for tanzania, tamani, piatã and marandu grasses, respectively, compared to the plants maintained in full sun condition. However, the continuous or discontinuous 70% light restriction caused an increase in the protein values for *M. maximus* and *U. brizantha* of 31.7 and 24.5%, respectively. The studied forages exposed to continuous shading present a reduction in the physiological variables, while in the intermittent shading the averages approach the values found in the full sun. The continuous and discontinuous shading reduces the productivity of grass, Tanzania grass, piatan grass and grass-marandu, in comparison to the plants maintained in full sun condition, but positively influence the chemical-bromatological characteristics of forages with higher protein content for all cultivars and lower values of NDF.

Key words: Tanzania-grass, Tamani-grass, Piatã-grass, Marandu-grass, intermittent light, nitrogen.

## Introdução

A disponibilidade de luz nos ambientes de cultivo altera a produtividade e a composição química das forrageiras em sistemas consorciados com espécies arbóreas. Apesar do fator luz ser abundante para as forrageiras cultivadas em sistemas de monocultivo em países tropicais, a qualidade e a quantidade da luz disponível e interceptada pela planta no sub-bosque de árvores pode limitar o crescimento e a qualidade da forragem produzida.

A resposta das plantas à limitação luminosa é também determinada pelo material genético cultivado. Em condições de sombreamento artificial moderado com cerca 30% de restrição luminosa em relação à radiação fotossinteticamente ativa plena, espécies como *Megathyrus maximus* e *Urochloa brizantha* tem sua produtividade aumentada em relação às mesmas forrageiras cultivadas a pleno sol (CASTRO *et al.* 1999; PACIULLO *et al.*, 2008 MARTINS *et al.*, 2014). Porém, em sombreamento mais intenso (em média de 40 a 70%) ocasiona decréscimo na produtividade, mesmo em forrageiras mais adaptadas a restrição luminosa (PACIULLO *et al.*, 2011; ABRAHAM *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2016).

Características nutricionais das forrageiras, sobretudo o teor de proteína e de fibras, são influenciadas pelo sombreamento. Na literatura os teores de proteína em plantas forrageiras cultivadas sob sombreamento são normalmente superiores aos de plantas de pleno sol (SANTIAGO-HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Por outro lado, as variações nos teores de fibras de gramíneas forrageiras são melhorados, pensando em aproveitamento animal, quando em ambientes sombreados (ARAUJO *et al.*, 2017), ou a restrição luminosa não interfere nessa característica (PACIULLO *et al.*, 2014).

Os trabalhos sobre a resposta de forrageiras tropicais à restrição luminosa utilizam a sombra de árvores em ambientes de cultivo (SANTOS *et al.*, 2017), ou o sombreamento artificial com sombrite (PARISSI *et al.*, 2009; MARTINS *et al.*, 2014). Nesse último caso a condição de sombreamento difere em muito das condições naturais, em que existe uma alternância de radiação direta ou difusa incidindo no sub-bosque em decorrência do movimento da terra no seu eixo. Esse padrão de luminosidade torna-se evidente quando se utiliza arranjos espaciais mais regulares com espaçamentos de 10-12m em media entre linhas de plantio e menores entre plantas, o que é recomendado no sistema ILPF (OLIVEIRA *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2017). Nesse sentido, quando uma planta sombreada é estimulada por feixes de radiação direta, ela necessita de certo tempo para responder ao estímulo luminoso, aumentando sua fotossíntese (SALISBURY, ROSS 1992). O intervalo de tempo entre estímulo e a resposta é em função da abertura estomática e acumulação de metabólicos intermediários do processo fotossintético. De maneira inversa, quando a planta é sombreada, a fotossíntese não é reduzida drasticamente para os mais baixos índices de radiação, permanecendo alta até que metabólicos intermediários produzidos sob alta luminosidade sejam consumidos (PERI, MOOT,MCNEIL, 2006).

Entender a resposta de forrageiras ao estímulo luminoso direto intermitente em ambientes sombreados artificialmente, em simulação ao que acontece em ambientes naturais, torna-se



fundamental para o conhecimento das alterações na produtividade e qualidade da forragem produzida em sistemas consorciados com árvores.

Objetivou-se avaliar a interferência do sombreamento artificial contínuo e intermitente sobre a produtividade, composição químico-bromatológica e trocas gasosas do capim-tanzânia, capim-tamani, capim-piatã e capim-marandu.

## Material e Métodos

Os ensaios foram conduzidos em campo, no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, município de Montes Claros, latitude 16°43'41", Longitude 43°51'54" e altitude de 638 metros. O solo da área experimental foi classificado como Cambissolo Háplico com as seguintes características químicas na camada de 0-20 cm: pH em água: 6,8; P Mehlich ( $\text{mg dm}^{-3}$ ): 2,61; P Remanescente ( $\text{mg L}^{-1}$ ): 31,74; K ( $\text{mg dm}^{-3}$ ): 3,48; Ca ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 6,1; Mg ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 1,7; Al ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 0,00; H+Al ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 1,3; SB ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 8,69; t ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 8,69; m (%): 0; T ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ): 10,02. A caracterização granulométrica apresentou, respectivamente: 30, 38 e 32  $\text{dag kg}^{-1}$  de areia, silte e argila, sendo, portanto, de textura média.

Foram realizados dois ensaios simultâneos nas estações primavera 21/09/2017 a 20/12/2017 e verão 21/12/2017 a 20/03/2018, com as forrageiras capim-tamani e capim-tanzânia (*Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani e *M. maximus* cv. Tanzânia) e outro com o capim-piatã e o capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Piatã e *U. brizantha* cv. Marandu). Os dois ensaios apresentaram o mesmo delineamento, montagem e condução que são descritos a seguir.

Os ensaios foram arranjados em esquema fatorial 2x3, sendo o primeiro fator representado por duas forrageiras combinadas com três condições de luminosidade no ambiente de cultivo: pleno sol, sombreamento contínuo e sombreamento descontínuo com três horas de sol. Os tratamentos foram distribuídos em delineamento em blocos completos casualizados com cinco repetições. No primeiro ensaio utilizou-se as forrageiras capim-tamani e capim-tanzânia e, no segundo ensaio, capim-piatã e o capim-marandu.

As forrageiras foram cultivadas em canteiros de 4  $\text{m}^2$ , com área útil amostrada de 1  $\text{m}^2$  no centro das parcelas experimentais. Nos tratamentos com sombreamento contínuo e descontínuo foi construída uma estrutura para sustentar o uso de telas de polietileno preto (sombrite), restringindo 70% da radiação solar. As estruturas permitiam a movimentação manual do sombrite para os tratamentos com sombreamento descontínuo, com intuito de fornecer radiação direta de 3 horas entre às 7:00 e 10:00 da manhã (Figura 1).

Figura 1- Imagem ilustrativa das estruturas de sombrites para interceptação da luz.



Fonte: do próprio autor

A adubação de plantio das forrageiras foi feita com a formulação N-P-K (08-20-15) na dose de  $350 \text{ kg ha}^{-1}$ . Após o estabelecimento das forrageiras foi realizado a aclimatação das plantas aos respectivos ambientes, por 60 dias. Após esse período realizou-se um corte de uniformização quando aproximadamente 70% das plantas atingissem porte ideal de pastejo, sendo 50, 80, 40 e 40 cm de altura das plantas para capim-tamani; capim-tanzânia, capim-marandu e capim-piatã, respectivamente. Subsequentemente as parcelas foram uniformizadas cortando a mesma na altura que os cortes de coleta das amostras respeitando as alturas de resíduo de cada cultivar, sendo 25, 35, 20 e 20 cm para o capim-tamani, capim-tanzânia, capim-marandu e capim-piatã, respectivamente.

Adubações de cobertura foram realizadas posteriormente a cada corte de coleta das forrageiras, na dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de uréia. Foi realizado um monitoramento contínuo de toda área experimental para controle de plantas daninhas através de capina manual.

As forrageiras foram irrigadas pelo sistema com microaspersores modelo MF2, com vazão de 31 a 52 lph, compressão de  $152 \text{ kg cm}^{-2}$  e diâmetro molhado de 5,0 a 9,2 m<sup>2</sup>. O intervalo entre as irrigações e a lâmina aplicada foi determinado pelo método gravimétrico em função do consumo de água pela planta de modo a proporcionar condições ideais para seu desenvolvimento.

Posteriormente os canteiros foram manejados com intervalos de corte de 28 dias no período de primavera/verão com total de quatro cortes realizados entre os dias 21/09/2017 a 20/03/2018. Em cada corte a forragem produzida foi colhida com auxílio de um quadrado vazado com área de 1m<sup>2</sup> e com uma foice para corte de forrageiras (cutelo). O material colhido foi acondicionado em sacolas plásticas e determinada a massa fresca da forragem/parcela. Posteriormente, uma amostra do material foi acondicionada em sacos de papel e levadas a estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 h para determinação da matéria pré-seca, que foram em seguida moídas em moinho de facas tipo Wiley com peneira de 1mm de diâmetro. Com material moído foi determinado o teor de matéria seca (Detmann *et al.*, 2012) e calculada a taxa de acumulo de matéria seca diária ( $\text{kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ ) produzida no período.

Para a análise de composição bromatológica foram coletadas uma amostra para os dois primeiros cortes realizados na primavera. As duas amostras simples/parcela foram posteriormente agrupadas em uma amostra composta. As análises para quantificação dos teores

de proteína bruta (PB), fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), fibra insolúvel em detergente ácido (FDA), bem como os valores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) foram realizadas segundo metodologias descritas por Detmann *et al.* (2012).

Foram realizadas avaliações utilizando-se um analisador de gás infravermelho (IRGA), marca ADC, modelo Lcpro-SD (Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, Reino Unido), em campo, sob condições naturais de circulação de ar. As avaliações foram realizadas no terço superior das plantas, em folha completamente expandida. Para condições ambientais mais homogêneas e leitura correta dos dados, as análises foram realizadas no período da manhã, entre 7:00 e 10:00 h. Dos quatro cortes realizados para avaliações das trocas gasosas foram escolhidos o primeiro referente ao período de primavera e o último que corresponde ao verão. As avaliações aconteceram aos 27 dias após o corte anterior das parcelas, realizado na altura de resíduo.

Nas avaliações com o IRGA foram estimados a taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a condutância estomática dos vapores de água ( $g_s - \text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), a taxa de transpiração ( $E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), a concentração de  $\text{CO}_2$  na câmara subestomática ( $C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ), a temperatura interna foliar (TF - °C) e a eficiência no uso da água (EUA -  $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), essa última calculada com base na relação de fotossíntese pela quantidade de água transpirada.

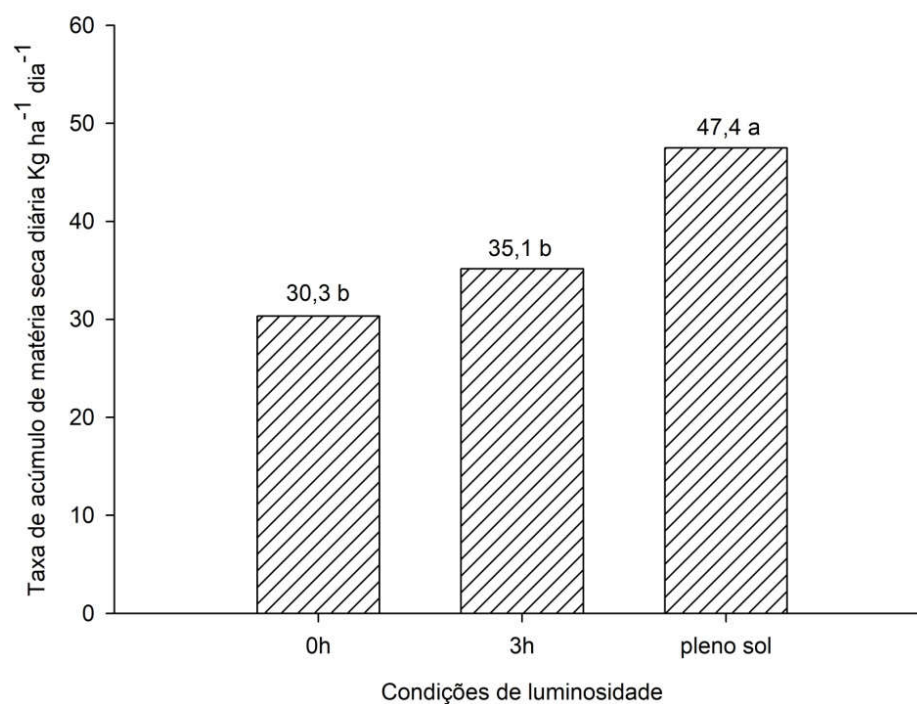
Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) e em caso de significância, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), com auxílio do Software Statistical Program R (R estúdio).

## Resultados

### Experimento 1: Produtividade e composição químico-bromatológica de capim-piatã e do capim-marandu submetidas ao sombreamento intermitente

A taxa de acúmulo de matéria seca diária do capim-piatã e capim-marandu não foi influenciada ( $p > 0,05$ ) pela interação entre forrageira e condição de luminosidade no ambiente de cultivo. A taxa de acúmulo de matéria seca diária do capim-piatã foi 16% maior ( $p \leq 0,05$ ) que o capim-marandu, independente da condição de luminosidade no ambiente de cultivo. As forrageiras do gênero *Urochloa* apresentaram taxa de acúmulo de matéria seca diária 26% e 36% menor ( $p \leq 0,05$ ) para condição de sombreamento contínuo e em sombreamento intermitente com 3 h de sol respectivamente, em comparação às plantas cultivadas no pleno sol (GRÁFICO1).

**Gráfico 1-** Taxa de acúmulo de matéria seca diária dos capim-piatã e capim-marandu em diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo. \*0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente três horas de sol; PS = pleno sol. Médias nas barras seguida de letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.



A composição química do capim-piatã e capim-marandu não foi influenciada ( $p > 0,05$ ) pela interação entre forrageira e condição de luminosidade no ambiente de cultivo. O capim-marandu, apresentou maior ( $p \leq 0,05$ ) teor de PB e menores ( $p \leq 0,05$ ) valores de FDN e FDA que o capim-piatã, não sendo observado diferenças ( $p > 0,05$ ) entre as duas forrageiras para os valores de PIDN e PIDA (Tabela 1).

Plantas de capim-piatã e capim-marandu cultivadas em ambientes sombreados, seja com sombra contínua ou intermitente, apresentaram maior ( $p \leq 0,05$ ) teor de PB e menores valores ( $p \leq 0,05$ ) de PIDA, em comparação ao cultivo em pleno sol (Tabela 1).

**Tabela 1:** Composição químico-bromatológica dos capim-piatã e capim-marandu em diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo

Variáveis (%)	Cultivares		Condições de Luminosidade			CV (%)
	Capim-piatã	Capim-marandu	0h	3h	PS	
<b>PB</b>	14,9 b	16,3 a	17,3 a	16,7 a	12,9 b	8,40
<b>FDN</b>	59,9 a	55,9 b	57,3 b	57,4 ab	59,1 a	2,68
<b>FDA</b>	32,4 a	30,5 b	31,9	31,3	31,2	4,58
<b>PIDN<sup>ns</sup></b>	19,1	17,4	17,5	17,6	19,8	14,21
<b>PIDA</b>	2,6	2,5	2,2 b	2,5 b	3,0 a	14,36

Médias seguidas da mesma letra na linha para comparação entre as cultivares e entre a condição de luminosidade não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. CV = coeficiente de variação; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido, PIDA = proteína indisponível em detergente ácido, PIDN = proteína indisponível em detergente neutro. 0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente três horas de sol; PS= pleno sol.

As trocas gasosas referentes ao período da primavera para o capim-piatã e capim-marandu caracterizaram efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) entre as espécies estudadas apenas para taxa transpiratória, os demais parâmetros fisiológicos não se diferem ( $p > 0,05$ ) entre as cultivares (Tabela 2).

**Tabela 2:** Taxa fotossintética ( $A - \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), taxa respiratória ( $E - \text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) concentração interna de carbono na folha ( $C_i - \mu\text{mol mol}^{-1}$ ) e eficiência no uso da água ( $EUA - \text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ) para capim-piatã e capim-marandu cultivados em diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo na primavera

Forrageira	A <sup>ns</sup>	E	C <sub>i</sub> <sup>ns</sup>	EUA <sup>ns</sup>
Capim-piatã	25,1	7,07 a	158,9	3,6
Capim-marandu	21,6	6,07 b	172,7	3,7

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

Já no período de verão observa-se que as condições de luminosidade proporcionaram efeito nas trocas gasosas estudadas. Nos ambientes com sombra contínua observou-se redução ( $p \leq 0,05$ ) na taxa fotossintética, condutância estomática, taxa transpiratória e eficiência no uso da água, também houve aumento ( $p \leq 0,05$ ) na concentração interna de carbono na câmara subestomática em comparação ao observado em plantas de capim-piatã e capim-marandu cultivadas com maior disponibilidade de luz (Tabela 3). O estímulo luminoso com 3 h de luz direta em plantas de capim-piatã e capim-marandu mantidas em sombreamento intermitente é positivo, com valores para taxa fotossintética, condutância estomática, taxa transpiratória e eficiência no uso da água iguais aos observados nessas forrageiras mantidas ao pleno sol (Tabela 3).

**Tabela 3:** Taxa fotossintética ( $A$  -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de carbono na folha ( $C_i$  -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$  -  $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), taxa respiratória ( $E$  -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e eficiência no uso da água ( $EUA$  -  $\text{mol CO}_2 \text{ mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), para capim-piatã e capim-marandu sob diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo no verão

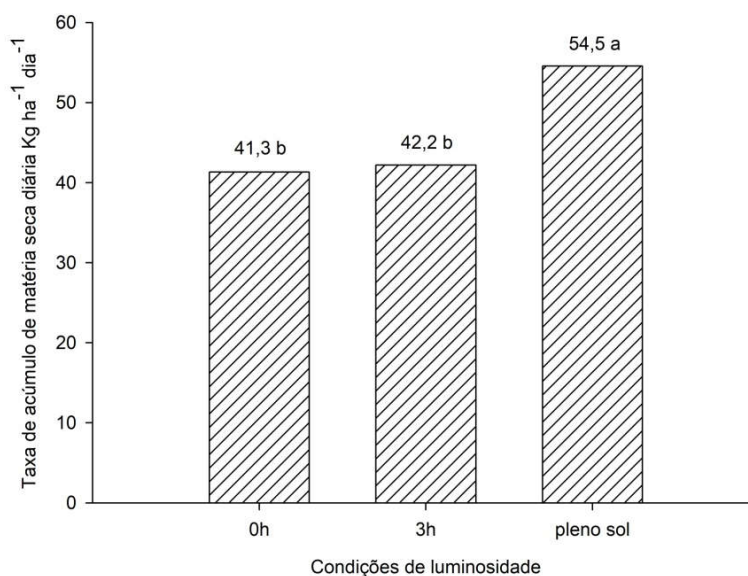
Condições de luminosidade	Variáveis fisiológicas				
	A	$C_i$	$g_s$	E	EUA
0 h	7,58 b	216,6 a	0,10 b	2,42 b	3,16 b
3 h	23,82 a	149,6 b	0,28 a	5,35 a	4,64 a
Pleno Sol	20,95 a	168,3 b	0,25 a	4,73 a	4,65 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. 0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente três horas de sol; PS= pleno sol.

### Experimento 2: Produtividade e composição químico-bromatológica de capim-tanzânia e do capim-tamani submetidas ao sombreamento contínuo e intermitente

A taxa de acúmulo de matéria seca diária do capim-tamani e capim-tanzânia não foi influenciada ( $p > 0,05$ ) pela interação entre forrageira e condição de luminosidade, bem como pelo fator isolado forrageira. As forrageiras do gênero *Megathyrus maximus* apresentaram taxa de acúmulo de matéria seca diária em média 23% menor ( $p \leq 0,05$ ) para condição de sombreamento contínuo (0h) e sombreamento intermitente (3h), quando cultivadas no pleno sol (GRÁFICO 2).

**Gráfico 2-** Taxa de acúmulo de matéria seca diária dos capim-tanzânia e capim-tamani em diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo. \*0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente três horas de sol; PS = pleno sol. Médias nas barras seguidas de letras iguais não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.



O capim-tanzânia e capim-tamani não tiveram sua composição química influenciada ( $p > 0,05$ ) pela interação entre forrageiras e condição de luminosidade. Porém capim-tamani apresentou maiores ( $p \leq 0,05$ ) teores de PB e PIDA que o capim-tanzânia, não sendo observada diferenças ( $p > 0,05$ ) entre as duas forrageiras para os valores de FDN, FDA e PIDN (Tabela 2).

Plantas de capim-tamani e capim-tanzânia cultivadas em ambientes sombreados apresentaram aumento de 20% no teor de PB em comparação ao pleno sol. Houve redução de 4% no valor de FDN para condição sombreamento intermitente 3h de luz em comparação a forrageira cultivadas em pleno sol (Tabela 4).

**Tabela 4:** Composição químico-bromatológica dos capim-tanzânia e capim-tamani em diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo

Variáveis (%)	Cultivares		Condições de luminosidade			CV (%)
	Capim-tazânia	Capim-tamani	0h	3h	PS	
<b>PB</b>	16,1 b	18,4 a	18,3 a	18,8 a	14,9 b	8,86
<b>FDN</b>	63,9	62,7	63,8 ab	61,0 b	65,1 a	4,15
<b>FDA<sup>ns</sup></b>	35,8	34,7	36,4	34,5	34,9	5,50
<b>PIDN<sup>ns</sup></b>	41,9	41,7	42,2	40,1	42,9	9,30
<b>PIDA</b>	4,1b	5,1 a	4,7	4,9	4,1	29,42

<sup>ns</sup>Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. Médias seguidas da mesma letra na linha para comparação entre as cultivares e entre a condição de luminosidade no ambiente de cultivo não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. CV = coeficiente de variação; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido, PIDA = proteína indisponível em detergente ácido, PIDN = proteína indisponível em detergente neutro. 0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente com três horas de sol; PS = pleno sol.

No período da primavera o capim-tanzania apresenta médias superiores ( $p \leq 0,05$ ) de condutância estomática em comparação com capim-tamani quando em pleno sol ou submetida a 3h de luz direta, entretanto essas duas forrageiras não se diferem ( $p > 0,05$ ) para esta variável quando cultivada em sombreamento contínuo. Nota-se também que o capim-tamani foi menos influenciado pelo ambiente, já que a condutância estomática dessa cultivar não se difere ( $p > 0,05$ ) em nenhum dos níveis de sombreamento adotado no experimento. Observa-se que o capim-tanzânia reduz sua condutância estomática quando cultivada em sombreamento contínuo (Tabela 5). O capim-tanzânia apresentou menor ( $p \leq 0,05$ ) taxa transpiratória quando cultivado em sombreamento contínuo sem diferir nos demais ambientes, em contraste ao capim-tamani que apresentou taxa transpiratória maior ( $p \leq 0,05$ ) quando cultivado no ambiente com sombreamento intermitente com 3h de luz direta (Tabela 5).

**Tabela 5:** Condutância estomática ( $g_s - mol\ m^{-1}\ s^{-1}$ ) taxa transpiratória ( $E - mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ ), para capim-tanzânia e capim-tamani sob diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo na primavera

Forrageira	gs		
	Pleno Sol	3h	0h
Capim-tanzânia	0,30 Aa	0,40 Aa	0,11 Ab
Capim-tamani	0,19 Ba	0,24 Ba	0,12 Aa
Forrageira	E		
	Pleno Sol	3h	0h
Capim-tanzânia	7,74 Aa	8,94 Aa	3,51 Ab
Capim-tamani	5,05 Bb	7,11 Ba	3,86 Ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha para condição de luminosidade e maiúscula na coluna para cultivares não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. 0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente três horas de sol; PS= pleno sol.

Na avaliação realizada no verão não observou-se efeito ( $p > 0,05$ ) para interação entre os fatores estudados sobre as variáveis fisiológicas. O capim-tanzânia apresentou maior ( $p \leq 0,05$ ) taxa fotossintética e transpiratória em comparação ao capim-tanzânia, não sendo observado diferenças para as demais variáveis (Tabela 6).

**Tabela 6:** Taxa fotossintética ( $A - \mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ), taxa respiratória ( $E - mol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ ) concentração interna de carbono na folha ( $C_i - \mu mol\ mol^{-1}$ ) e eficiência no uso da água ( $EUA - mol\ CO_2\ mol\ H_2O^{-1}$ ), para capim-tanzânia e capim-tamani sob diferentes condições de luminosidade no ambiente de cultivo no verão

Forrageira	A	E	$C_i^{ns}$	$EUA^{ns}$
capim-tanzânia	19,09 a	4,73 a	176,73	4,08
capim-tamani	15,41 b	3,86 b	177,60	3,98

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância.

No verão a Taxa Fotossintética e a Eficiência do Uso da Água do capim-tanzânia e capim-tamani foi superior ( $p \leq 0,05$ ) nos ambientes com maior luminosidade, em comparação as plantas mantidas em sombreamento contínuo (Tabela 7). A condutância estomática do capim-tanzânia e capim-tamani, por outro lado, não foi afetada ( $p > 0,05$ ) pelo ambiente de cultivo (Tabela 7), o que pode ser um indicativo da boa adaptação dessas espécies ao sombreamento, vista que essa variável é um importante parâmetro fisiológico que expressa o fluxo de gases na folha.



**Tabela 7:** Taxa fotossintética ( $A$  -  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), concentração interna de carbono na folha ( $C_i$  -  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$  -  $\text{mol m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), taxa respiratória ( $E$  -  $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e eficiência no uso da água ( $EUA$  -  $\text{mol CO}_2 \text{mol H}_2\text{O}^{-1}$ ), para capim-tanzânia e capim-tamani sob diferentes condições de luminosidade no verão.

Condições de luminosidade	Variáveis Fisiológica				
	A	$C_i$	$g_s^{ns}$	E	EUA
0h	9,84 b	218,5 a	0,129	3,00 b	3,35 b
3h	21,26 a	162,3 b	0,242	5,04 a	4,28 ab
Pleno Sol	20,65 a	160,8 b	0,229	4,84 a	4,45 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna para condição de luminosidade não diferem pelo teste Tukey a 5% de significância. 0h = sombreamento contínuo; 3h = sombreamento intermitente três horas de sol; PS= pleno sol.

## Discussão

O presente estudo traz informações importantes para o entendimento do comportamento de plantas forrageiras tropicais em resposta ao sombreamento, sobretudo quando da presença de luz intermitente em ambientes sombreados. O sombreamento reduziu a produtividade do capim-tamani, capim-tanzânia, capim-piatã e capim-marandu, em comparação as plantas mantidas em condição de pleno sol. O estímulo luminoso de 3 horas de sol pleno no período de 7:00 às 10:00 não trouxe benefícios quanto a composição química das quatro forrageiras estudadas, quando em comparação ao sombreamento contínuo.

O período da manhã apresenta condições de luminosidade e temperatura adequadas ao bom funcionamento do aparato fotossintético das plantas (SANTOS *et al.*, 2017). Promovendo respostas produtivas positivas com a exposição do dossel das forrageiras a radiação direta de luz nos tratamentos com sombreamento intermitente.

Em ambientes naturais, seja pelo movimento da terra sobre seu eixo ou pelos arranjos de cultivo e formatos da copa das árvores, a luz direta do sol atinge o dossel de forrageiras cultivadas no sub-bosque de árvores. Plantas sombreadas quando estimuladas por feixes de radiação direta necessitam tempo para responder ao estímulo luminoso, aumentando sua fotossíntese (SALISBURY, ROSS 1992). De maneira inversa, a fotossíntese não é reduzida drasticamente para os mais baixos índices de radiação quando do seu sombreamento, permanecendo alta até que metabólitos intermediários produzidos sejam consumidos (PERI, MOOT, MCNEIL, 2006).

A resposta de forrageiras a luminosidade disponível no ambiente é determinada pelo material genético, podendo ocorrer diferenças dentro da própria espécie (ABRAHAM *et al.*, 2014, CASTRO *et al.*, 2016), como encontrado no presente estudo. A adaptação das plantas as condições luminosas são possíveis graças as mudanças morfológicas e estruturais (SANTOS *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2007) que acontecem nas plantas com intuito de melhorar o aproveitamento do recurso luz (PACIULLO *et al.*, 2008). Essas alterações levam a mudanças na

composição química das forrageiras. No presente estudo houve alterações no teor de proteína, para todas as forrageiras estudadas, maiores valores foram encontrados quando do cultivo em ambientes com sombreamento, seja ele contínuo ou intermitente (Tabela 1 e 4). Na literatura maiores teores de proteína são encontrados em plantas sombreadas em comparação as mantidas no pleno sol (CASTRO *et al.*, 1999; GÓMEZ, GUENNI, BRAVO DE GUENNI, 2013; MARTINS *et al.*, 2014; SANTIAGO-HERNANDÉZ *et al.*, 2016).

O sombreamento alterou a quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) para gramíneas, reduzindo assim as características metabólicas (PIÑEROS, DELGADO, HOLGUÍN, 2011). O que justificaria o aumento no teor de PB para os capim-piatã e capim-marandu, resultados estes semelhantes a trabalhos realizados por Paciullo *et al.*, (2014).

Entretanto, isso pode não significar maior qualidade da forragem dada à composição dessa fração protéica, uma vez que a proteína bruta é uma estimativa da proteína disponível e indisponível para o animal. A parte não prontamente disponível é ligada à parede celular, sendo parcialmente disponível (PIDN) ou totalmente indisponível (PIDA) (SANTOS *et al.*, 2017). A fração PIDN não apresentou diferença significativa para todas as cultivares não sendo influenciada pela condição de luminosidade. Estes valores encontram-se dentro da normalidade (CLIPES *et al.*, 2010; TOLENTINO *et al.*, 2016) o que atesta a boa qualidade das forrageiras, mesmo sombreadas e com maior teor de PB.

Entre capim-piatã e capim-marandu o maior valor de PIDA se deu para condição de pleno sol. Pode-se dizer que o sombreamento não só eleva a concentração de proteína para estas forrageiras como também melhora a qualidade e a quantidade de proteína disponível.

Já para o capim-tamani e capim-tanzânia a disponibilidade luminosa não influenciou no valor de PIDA. Em comparação ao capim-tanzânia, o capim-tamani apresenta maior valor de proteína bruta o que não reflete necessariamente em melhor qualidade da forrageira, que devido ao o maior valor de PIDA encontrado, demonstra a possível associação de frações nitrogenadas com a parte mais lignificada da forrageira, interferindo na quantidade da proteína disponível.

A diminuição dos valores de FDN para todas as forrageiras sombreadas em comparação a condição de pleno sol pode ter ocorrido devido as alterações nos processos fotossintéticos, o que provoca redução na assimilação de CO<sub>2</sub> pela planta modificando a formação da parede celular secundária (KEPHART *et al.*; 1993).

Os teores de FDN nas forrageiras estão relacionados com constituintes da parede celular. A FDN representa uma estimativa da celulose, hemicelulose e lignina, com alguma contaminação de pectina, proteína e cinzas. Plantas com valores superiores a 65% de FDN correlacionam, negativamente com a qualidade e digestibilidade o que limita o consumo de volumoso pelos animais (VARGAS, 2002).

Os teores de FDA não foram influenciados pela condição de luminosidade. Na literatura não existe um padrão de resposta à adaptação das forrageiras sombreadas em relação ao teor de FDA. SOUSA *et al.* (2007) observaram que a restrição luminosa de 74% e o avanço na maturidade para *U. brizantha* provoca acentuado estiolamento da planta e consequente aumento dos teores de FDA. Outros trabalhos correlacionam a redução nos valores de FDA para algumas

cultivares sombreadas a menor disponibilidade de fotoassimilados, o que interfere no desenvolvimento da parede celular secundária, reduzindo, assim, o teor de parede e de seus constituintes (KEPHART *et al.*, 1993; LIM *et al.*, 2001)

As plantas quando submetidas a diferentes níveis de restrição luminosa podem passar por alterações fisiológicas e morfoanatômicas para se adaptar ao ambiente e melhor aproveitar os recursos (SANTOS *et al.*, 2016). Entre essas adaptações observa-se a menor deposição de ceras na camada cuticular (MONQUERO *et al.*, 2004), o aumento do limbo foliar e o rearranjo das células parenquimáticas (SANTOS *et al.*, 2015; TUFFI SANTOS *et al.*, 2015), quando em situação de déficit luminoso. Essas características proporcionam às plantas o melhor aproveitamento da luz para o funcionamento fotossintético. Entretanto estas alterações podem influenciar na perda de água para o ambiente, uma vez que essas camadas cuticulares e o arranjo parenquimático também são barreiras naturais para a perda de água. Esse fato fica evidente na primavera para capim-tamani na condição de 3 h de insolação. Nesse caso as plantas estão sujeitas a adaptações morfológicas e quando comparadas com aquelas cultivadas na condição de pleno sol perderam mais água para o ambiente, já que nas mesmas condições de temperatura as plantas de pleno sol possuem mecanismos mais eficientes para minimizar essas perdas (Tabela 5).

No período de verão ocorre diferença entre as cultivares capim-tamani e capim-tanzânia para a taxa fotossintética, tal fato sugere que o maior tempo de submissão aos tratamentos fez com que as forrageiras expressassem diferentes potenciais quanto às trocas gasosas onde capim-tanzânia apresenta maior taxa fotossintética e por consequência maior transpiração se comparada ao capim-tamani na fase final do estudo (Tabela 6).

As alterações nas variáveis fisiológicas das forrageiras estudadas (Tabela 3, 5, e 7) confirmam a resposta das plantas sombreadas ao estímulo luminoso direto de 3h, assim como citado na literatura para outras espécies (SALISBURY; ROSS, 1992). Entretanto, essa resposta fisiológica positiva não reflete em ganhos significativos de produtividade (GRÁFICO 1 e 2).

No presente estudo o comportamento produtivo e a composição bromatológica das quatro forrageiras mantidas em sombreamento contínuo com sombrite são similares aos encontrados com o ambiente com sombreamento intermitente com 3h de luz solar direta. Considerando o trabalho e o custo da manipulação do ambiente para fornecer luz direta por certo período, testado no presente estudo, pode-se afirmar que o sombreamento contínuo com sombrite permite uma boa confiabilidade para estudo do comportamento produtivo e bromatológico de forrageiras em simulação aos ambientes sombreados naturalmente.

## **Conclusões**

O sombreamento contínuo e descontínuo reduz a produtividade de capim-tamani, capim-tanzânia, capim-piatã e capim-marandu, em comparação as plantas mantidas em condição de pleno sol, porém influencia de forma positiva as características químico-bromatológicas das forrageiras com maior teor de proteína para todas as cultivares e menores valores de FDN.

As forrageiras estudadas expostas ao sombreamento contínuo apresentam redução nas variáveis fisiológicas, enquanto no sombreamento intermitente as médias se aproximam dos valores encontrados ao pleno sol.

### **Agradecimentos**

Os autores expressam seus sinceros agradecimentos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio financeiro na execução do trabalho e ao Conselho Nacional de Ciência e Tecnologia - pela bolsa concedida ao último autor do artigo

## Referências

- ABRAHAM, E. M.; KYRIAZOPOULOS, A. P.; PARISSI, Z. M., KARATASSIOU, M.; ANJALANIDOU, K.; KATSOUTA, C. Growth, dry matter production, phenotypic plasticity, and nutritive value of three natural populations of *Dactylis glomerata* L. under various shading treatments. **Agroforestry Systems**, v. 88, n. 2, p. 287-299, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2P3JZe0>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- 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**, v. 39, n. 3, p. 263-270, 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/2EBsJsm>>. Acesso em: 22 jul 2018.
- ARAÚJO, S. A. C.; SILVA, T. O.; ROCHA, N. S.; ORTÊNCIO, M. O. Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, n. 1, p. 27-34, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2J212I2>>. Acesso em: 22 jul 2018.
- 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. Disponível em: <<https://bit.ly/2QV4Ygh>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- CLIPES, R. C.; SILVA, J. F. C.; DETMANN, E.; VASQUES, H. M.; HENRIQUES, L. T.; DONATELE, D. M.; HADDADE, I. R. Proteína insolúvel em detergente ácido como estimador da fração protéica não degradável no rúmen de forragens tropicais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, n. 2, p. 463-473, 2010. Disponível em: <<https://bit.ly/2q5I3ox>>. Acesso em: 01 out. 2018.
- DETMANN, E.; INSTITUTO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CIÊNCIA ANIMAL. **Métodos para análise de alimentos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214 p.204
- GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C.; GARCEZ NETO, A. F.; ROCHA, G. C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 7, p. 1436-1444, 2011. Disponível em:< <https://bit.ly/2P97DpC>>. Acesso em: 12 out. 2018
- GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; BRAVO DE GUENNI, L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Brachiaria decumbens* Stapf. **Grass and Forage Science**, v. 68, n. 3, p. 395-407, 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2ypufIE>>. Acesso em:12 março 2016
- KEPHART, K. D.; BUXTON, D. R. Forage quality responses of C3 and C4 perennial grasses to shade. **Crop Science**, v. 33, n. 4, p. 831-837, 1993. Disponível em: < <https://bit.ly/2NXPPtq>>. Acesso em: 22 jul 2018.
- LIN, C. H.; MCGRAW, M. L.; GEORGE, M. F.; GARRETT, H. E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, v. 53, n. 3, p. 269-281, 2001. Disponível em: < <https://bit.ly/2FUv6q5>>. Acesso em: 15 Agosto 2016
- MACEDO JÚNIOR, G. L.; ZANINE, A. M.; BORGES, I.; PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. **Ciência Animal**, v. 17, n. 7, p. 7-17, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2NMe6lq>>. Acesso em: 12 março 2016
- MARTINS, A. D.; SOUSA, L. F.; NÓBREGA, E. D.; DONIZETTI, J. G. S.; SANTOS, A. C.; SOUSA, J. T. L. Relação do nível de sombreamento artificial e da adubação sobre o desenvolvimento da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 4, p. 994-1005, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2NLmO3p>>. Acesso em: 20 março 2017.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; MATAS, J.A.; HEREDIA, A. Caracterização da superfície foliar e das ceras epicuticulares em *Commelina benghalensis*, *Ipomoea grandifolia* e *Amaranthus hybridus*. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 203-210, 2004. Disponível em: <<https://bit.ly/2P8rNzK>>. Acesso em: 28 julho.2017

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**, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008. Disponível em: <<https://bit.ly/2J4EPZE>>. Acesso em: 20 março 2017.

\_\_\_\_\_; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 4, p. 573-579, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2CrbhN>>. Acesso em: 20 março 2017.

\_\_\_\_\_; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. F. A.; FERNANDES, E. M.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2RVa51n>>. Acesso em: 20 março 2017.

PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; MAURÍCIO, R. M.; GOMIDE, C. A. M.; SILVEIRA, S. R. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014. Disponível em: <<https://bit.ly/2PDhT6j>>. Acesso em: 17 dez 2017

\_\_\_\_\_; DE MIRANDA GOMIDE, C. A., DE CASTRO, C. R. T., FERNANDES, P. B., MÜLLER, M. D., PIRES, M. D. F. Á., ... & XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2q0A3nn>>. Acesso em: 17 dez 2017

PARISSI, Z. M.; KOUKOURA, Z. Effect of fertilization and artificial shading on N and various mineral content of herbaceous species. **Options Méditerranéennes**, n. 85, p.159-164, 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/2EwNohl>>. Acesso em: 18 agosto.2016

PERI, P. L.; MOOT, D. J.; MCNEIL, D. L. Validation of a canopy photosynthesis model for cocksfoot pastures grown under different light regimes. **Agroforestry Systems**, v. 67, n. 3, p. 259-272, 2006. Disponível em: <<https://bit.ly/2pZEIWC>>. Acesso em: 23 agosto.2016

PIÑEROS, R.; DELGADO, J. M.; HOLGUÍN, V. A. Respuesta del pasto *Bothriochloa saccharoides* ([Sw.] Rydb.) a diferentes intensidades de sombra simulada en el valle cálido del Magdalena en el Tolima (Colombia). **Corpoica: Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 12, n. 1, p. 42-50, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/2P4WUfB>>. Acesso em: 18 agosto.2016

SALISBURY, F. B., ROSS, C. W. Plant Physiology. 4ed. California: Wadsworth Publishing Company, Inc., 1992, 682p.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; JARILLO-RODRIGUEZ, J. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. **Agroforestry systems**, v. 90, n. 2, p. 339-349, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2Af1GiC>>. Acesso em: 01 set 2018.

SANTO, A. X.; SILVA, L. D. F.; LANÇANOVA, J. A. C.; RIBEIRO, E. L. A.; MIZUBUTI I. Y.; FORTALEZA A. P. S.; HENZ E. L.; JÚNIOR F. L. M. Fracionamento de carboidratos e proteínas, cinética de degradação ruminal in vitro pela técnica de produção de gás, de rações suplementares contendo torta de girassol. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.69, n.1, pp.234-242, 2017 Disponível em: <<https://bit.ly/2CWuCi0>>. Acesso em: 5 março 2018.

SANTOS, D. C.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; FRANÇA, A. F. S. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2EtKJP2>>. Acesso em: 15 out. 2018.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013. 353 p.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D.; OLIVEIRA, F. L. R. D.; MACHADO, V. D.; SILVEIRA, R. R.; SOUZA, M. D. F. *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciência Rural**, v. 47, n. 5, p. 1-6, 2017. Disponível em: <<https://bit.ly/2yOkR0S>>. Acesso em: 14 set 2018

SANTOS, S. A.; TUFFI SANTOS, L. D.; FRANSISCO, S. A. S. B.; OSSAMU, T. F. A.; FREITA, S. L.; F. A. O.; SANTOS, A. Influence of shading on the leaf morphoanatomy and tolerance to glyphosate in *Commelina benghalensis* L. and *Cyperus rotundus* L.. **Australian Journal of Crop** v. 9, p. 135-142, 2015.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; SALIBA, E.O.S.; MOREIRA, G.R. Produtividade e valor nutritivo da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, p.1029-1037, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2OAI552>>. Acesso em: 14 set 2018

TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J. A.; PIRES, D. A. A.; VERIATO, F. T.; LIMA, L. O. D.; MOURA, M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 143-149, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2ypvKqg>>. Acesso em: 25 agosto.2017

TUFFI SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A.; SANTOS B. F.; SANTOS, B. F. S. ; SANTOS I. T.; OLIVEIRA, A. M.; BARROS, R. E.; SANTOS, M. V.; FARIA, R. M. Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v. 87, p. 519-528, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/2PdP9UT>>. Acesso em: 22 jul 2018.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of Association Officials of Animal Chemistry**, v. 50, p. 50-55, 1967. Disponível em: <<https://bit.ly/2J4f2B2>>. Acesso em: 18 agosto.2016

VARGAS BR PASTURES AND FORAGES. Agricultural Technology Series 6. Colombian Institute for the Promotion of Higher Education (ICFES). **Editorial Guadalupe, Bogota', Colombia**(2002).