

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal

Cláudia Eduarda Borges

**AVALIAÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS TROPICAIS SOB
SOMBREAMENTOS NO OUTONO E INVERNO**

Diamantina-MG

2020

Cláudia Eduarda Borges

**AVALIAÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS TROPICAIS SOB
SOMBREAMENTOS NO OUTONO E INVERNO**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Márcia Vitória Santos (UFVJM)

Co-orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Janaína Azevedo Martuscello (UFSJ)

**Diamantina-MG
2020**

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

B732a

Borges, Cláudia Eduarda

Avaliação de plantas forrageiras tropicais sob sombreamentos no outono e inverno / Cláudia Eduarda Borges, 2020.

119 p.: il.

Orientadora: Márcia Vitória Santos

Dissertação (Mestrado– Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2020.

1. Intercepção luminosa. 2. Fluxo de tecidos. 3. Fotossíntese. 4. Luz. 5. Silvipastoril. 6. Agrossilvipastoril. I. Santos, Márcia Vitória. II. Título. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 633.2

Ficha Catalográfica – Sistema de Bibliotecas/UFVJM
Bibliotecária: Viviane Pedrosa – CRB6/2641

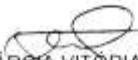
CLÁUDIA EDUARDA BORGES

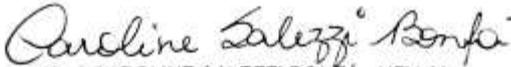
**AVALIAÇÃO DE PLANTAS FORRAGEIRAS TROPICAIS SOB
SOMBREAMENTOS NO OUTONO E INVERNO**

Dissertação apresentada ao
MESTRADO EM PRODUÇÃO
VEGETAL, nível de MESTRADO como
parte dos requisitos para obtenção do
título de MESTRA EM PRODUÇÃO
VEGETAL

Orientador (a): Prof.ª Dr.ª Márcia
Vitória Santos

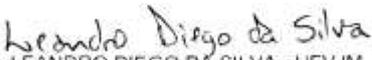
Data da aprovação : 18/02/2020


Prof. Dr.ª MÁRCIA VITÓRIA SANTOS - UFVJM


Dr.ª CAROLINE SALEZZI BONFÁ - UFVJM


Dr.ª MÁRCIA CRISTINA TEIXEIRA DA SILVEIRA - EMBRAPA PECUÁRIA SUL


Prof. Dr. EVANDER ALVES FERREIRA - ICA-UFMG


Dr. LEANDRO DIEGO DA SILVA - UFVJM

DIAMANTINA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
DIAMANTINA – MINAS GERAIS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



ATESTADO DE DEFESA POR VÍDEO CONFERÊNCIA

Atesto para os devidos fins que no dia 18 de fevereiro de 2020, às 14h, nas dependências da UFVJM – em Diamantina, foi realizada a defesa de dissertação da discente Cláudia Eduarda Borges com o trabalho intitulado *Avaliação de plantas forrageiras tropicais sob sombreamentos no outono e inverno*, sob minha orientação, do Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal.

Na qualidade de presidente da banca, abaixo assino este documento, atestando que a participação do (a) Pesquisador (a) Dr. (a) Márcia Cristina Teixeira da Silveira (Pesquisadora da EMBRAPA Pecuária Sul), foi realizada através de videoconferência, participando remotamente da defesa.

Em virtude da ausência espacial do (a) docente supracitado, eu, Márcia Vitória Santos, enquanto servidor público, no gozo de fé pública, assino no lugar da pesquisadora ausente na Ata de Defesa e na Folha de Aprovação da referida defesa.

Por ser verdade, dou fé e assino o presente atestado.

Diamantina, 26 de Junho de 2020.

Márcia Vitória Santos

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado forças para que nunca desistisse do meu objetivo mesmo diante das dificuldades colocadas no meu caminho.

A minha mãe Maria de Fátima Borges e a minha avó Violeta Borges (*in memória*), que me educaram e me ensinaram a ser uma pessoa cada dia melhor. As minhas irmãs Cristiane de Lourdes Borges, Cássia Fernanda Borges Ferreira, Bruna Helena Borges, meu irmão Carlos Gabriel Borges e aos meus sobrinhos pelo amor, carinho, alegrias durante esta trajetória e que sempre me apoiaram e me incentivaram a estudar.

A Profa. Márcia Vitória Santos, exemplo de ética e profissionalismo, agradeço pela orientação, pelos ensinamentos transmitidos, dedicação, compreensão, incentivo e pela amizade, me aconselhando e ajudando a seguir em frente com a cabeça erguida em momentos difíceis e decisivos em minha vida e que me ensinou a ser mais determinada e correr atrás dos meus objetivos.

A Profa. Janaína Martuscello e ao Pós doutorando Leandro D. da Silva pelo auxílio e pelo comprometimento com os resultados desta pesquisa e com a elaboração da dissertação.

A todos os meus amigos e companheiros de equipe pela amizade, apoio, carinho, incentivo, prontidão e disposição em ajudar durante toda a pesquisa e pela alegria transmitida durante essa trajetória.

Aos funcionários, técnicos administrativos, professores e alunos da pós-graduação do Departamento de Agronomia e do Departamento de Zootecnia, pelas amizades adquiridas, pelos conhecimentos transmitidos e pelos momentos de descontração durante toda execução do mestrado.

A todos os membros do núcleo de estudos em Sistemas Agroflorestais (NESAF's), bolsistas e estagiários do setor de Forragicultura e Pastagem da UFVJM, pelo auxílio e apoio durante a execução das atividades referentes a elaboração da pesquisa.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro para condução do experimento.

A Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) e ao do Departamento de Agronomia e do Departamento de Zootecnia por tornar este sonho possível.

A todos meus eternos agradecimentos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, também conhecidos como agrossilvipastoris, podem contribuir positivamente para os sistemas de produção animal e são alternativas eficientes de uso da terra na recuperação de áreas degradadas. No entanto, a tolerância de gramíneas e leguminosas ao sombreamento depende da sua capacidade morfofisiológica para se adaptar a determinado nível de radiação, conhecido como plasticidade fenotípica. O objetivo com este trabalho foi avaliar o comportamento de quatro cultivares de plantas forrageiras tropicais sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL), ao longo do outono e inverno de 2019. Foram realizados quatro experimentos com quatro espécies forrageiras tropicais: *Brachiaria* spp. cv. Mavuno (capim-mavuno), *Panicum maximum* Jack cv. BRS Zuri (capim-zuri), *Panicum maximum* cv. BRS Tamani (capim-tamani) e *Arachis pintoi* cv. Amarillo (amendoim forrageiro). Cada experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47% com radiação fotossinteticamente ativa (RFA) de $353 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, de 64% com RFA de $242 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 74% com RFA de $172 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e o tratamento controle com as plantas cultivadas sem sombreamento, com RFA de $668 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. As plantas foram mantidas sob regime de corte ao atingir 95% de IL. Durante o experimento foram realizadas avaliações morfogênicas para determinação das variáveis-respostas: taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de senescência foliar, duração de vida da folha, taxa de alongamento do colmo/caule para todas as forrageiras e também a taxa de alongamento em largura e taxa de alongamento do pecíolo para o amendoim forrageiro. Antes do corte também foram realizadas as avaliações estruturais, referentes ao número de folhas vivas por perfilho, comprimento final da folha e do colmo ou caule, altura final das plantas, o índice de área foliar, densidade de perfilhos e o peso médio dos perfilhos. Também foram realizadas análises fisiológicas referentes aos teores de clorofila a e b, taxa fotossintética, condutância estomática, taxa transpiratória, eficiência no uso da água e temperatura da folha. Posteriormente, após o corte foi determinada a composição morfológica (proporção de folhas, colmo ou caule, material senescente e inflorescência) e a produção de massa seca total de cada espécie forrageira sob os diferentes níveis de sombreamento. Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1. As médias das características morfogênicas, morfofisiológicas e produtivas foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. O capim-mavuno apresentou adaptação aos sombreamentos de 47%, 64% e 74% ao longo do outono e inverno, visto que a produção de massa seca não diminuiu mesmo com a restrição luminosa imposta pelos níveis de sombreamentos nas plantas e houve aumentos no índice de área foliar, na proporção de folhas, no teor de clorofila a e b e na taxa fotossintética nos sistemas sombreados. O capim-zuri apresenta alta adaptação ao sombreamento de 64%, visto que nesta condição houve maior produção de massa seca, maiores proporções de folhas e da taxa de aparecimento foliar e aumentos nos teores de clorofila que consequentemente proporcionaram maiores taxas fotossintéticas sob este nível de sombreamento. O capim-tamani apresentou grande tolerância aos sombreamentos de 47% e 64%, aumentando a produção de massa seca, a taxa fotossintética, a clorofila a e b, a taxa de aparecimento foliar, a proporção de folhas e a relação folha/colmo

da composição morfológica, quando comparado as plantas sem sombreamento. Foi verificado também que o capim-tamani pode ser sombreado em até 74% sem reduzir a produção em comparação com as plantas que crescem sem sombreamento. O amendoim forrageiro apresentou grande adaptação ao sombreamento a 47%, aumentando a produção de massa seca, a taxa fotossintética, a proporção de folhas e a relação folha/ caule quando comparado as plantas sem sombreamento e com sombreamento de 64 e 74%. Com isso o capim-tamani quando comparado com outros capins, apresenta maior adaptação aos diferentes níveis de sombreamento durante a estação outono e inverno, seguido pelo capim zuri e o capim mavuno. Já a leguminosa amendoim forrageiro durante a estação outono e inverno, apresenta tolerância a baixos níveis de sombreamento.

Palavras chave: Intercepção luminosa. Fluxo de tecidos. Fotossíntese. Luz. Silvipastoril. Agrossilvipastoril.

ABSTRACT

The crop-livestock-forest integration systems, also known as agrosilvipastoris, can contribute positively to animal production systems and are efficient alternatives for land use in the recovery of degraded areas. However, the tolerance of grasses and legumes to shading depends on their morphophysiological capacity to adapt to a certain level of radiation, known as phenotypic plasticity. The objective of this work was to evaluate the behavior of four cultivars of tropical forage plants under different levels of shading and managed at 95% light interception (IL), throughout the fall and winter of 2019. Four experiments were carried out with four forage species tropical: *Brachiaria* spp. cv. Mavuno (mavuno grass), *Panicum maximum* Jack cv. BRS Zuri (zuri grass), *Panicum maximum* cv. BRS Tamani (tamani grass) and *Arachis pintoii* cv. Amarillo (forage peanut). Each experiment was carried out in a completely randomized design (DIC), with six replications, subjected to artificial shading levels of 47% with photosynthetically active radiation (RFA) of $353 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 64% with RFA of $242 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 74% with RFA of $172 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and the control treatment with plants grown without shading, with RFA of $668 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. The plants were kept under a cutting regime when reaching 95% IL. During the experiment, morphogenic evaluations were performed to determine the response variables: leaf appearance rate, phyllochron, leaf elongation rate, leaf senescence rate, leaf life duration, stem / stem elongation rate for all forages and also the rate of elongation in width and the rate of elongation of the petiole for forage peanut. Before cutting, structural evaluations were also carried out, referring to the number of live leaves per tiller, final length of the leaf and stem or stem, final height of the plants, the leaf area index, tiller density and the average weight of tillers. Physiological analyzes were also carried out regarding the levels of chlorophyll a and b, photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiratory rate, water use efficiency and leaf temperature. Subsequently, after cutting, the morphological composition (proportion of leaves, stem or stem, senescent material and inflorescence) and the production of total dry mass of each forage species were determined under the different levels of shading. All data were analyzed using the statistical program Statistical Analysis System - SAS 9.1. The means of the morphogenic, morphophysiological and productive characteristics were subjected to analysis of variance and subsequently to the analysis of linear and quadratic regression at 5% probability. The mavuno grass showed adaptation to the shading of 47%, 64% and 74% throughout autumn and winter, since the production of dry mass did not decrease even with the light restriction imposed by the levels of shading in the plants and there were increases in the index leaf area, leaf proportion, chlorophyll content a and b and photosynthetic rate in shaded systems. Zuri grass has a high adaptation to shading of 64%, since in this condition there was greater production of dry mass, higher proportions of leaves and the rate of leaf appearance and increases in chlorophyll contents which consequently provided higher photosynthetic rates under this level of shading. Tamani grass showed great tolerance to shading of 47% and 64%, increasing dry mass production, photosynthetic rate, chlorophyll a and b, leaf appearance rate, leaf proportion and leaf / stem ratio of the morphological composition, when compared to plants without shading. It was also found that tamani grass can be shaded by up to 74% without reducing production compared to plants that grow without shading. Forage peanuts showed great adaptation to shading at 47%, increasing the dry matter production, the photosynthetic rate, the proportion of leaves and the leaf / stem ratio when compared to plants without shading and with shading of 64 and 74%. As a result, tamani grass, when compared to other grasses,

shows greater adaptation to different levels of shade during the autumn and winter season, followed by zuri grass and mavuno grass. The forage peanut legume during the autumn and winter season, tolerates low levels of shading.

Keywords: Luminous interception. Flow of tissues. Photosynthesis. Light. Silvipastoril. Agrossilvipastoril.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1- MORFOGÊNESE, MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE CAPIM MAVUNO SOB SOMBREAMENTOS

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.....36

Tabela 2. Produção de massa seca e altura de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas sob diferentes sombreamentos nas estações de outono e inverno de 2019.....40

Tabela 3. Proporção dos tecidos folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....40

Tabela 4. Características morfológicas de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....41

Tabela 5. Características estruturais de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....42

Tabela 6. Fisiologia de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....43

CAPÍTULO 2 – FLUXO DE TECIDOS, FISILOGIA E PRODUÇÃO DE *Panicum maximum* cv BRS ZURI SOB RESTRIÇÃO LUMINOSA

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019..... 60

Tabela 2. Produção de massa seca e altura de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv Zuri) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....63

Tabela 3. Proporção dos tecidos folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv Zuri) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....64

Tabela 4. Características morfológicas de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv Zuri) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....65

Tabela 5. Características estruturais de capim-zuri (*Panicum maximum* cv Zuri) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....66

Tabela 6. Fisiologia de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv Zuri) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....66

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, ESTRUTURAIS, FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DO CAPIM-TAMANI SOB RESTRIÇÃO LUMINOSSA

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.....82

Tabela 2. Produção de massa seca e altura de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....85

Tabela 3. Proporção dos tecidos folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....86

Tabela 4. Características morfogênicas de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv Tamani) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....87

Tabela 5. Características estruturais de capim-tamani (*Panicum maximum* cv Tamani) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....88

Tabela 6. Fisiologia de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv Tamani) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....88

CAPÍTULO 4 – CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE AMENDOIM FORRAGEIRO SOB RESTRIÇÃO DE LUZ

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.....104

Tabela 2. Produção de massa seca e altura de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....107

Tabela 3. Proporção dos tecidos folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....108

Tabela 4. Características morfogênicas de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* cv. Amarillo) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....109

Tabela 5. Características estruturais de amendoim forrageiro (*Arachis pinto* cv. Amarillo) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....110

Tabela 6. Fisiologia de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pinto* cv. Amarillo) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019.....110

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	14
2	OBJETIVOS	16
2.1	OBJETIVO GERAL.....	16
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
3.1	ESPÉCIES FORRAGEIRAS COM POTENCIAL DE USO PARA SISTEMAS INTEGRADOS.....	17
3.1.1	<i>Brachiaria</i> spp. cv. Mavuno (capim mavuno).....	17
3.1.2	<i>Panicum maximum</i> cv. Zuri (capim-zuri).....	18
3.1.3	<i>Panicum maximum</i> cv. BRS Tamani (capim-tamani).....	19
3.1.4	<i>Arachis pintoi</i> cv. Amarillo (amendoim forrageiro).....	20
3.2	CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS SOB SOMBREAMENTO.....	21
3.3	MANEJO DE DESFOLHAÇÃO A 95% DE INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA....	24
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
	CAPÍTULO 1- MORFOGÊNESE, MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE CAPIM MAVUNO SOB SOMBREAMENTOS	33
1	INTRODUÇÃO	33
2	MATERIAL E MÉTODOS	35
3	RESULTADOS	40
4	DISCUSSÃO	44
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
	CAPÍTULO 2 – FLUXO DE TECIDOS, FISILOGIA E PRODUÇÃO DE <i>PANICUM MAXIMUM</i> CV BRS ZURI SOB RESTRIÇÃO LUMINOSA	57
1	INTRODUÇÃO	57
2	MATERIAL E MÉTODOS	59
3	RESULTADOS	64
4	DISCUSSÃO	68
5	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
	CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, ESTRUTURAIS, FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DO CAPIM-TAMANI SOB RESTRIÇÃO LUMINOSA	79
1	INTRODUÇÃO	79
2	MATERIAL E MÉTODOS	81
3	RESULTADOS	86
4	DISCUSSÃO	90
5	CONCLUSÃO	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
	CAPÍTULO 4 – CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE AMENDOIM FORRAGEIRO SOB RESTRIÇÃO DE LUZ	101
1	INTRODUÇÃO	101
2	MATERIAL E MÉTODOS	103
3	RESULTADOS	108
4	DISCUSSÃO	112
5	CONCLUSÃO	116
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
	CONCLUSÃO GERAL	120

1 INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil devido ao clima tropical e subtropical, as pastagens ainda são as fontes de energia mais eficazes para a alimentação dos animais nos sistemas de produção de leite e carne do País. Além disso, as plantas forrageiras podem contribuir com a preservação do meio ambiente, quando utilizadas em sistemas alternativos de cultivo, como por exemplo, os sistemas integrados. A integração lavoura, pecuária e floresta têm sido alvo de muitos estudos nos últimos anos, devido à oportunidade de uma produção mais sustentável e diversificada. Os sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris podem combinar, em uma mesma área, a produção de culturas anuais, a produção de pasto para alimentação de animais e o plantio de espécies florestais para diferentes fins. A produção variada nestas áreas contribui para agregar valor aos produtos finais, promover a melhoria das características do solo, diminuir a incidência de áreas degradadas, e ainda podem promover o sequestro de carbono, que contribui para um ambiente mais equilibrado.

Os sistemas integrados geralmente são meios muito eficientes na produção das plantas forrageiras devido ao microclima proporcionado pelas árvores, fazendo que com haja maior ciclagem de nutrientes e retenção de umidade no solo que favorecem o crescimento e desenvolvimento das forrageiras. Entretanto, essas árvores interceptam uma grande parte da luz que chegaria ao subbosque, reduzindo a quantidade e qualidade da luminosidade necessária para o desenvolvimento das plantas. Assim, a produtividade do pasto, e conseqüentemente a produção de leite ou carne, pode ser afetada negativamente. Desta forma, é essencial que as espécies de plantas forrageiras cultivadas no sistema silvipastoril ou agrossilvipastoril apresentem algum grau de tolerância ao sombreamento, o que irá garantir a qualidade e quantidade produzida.

Algumas plantas forrageiras podem apresentar mudanças morfofisiológicas durante seu desenvolvimento que garantem a tolerância ao sombreamento. Neste sentido, se destacam as espécies forrageiras da família *Poaceae* e *Fabaceae*, que têm alto potencial de se adaptarem melhor aos diferentes níveis de radiação solar. Entre algumas das adaptações de plantas forrageiras ao sombreamento destaca-se o aumento da proporção de área foliar específica; alongamento do colmo ou caule e pecíolo; diminuição das ramificações, perfilhamento e número de folhas por perfilho; e diminuição da proporção folha caule ou colmo. Além disso, podem acontecer mudanças fisiológicas, como o aumento na eficiência no uso da água, na condutância estomática e reduções na taxa transpiratória devido ao microclima favorável sob a copa das árvores.

Neste sentido, a análise da morfogênese em condições sombreadas torna-se uma importante ferramenta para avaliação e compreensão do desenvolvimento e crescimento de plantas forrageiras nos sistemas arborizados, pois auxilia no melhor entendimento do processo de senescência e formação de tecidos e possibilita a avaliação das respostas das plantas forrageiras às condições do ambiente, para a determinação de estratégias racionais para o manejo de pastagens.

Essas mudanças morfofisiológicas, principalmente a mudança de altura e do índice de área foliar (IAF), que ocorrem nas plantas forrageiras quando submetidas a determinado nível de sombreamento faz com que as práticas de manejo normalmente utilizadas para as plantas cultivadas a pleno sol, não sejam adequadas para os sistemas sombreados, pois o “IAF crítico”, definido como valor de IAF próximo de 95% de interceptação luminosa que proporciona taxa de crescimento da cultura próximo do máximo, corresponderá a alturas de corte das plantas sombreadas diferentes das alturas de corte quando cultivadas a pleno sol. Com base nisso, a adoção da altura de corte correlacionada a 95% interceptação luminosa como meta de pastejo para as diversas espécies forrageiras cultivadas a pleno sol, não deve ser a mesma altura utilizada em sistemas sombreados, já que a estrutura da planta é modificada e a meta de pastejo a 95% de interceptação luminosa pode não ser adequada.

Desta forma, uma lacuna a ser preenchida por estudos envolvendo a integração de lavoura, pecuária e floresta é a compreensão das características morfológicas e fisiológicas das plantas forrageiras afetadas pelo sombreamento, bem como compreender as mudanças na altura do pasto e IAF crítico. Assim, estes estudos podem nortear o desenvolvimento de estratégias de manejo do pastejo mais eficientes nesses ecossistemas consorciados, principalmente com espécies forrageiras tropicais, resultando em maior sustentabilidade dos mesmos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o comportamento de quatro cultivares de plantas forrageiras tropicais sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL) ao longo do outono e inverno de 2019 em Diamantina - Minas Gerais, Brasil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o capim-mavuno (*Brachiaria spp* cv. Mavuno) sob diferentes níveis de sombreamentos e manejado a 95% de interceptação luminosa ao longo do outono e inverno, mediante o monitoramento do comportamento das características morfogênicas, morfofisiológicas, estrutura e produção.
- Avaliar o capim-zuri (*Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri) sob diferentes níveis de sombreamentos e manejado a 95% de interceptação luminosa ao longo do outono e inverno, mediante o monitoramento do comportamento das características morfogênicas, morfofisiológicas, estrutura e produção.
- Avaliar o capim-tamani (*Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Tamani) sob diferentes níveis de sombreamentos e manejado a 95% de interceptação luminosa ao longo do outono e inverno, mediante o monitoramento do comportamento das características morfogênicas, morfofisiológicas, estrutura e produção.
- Avaliar a leguminosa amendoim-forrageiro (*Arachis pintoii* Krapov & Greg. cv. Amarillo) sob diferentes níveis de sombreamentos e manejada a 95% de interceptação luminosa ao longo do outono e inverno, mediante o monitoramento do comportamento das características morfogênicas, morfofisiológicas, estrutura e produção.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ESPÉCIES FORRAGEIRAS COM POTENCIAL DE USO PARA SISTEMAS INTEGRADOS

3.1.1 *Brachiaria* spp. cv. Mavuno (capim-mavuno)

As espécies do gênero *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) de origem tropical e subtropical africana, são as mais utilizadas em sistemas de pastagem no Brasil (PARAÍSO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2016b), por sua adaptação às condições de clima e solo e por apresentarem produção e valor nutritivo satisfatório, contribuindo para o aumento da produtividade animal (SILVA *et al.*, 2016a).

A *Brachiaria* spp. cv. Mavuno foi lançada em 2014 pela Wolf Sementes® em parceria com o Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP. É um híbrido proveniente do cruzamento entre *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha* (DA SILVA, 2018). É uma cultivar perene de estação quente, liberada no Brasil, com potencial para ser utilizada como forragem em regiões subtropicais (SILVA *et al.*, 2020). Essa cultivar apresenta crescimento cespitoso e as lâminas foliares são longas e largas, apresentando pilosidade nas duas faces e também na bainha. Além disso, esta cultivar apresenta tolerância, à cigarrinha-das-pastagens, à acidez do solo, à seca e ao fogo, responde à adubação quanto à produtividade, apresenta boa qualidade bromatológica e pode produzir 17 a 20 ton ha⁻¹ano⁻¹ de massaseca (UNISAGRO, 2015; DA SILVA, 2018).

Em experimento realizado por Da Silva (2018) comparando a massa de forragem e os componentes morfológicos do capim-mavuno sob manejo em lotação contínua em diferentes alturas de corte, verificou uma grande flexibilidade no manejo do pastejo dessa espécie de forrageira sob lotação contínua. As alturas mais indicadas para o manejo contínuo são 0,30 e 0,40 m, pois apresentaram maior produção de massa de forragem com melhor composição morfológica.

Estudos apontam (SANTOS *et al.*, 2017; CRUZ, 2019; MARTUSCELLO *et al.*, 2017; GOMES *et al.*, 2019) que algumas espécies do gênero *Brachiaria*, são adaptadas e produtivas em condições de luminosidade reduzida e mediana.

Oliveira *et al.* (2018) avaliando os teores de clorofila a, b e total de gramíneas forrageiras tropicais sob níveis de sombreamento (0%, 30%, 45% e 73%), verificou que *Brachiaria* spp cv. Mavuno apresentou maior adaptação ao sombreamento em relação as demais forrageiras e que

houve um aumento linear nos índices de clorofila a, b e total desta espécie à medida que o sombreamento se intensificou.

3.1.2 *Panicum maximum* cv. Zuri (capim-zuri)

A espécie *Panicum maximum* é uma das espécies mais importantes para a produção de gado nas regiões tropicais e subtropicais (PACIULLO *et al.*, 2016). Muitas cultivares de *P. maximum* apresentam níveis médios de tolerância à sombra (SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016), o que indica que eles têm potencial para uso em sistemas silvipastoris.

A cultivar zuri da espécie *Panicum maximum* foi lançada no Brasil no ano de 2014, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e resulta da parceria com a UNIPASTO. Foi obtida a partir da seleção em populações derivadas de um *Panicum maximum* coletadas na Tanzânia, no leste da África (ROCHA, 2016; EMBRAPA, 2014). O capim-zuri foi selecionado com base na produtividade, capacidade de rebrotação, capacidade de suporte, desempenho animal, resistência às cigarrinhas-das-pastagens e resistência à mancha foliar causada pelo fungo *Bipolaris maydis*, que acomete a cultivar Tanzânia (ROCHA, 2016; EMBRAPA, 2014; NETO *et al.*, 2018).

A cultivar Zuri apresenta um incremento em produtividade por área e qualidade de forragem e proporciona melhores resultados em relação às cultivares Mombaça e Tanzânia para produtividade animal por hectare (EMATNE, 2016). Esta cultivar tem apresentado alto valor nutritivo, moderada tolerância a solos encharcados e pode produzir cerca de 20000 a 21000 Kg há⁻¹ ano⁻¹ de massa seca em solos bem drenados (SOUZA, 2018; EMBRAPA, 2014). Além disso, a cultivar Zuri apresenta hábito de crescimento cespitoso, sendo recomendada a altura de entrada de 0,70 m e de saída de 0,30 m, para que esta cultivar apresente um melhor desenvolvimento (EMBRAPA, 2014; SOUZA, 2018).

Em estudo realizado pela EMBRAPA (2014), avaliando a cultivar Zuri em parcelas, sob cortes manuais, foi observado uma produção anual de 21.800Kg.ha⁻¹ de massa seca foliar, com estacionalidade de produção similar às cultivares Tanzânia e Mombaça, atingindo 15% do total anual no período seco e apresentando uma porcentagem de folhas de 87%(LIMA, 2018). Já em experimento realizado por Souza (2018), com cultivares de gramíneas forrageiras perenes submetidas a diferentes intervalos de cortes na região de Manaus-AM, foi observado uma produção anual de massa seca de 14.600 Kg ha⁻¹ para a cultivar Zuri.

Segundo Costa (2019), a produção de forragem e características morfogênicas e estruturais de pastagens de *Panicum maximum* cv. BRS Zuri nos cerrados de Roraima, é influenciada pelos níveis de desfolhação da cultivar, o qual foi observado a que essa cultivar manejada sob resíduo de 0,40m proporciona maior produtividade e eficiência de utilização da forragem, maior renovação de tecidos e estrutura do dossel mais favorável ao pastejo.

Por ser uma cultivar recém lançada no mercado, ainda são escassos os trabalhos com capim-zuri sob restrição luminosa. Todavia, devido seu potencial produtivo e de qualidade é fundamental o conhecimento acerca da adaptação, produção e perenidade em sistemas sombreados.

3.1.3 *Panicum maximum* cv. BRS Tamani (capim-tamani)

A cultivar Tamani é o primeiro híbrido de *Panicum maximum* lançado em 2015 pela EMBRAPA, proveniente do cruzamento entre a planta sexual S12 e o acesso apomítico T60 (BRA-007234) (EMATNE, 2016). Esta cultivar além de ser produtiva e vigorosa, apresenta resistência à cigarrinha-das-pastagens, porte baixo, abundância de folhas e de perfilhamento, apresenta valor nutritivo mediano, indicado para solos de alta e média fertilidade, possui facilidade e flexibilidade de manejo, sendo indicada para diversificação das pastagens no bioma Cerrado (NETO *et al.*, 2018).

Cavalli (2016) analisando as respostas fisiológicas da cultivar Tamani e estratégias de manejo do pastejo sob lotação intermitente, observou que o capim-tamani apresenta respostas fisiológicas marcadamente afetadas pelas estações do ano, o que evidencia alterações fisiológicas na planta forrageira, em condições de fatores abióticos distintos em cada estação.

Em experimento realizado por Oliveira *et al.* (2018) avaliando os teores de clorofilas a e b de gramíneas forrageiras tropicais sob níveis de sombreamento, relatou que os índices de clorofilas a e b de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani não foram afetados pelo sombreamento.

Segundo Machado *et al.* (2017) avaliando a produção de grãos de soja e o estabelecimento de forrageiras perenes, em cultivo consorciado, verificou que o capim-tamani é adequado para estabelecimento em consórcio em sistemas integrados que possuem culturas agrícolas como a soja, pois apresenta algumas características, como a presença de colmos curtos que proporciona uma menor capacidade de competição por radiação solar.

O conhecimento de características morfofisiológicas e estruturais do dossel são fundamentais para o manejo de pastejo, uma vez que definirão os limites de flexibilidade e de uso das plantas forrageiras em sistemas de produção animal em pastagens. Estudos que contribuam para melhor utilização das forrageiras, visando equilíbrio entre aspectos morfofisiológicos da planta e praticidade de manejo, sempre serão válidos (CAVALLI, 2016).

3.1.4 *Arachis pintoi* cv Amarello (amendoim forrageiro)

O uso de leguminosas forrageiras em sistemas agroflorestais tem proporcionado diversos benefícios ao sistema, como maior conservação do solo, facilidade no manejo de plantas daninhas, aumenta a matéria orgânica do solo (LISTA *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2017).

A espécie forrageira *Arachis pintoi* cv Amarello pertencente à família Fabaceae, também conhecida como leguminosa, é considerada resistente e produtiva em ambientes subtropicais e tropicais com alta adaptação a diversas texturas de solo (RAMOS, 2010; PEREIRA *et al.*, 2018; SOUSA-MACHADO *et al.*, 2018). Esta espécie é perene e apresenta hábito de crescimento prostrado, com pontos de crescimento protegidos durante o pastejo dos animais (CARVALHO, 2018; CARVALHO, 2014). Outra característica da espécie é o desenvolvimento dos frutos subterrâneos a partir de flores localizadas na parte aérea (RAMOS, 2010).

O amendoim forrageiro apresenta elevada resistência a pragas e doenças (CARVALHO, 2018), cresce bem nos solos de fertilidade moderada e é tolerante à alta saturação de alumínio (PEREIRA *et al.*, 2018; SOUSA-MACHADO *et al.*, 2018). Além disso, alguns estudos têm apontado que a espécie *Arachis pintoi* tem apresentado adaptação a condições de luminosidade reduzida (PEREIRA *et al.*, 2018; LISTA *et al.*, 2019).

Cruz (2019) trabalhando com *Arachis pintoi* cv amarello sob diferentes níveis de sombreamento artificial (0, 30, 45, 73%) em avaliação ao longo do ano observou aumento na produção de massa seca do amendoim forrageiro quando o mesmo foi cultivado sob o sombreamento de 30%, proporcionando uma produção de 43,93% maior em relação a pleno sol. No entanto, Gobbi *et al.* (2009) avaliando a produção de massa seca na forrageira submetida a três níveis de sombreamento artificial (0%, 50% e 70%) verificou reduções na produção de massa seca (MS) do amendoim forrageiro com os níveis de sombreamento.

3.2 CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE PLANTAS FORRAGEIRAS SOB SOMBREAMENTO

O processo de crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras é derivado de um acúmulo de biomassa aérea que, posteriormente, vai definir a disponibilidade de forragem na pastagem. No entanto, para entender o processo de acúmulo de biomassa é necessário entender primeiramente a morfofisiologia das unidades básica de crescimento do pasto e suas respostas aos fatores do meio (SOUZA, 2018; LOPES *et al.*, 2019).

As plantas forrageiras, geralmente são formadas por unidades básicas denominadas perfilhos, no caso de gramíneas, e ramificações, no caso de leguminosas (VALENTINE e MATTHEW, 1999). O crescimento e o desenvolvimento dos perfilhos ou das ramificações segue uma série de processos onde são diferenciados em folhas, colmo (nó e entrenó) ou caule, gema axilar e sistema radicular em cada um dos fitômeros de cada perfilho, formados a partir da diferenciação do meristema apical (SBRISSIA, 2010; HODGSON, 1990). O acúmulo de fitômeros e o grau de desenvolvimento individual (expansão foliar, alongamento e espessamento dos nós e entrenós) resultam no acúmulo de biomassa do perfilho (SKINNER e NELSON, 1995).

Os fitômeros geralmente são organizados em diferentes estádios de desenvolvimento no perfilho, ou seja, cada um em estágio mais avançado de desenvolvimento que o anterior e essa organização dinâmica permite às gramíneas manter sua persistência por longo tempo, que proporciona adaptações ao pastejo e mudanças estacionais na estrutura do dossel (SBRISSIA *et al.*, 2009; MATTHEW *et al.*, 2000).

Inicialmente, os perfilhos priorizam a distribuição de fotoassimilados para o desenvolvimento de área foliar, para sustentar tanto crescimento e a produtividade, quanto a sobrevivência das plantas, já que, geralmente as folhas estão sujeitas ao manejo de desfolhação constante, em diferentes frequências e intensidades, sendo necessária a produção de novos tecidos foliares (FREITAS *et al.*, 2019; CRUZ, 2019). Essa conversão de assimilados em tecidos foliares ocorre, principalmente, nas zonas de crescimento e diferenciação foliar, onde o tecido heterotrófico está completamente protegido no interior do cartucho formado pelas bainhas das folhas mais velhas (SBRISSIA *et al.*, 2009). Posteriormente, o aparecimento de uma folha é compensado pela mortalidade da folha mais velha, o que determina um número de folha por colmo relativamente constante.

Com o manejo desfolhação realizada pelos animais, posteriormente ocorre uma série de respostas fisiológicas e morfológicas nas plantas forrageiras com intuito de promover a

recuperação da área foliar pastejada e assegurar crescimento e o fluxo de tecidos dos perfilhos (SOUZA, 2018; NASCIMENTO; 2014). Dentre as adaptações que ocorrem para a recuperação da área foliar removida, incluem a mobilização de reservas orgânicas acumuladas nas raízes e base dos colmos, fotossíntese compensatória nas folhas mais velhas, realocação de assimilados para as folhas em crescimento, produção de hormônios que promovem e controlam o desenvolvimento de meristemas e redução do crescimento de raízes (SBRISSIA *et al.*, 2009; SCHNYDER *et al.*, 2000).

A morfogênese consiste no processo de dinâmica de geração e expansão da forma da planta no tempo e no espaço (LEMAIRE e CHAPMAN, 1996), descrevendo o fluxo de tecidos nas plantas forrageiras, caracterizada pelos processos de crescimento, senescência e decomposição de tecidos (BRAZ *et al.*, 2017). Com isso, a morfogênese está diretamente correlacionada com os mecanismos envolvidos no crescimento e desenvolvimento de fitômeros sucessivos dos perfilhos, pois o ritmo morfogênico determina a velocidade de recuperação da área foliar após desfolhação (SBRISSIA *et al.*, 2009).

A medida que os perfilhos desenvolvem, o alongamento, o comprimento da lâmina foliar e a duração de vida das folhas aumentam, enquanto a taxa de aparecimento de folhas diminui (DURU e DUCROCQ, 2000). No entanto, essa dinâmica no fluxo de tecidos no perfilho é regulada por fatores ambientais e influenciada pelas características do pasto (densidade populacional de perfilhos), sendo que a interação entre esses fatores determina o ritmo morfogênico das plantas. Com isso, a compreensão do desenvolvimento dos órgãos das forrageiras, em diferentes condições ambientais, consiste no primeiro passo para a definição de estratégias racionais de manejo de pastagens (GOMIDE *et al.*, 2007).

Nesse sentido, são diversos os fatores que podem influenciar os processos que resultam no acúmulo de forragem no pasto. Dentre eles, destaca-se a luminosidade, nutrientes, temperatura, disponibilidade hídrica e o manejo de desfolhação utilizado (LOPES *et al.*, 2019), que além de afetar a dinâmica de crescimento e desenvolvimento dos perfilhos no pasto, podem afetar também o processo de fotossíntese, e a composição morfológica da forrageira (CRUZ, 2019). Assim, dentre os fatores ambientais que influenciam o fluxo de tecidos nas plantas, a disponibilidade de luminosidade para as plantas forrageiras é responsável por modificações na morfogênese, acarretando em mudanças na estrutura e na massa da forragem (LEMAIRE, 2001).

Crestani (2015) avaliando as respostas morfogênicas de *Brachiaria brizantha* cv Piatã submetida a diferentes sombreamentos em um sistema ILPF, verificou que assim como em pastos cultivados em pleno sol, as espécies forrageiras em sistemas integrados possuem a

morfogênese e a estrutura vertical e horizontal do dossel afetadas pela disponibilidade e qualidade de luz incidente, sendo a luz o fator determinante para adoção de práticas de manejo do pastejo adequadas.

Martuscello *et al.* (2017) avaliando a morfogênese de capim-braquiária em monocultivo e consorciado com milho ou sorgo em sistema integrado, verificou que taxa de alongamento de colmo e de senescência foliar foram maiores para o capim-braquiária cultivado com o milho e sorgo, quando comparado com o monocultivo, já a duração de vida das folhas, apresentou maiores valores quando o capim-braquiária foi cultivado em monocultivo, em relação ao consórcio.

Além disso, o conhecimento dos padrões de perfilhamento e das características morfofisiológicas das forrageiras em sistemas sombreados, permite identificar os métodos de manejo que possibilitem aumentar sua produtividade, assegurando sua persistência e longevidade pela contínua renovação populacional dos perfilhos, demonstrando o seu potencial de uso em sistemas silvipastoris (TORRES *et al.*, 2019; CRUZ, 2019).

O perfilhamento é uma das características morfogênicas mais influenciadas pelo crescimento e o desenvolvimento de plantas forrageiras sob sombreamento (GOBBI *et al.*, 2009; MARTUSCELLO *et al.*, 2017), sendo que o perfilhamento ocorre, principalmente, por meio da luminosidade que estimula o desenvolvimento das gemas basais que promovem o aparecimento de novos perfilhos em áreas de pastagens. No entanto, em condições sombreadas geralmente há uma redução da relação vermelho e vermelho distante e do fluxo de fótons fotossintéticos, que podem influenciar a produção de perfilhos nestes sistemas, podendo reduzir o acúmulo de forragem (LEMAIRE, 2001).

Paciullo *et al.* (2016) avaliando a morfogênese, biomassa e valor nutritivo de *Panicum maximum* (cv. Massai e cv. Tanzânia) sob diferentes níveis de sombra (0, 37 e 58%), verificou redução na densidade de perfilhos em ambas as cultivares à medida que aumentou o sombreamento, reforçando a importância da luz na produção de novos perfilhos em pastagens.

As respostas fisiológicas das plantas forrageiras a determinados níveis de radiação têm sido fundamentais para o completo entendimento da adaptação de folhas de sol ao sombreamento (TAIZ *et al.*, 2017; GIVNISH, 1988), pois durante a fotossíntese, o dióxido de carbono (CO₂) é difundido do ambiente, para o espaço intracelular através dos estômatos e posteriormente dissolvido na água contida na parede celular, membrana plasmática, citosol, cloroplasto e estroma para a rubisco (TAIZ *et al.*, 2017). No entanto, em condições de restrição luminosa, a densidade estomática e o tamanho do estroma nas folhas podem mudar, afetando

muito a fotossíntese se a condutância estomática for o fator limitante, conseqüentemente, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (KIM *et al.*, 2011).

Santos *et al.* (2017) avaliando os parâmetros fisiológicos *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em diferentes arranjos do sistema agrossilvipastoril, verificou que as plantas de braquiária cultivadas sob a luz do sol exibiram uma taxa de transpiratória mais alta do que as plantas cultivadas em sistemas sombreados.

Além das alterações morfológicas e fisiológicas plantas em condições sombreadas, também ocorrem mudanças estruturais nas plantas, como alterações nas alturas das plantas em condições de restrição luminosa, devido ao maior alongamento dos tecidos, que pode proporcionar um microclima diferenciado no dossel forrageiro, podendo modificar a morfogênese e a estrutura dos perfilhos individuais e, conseqüentemente, alterar o índice de área foliar e o acúmulo de forragem do pasto (CRUZ, 2019).

Bosi *et al.* (2014) avaliando a produtividade e as características biométricas de *Brachiaria decumbens* sob pastejo, em sistema silvipastoril, verificou que a produtividade de forragem e o índice de área foliar diminuíram e que a altura de planta e a área foliar específica do capim-braquiária aumentaram, nas distâncias de 2 m dos renques, nas épocas quentes e chuvosas.

3.3 MANEJO DE DESFOLHAÇÃO A 95% DE INTERCEPTAÇÃO LUMINOSA

O manejo de desfolhação do pasto pode ser caracterizado basicamente pela frequência e intensidade do pastejo realizado pelos animais. Um manejo quando realizado de maneira correta pode assegurar boa produção e qualidade da forragem, bem como rápida rebrotação do pasto (NASCIMENTO; 2014).

O acúmulo de forragem em uma comunidade de plantas é consequência do crescimento e desenvolvimento de folhas e colmos em perfilhos individuais e da quantidade de perfilhos existentes, associados aos padrões de perfilhamento como o aparecimento, mortalidade e sobrevivência de perfilhos (NASCIMENTO; 2014; MACHADO, 2016).

O crescimento das forrageiras pode ser elucidado por meio de estudos relacionados à ecofisiologia das forrageiras, sobretudo as características morfológicas e estruturais (SOUZA, 2018; NASCIMENTO; 2014). Essas características são determinadas geneticamente, no entanto, são altamente influenciadas pela disponibilidade de recursos de crescimento e pelo manejo do pastejo que determinam as características estruturais do pasto (fenótipo da planta) (MACHADO, 2016).

A manifestação de características morfogênicas e estruturais das forrageiras determinará, em última análise, o índice de área foliar do pasto. Esta variável é muito importante para a compreensão das relações entre interceptação luminosa (IL) pelo pasto e acúmulo de forragem, bem como a interação entre intensidade e frequência de desfolhação nos estudos sobre produção e manejo de plantas forrageiras em pastagens (NASCIMENTO; 2014; MACHADO, 2016; SOUZA, 2018).

Alguns estudos foram realizados, a partir dos anos 2000, com plantas forrageiras tropicais submetidas à lotação intermitente (PEDREIRA *et al.*, 2009). Com estes estudos foi verificado que a interrupção da rebrotação dos pastos a condição em que a interceptação luminosa média do pasto atinge 95% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), resultaria em maior produção de forragem. Isto permitiu concluir que seria na condição de índice de área foliar (IAF) crítico, situação em que 95% da luz incidente é interceptada pelo dossel, que a taxa média de acúmulo de forragem atingiria seu máximo, ou seja, o balanço entre os processos de crescimento e senescência seria máximo, permitindo maior acúmulo de forragem (EUCLIDES *et al.*, 2015; MACHADO, 2016).

Estes estudos permitiram enfatizar o papel central do IAF na modulação e determinação das respostas de plantas forrageiras ao pastejo, indicando a necessidade de estudar e compreender melhor aspectos relativos à estrutura do dossel, uso da radiação incidente e balanço dos processos de crescimento e senescência como forma de planejar e definir estratégias de uso e manejo de plantas forrageiras em pastagens (MACHADO, 2016).

Embora o manejo de desfolhação por meio da interceptação luminosa seja um bom indicador do ponto máximo para o pastejo da forragem, o monitoramento da interceptação luminosa é um processo complexo e oneroso para ser utilizado nas propriedades, pois exige a utilização de equipamentos sofisticados e de alto custo (NASCIMENTO; 2014). Com isso, geralmente, os estudos têm correlacionado o ponto ótimo que plantas atingem 95% de interceptação luminosa (IL), com a altura das plantas no momento da desfolhação, para definir a altura de corte ideal correspondente ao manejo por meio da IL e assim facilitar o manejo de desfolhação nas propriedades (GOBBI *et al.*, 2009).

Esses critérios de manejo, relacionando IL a 95% e altura de corte, já foram estabelecidos para diversas espécies do gênero *Panicum* e *Brachiaria*, quando em condições a pleno sol (NASCIMENTO; 2014). Para a espécie *Brachiaria* spp cv Mavuno é recomendado uma altura de desfolhação de 0,40m (CRUZ, 2019), para a espécie *Panicum maximum* cv Zuri, são recomendadas alturas em torno de 0,70 a 0,75m (EMBRAPA, 2014), já para a espécie *Panicum maximum* cv Tamani foi estabelecido uma de altura de 0,35 m (CRUZ, 2019) e para

a leguminosa forrageira *Arachis pintoi* cv Amarillo é recomendado alturas em torno de 0,09 m (GOBBI *et al.*, 2009).

No entanto, as pesquisas realizadas com o manejo de desfolhação a 95% de interceptação luminosa, correlacionada com a altura, foram realizadas em pastos em monocultivo com alta intensidade de radiação, e por isso apresentam condições edafoclimáticas distintas de outros sistemas de produção, como os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, sendo que nestes sistemas, geralmente, a luz é um dos recursos ambientais que afeta mais rapidamente as plantas forrageiras sob sistemas integrados com árvores (CRESTANI, 2015).

Alguns trabalhos (CRUZ, 2019; GOBBI *et al.*, 2011; FERNÁNDEZ *et al.*, 2004) reportam que as plantas cultivadas sob sombreamento apresentam alterações morfofisiológicas distintas das plantas cultivadas a pleno sol e que essa meta de pastejo pode não ser indicada em sistemas sombreados, já que a limitação de luminosidade em sistemas silvipastoril, além de afetar o metabolismo das plantas por meio da fotossíntese, pode provocar alterações na morfogênese e na estrutura do dossel forrageiro (CRESTANI, 2015; FITTER e HAY, 2012). Assim, as plantas sombreadas sob o manejo a 95% de IL, provavelmente apresentarão características morfofisiológicas e estruturais diferentes das plantas cultivadas a pleno sol, podendo influenciar a produção e qualidade das forrageiras (SOUZA, 2018).

Com isso torna-se necessário o estudo das respostas dessas forrageiras em condições sombreadas, para definir o manejo correto nos sistemas integrados com árvores e assim garantir a qualidade e a oferta adequada de forragem, utilizando uma altura de desfolhação ideal nessas condições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, S. A. D. C.; SILVA, T. O. D.; ROCHA, N. S. *et al.* Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 39, p. 27-34, 2017.
- BIRCHAM, J.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.
- BOSI, C.; PEZZOPANE, J.R.M.; SENTELHAS, P.C.; SANTOS, P.M.; NICODEMO, M.L.F. Produtividade e características biométricas do capim-braquiária em sistema silvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, n. 6, p. 449-456, 2014.
- BRAZ, T. G. D. S., MARTUSCELLO, J. A., SANTOS, M. E. R., PEREIRA, V. V. Partial correlation analysis in the study of morphogenesis and herbage accumulation in *Panicum maximum* cv. 'Tanzânia'. **Ciência Rural**, v. 47, n. 9, p.1-4, 2017.
- BROWN, R.H.; BLASER, R.E. Leaf area index in pasture growth. **Herbage Abstracts**, v.38, n.1, p.1-9, 1968.
- CARVALHO, L. R. **Interceptação luminosa, massa de raízes e acúmulo de forragem em *Arachis pintoi* cv. Belmonte submetido a intensidades de pastejo**. Dissertação (Mestrado em Ciência). Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2014.
- CARVALHO, L. R. **Respostas agrônômicas, reservas orgânicas e fixação biológica de N em amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapovickas & Gregory cv. Belmonte) sob pastejo**. Tese. (Doutorado em Ciência). Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2018.
- CAVALLI, J. **Estratégias de manejo do pastejo para *Panicum maximum* cvs. Quênia e Tamani**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop-MT, 2016.
- COSTA, N. D. L., JANK, L., MAGALHAES, J., RODRIGUES, B., BENDAHAN, A., FOGACA, F. D. S., SANTOS, F. D. S. Produtividade de forragem e características morfológicas e estruturais de *Megathyrsus maximus* cv. Zuri sob níveis de desfolhação. **PUBVET**. v.13, n.3, p.1-7, 2019.
- CRESTANI, S. **Respostas morfológicas e dinâmica da população de perfilhos e touceiras em *Brachiaria brizantha* cv Piatã submetida a regimes de sombra em área de integração lavoura-pecuária-floresta**. Tese (Doutorado em Ciência). Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 2015.
- CRUZ, P. J. R. **Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob sombreamentos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2019.
- DA SILVA, A.R; ALVARENGA, C.A.F.; MARTINS, L.R. Componentes morfológicos do capim-mavuno sob manejo em sistema contínuo. In: II SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (SEPIT). **Anais...** Uberaba-MG: Editora IFTM, v. 2, n.1, p.1-6. 2018.
- DIAS, R. C. **Renovação de pastagem e manejo de plantas daninhas com bentazon em sistemas agrossilvipastoris**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2016.

DURU, M., DUCROCQ, H. Growth and senescence of the successive leaves on a Cocksfoot tiller. Effect of nitrogen and cutting regime. **Annals of Botany**, v.85, p.645-653, 2000.

EMATNE, H. J. **Seleção de genitores e híbridos de *Panicum maximum* pela abordagem de modelos mistos**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2016.

EMBRAPA GADO DE CORTE. **BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2014.

EMPRAPA GADO DE CORTE. **BRS Tamani, forrageira híbrida de *Panicum maximum***. Emprapa gado de corte. 2015.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A., NANTES, N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Ceres**, v. 61, n. 7, p. 808-818, 2015.

FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; SCHLICHTER, T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and forage orientation. **Agroforestry Systems**, v.60, p.159-166, 2004.

FITTER, A. H.; HAY, R. K. **Environmental physiology of plants**. Cambridge, MA: Academic press. 2012.

FREITAS, P. V. D. X., TOMAZELLO, D. A., RIBEIRO, F. M., OLIVEIRA, J. F. A., DA ROSA LOPES, A., DE ALMEIDA, E. M., ... & DE SOUZA FRANÇA, A. F. Efeitos do pastejo no desenvolvimento e crescimento de plantas forrageiras. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 2, p. 388-405, 2019.

GEREMIA, E. V., CRESTANI, S., MASCHERONI, J. D. C., CARNEVALLI, R. A., MOURÃO, G. B., & DA SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. *et al.* Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1.645-1.654, 2009.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C. *et al.* 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. 1.436-1.444, 2011.

GOMES, V. C., DA SILVA BARROS, J., DE LIMA MEIRELLES, P. R., COSTA, C., DE SANTANA, E. A. R., PARIZ, C. M., ... & DE CASTILHOS, A. M. (2019). Productivity and morphological composition of Xaraés palisade grass under three light intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n.6, p. 2749-2758, 2019.

GOMIDE, C. A. D. M., GOMIDE, J. A., ALEXANDRINO, E. Características estruturais e produção de forragem em pastos de capim-mombaça submetidos a períodos de descanso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n.10, p. 1487-1494, 2007.

HODGSON, J.G. **Grazing management: Science into practice**. Harlow: Longman Scientific & Technical, 1990. 203 p.

KIM, S. J.; YU, D. J.; KIM, T.-C. *et al.* Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. **Scientia Horticulturae**, v. 129, n. 3, p. 486-492, 2011.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: GOMIDE, J. A.; MATTOS, W. R.; DA SILVA, S. C. (Eds). XIX International grassland congress, 19, São Pedro, **Proceedings...**Piracicaba: FEALQ, p. 29-37, 2001.

LEMAIRE, G.; CHAPMAN, D. Tissue flows in grazed plant communities. In: HODGSON, J.; ILLIUS, A.W. (Eds.) **The ecology and management of grazing systems**. Wallingford: CAB International, p.3-36.1996.

LIMA, G. C. **Acúmulo de nutrientes na parte aérea e raízes, produção e composição química bromatológica do Megathyrus maximus cv. BRS Zuri inoculado com bactérias promotoras do crescimento**.Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal). Universidade Estadual Paulista, Iha Solteira-SP, 2018.

LISTA, F. N., DEMINICIS, B. B., ALMEIDA, J. C. D. C., ARAUJO, S. A. D. C., & ZANELLA, P. G. Forage production and quality of tropical forage legumes submitted to shading. **Ciência Rural**, v.49, n.7, 2019.

LOPES, C. M., PACIULLO, D. S. C., ARAÚJO, S. A. C., GOMIDE, C. D. M., MORENZ, M. J. F., & VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.225-233, 2017.

LOPES, M. N., CÂNDIDO, M. J. D., POMPEU, R. C. F. F., SILVA, R. G., CARNEIRO, M. S. S., MORAIS NETO, L. B., ... & CARVALHO, T. C. F. Biomass components and structure of massai grass fertilized with nitrogen and grazed by sheep. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 71, n. 4, p. 1411-1420, 2019.

MACHADO, L. A. Z., CECATO, U., COMUNELLO, E., CONCENÇO, G., CECCON, G. Estabelecimento de forrageiras perenes em consórcio com soja, para sistemas integrados de produção agropecuária. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 7, p. 521-529, 2017.

MACHADO, V.D. **Estratégias de manejo do pastejo do capim-braquiária em sistema silvipastoril**. Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2016.

MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; FERREIRA, P. S. *et al.* Morfogênese e estrutura do capim-braquiária em sistema de integração agricultura e pecuária. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2017.

MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K. *et al.* Tiller dynamics of grazed swards. In: LEMAIRES, G.; HODGSON, J.; MORAES, A. *et al.* (Ed.). **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. Wallingford: CAB International, 2000. p. 127-150.

NASCIMENTO, H. L. B. **Cultivares de *Panicum maximum* adubadas e manejadas com frequência de desfolhação correspondente a 95% de interceptação luminosa**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2014.

NETO, A. C., VIEIRA, G. H. S., HADDADE, I. R., LOPES, T, MELLO, B. L. B. Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira. **Incapem em Revista**, v.9, p. 51-65, 2018.

OLIVEIRA, L.D., CRUZ, P.J.R., PAULINO, A.F., FERREIRA, F.J., SILVA, A.M.S., ATAÍDE, D.M, MAGALHÃES, M.A., SANTOS, M.V. Teores de clorofila em gramíneas tropicais submetidas a sombreamentos. 28º Congresso brasileiro de zootecnia. **Anais...** Goiânia-Go: UFVJM, p.1-5, 2018.

PACIULLO, D. S. C., GOMIDE, C. D. M., CASTRO, C. R. T., MAURÍCIO, R. M., FERNANDES, P. B., MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and forage science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2016.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T. ; FERNANDES, P.B.; MÜLLER, M.D.; PIRES, M.F.A.; FERNANDES, E.N.; 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.

PARAÍSO, I. G., SILVA, D. S., CARVALHO, A. P. S., SOLLENBERGER, L. E., PEREIRA, D. H., EUCLIDES, V. P., & PEDREIRA, B. C. Herbage Accumulation, Nutritive Value, and Organic Reserves of Continuously Stocked 'Ipyporã' and 'Mulato II' *Brachiaria* grasses. **Crop Science**, v,59, n.6, p. 2903-2914, 2019.

PEDREIRA, B.; PEDREIRA, C. G. S.; SILVA, S. C. D. Acúmulo de forragem durante a rebrotação de capim-xaraés submetido a três estratégias de desfolhação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 4, p. 618-625, 2009.

PEREIRA, K. A., ANÉSIO, A. H. C., LOBO, U. G. M., DE OLIVEIRA, A. R., & CAMPOS, J. C. D. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistema agrossilvipastoril: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1333-1355, 2018.

RAMOS, A. K. B., BARCELLOS, A. O., FERNANDES, F.D. Gênero *Arachis*. In: FONSECA, D. M. D.; MARTUSCELLO, J. A. **Plantas forrageiras**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2010. Cap. 8, p.249-293.

RHODES, I. Relationship between canopy structure and productivity in herbage grasses and its implication for plant breeding. **Herbage Abstracts**, v.43, p.129-133, 1973.

ROCHA, F. **Produção e nutrição do *Panicum maximum* BRS Zuri submetido a tipos de ureia**. Tese (Doutorado em Agronomia tropical). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2016.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. *et al.* 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.

- SANTOS, A.G.T.; VIEIRA, A. R. Alturas de pastejo recomendadas para as principais forrageiras considerando 95% de interceptação luminosa. **Cadernos de Pós-Graduação da FAZU**, v. 2, 2012.
- SANTOS, L. D.; CRUZ, L. R.; SANTOS, S. A. *et al.* Phenotypic plasticity of *Neonotonia wightii* and *Pueraria phaseoloides* grown under different light intensities. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 87, n. 1, p. 519-528, 2015.
- SANTOS, M. V., DA FONSECA, D. M., DA SILVA, L. D., DE SOUZA, W. F., DE OLIVEIRA, T. S., FERREIRA, L. R., ... & PACIULLO, D. S. C. Integrated crop–forage–forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. **Agroforestry Systems**, v. *online*, p. 1-11, 2019.
- SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. *et al.* *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, n.5, p.1-7, 2017.
- SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; NASCIMENTO-JUNIOR, D.; PEREIRA, L.E.T. Crescimento da planta forrageira: aspectos relativos ao acúmulo e valor nutritivo da forragem. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 25. **Anais...** Piracicaba, SP: FEALQ, p. 37-59. 2009.
- SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.L. *et al.* Tillering dynamics in palisade grass swards continuously stocked by cattle. **Plant. Ecol.**, v. 206, p. 349-359, 2010.
- SCHNYDER, R. H. *et al.* An integrated view of c and n uses in leaf growth zones of defoliated grasses. In: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; NABINGER, C. (Eds.) **Grassland ecophysiology and grazing ecology**. CABI Publishing, CAB International, Wallingford, Oxon OX10 8DE, UK, p.41-60, 2000.
- SILVA, H. M., VENDRAMINI, J. M., DE OLIVEIRA, F. C., FILHO, C. V. S., KANEKO, M., SILVEIRA, M. L., YARBOROUGH, J. K. Harvest frequency effects on herbage characteristics of 'Mavuno' brachiariagrass. **Crop Science**, v. *online*, p. 1-24, 2020.
- SILVA, V.J., C.G.S. PEDREIRA, L.E. SOLLENBERGER, L.S. SILVA, J.I. YASUOKA, I.C.L. ALMEIDA. Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of 'Mulato II' brachiariagrass. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 2054-2061, 2016 a.
- SILVA, V.J., C.G.S. PEDREIRA, L.E. SOLLENBERGER, L.S. SILVA, J.I. YASUOKA, I.C.L. ALMEIDA. Carbon assimilation, herbage plant-part accumulation, and organic reserves of grazed 'Mulato II' brachiariagrass pastures. **Crop Science**, v. 56, n. 5, p. 2853-2860, 2016 b.
- SKINNER, R. H., NELSON, C. J. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v.35, n.1, p.4-10, 1995.
- SOUSA-MACHADO, I. B., FELIPPE, T., GARCIA, R., PACHECO, G., MOREIRA, D., & MANSUR, E. Total phenolics, resveratrol content and antioxidant activity of seeds and calluses of pinto peanut (*Arachis pintoi* Krapov. & WC Greg.). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 134, n.3, p.491-502, 2018.

SOUZA, J. A. S. D. **Produção de gramíneas forrageiras dos gêneros *Urochloa* e *Megathyrus* nas condições edafoclimáticas de Manaus, AM.** Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical). Universidade Federal do Amazonas. Manaus-AM, 2018.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6.ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017.

TORRES, A. F. F., AZAR, G. S., DE SOUSA COSTA, F., DE SOUSA, J. R., CAMPELLO, M. S. C. B. Morfogênese e estrutura do capim *Cynodon* spp. em monocultura tanto a pleno sol como em sombreamento artificial. **Iniciação Científica Cesumar**, v. 21, n. 2, p. 131-140, 2019.

UNISAGRO. MAVUNO - *Brachiaria* híbrida. WOLFSEEDS: 2 p. 2015.

VALENTINE, I.; MATTHEW, C. Plant growth, development and yield. In: WHITE, J.; HODGSON, J. (Ed.). **New Zealand pasture and crop science.** Auckland: Oxford University Press, p. 11-27, 1999.

CAPÍTULO 1- MORFOGÊNESE, MORFOFISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE CAPIM-MAVUNO SOB SOMBREAMENTOS

RESUMO

O objetivo com este trabalho foi avaliar o comportamento das plantas de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. spp. cv. Mavuno (capim-mavuno) sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL) na estação outono e inverno de 2019. A forrageira tropical capim-mavuno foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64% e 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas em pleno sol. As plantas já estabelecidas e adaptadas aos níveis impostos de radiação a três anos, foram constantemente mantidas sob rebrotação e corte quando atingiam 95% de IL ao longo do outono e inverno de 2019. As avaliações morfogênicas, a composição morfológica, estrutural e fisiológica foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. Embora a produção de massa seca do capim-mavuno não apresentou diferenças significativas entre os níveis de radiação, as plantas de capim-mavuno produziram 38% a mais em condições 64% de sombra, em relação a pleno sol e mesmo sob sombreamento mais intenso de 74%, a produção foi 23% maior que as plantas cultivadas sem restrição de luz. A porcentagem de folhas, a taxa de alongamento foliar e o comprimento final da folha aumentaram linearmente com o sombreamento. Houve maior taxa de aparecimento foliar no sombreamento a 64%. Além disso, houve aumentos na taxa fotossintética e nos teores de clorofila a e b à medida que aumentou o sombreamento nas plantas. Com isso, o capim-mavuno apresentou adaptação aos sombreamentos de 64% e 74%, com respostas morfofisiológicas e produtivas altamente satisfatórias sob estes níveis de sombreamento. As alturas de pré corte ou pré pastejo encontradas para capim-mavuno ao longo do outono e inverno em sistemas com sombreamento de 47%, 64% e 74% são de aproximadamente 0,45; 0,50 e 0,60 m.

Palavras chave: Agrossilvipastoril. *Brachiaria* spp. Silvипastoril. Fotossíntese. Interceptação luminosa.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal país exportador de carne bovina do mundo e mais de 85% dos bovinos de corte são criados em pastagens. Assim, os sistemas a pasto são de grande importância para o crescimento do gado brasileiro, uma vez que se tornou a principal fonte de alimento para a criação dos bovinos de corte e leite do país. (ABIEC, 2019; PARAÍSO *et al.*,

2019). O sistema de produção a base de pasto reduz o custo de produção para o Brasil quando comparado aos países onde a produção de carne bovina é altamente dependente de confinamentos, que exigem maior mão de obra, alimentos concentrados e combustíveis fósseis (PARAÍSO *et al.*, 2019). No entanto, apesar da importância das pastagens no sistema de produção brasileiro, estima-se que mais de 70% das pastagens cultivadas estejam em algum estágio de degradação (PARAÍSO *et al.*, 2019), o que afeta negativamente a sustentabilidade do sistema (PEQUENO *et al.*, 2015).

Os sistemas integrados conhecidos como integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) ou sistemas agrossilvipastoris, têm sido amplamente aceito como prática de produção sustentável (SANTOS *et al.*, 2019; SANTOS *et al.*, 2017). Esses consórcios apresentam vantagens em relação a melhor utilização dos recursos naturais, da produtividade das plantas forrageiras e maior tolerância as variações das condições climáticas (SANTOS *et al.*, 2019; GEREMIA *et al.*, 2018). No entanto, devido à restrição luminosa imposta pelas árvores sobre as plantas cultivadas no sub-bosque, o sucesso do sistema ILPF dependerá, dentre outros fatores, da escolha adequada da espécie forrageira que compõe o sistema, sendo essencial que seja persistente e produtiva sob sombreamento (GEREMIA *et al.*, 2018).

As espécies do gênero *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) de origem tropical e subtropical africana, são as mais utilizadas em sistemas de pastagem no Brasil (PARAÍSO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2016b), por sua adaptação às condições de clima e solo e por apresentarem produção e valor nutritivo satisfatório, contribuindo para o aumento da produtividade animal (SILVA *et al.*, 2016a). Estudos apontam que algumas espécies do gênero *Brachiaria*, são adaptadas e produtivas em condições de luminosidade reduzida (MARTUSCELLO *et al.*, 2017; LOPES *et al.*, 2017 (a); GOMES *et al.*, 2019).

Nascimento *et al.* (2019) comparando as características agrônômicas e fisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em monocultura ou sistema silvipastoril, verificou média tolerância da espécie sob sombreamento de eucalipto com espaçamento de 30 metros entre os renques. Faria *et al.* (2018), avaliando características produtivas e qualitativas de *Braquiaria ruziziensis* submetidas a três níveis de sombreamento artificial (0, 36 e 54%), verificaram uma tolerância desta espécie ao sombreamento de 36% e que um sombreamento mais severo de 54% deve ser evitado.

A *Brachiaria* (Trin.) Griseb. spp. cv. Mavuno foi lançada em 2014 por uma empresa privada em parceria com o Instituto de Zootecnia, Nova Odessa-SP. É um híbrido proveniente do cruzamento entre *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha* (DA SILVA, 2018). É uma cultivar perene de estação quente, liberada no Brasil, com potencial para ser utilizada como

forragem em regiões subtropicais (SILVA *et al.*, 2020). Essa cultivar é tolerante à acidez do solo, à cigarrinha-das-pastagens, à seca e ao fogo, responde à adubação quanto à produtividade, apresenta boa qualidade bromatológica e pode produzir 17 a 20 toneladas por hectare ao ano de massa seca. As lâminas foliares são longas e largas e apresenta pilosidade nas duas faces e também na bainha (UNISAGRO, 2015; DA SILVA, 2018).

A tolerância das espécies forrageiras ao sombreamento depende da habilidade de adaptação morfofisiológica a níveis particulares de radiação que chega ao sub-bosque (GEREMIA *et al.*, 2018; PACIULLO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2017 (a)). Com isso o estudo do comportamento da *Brachiaria spp.* cv. Mavuno sob restrição luminosa torna-se importante para verificar a possibilidade de uso desta espécie em sistemas de ILPF, visto que, a espécie apresenta um grande potencial para ser utilizada neste sistema (CRUZ, 2019).

O objetivo com este trabalho foi avaliar o comportamento das plantas de *Brachiaria spp.* cv. Mavuno (capim-mavuno) sob diferentes níveis sombreamentos e manejadas a 95% de interceptação luminosa ao longo do outono e inverno, mediante o monitoramento das características morfogênicas, morfofisiológicas, estrutura e produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus Juscelino Kubistchek, localizado no município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil, com coordenadas geográficas de 18°12'10.72" Latitude Sul; 43°34'21.00" Longitude Oeste e altitude de 1.404 m. O clima do local é Cwb, conforme a classificação Köppen, com inverno seco e chuvas no verão, com temperatura média de 20 °C. A precipitação registrada pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP – INMET, 2019) durante o período experimental, março de 2019 a setembro de 2019, foi de 280 mm e a média da umidade relativa do ar em torno 70% (Figura 1).

As temperaturas máximas e mínimas das áreas experimentais foram registradas diariamente, durante todo o período experimental, para expressão dos resultados em graus dia. O monitoramento foi realizado por meio de termômetros tipo capela modelo TM-38 CAP instalados na região central de cada área de sombreamento e a pleno sol (Figura 1).

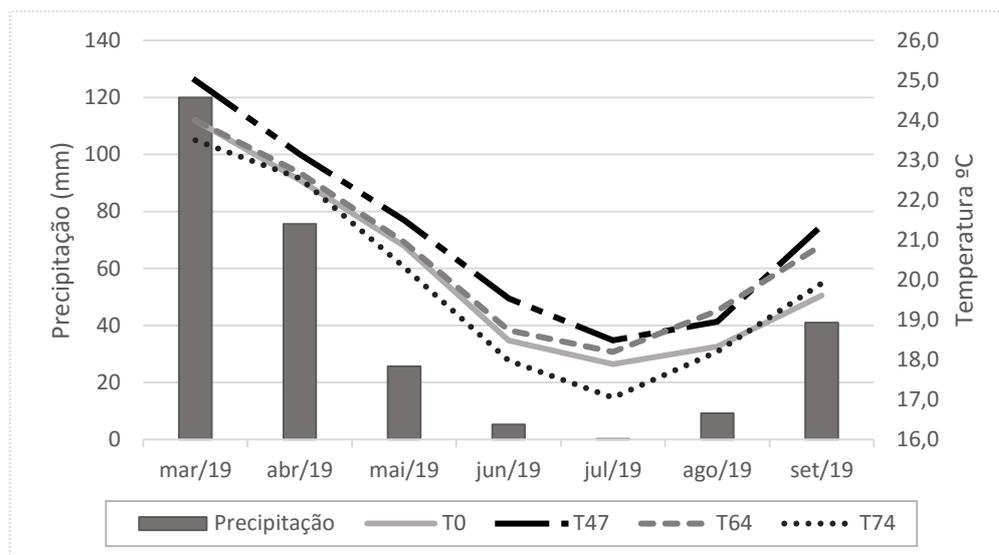


Figura 1. Precipitação mensal (mm) e temperatura média (°C) sob condições sem sombreamento (T0), com 47% (T47), 64% (T64) e 74% (T74) de sombreamento, registrada no período de março de 2019 a setembro de 2019, em Diamantina-MG. Fonte dos dados de precipitação: INMET (2019).

A espécie forrageira tropical *Brachiaria* (Trin.) Griseb. spp. (syn. *Urochloa* P. Beauv. spp.) cv. Mavuno (capim-mavuno) foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64%, 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas sem sombreamento (pleno sol), durante as estações outono e inverno de 2019, época considerada crítica para o crescimento de gramíneas tropicais.

O experimento foi realizado em uma área já implantada com sombreamento artificial construída em estrutura de madeira e arame liso. As áreas foram cobertas com tela de náilon de diferentes diâmetros, inclusive as laterais. A área sem sombreamento possuía a mesma dimensão. A semeadura foi realizada em abril de 2015 em canteiros de 5,0 m² com espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 10,0 m lineares por canteiro e espaçamento de 1,0 metro entre canteiros e a taxa de semeadura utilizada foi de 1,8 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV) (CRUZ, 2019).

Foram realizadas coletas de solo na camada de 0-20 cm para avaliação da fertilidade. O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH em H₂O: 5,5; P: 0,9 mg dm⁻³ (Mehlich) e K: 19,00 mg dm⁻³; Ca⁺²: 0,9; Mg⁺²: 0,4 e Al⁺³: 0,00 cmolc dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), CTC (Capacidade de troca de cátions): 3,33 cmolc dm⁻³, soma de bases: 1,35 cmolc dm⁻³, H + Al: 1,98 cmolc dm⁻³ e 1,86 dag kg⁻¹ de matéria orgânica e 28,4 mg dm⁻³ de P-rem. A adubação de estabelecimento foi realizada de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO *et al.*, 1999) para alto nível tecnológico,

aplicando 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em forma de superfosfato simples (0,225 Kg) e 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico equivalente a 0,5 kg de calcário por canteiro.

A adubação de manutenção foi realizada 35 dias após a semeadura (DAS), em maio de 2015, empregando-se 100 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100,0 kg ha⁻¹ de K₂O diluídos em água e distribuídos nos canteiros com o auxílio de regadores. O desbaste das plantas forrageiras foi realizado aos 42 DAS, mantendo-se 20 plantas por m². Após o estabelecimento completo das plantas foram realizadas adubações ao início de cada estação do ano utilizando-se 50 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia e 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma KCl e o corte foi realizado de 2015 a 2019 quando as plantas atingiram 95% da interceptação luminosa.

Os sombreamentos artificiais foram proporcionados por tela de náilon de cor preta com diferentes diâmetros dos orifícios em cada tela, descritos comercialmente com 30, 60 e 90% de sombreamento. Foi realizada a medição da Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, dentro de cada tela de náilon para calcular o percentual médio de redução da RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação as plantas a pleno sol e assim verificar o sombreamento exercido por cada tela de náilon sobre as plantas cultivadas ao longo do período experimental. Com isso, no período de março de 2019 a setembro de 2019 foi registrado 668 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de RFA para as plantas cultivadas sem sombreamento, a partir disso foram obtidos os valores médios de 47 % - 353 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 64 % - 242 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 74% - 172 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de sombreamento para os sombrites descritos comercialmente com percentuais de sombra de 30, 60 e 90%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra em relação ao pleno sol e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.

Itens	Sombreamento (%)			
	0	47	64	74
RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	668	353	242	172
Sombra (%)	0	47	64	74
V/VE	1,10	1,15	1,10	1,17

As plantas foram irrigadas diariamente mantendo-se 80% da capacidade de campo do solo e semanalmente foi realizado o controle manual de plantas daninhas para redução da competição por recursos e avaliação apenas das plantas de interesse.

As plantas foram mantidas em corte constante quando as mesmas atingiram 95% interceptação luminosa (IL). Com isso, a interceptação luminosa foi monitorada semanalmente

por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, às 9:00, 12:00 e 15:00 horas, em dias com condições homogêneas de luminosidade, seguindo as recomendações de uso do aparelho (DEVICES, 2004).

As avaliações morfogênicas e estruturais iniciaram após o último corte de uniformização realizado em março de 2019. Inicialmente foram marcados seis perfilhos em cada unidade experimental com fios de arames lisos de cores diferentes e ao lado uma haste de metal (vergalhão) de aproximadamente 1,0 m de altura para facilitar a localização dos perfilhos selecionados para avaliação. Para a seleção dos perfilhos foi utilizada como padrão a altura média das plantas de cada unidade experimental e perfilhos com no *mínimo* duas folhas vivas.

Os perfilhos selecionados em cada unidade experimental foram avaliados duas vezes por semana até que as plantas atingissem 95% de IL, momento determinado para o manejo de desfolhação (corte). A cada avaliação foram mensurados em centímetros, o comprimento do colmo, comprimento da lâmina foliar, registro de novas folhas surgidas por perfilho e verificação das folhas expandidas e senescentes (BIRCHAM e HODGSON, 1983; LOPES DE SÁ *et al.*, 2015). As folhas foram classificadas como expandidas quando apresentaram a lígula totalmente exposta e como lâmina foliar morta quando o limbo foliar apresentava 50% ou mais comprometido pela senescência (BIRCHAM e HODGSON, 1983).

A partir dos dados registrados a campo foram realizados os cálculos para determinação das variáveis-resposta como a taxa de aparecimento foliar e filocrono (número de dias para o aparecimento de duas folhas consecutivas) (WILHELM e MCMASTER, 1995); taxa de alongamento foliar (SKINNER e NELSON 1995); taxa de alongamento do colmo (SBRISSIA e SILVA, 2001); taxa de senescência foliar (BIRCHAM e HODGSON, 1983); duração de vida da folha (filocrono x número de folhas por perfilho) (LEMAIRE e AGNUSDEIZ, 2000); comprimento final da folha, comprimento final do colmo e o número de folhas vivas por perfilho.

Os resultados das variáveis taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento do colmo, taxa de senescência foliar e a duração de vida da folha também foram expressos em tempo térmico (graus dia), além dos valores expressos em dias. Os resultados da morfogênese expressos em graus dias foi calculado por meio da equação proposta por Arnold (1959), que considera apenas a temperatura basal inferior (T_b) no cálculo dos graus-dia (Equação 1). No atual trabalho o valor da temperatura base inferior utilizada para o cálculo em graus dias foi 15°C, indicado por McWilliam (1978) para gramíneas forrageiras tropicais.

$$GD = \frac{TM + Tm}{2} - Tb$$

Equação 1. Equação de soma térmica, proposta por Arnold (1959), em que: GD = graus-dia, °C; TM = temperatura máxima do dia, °C; Tm = temperatura mínima do dia, °C; Tb = temperatura basal inferior, °C.

Ao atingir 95% de IL, o momento estipulado para o corte, foram determinadas as alturas das plantas com auxílio de bastão medidor e o índice de área foliar (IAF) com o uso do Ceptômetro. Posteriormente foram realizadas as avaliações fisiológicas.

As leituras de qualidade da luz (relação vermelho, vermelho distante) foram realizadas cinco vezes acima do dossel de plantas em cada unidade experimental a pleno sol e em cada sombreamento, utilizando-se um medidor de luz vermelha e vermelho distante modelo LightScout Red/Far Red Meter. Concomitantemente, foram realizadas leituras dos teores de clorofila *a* e *b*, às dez horas da manhã do dia do corte, posicionando-se o equipamento no terço médio da primeira folha completamente expandida, em 6 (seis) plantas de cada unidade experimental, utilizando-se um clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL 1030.

A taxa fotossintética (*A*), condutância estomática (*G_s*), taxa transpiratória (*E*) e temperatura da folha (*TFol*), foram avaliados por meio de um aparelho de sistema aberto portátil de trocas gasosas, IRGA (Infra Red Gas Analyzer), modelo LCA 4 (ADCLtd., Hoddesdon, UK) utilizado com intensidade luminosa artificial de 1.200 $\mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em nove folhas completamente expandidas, no período de oito às dez horas da manhã, com exposição à radiação solar. Posteriormente foi calculado a eficiência no uso da água (*EUA*, *A/E*).

A produção de forragem foi determinada em cada unidade experimental por meio de três amostras coletadas com moldura de ferro com área conhecida de 0,5 metros quadrados (m^2), deixando uma com altura de resíduo de 20 cm do solo. Posteriormente todas as unidades experimentais foram cortadas e uniformizadas, almejando-se iniciar um novo ciclo de crescimento.

O material fresco coletado foi pesado e separado em duas subamostras, sendo uma subamostra utilizada para determinação da massa da composição morfológica e a outra utilizada para determinação da produção de forragem e para a contagem de perfilhos para determinar a densidade de perfilhos (número de perfilhos. m^{-2}). As frações da composição morfológica foram determinadas após a separação das lâminas foliares verdes, pseudocolmos (colmo e bainha foliares), material senescente e inflorescência que foi pesado separadamente.

Posteriormente após a pesagem e a separação do material fresco as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada à 65 °C por 72 horas ou até peso constante. Após secagem, as amostras foram pesadas para determinação da produção de massa seca, do peso médio dos perfilhos (produção de massa seca/ número de perfilhos) e da porcentagem de folhas, colmo, material senescente e inflorescência. A produção de forragem foi obtida somando-se a produção de massa seca de cada ciclo de crescimento ao longo das duas estações do ano e os componentes morfológicos foram apresentados e avaliados em porcentagem da massa seca total da forragem amostrada.

Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1 (SAS Institute, 2003). As médias das características morfogênicas, estruturais, fisiológicas foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. Foram considerados intervalos entre 5 a 10% de probabilidade como região de tendência. A melhor equação ajustada foi escolhida de acordo com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica.

3 RESULTADOS

A produção de capim-mavuno para nos diferentes níveis de sombreamentos foi avaliada durante 181 dias sob regime de corte constante a 95% de IL ao longo do outono e inverno. No entanto, quando foi realizado o cálculo dos dias em tempo térmico, foram observados diferentes graus dias acumulados para cada nível de sombreamento nas plantas (Tabela 2).

A produção de massa seca do capim-mavuno não foi influenciada ($p=0,3427$) pelo sombreamento, quando realizada a regressão e o teste de tukey. Entretanto, esta forrageira quando submetida ao sombreamento de 64%, produziu 38% (6.043 kg ha⁻¹ de massa seca) a mais que as plantas a pleno sol (4.383 kg ha⁻¹ de massa seca), onde também foi observado maior acúmulo de graus dias em relação as plantas não sombreadas e sob sombreamento mais intenso de 74%, embora não tenha apresentado maior acúmulo de graus dias que as plantas sem sombreamento, a forrageira produziu 23% (5.355 kg ha⁻¹ de massa seca) a mais que as plantas a pleno sol (Tabela 2).

A altura das plantas ($p=0,7735$) não foi influenciada significativamente pelo sombreamento quando realizada a regressão. Todavia, quando foi realizado o teste tukey, foi observado que as plantas cultivadas a 74% de restrição de luz apresentaram altura de corte,

superior as plantas cultivadas a pleno sol. As plantas cultivadas sob o sombreamento de 47 e 64 % não apresentaram alturas de corte diferentes dos demais tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa seca (PMS) e altura de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
PMS (kg ha ⁻¹)	4.372 n.s	4.383 n.s.	6.043 n.s.	5.355 n.s	20,06	0,3427	0,6059
Altura (m)	0,43 b	0,47 ab	0,49 ab	0,59 a	15,83	0,7735	0,1624
Graus dias acumulados	1013,39	1171,28	1102,25	961,81	-	-	-

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

n.s.= não significativo pelo teste tukey a 5% de significância.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de significância.

A porcentagem de folhas aumentou linearmente com o sombreamento nas plantas ($y = 0,3576x + 42,91$; $R^2 = 0,99$). A porcentagem de colmo não apresentou diferença significativa ($p=0,7679$) com os níveis de sombreamento (Tabela 3).

A proporção de material senescente ($y = -0,1833x + 18,57$; $R^2 = 0,99$) e de inflorescência ($y = -0,1242x + 11,32$; $R^2 = 0,98$) diminuiram linearmente com o sombreamento. A relação folha/colmo não foi influenciada significativamente ($p=0,0882$) pelos níveis de sombra, entretanto apresentou uma tendência de aumento linear com sombreamento (Tabela 3).

Tabela 3. Proporção de folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Folha (%)	43,16	59,53	64,40	70,69	17,84	0,0004	0,0390
Colmo (%)	26,94	25,14	24,90	22,31	11,19	0,7679	0,7088
Senescente (%)	18,87	9,10	6,92	5,50	64,23	0,0250	0,1506
Inflorescência (%)	11,03	6,23	3,78	1,50	75,24	0,0482	0,4225
Folha/Colmo	1,60	2,37	2,59	3,17	26,65	0,0882	0,8375

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

A taxa de aparecimento foliar, TApF, ($p=0,1874$) e o filocrono, FILOC, ($p=0,3009$) não foram influenciados pelo sombreamento nas plantas. A taxa de alongamento foliar, TAIF, aumentou linearmente ($y = 0,0125x + 0,30$; $R^2 = 0,88$) com sombreamento nas plantas. A taxa de alongamento do pseudocolmo, TAIC, ($p=0,8876$), a taxa de senescência foliar, TSF,

($p=0,3438$) e a duração de vida da folha, DVF, ($p=0,1777$) também não apresentaram diferenças significativas quando submetidas aos níveis de sombra (Tabela 4).

Entretanto, quando estas variáveis foram avaliadas em graus dias, a taxa de aparecimento foliar, TApFgd, e o filocrono, FILOCgd, apresentaram um comportamento quadrático. A taxa de aparecimento foliar, TApFgd, ($y = 2 \times 10^{-06}x^2 - 0,0001x + 0,01$; $R^2 = 0,99$) foi menor a 47% e maior a 74% de sombreamento e o filocrono, FILOCgd, ($y = -0,0184x^2 + 1,1793x + 88,41$; $R^2 = 0,99$) apresentou o ponto de máximo a 47% de sombreamento e o ponto de mínimo a 74% de sombra (Tabela 4).

Tabela 4. Características morfogênicas de plantas decapim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Morfogênese (dias) ³							
TApF	0,054	0,056	0,061	0,059	8,48	0,1874	0,4343
FILOC	18,519	17,857	16,393	16,949	8,13	0,3009	0,6157
TAIF	0,380	0,671	1,127	1,351	47,63	0,0049	0,8333
TAIC	0,008	0,010	0,017	0,027	59,00	0,8876	0,1031
TSF	0,002	0,002	0,004	0,004	60,65	0,3438	0,9407
DVF	129,633	121,963	109,341	110,169	10,09	0,1777	0,7631
Morfogênese (Graus dias-gd) ⁴							
TApFgd	0,011	0,010	0,011	0,013	13,77	0,0171	0,0007
FILOCgd	88,706	102,678	87,047	74,915	13,68	0,0134	0,0009
TAIFgd	0,079	0,117	0,212	0,306	53,35	0,1386	0,0529
TAICgd	0,002	0,002	0,003	0,006	87,35	0,9691	0,2126
TSFgd	0,0004	0,0003	0,0008	0,0009	61,95	0,8334	0,3758
DVFgd	620,942	701,287	580,601	486,947	16,51	0,0277	0,0012

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático). ²CV= Coeficiente de variação

³ TApF - taxa de aparecimento foliar (folhas dia⁻¹), FILOC - filocrono (dias), TAIF - taxa de alongamento foliar (cm dia⁻¹), TAIC - taxa de alongamento do colmo (cm dia⁻¹), TSF - taxa de senescência foliar (cm dia⁻¹), DVF - Duração de vida das folhas (dias).

⁴ TApFgd - taxa de aparecimento foliar (folhas gd⁻¹), FILOCgd - Filocrono (graus dias), TAIFgd - taxa de alongamento foliar (cm gd⁻¹), TAICgd - taxa de alongamento do colmo (cm gd⁻¹), TSFgd - taxa de senescência foliar (cm gd⁻¹), DVFgd - duração de vida das folhas (graus dias).

A taxa de alongamento foliar, TAIFgd, ($p=0,1386$), a taxa de alongamento do pseudocolmo, TAICgd, ($p=0,9691$) e a taxa de senescência foliar, TSFgd, ($p=0,8334$) avaliados em graus dias, não apresentaram efeito significativo entre os sombreamentos. No entanto, a taxa de alongamento foliar em graus dias, TAIFgd, apresentou uma tendência ($p=0,0529$) de aumento com comportamento quadrático com o sombreamento. Já a duração de vida da folha,

DVFgd, ($p=0,1777$) em graus dias apresentou um comportamento quadrático ($y = -0,145x^2 + 8,9362x + 618,74$; $R^2 = 0,99$) com maior duração de vida a 47% e menor duração de vida a 74% de sombreamento (Tabela 4).

O número de folhas vivas por perfilho, NFV, ($p=0,6966$) e o comprimento final do pseudocolmo, CFPc ($p=0,1745$) não foram influenciados significativamente pelo sombreamento. O comprimento final da lâmina foliar, CFLF, aumentou linearmente com o sombreamento nas plantas ($y = 0,2765x + 7,02$; $R^2 = 0,91$) (Tabela 5).

O índice de área foliar, IAF, não apresentou diferença significativa ($p=0,0582$) entre os níveis de sombreamento, no entanto, foi observado uma tendência de aumento com comportamento quadrático, sendo que os sombreamentos de 47% e 64% proporcionaram maiores valores de índice de área foliar para o capim-mavuno. O peso médio do perfilho (PMP) ($p=0,7828$) e a densidade de perfilhos, PERF, ($p=0,4433$) não foram influenciados pelo sombreamento nas plantas (Tabela 5).

Tabela 5. Características estruturais de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
NFV	7,00	6,83	6,67	6,50	10,01	0,6966	0,978
CFLF	8,43	16,23	24,51	30,06	45,61	0,0011	0,6213
CFPc	16,75	18,70	18,85	19,42	12,34	0,1745	0,4556
IAF	3,03	3,72	3,72	3,29	15,32	0,0582	0,0705
PMP	0,474	0,558	0,613	0,738	35,65	0,7828	0,8586
PERF	504,0	410,7	392,0	340,0	28,59	0,4433	0,7953

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV= Coeficiente de variação

³NFV- Número médio de folhas vivas, CFLF- comprimento final da lâmina foliar (cm), CFPc- comprimento final do pseudocolmo (cm), IAF- índice de área foliar, PMP- Peso médio do perfilho (gramas perfilho⁻¹), PERF- Densidade de perfilhos (número de perfilhos.m⁻²)

Houve aumento linear da taxa fotossintética, A , ($y = 0,0362x + 11,12$; $R^2 = 0,77$), eda clorofila a , Clor a , ($y = 0,1313x + 27,74$; $R^2 = 0,99$) com o sombreamento nas plantas. A clorofila b , Clor b , ($y = -2,075x^2 + 13,062x - 3,53$; $R^2 = 0,97$) apresentou comportamento quadrático, com maior teor clorofila b no sombreamento de 64%. A taxa transpiratória, E , ($p=0,3488$), a condutância estomática, g_s , ($p=0,8709$), a eficiência no uso da água, EUA, ($p=0,6116$) e a temperatura da folha, T_{fol} , ($p=0,2119$) não foram influenciadas significativamente pelo sombreamento (Tabela 6).

Tabela 6. Fisiologia de plantas de capim-mavuno (*Brachiaria* spp. cv. Mavuno) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
<i>A</i>	11,05	12,69	14,32	13,13	17,07	0,0278	0,1047
<i>E</i>	1,22	1,26	1,53	1,40	19,44	0,3488	0,6127
<i>G_s</i>	0,179	0,210	0,092	0,075	47,86	0,8709	0,1448
<i>EUA</i>	9,06	10,07	9,36	9,38	21,36	0,6116	0,5346
<i>Tfol</i>	24,39	24,25	27,74	27,83	7,06	0,2119	0,4376
<i>Clor a</i>	27,52	34,37	36,53	36,82	12,07	<0,0001	<0,0001
<i>Clor b</i>	7,15	15,20	16,07	15,82	34,47	<0,0001	0,0024

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³*A*- Taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), *E* - taxa transpiratória ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), *g_s* - condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), *EUA*- eficiência no uso da água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), *Tfol* - temperatura da lâmina foliar ($^{\circ}\text{C}$), *Clor a* - teores de clorofila *a* e *Clor b* - teores de clorofila *b*.

4 DISCUSSÃO

A produção de massa seca do capim-mavuno não variou com o sombreamento imposto as plantas em comparação as cultivadas a pleno sol, mesmo as submetidas a 74% de restrição luminosa, demonstrando a alta adaptação desta cultivar ao sombreamento (Tabela 1). O comportamento de algumas gramíneas tropicais, tais como *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *P. maximum* de manterem o crescimento em níveis considerados satisfatórios, mesmo sob restrição luminosa, deve-se à compensação da manutenção da taxa fotossintética pela maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo destes sistemas comparados com áreas não sombreadas. (GÓMEZ *et al.*, 2013; SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016; SILVA *et al.* 2012; SANTOS *et al.*, 2017).

Cruz (2019) avaliando capim-mavuno, verificou uma produção aproximada de 18.000 Kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca em condições sem sombreamento, enquanto na atual pesquisa as plantas cultivadas a pleno sol, apresentaram uma produção de 4.372 Kg. ha⁻¹ de massa seca avaliadas apenas nas estações outono e inverno (Tabela 2), sendo que essa baixa produção ocorreu provavelmente devido as condições climáticas desfavoráveis, como a baixa temperatura e luminosidade, oferecidas durante este período do ano (Figura 1). No entanto, na atual pesquisa, mesmo não havendo diferenças significativas entre os níveis de radiação, as plantas de capim-mavuno produziram a mais 38% sob 64% de sombra (6.043 Kg. ha⁻¹ de massa seca) em relação a pleno sol e mesmo sob sombreamento mais intenso (74%) a produção foi 23%(5.355 Kg. ha⁻¹ de massa seca) maior que as plantas cultivadas sem restrição de luz (Tabela

2), demonstrando que o sombreamento favorece a produção de massa seca do capim-mavuno neste período do ano. Esses resultados apontam o capim-mavuno como potencial para ser utilizado em sistemas consorciados com árvores, como os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris, devido a boa produção de forragem mesmo em épocas críticas de crescimento de gramíneas tropicais (outono e inverno), onde em sistemas a pleno sol normalmente, a forragem apresenta baixa qualidade.

Segundo alguns autores, o sombreamento com mais de 50% da radiação incidente pode afetar a produção de biomassa de gramíneas forrageiras tropicais, devido às taxas fotossintéticas reduzidas nas gramíneas de aparato fotossintético do tipo C4 (SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). No entanto, sob sombreamento moderado, a produção de massa seca das pastagens pode ser semelhante ou até maior do que a observada em pastagens sem sombreamento (PACIULLO *et al.*, 2016). Isso ocorre devido ao microclima favorável proporcionado pelo sistema sombreado, com maior umidade no solo, menor evapotranspiração, maior condutância estomática quando comparado ao pasto a pleno sol (SANTOS *et al.*, 2017).

Geralmente a altura das plantas sob sombreamento aumenta, como uma estratégia de aumento da sua estatura em busca de luminosidade (PACIULLO *et al.*, 2008). No entanto, a não observância de aumentos significativos na altura das plantas de capim-mavuno com aumento do sombreamento (Tabela 2), pode ter ocorrido devido à proporção de colmo (Tabela 3), a taxa de alongamento do pseudocolmo (Tabela 4) e o comprimento final do pseudocolmo (Tabela 5) não apresentarem aumentos expressivos com o sombreamento imposto nas plantas. Martuscello *et al.* (2017), avaliando a morfogênese e estrutura do capim-braquiária em sistema de integração agricultura e pecuária, também verificou que a altura das plantas não foi influenciada pelo sistema de cultivo.

Embora a altura não tenha apresentado aumentos expressivos e significativos com os diferentes níveis de sombreamento, foi observado uma leve diferença da altura das plantas a medida que aumentou o sombreamento, que provavelmente ocorreu devido ao aumento no comprimento das folhas (Tabela 3) com sombreamento.

Cruz (2019) avaliando capim-mavuno sob manejo de corte a 95% de interceptação luminosa, verificou altura de corte de aproximadamente 0,40 m, para as plantas cultivadas a pleno sol, que corresponde em média à altura de corte encontrada no presente estudo (0,43 m) quando o capim foi manejo sem sombreamento (Tabela 2). No entanto, na atual pesquisa, quando as plantas foram submetidas ao sombreamento de 47%, 64% e 74% nas estações outono e inverno, foram constatadas alturas de corte de aproximadamente 0,45; 0,49 e 0,59 m, sob

omanejo de corte a 95% de interceptação luminosa (Tabela 2). Cruz (2019) também observou aumento linear na altura das plantas de *Brachiaria* spp cv Mavuno sob diferentes níveis de sombreamento artificial (30, 45, 73%) em comparação as plantas a pleno sol, e em avaliação ao longo do ano.

A influência do sombreamento no aumento da proporção de folhas (Tabela 3) deve-se ao aumento da taxa fotossintética observada nos sistemas sombreados (Tabela 6). Isso ocorre devido a priorização das plantas na alocação de fotoassimilados para produção de novas folhas, para maior absorção da radiação solar, sob sombreamento intenso (BALDISSERA *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2016). Lopes *et al.* (2017a) avaliando a composição morfológica de capim-braquiária submetido a 0%, 20% e 70% de sombreamento, verificou que a proporção de folha aumentou gradativamente com o aumento do sombreamento nas plantas e, assim como no atual trabalho, a maior porcentagem de folhas foi observada no sombreamento em torno de 70%.

Embora a proporção de colmo e a relação folha e pseudocolmo (Tabela 3), a taxa de alongamento do pseudocolmo (Tabela 4) e o comprimento final do pseudocolmo (Tabela 5) não foram influenciados significativamente pelo sombreamento, geralmente em condições de restrição luminosa as gramíneas apresentam uma tendência de crescimento mais pronunciado do colmo, como uma estratégia para compensar a redução da luminosidade. Isso ocorre na busca de expor as folhas a uma melhor condição de absorção da radiação restrita (PACIULLO *et al.*, 2011).

No entanto, durante as estações outono e inverno, baixas temperaturas e maior ocorrência de nuvens alteram as condições de crescimento, reduzindo a produção de colmos. Santiago- Hernández *et al.* (2016) também não verificou diferença na biomassa de colmo de gramíneas dos gêneros *Brachiaria* (Syn *Urochloa*) e *Panicum* (Syn *Megathyrsus*) quando avaliados a pleno sol e sob sombreamento natural *Melia azedarach* L. (cinamomo) na estação seca do ano.

A diminuição na proporção de material senescente e de inflorescência (Tabela 3) com o aumento do sombreamento pode estar relacionada às maiores proporções de folhas no sombreamento mais intenso (64% e 74%), devido um mecanismo relacionado ao atraso no desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas à sombra mais intensa. Neste caso, as forrageiras tendem a ser mais jovens fisiologicamente, o que prolonga a fase vegetativa, reduzindo o acúmulo de material senescente e de inflorescência (LOPES *et al.*, 2017b; SOARES *et al.*, 2009).

Lopes *et al.* (2017a) avaliando a composição morfológica de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento também verificou maior proporção de material senescente nas plantas cultivadas sem sombreamento e menor proporção no sombreamento mais intenso de 70%. A diminuição da proporção de inflorescência com o sombreamento, também foi observada por Soares *et al.* (2009), o qual verificou menor florescimento de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk, *Brachiaria brizantha* cv. Marandu cultivadas sob sombreamento de árvores de *Pinus taeda*, com espaçamento de 15 x 3m e 9 x 3m, quando comparadas a pleno sol, nesse caso, as plantas permanecem maior tempo em estágio vegetativo e florescem mais tarde, ou de maneira desuniforme.

Na Tabela 4, observa-se que o aumento da taxa de aparecimento foliar e a redução do filocrono com o sombreamento apenas foi verificado quando estas variáveis foram avaliadas em graus-dias, demonstrando a influência da temperatura sobre a morfogênese das plantas. A taxa de aparecimento foliar e o filocrono podem ser influenciados pela espécie e outros fatores de meio como a temperatura, água e luminosidade (VIEIRA *et al.*, 2014). Esta variação na taxa de aparecimento foliar e filocrono sob sombreamento, deve-se à maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo nos sistemas sombreados (SILVA *et al.*, 2012), pois há uma grande demanda principalmente por nitrogênio em zonas meristemáticas (MARQUES *et al.*, 2016; MARTUSCELLO *et al.*, 2015; MARTUSCELLO *et al.*, 2019).

No atual trabalho, o comprimento final da folha aumentou gradativamente com os níveis de sombreamento (Tabela 5). Já a taxa de alongamento foliar apresentou incremento linear apenas quando avaliada em dias e uma tendência em graus dias (Tabela 4), possivelmente porque na época experimental (outono e inverno) as temperaturas mínimas foram muito baixas, não permitindo o total estímulo a divisão celular e alongamento da lâmina foliar.

Além disso, o aumento na taxa de alongamento foliar e do comprimento foliar é uma resposta comum das plantas sob sombreamento, verificado em diversos trabalhos (PACIULLO *et al.*, 2008; ABRAHAM *et al.*, 2014; LOPES *et al.*, 2017a). Com o sombreamento as gramíneas tendem a desenvolver folhas mais longas e mais largas em relação as folhas expostas a luz, uma resposta devido ao aumento do alongamento celular como um importante mecanismo adaptativo. Isso ocorre porque, sob condições de pouca luz, as gramíneas alteram sua morfologia (etiolação), alongando suas hastes e folhas para aumentar a altura da planta (SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Paciullo *et al.* (2016) avaliando a Morfogênese de

Panicum maximum sob diferentes níveis de sombra (0, 37 e 58%), verificou um aumento da taxa de alongamento das folhas com o sombreamento.

A diminuição da duração de vida da folha (DVF) nos sombreamentos mais intensos (64 e 74%), quando avaliada em graus dias (Tabela 4), pode estar relacionada as maiores taxas fotossintéticas observadas nos níveis de sombreamento mais intenso (Tabela 6), enquanto a maior duração de vida das folhas observada no sombreamento a 47% (Tabela 4), pode estar relacionada a maior permanência de nutrientes nessas plantas, pois segundo Navaset *al.* (2003), a duração de vida da folha está envolvida em uma troca fundamental no funcionamento da planta entre uma produção rápida de biomassa e uma conservação eficiente de nutrientes. Com isso a menor DVF, está relacionada com taxas mais rápidas de fixação de carbono, enquanto aumentos na DVF está associada a maior permanência de nutrientes nas plantas (NAVAS *et al.*, 2003).

Além disso, a diminuição na DVF pode estar relacionada também às mudanças nos fatores de crescimento, como a temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade ao longo do ano, que refletem a ação de mecanismos adaptativos das plantas para assegurar a rebrotação e perenidade (PACIULLO *et al.*, 2008).

O número de folhas vivas por perfilho não foi influenciada pelo sombreamento imposto as plantas (Tabela 5), provavelmente devido ser uma característica genética da espécie (DAVIES, 1974). Geralmente o número de folhas se estabiliza quando as folhas mais velhas começam o processo de senescência (SILVA *et al.*, 2008). Como não houve diferença na taxa de senescência desta espécie sob os diferentes sombreamentos (Tabela 4), o número e folhas vivas mantiveram-se máximo e estável nos diferentes sistemas, até que a planta atingisse os 95% de interceptação luminosa, momento determinado para o corte.

Ao contrário do que foi observado no atual trabalho, a densidade de perfilhos das plantas sombreadas geralmente diminui em relação as plantas cultivadas a pleno sol, devido à diminuição da proporção vermelho: vermelho distante, que causa um atraso no desenvolvimento de gemas basais e axilares, que promovem a formação de novos perfilhos (FARIA *et al.*, 2018; PACIULLO *et al.*, 2016; NASCIMENTO, 2018). No entanto, a semelhança da densidade de perfilhos observada nos sistemas sombreados e a pleno sol (Tabela 5), pode estar relacionada as proporções de vermelho e vermelho distante que não foi modificada nos diferentes sombreamentos artificiais (Tabela 1). Além disso, as plantas, provavelmente, utilizaram outras estratégias como aumento da altura das plantas (Tabela 2) e

uma diminuição do número de folhas por perfilho (Tabela 5), que permitiram a entrada de maior radiação dentro do dossel, que pode ter favorecido o perfilhamento das plantas sombreadas. Com isso mesmo a baixa radiação não foi capaz de reduzir o perfilhamento das plantas (CRUZ, 2019).

A adaptação rápida das plantas a intensidade luminosa e recuperação da sua capacidade produtiva são atribuídas, a aclimatação da espécie ao meio onde está sendo cultivada, denominada plasticidade fenotípica, a qual é definida como mudanças reversíveis ocorridas na morfologia e arquitetura das plantas por influência do ambiente, incluindo tamanho, estrutura e posicionamento espacial dos órgãos (NASCIMENTO, 2018).

Assim como a densidade de perfilhos, o peso médio do perfilho do capim-mavuno também não apresentou influência do sombreamento (Tabela 5). Estudos têm verificado relação inversa entre a densidade populacional e o peso de perfilhos em pastos manejados com diferentes alturas, sendo que a medida que a densidade perfilhos aumenta, o peso do perfilho diminuiu, enquanto menores densidades de perfilho no pasto, proporciona peso de perfilho maior (GOBBI *et al.*, 2009; NASCIMENTO, 2018). Neste sentido como não houve variação da densidade de perfilhos com o sombreamento imposto sob as plantas, o peso dos perfilhos também permaneceram constantes à medida que aumentou o sombreamento (Tabela 5).

NASCIMENTO (2018) avaliando as características estruturais do pasto, a morfologia de perfilhos de *Brachiaria brizantha* cv. marandu (capim-marandu) em sistema silvipastoril, com *Eucalyptus urograndis* em linhas triplas, com espaçamento de 3,0 x 3,5 m e de 30 m entre renques, comparado à um sistema de pecuária sem árvores, verificou que o peso dos perfilhos de capim-marandu não foi influenciado pelo sombreamento.

A tendência de aumento no índice de área foliar com sombreamento (Tabela 5), provavelmente, ocorreu devido ao aumento na proporção folhas (Tabela 3), a tendência de aumento na taxa de alongamento de folhas (Tabela 4) e ao aumento no comprimento da lâmina foliar (Tabela 5) com os níveis de sombreamento. Gomes *et al.* (2019) avaliando a composição morfológica do capim-xaraés em três intensidades luminosas (0, 30 e 60% de sombreamento) também observou aumentos no índice de área foliar com sombreamento.

Segundo Sousa *et al.* (2011), características morfogênicas e condições ambientais são os principais fatores que modificam a quantidade de área foliar capaz de interceptar a radiação solar. À medida que o índice de área foliar aumenta, há um maior aumento fotossintético, devido a maior área foliar ativa disponível (GOMES *et al.*, 2019). O maior índice de área foliar

encontrado no sombreamento em torno de 60%, também foi observado por Gomes *et al.* (2019) para ocapim-xaraés.

O aumento da taxa fotossintética com o aumento do sombreamento, observado na Tabela 6, deve-se a capacidade algumas plantas forrageiras de adaptar-se seu aparato fotossintético de acordo com a intensidade luminosa em que se encontram. Essa adaptação é caracterizada por alterações significativas na distribuição de recursos entre os componentes do aparato fotossintético (SEEMANN *et al.*, 1987). Na atual pesquisa, as plantas de capim-mavuno aumentaram os teores de clorofila a e b com o sombreamento (Tabela 6), que é uma estratégia da planta sob restrição de luminosidade para aumentar a absorção de luz nessas condições e isso consequentemente provoca maiores taxas fotossintéticas nas plantas sombreadas (LOPES *et al.*, 2017a; RAMOS *et al.*, 2018).

A intensidade de radiação necessária para atingir o ponto de saturação luminosa e a taxa de saturação de luz para a fixação de CO₂ aumenta de acordo com o aumento da intensidade luminosa, no entanto, a taxa de assimilação líquida de CO₂ em intensidades de luz limitantes é mais alta para as plantas cultivadas sob a menor intensidade de luz (BOARDMAN, 1977). O ponto de compensação luminosa, ou seja, ponto no qual o CO₂ consumido é compensado pelo CO₂ produzido, ocorre com menor intensidade à medida que ocorre redução na intensidade da luz durante o crescimento. Dessa forma, folhas que crescem em condições de baixa radiação possuem maior taxa de fotossíntese líquida, devido a menor taxa respiratória de plantas sombreadas (GIVNISH, 1988), e ao maior aparato de fixação de fóton de luz.

A taxa transpiratória, condutância estomática, eficiência no uso da água e a temperatura da folha não foram influenciadas pelo sombreamento quando comparada ao pleno sol (Tabela 6), o que pode ser considerada como uma forma de adaptação dessa cultivar aos diferentes níveis de luminosidade, visto que não houve mudanças negativas com o sombreamento (GIVNISH, 1988). Mudanças negativas nos padrões fisiológicos das forragens comprometendo seu pleno crescimento e desenvolvimento pode comprometer a formação ou perenidade dos pastos (SANTOS *et al.*, 2017).

A adaptação a determinados níveis de irradiância é influenciada por alguns fatores do ambiente, como a umidade relativa, umidade do solo, temperatura e a capacidade de assimilação de nitrogênio (GIVNISH, 1988). As condições microclimáticas e edafoclimáticas formada nos sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris favorecem a adaptação por meio de mudanças

morfofisiológicas das plantas cultivadas no sub-bosque desses sistemas, garantindo sua melhor sustentabilidade ao longo dos anos.

Santiago-Hernández *et al.* (2016) investigando o efeito da sombra de *Melia azedarach* (cinamomo) na fisiologia, *Panicum maximum* cv. Tanzânia (capim-tanzânia) e cv. Mombaça (capim-mombaça) e híbridos (Oaxaca e Yacaré) de *Brachiarias* spp, também verificaram que durante o inverno a condutância estomática foi semelhante entre as condições de sol e sombra.

Nascimento *et al.* (2019) avaliando as características fisiológicas *B. brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) sob sombreamento de *Eucalyptus urograndis* com linhas triplas, com espaçamento de 3,0 x 3,5 m e de 30 m entre renques, também verificou que não houve diferença na taxa de transpiratória, na condutância estomática, na eficiência no uso da água e nem na temperatura da folha do sistema sombreamento quando comparado ao monocultivo de capim-marandu, sem sombreamento.

O aumento do teor de clorofila pode estar ligado ao maior desenvolvimento de grana, conjunto de discos membranáceos (tilacóides), dispostos em pilha, que contêm clorofila e estão localizados nos cloroplastos (LOPES *et al.*, 2017). Lopes *et al.* (2017 a) avaliando a composição morfológica de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento, também verificou maiores teores de clorofila no sombreamento mais severo (70%). Martuscello *et al.* (2009) avaliou *Brachiaria* spp. sob níveis de sombreamento e a clorofila de todas as *Brachiaria* spp. respondeu linear e positivamente ao nível de sombreamento.

5 CONCLUSÃO

O capim-mavuno manejado a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno apresenta adaptação aos sombreamentos de 47%, 64% e 74%, visto que a produção de massa seca não variou, mesmo em condições de restrição luminosa imposta pelos níveis de sombreamentos nas plantas, em comparação as plantas cultivadas a pleno sol. Outro aspecto observado, foi as maiores taxas fotossintéticas nos sistemas sombreados, que ocorreu devido os aumentos no índice de área foliar, na proporção de folhas e no teor de clorofila total nestes sistemas.

A altura de pré corte ou pré pastejo verificada para capim-mavuno nas estações outono e inverno em sistemas com sombreamento de 47%, 64% e 74% é de aproximadamente 0,45;

0,50 e 0,60m, sob manejo de corte a 95% de interceptação luminosa, sendo distinto do recomendado a pleno sol.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. **Perfil da pecuária no Brasil**. Assoc. Bras. Ind. Exportação Carne. 2019.

ABRAHAM, E.; KYRIAZOPOULOS, A.; PARISSI, Z. *et al.* 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.

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n.1, p. 430-445, 1959.

BALDISSERA, T. C.; DA SILVEIRA PONTES, L.; GIOSTRI, A. F. *et al.* Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1199-1207, 2016.

BIRCHAM, J.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

BOARDMAN, N. T. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual review of plant physiology**, v. 28, n. 1, p. 355-377, 1977.

CRUZ, P. J. R. **Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob sombreamentos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2019.

DA SILVA, A.R; ALVARENGA, C.A.F.; MARTINS, L.R. Componentes morfológicos do capim-mavuno sob manejo em sistema contínuo. In: II SEMINÁRIO DE PESQUISA E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA (SEPIT). **Anais...** Uberaba-MG: Editora IFTM, v. 2, n.1, p.1-6. 2018.

DAVIES, A. Leaf tissue remaining after cutting and regrowth in perennial ryegrass. **The Journal of Agricultural Science**, v. 82, n. 1, p. 165-172, 1974.

DEVICES, D. **AccuPAR PAR/LAI Ceptometer - Model LP-80 - Operator's Manual**. METER GROUP, I. U. METER Group, Inc. USA 2365 NE Hopkins, Court Pullman-WA, 2004.

FARIA, B. M., MORENZ, M. J. F., PACIULLO, D. S. C., LOPES, F. C. F., & GOMIDE, C. A. D. M. Características bromatológicas e de crescimento de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria ruziziensis* sob sombreamento e nitrogênio. **Revista Ciência Agronômica**, v. 49, n. 3, p. 529-536, 2018.

GEREMIA, E. V., CRESTANI, S., MASCHERONI, J. D. C., CARNEVALLI, R. A., MOURÃO, G. B., & DA SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria*

brizantha cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; GARCEZ NETO, A. *et al.* Características morfológicas, estruturais e produtividade do capim-braquiária e do amendoim forrageiro submetidos ao sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 9, p. 1.645-1.654, 2009.

GOMES, V. C., DA SILVA BARROS, J., DE LIMA MEIRELLES, P. R., COSTA, C., DE SANTANA, E. A. R., PARIZ, C. M., ... & DE CASTILHOS, A. M. (2019). Productivity and morphological composition of Xaraés palisade grass under three light intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n.6, p. 2749-2758, 2019.

GÓMEZ S., GUENNI O. AND 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, p. 395– 407, 2013.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEIZ, M. Efficiency of Herbage Utilization. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 265, 2000.

LOPES DE SÁ, O.; LARA, M.; EVANGELISTA, A. *et al.* Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 2, p. 335-340, 2015.

LOPES, C. M., PACIULLO, D. S. C., ARAÚJO, S. A. C., GOMIDE, C. D. M., MORENZ, M. J. F., & VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.225-233, 2017 (a).

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. D. C. *et al.* Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017(b).

MARQUES, M.F.; ROMUALDO, L.M.; MARTINEZ, J.F.; LIMA, C.G.; LUNARDI, L.J.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p.776-784, 2016.

MARTUSCELLO, J. A., RIOS, J. F., FERREIRA, M. R., ASSIS, J. A. D., BRAZ, T. G. S., & CUNHA, D. V. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim De Indústria Animal**, v.76, p.1-10, 2019.

MARTUSCELLO, J. A.; AMORIM, P. L.; FERREIRA, P. S. *et al.* Morfogênese e estrutura do capim-braquiária em sistema de integração agricultura e pecuária. **Revista Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 33-42, 2017.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M. *et al.* Genus *Brachiaria* grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P.; CUNHA, D. N. F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adução nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, p. 1-13. 2015.

McWILLIAM, JR. Resposta de pastagens à temperatura. In: WILSON, JR (Ed). **Relação de plantas em pastagens**. East Melbourne, Austrália: CSIRO, 1978. p.17-34.

NASCIMENTO, H. L. B. **Respostas produtivas e morfofisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril**. Tese (Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2018.

NASCIMENTO, H. L. B., PEDREIRA, B. C., SOLLENBERGER, L. E., PEREIRA, D. H., MAGALHÃES, C. D. S., & CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p.384-394. 2019.

NAVAS, M. L.; DUCOUT, B.; ROUMET, C. *et al.* Leaf life span, dynamics and construction cost of species from Mediterranean old-fields differing in successional status. **New phytologist**, v. 159, n. 1, p. 213-228, 2003.

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. *et al.* 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.

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

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. *et al.* Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2016.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; FERNANDES, P.B.; MÜLLER, M.D.; PIRES, M.F.A.; FERNANDES, E.N.; 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.

PARAÍSO, I. G., SILVA, D. S., CARVALHO, A. P. S., SOLLENBERGER, L. E., PEREIRA, D. H., EUCLIDES, V. P., & PEDREIRA, B. C. Herbage Accumulation, Nutritive Value, and Organic Reserves of Continuously Stocked 'Ipyporã' and 'Mulato II' *Brachiaria* grasses. **Crop Science**, v,59, n.6, p. 2903-2914, 2019.

PEQUENO, D. N., PEDREIRA, C. G., SOLLENBERGER, L. E., DE FARIA, A. F., & SILVA, L. S. Forage accumulation and nutritive value of brachiariagrasses and Tifton 85 bermudagrass as affected by harvest frequency and irrigation. **Agronomy Journal**, v. 107, n. 5, p. 1741-1749, 2015.

RAMOS, L. M.; REIS, F. O.; CATUNDA, P. H. A. *et al.* Ecofisiologia de *Brachiaria decumbens* em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 201-210, 2018.

- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., H.V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação.** Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.
- SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. *et al.* 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.
- SANTOS, M. V., DA FONSECA, D. M., DA SILVA, L. D., DE SOUZA, W. F., DE OLIVEIRA, T. S., FERREIRA, L. R., ... & PACIULLO, D. S. C. Integrated crop–forage–forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. **Agroforestry Systems**, v. *online*, p. 1-11, 2019.
- SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. *et al.* *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, n.5, p.1-7, 2017.
- SAS, S. A. S.; GUIDE, STAT User’s. Version 9.1. *SAS Institute Inc., Cary, NC*, 2003.
- SBRISSIA, A.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 731-754, 2001.
- SEEMANN, J. R.; SHARKEY, T. D.; WANG, J. *et al.* Environmental effects on photosynthesis, nitrogen-use efficiency, and metabolite pools in leaves of sun and shade plants. **Plant physiology**, v. 84, n. 3, p. 796-802, 1987.
- SILVA, H. M., VENDRAMINI, J. M., DE OLIVEIRA, F. C., FILHO, C. V. S., KANEKO, M., SILVEIRA, M. L., YARBOROUGH, J. K. Harvest frequency effects on herbage characteristics of ‘Mavuno’ brachiariagrass. **Crop Science**, v. *online*, p. 1-24, 2020.
- SILVA, J. A. N.; DE SOUZA, C. M. A.; DA SILVA, C. J. *et al.* Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 769-775, 2012.
- SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo.** 1ª edição. Viçosa: Viçosa: Suprema, 2008. 115 p.
- SILVA, V.J., C.G.S. PEDREIRA, L.E. SOLLENBERGER, L.S. SILVA, J.I. YASUOKA, I.C.L. ALMEIDA. Canopy height and nitrogen affect herbage accumulation, nutritive value, and grazing efficiency of ‘Mulato II’ brachiariagrass. **Crop Science**, v. 56, n. 4, p. 2054-2061, 2016 a.
- SILVA, V.J., C.G.S. PEDREIRA, L.E. SOLLENBERGER, L.S. SILVA, J.I. YASUOKA, I.C.L. ALMEIDA. Carbon assimilation, herbage plant-part accumulation, and organic reserves of grazed ‘Mulato II’ brachiariagrass pastures. **Crop Science**, v. 56, n. 5, p. 2853-2860, 2016 b.
- SKINNER, R.; NELSON, C. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.
- SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F. *et al.* Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 443-451, 2009.

SOUSA, B. M. L.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RODRIGUES, C. S.; MONTEIRO, H. C. F.; SILVA, S. C.; FONSECA, D. M.; SBRISSIA, A. F. Morphogenetic and structural characteristics of xaraes palisadegrass submitted to cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 53-59, 2011.

UNISAGRO. MAVUNO - *Brachiaria híbrida*. WOLFSEEDS: 2 p. 2015.

VIEIRA, M. U. A., PORTO, E. M. V., ALVES, D. D., GONÇALVES, V., 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.

WILHELM, W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

CAPÍTULO 2-FLUXO DE TECIDOS, FISIOLOGIA E PRODUÇÃO DE *Panicum maximum* CV BRS ZURI SOB RESTRIÇÃO LUMINOSA

RESUMO

Esse trabalho foi proposto com objetivo de avaliar as plantas de *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri (capim-zuri) sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL) na estação outono e inverno de 2019. A forrageira tropical BRS Zuri foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64%, 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas sem sombreamento. As plantas já estabelecidas e adaptadas aos níveis de radiação a três anos, foram constantemente mantidas sob rebrotação e corte quando atingiram 95% de interceptação luminosa. As avaliações morfogênicas, a composição morfológica, estrutural e fisiologia foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. Sob o sombreamento de 64% as plantas de capim-zuri, mesmo sob restrição luminosa, produziram 30% a mais que as plantas cultivadas a pleno sol nas estações outono e inverno e mesmo sob sombreamento mais intenso (74%) a produção foi 10% maior que as plantas cultivadas sem sombreamento. Além disso, foi observado aumento na altura das plantas, maiores proporções de folhas e da taxa de aparecimento foliar, menor taxa senescência das plantas, aumentos no comprimento final da folha, no índice de área foliar, na eficiência do uso da água e aumento nos teores de clorofila a e b, que consequentemente proporcionou maiores taxas fotossintéticas sob estes níveis de sombreamento. Com isso, o capim-zuri manejado a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno, apresentou alta adaptação ao sombreamento de 64%, sendo recomendado uma altura de manejo de 0,77 m e, mesmo quando cultivado a 74% de sombra o capim-zuri apresentou produção de massa seca maior que a pleno sol.

Palavras chave: Interceptação luminosa. Fotossíntese. Morfogênese. Capim-zuri. Sistemas agroflorestais.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador comercial de carne bovina do mundo (ABIEC, 2019), suprimindo grande parte da demanda nacional e internacional por carne e derivados. No entanto, para atender a demanda ambiental nos sistemas produtivos, são necessárias reduções de

áreas degradadas e a adoção de práticas sustentáveis, com uso mais eficiente da terra em sustentabilidade (GOMES *et al.*, 2019a).

Os sistemas agroflorestais pecuários que integram lavoura, pecuária e, ou, floresta tem sido propostos como um meio de intensificar os sistemas de produção de carne bovina, de maneira sustentável (GOMES *et al.*, 2019 (a); PACIULLO *et al.*, 2016), além de ser uma alternativa eficiente de uso da terra e na recuperação de áreas com pastagens degradadas (LOPES *et al.*, 2017b; SANTOS *et al.*, 2019). No entanto, as gramíneas forrageiras tropicais utilizadas nesses sistemas, geralmente são mais eficientes e melhor adaptadas ao sol (SANTOS *et al.*, 2017) e o impacto da restrição luminosa sob as pastagens em sistemas integrados, precisa ser melhor analisada e racionalizada (GOMES *et al.*, 2019a).

Alguns autores relatam diferentes respostas produtivas e morfofisiológicas das plantas forrageiras quando submetidas a níveis de sombreamento (PACIULLO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2017 (a); SANTOS *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2019), que pode variar de acordo com a intensidade luminosa imposta sobre o dossel (GOMES *et al.*, 2019 (b)), com o regime de desfolhação utilizado (BALDISSERA *et al.*, 2016) e sobretudo com espécie forrageira selecionada para compor o sistema (SANTOS *et al.*, 2019). A escolha adequada das espécies forrageiras é imprescindível para o sucesso do sistema integrado, sendo essencial que sejam tolerantes e produtivas sob restrição luminosa (PACIULLO *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2017 (a); SANTOS *et al.*, 2019).

Dentre as forrageiras tropicais, o gênero *Panicum* (*Syn Megathyrsus*), além de ser muito importante para a produção de gado nas regiões tropicais e subtropicais, tem se destacado em sistemas integrados com árvores, apresentando alta adaptação com produções satisfatórias em ambientes sob restrição luminosa (SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2016). A espécie *Panicum maximum* é considerada a espécie mais produtiva entre forrageiras tropicais propagadas por sementes e tem sido amplamente utilizada por sua produção abundante de folhas longas, alta forma de crescimento e alta aceitabilidade pelos animais (JANK *et al.*, 2010).

A cultivar Zuri da espécie *Panicum maximum* Jacq. foi lançada no Brasil no ano de 2014, pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e resulta da parceria com a UNIPASTO. Foi obtida a partir da seleção em populações derivadas de um *Panicum maximum* coletadas na Tanzânia, no leste da África (EMBRAPA, 2014). O capim-zuri foi selecionado com base na produtividade, capacidade de rebrotação, capacidade de suporte, desempenho animal, resistência às cigarrinhas-das-pastagens e resistência à mancha foliar causada pelo fungo *Bipolaris maydis*, que acomete a cultivar Tanzânia (EMBRAPA, 2014;

NETO *et al.*, 2018). Por ser uma cultivar recém lançada no mercado, ainda são escassos os trabalhos com capim-zuri sob restrição luminosa. Todavia, devido seu potencial produtivo e de qualidade é fundamental o conhecimento acerca da adaptação, produção e perenidade em sistemas sombreados.

Assim esse trabalho foi proposto com objetivo de avaliar as plantas de *Panicum maximum* Jacq. cv. Zuri sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL) nas estações outono e inverno de 2019.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus Juscelino Kubistchek, localizado no município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil, com coordenadas geográficas de 18°12'10.72" Latitude Sul; 43°34'21.00" Longitude Oeste e altitude de 1.404 m. O clima do local é Cwb, conforme a classificação Köppen, com inverno seco e chuvas no verão, com temperatura média de 20 °C. A precipitação registrada pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP – INMET, 2018) durante o período experimental, março de 2019 a setembro de 2019, foi de 280 mm (Figura 1) e a média da umidade relativa do ar em torno 70%.

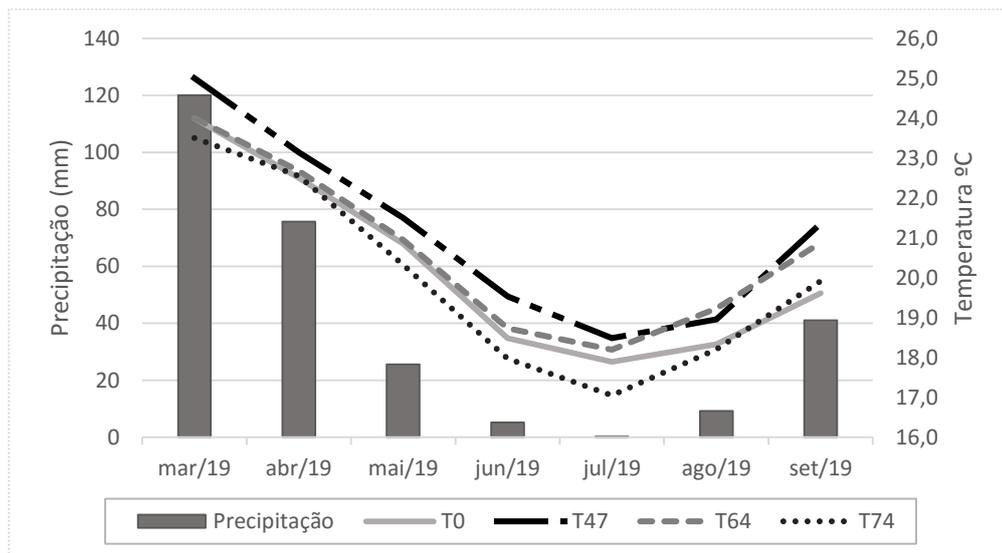


Figura 1. Precipitação mensal (mm) e temperatura média (°C) sob condições sem sombreamento (T0), com 47% (T47), 64% (T64) e 74% (T74) de sombreamento, registrada no período de março de 2019 a setembro de 2019, em Diamantina-MG. Fonte dos dados de precipitação: INMET (2019)

As temperaturas máximas e mínimas das áreas experimentais foram registradas diariamente, durante todo o período experimental, para expressão dos resultados em graus dia. O monitoramento foi realizado por meio de termômetros tipo capela modelo TM-38 CAP instalados na região central de cada área de sombreamento e a pleno sol (Figura 1).

A espécie forrageira tropical *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64%, 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas sem sombreamento (pleno sol), durante as estações outono e inverno de 2019, época considerada crítica para o crescimento de gramíneas tropicais.

O experimento foi realizado em uma área já implantada com sombreamento artificial construída em estrutura de madeira e arame liso. As áreas foram cobertas com tela de náilon de diferentes diâmetros, inclusive as laterais. A área sem sombreamento possuía a mesma dimensão. A semeadura foi realizada em abril de 2015 em canteiros de 5,0 m² com espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 10,0 m lineares por canteiro e espaçamento de 1,0 metro entre canteiros e a taxa de semeadura utilizada foi de 2,5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV) (CRUZ, 2019).

Foram realizadas coletas de solo na camada de 0-20 cm para avaliação da fertilidade. O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH em H₂O: 5,5; P: 0,9 mg dm⁻³ (Mehlich) e K: 19,00 mg dm⁻³; Ca⁺²: 0,9; Mg⁺²: 0,4 e Al⁺³: 0,00 cmolc dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), CTC (Capacidade de troca de cátions): 3,33 cmolc dm⁻³, soma de bases: 1,35 cmolc dm⁻³, H + Al: 1,98 cmolc dm⁻³ e 1,86 dag kg⁻¹ de matéria orgânica e 28,4 mg dm⁻³ de P-rem. A adubação de estabelecimento foi realizada de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO *et al.*, 1999) para alto nível tecnológico, aplicando 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em forma de superfosfato simples (0,225 Kg) e 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico equivalente a 0,5 kg de calcário por canteiro.

A adubação de manutenção foi realizada 35 dias após a semeadura (DAS), em maio de 2015, empregando-se 100 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100,0 kg ha⁻¹ de K₂O diluídos em água e distribuídos nos canteiros com o auxílio de regadores. O desbaste das plantas forrageiras foi realizado aos 42 DAS, mantendo-se 20 plantas por m². Após o estabelecimento completo das plantas foram realizadas adubações ao início de cada estação do ano utilizando-se 50 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia e 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma KCl e o corte foi realizado de 2015 a 2019 quando as plantas atingiram 95% da interceptação luminosa.

Os sombreamentos artificiais foram proporcionados por tela de náilon de cor preta com diferentes diâmetros dos orifícios em cada tela, descritos comercialmente com 30, 60 e 90% de

sombreamento. Foi realizada a medição da Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, dentro de cada tela de náilon para calcular o percentual médio de redução da RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação as plantas a pleno sol e assim verificar o sombreamento exercido por cada tela de náilon sobre as plantas cultivadas ao longo do período experimental. Com isso, no período de março de 2019 a setembro de 2019 foi registrado $668 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de RFA para as plantas cultivadas sem sombreamento, a partir disso foram obtidos os valores médios de 47 % - $353 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 64 % - $242 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 74% - $172 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de sombreamento para os sombrites descritos comercialmente com percentuais de sombra de 30, 60 e 90%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra em relação ao pleno sol e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.

Itens	Sombreamento (%)			
	0	47	64	74
RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	668	353	242	172
Sombra (%)	0	47	64	74
V/VE	1,12	1,14	1,08	1,13

As plantas foram irrigadas diariamente mantendo-se 80% da capacidade de campo do solo e semanalmente foi realizado o controle manual de plantas daninhas para redução da competição por recursos e avaliação apenas das plantas de interesse.

As plantas foram mantidas em corte constante quando as mesmas atingiram 95% interceptação luminosa (IL). Com isso, a interceptação luminosa foi monitorada semanalmente por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, às 9:00, 12:00 e 15:00 horas, em dias com condições homogêneas de luminosidade, seguindo as recomendações de uso do aparelho (DEVICES, 2004).

As avaliações morfogênicas e estruturais iniciaram após o último corte de uniformização realizado em março de 2019. Inicialmente foram marcados seis perfis em cada unidade experimental com fios de arames lisos de cores diferentes e ao lado uma haste de metal (vergalhão) de aproximadamente 1,0 m de altura para facilitar a localização dos perfis selecionados para avaliação. Para a seleção dos perfis foi utilizada como padrão a altura média das plantas de cada unidade experimental e perfis com no mínimo duas folhas vivas.

Os perfis selecionados em cada unidade experimental foram avaliados duas vezes por semana até que as plantas atingissem 95% de IL, momento determinado para o manejo de

desfolhação (corte). A cada avaliação foram mensurados em centímetros, o comprimento do colmo, comprimento da lâmina foliar, registro de novas folhas surgidas por perfilho e verificação das folhas expandidas e senescentes (BIRCHAM e HODGSON, 1983; LOPES DE SÁ *et al.*, 2015). As folhas foram classificadas como expandidas quando apresentaram a lígula totalmente exposta e como lâmina foliar morta quando o limbo foliar apresentava 50% ou mais comprometido pela senescência (BIRCHAM e HODGSON, 1983).

A partir dos dados registrados a campo foram realizados os cálculos para determinação das variáveis-resposta como a taxa de aparecimento foliar e filocrono (número de dias para o aparecimento de duas folhas consecutivas) (WILHELM E MCMASTER, 1995); taxa de alongamento foliar (SKINNER e NELSON 1995); taxa de alongamento do colmo (SBRISSIA e SILVA, 2001); taxa de senescência foliar (BIRCHAM e HODGSON, 1983); duração de vida da folha (filocrono x número de folhas por perfilho) (LEMAIRE e AGNUSDEIZ, 2000); comprimento final da folha, comprimento final do colmo e o número de folhas vivas por perfilho.

Os resultados das variáveis taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento do colmo, taxa de senescência foliar e a duração de vida da folha também foram expressos em tempo térmico (graus dia), além dos valores expressos em dias. Os resultados da morfogênese expressos em graus dias foi calculado por meio da equação proposta por Arnold (1959), que considera apenas a temperatura basal inferior (T_b) no cálculo dos graus-dia (Equação 1). No atual trabalho o valor da temperatura base inferior utilizada para o cálculo em graus dias foi 15°C, indicado por McWilliam (1978) para gramíneas forrageiras tropicais.

$$GD = \frac{TM + Tm}{2} - T_b$$

Equação 1. Método de soma térmica, proposta por Arnold (1959), em que: GD = graus-dia, °C; TM = temperatura máxima do dia, °C; Tm = temperatura mínima do dia, °C; T_b = temperatura basal inferior, °C.

Ao atingir 95% de IL, o momento estipulado para o corte, foi determinada a altura das plantas com auxílio de bastão medidor e o índice de área foliar (IAF) com o uso do Ceptômetro. Posteriormente foram realizadas as avaliações fisiológicas.

As leituras de qualidade da luz (relação vermelho, vermelho distante) foram realizadas cinco vezes acima do dossel de plantas em cada unidade experimental a pleno sol e em cada sombreamento, utilizando-se um medidor de luz vermelha e vermelho distante modelo LightScout Red/Far Red Meter. Concomitantemente, foram realizadas leituras dos teores de

clorofila *a* e *b*, às dez horas da manhã do dia do corte, posicionando-se o equipamento no terço médio da primeira folha completamente expandida, em 6 (seis) plantas de cada unidade experimental, utilizando-se um clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL 1030.

A taxa fotossintética (*A*), condutância estomática (*G_s*), taxa transpiratória (*E*) e temperatura da folha (*TFol*), foram avaliados por meio de um aparelho de sistema aberto portátil de trocas gasosas, IRGA (Infra Red Gas Analyzer), modelo LCA 4 (ADCLtd., Hoddesdon, UK) utilizado com intensidade luminosa artificial de $1.200 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em nove folhas completamente expandidas, no período de oito às dez horas da manhã, com exposição à radiação solar. Posteriormente foi calculada a eficiência no uso da água (*EUA*, *A/E*).

A produção de forragem foi determinada em cada unidade experimental por meio de três amostras coletadas com moldura de ferro com área conhecida de 0,5 metros quadrados (m^2), deixando uma com altura de resíduo de 20 cm do solo. Posteriormente todas as unidades experimentais foram cortadas e uniformizadas, almejando-se iniciar um novo ciclo de crescimento.

O material fresco coletado foi pesado e separado em duas subamostras, sendo uma subamostra utilizada para determinação da massa da composição morfológica e a outra utilizada para determinação da produção de forragem e da densidade de perfilhos (número de perfilhos. m^{-2}). As frações da composição morfológica foram determinadas após a separação das lâminas foliares verdes, pseudocolmos (colmo e bainha foliares), material senescente (50% morto) e inflorescência que foi pesado separadamente.

Posteriormente após a pesagem e a separação do material fresco as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada à 65 °C por 72 horas ou até peso constante. Após secagem, as amostras foram pesadas para determinação da produção de massa seca, do peso médio dos perfilhos (produção de massa seca/ número de perfilhos) e da porcentagem de folhas, colmo, material senescente e inflorescência. A produção de forragem foi obtida somando-se a produção de massa seca de cada ciclo de crescimento ao longo das duas estações do ano e os componentes morfológicos foram apresentados e avaliados em porcentagem da massa seca total da forragem amostrada.

Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1 (SAS Institute, 2003). As médias das características morfogênicas, estruturais, fisiológicas foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. Foram considerados intervalos entre 5 a 10% de probabilidade como região de tendência. A melhor equação ajustada foi escolhida de acordo

com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica.

3 RESULTADOS

A produção de massa seca ($p=0,1696$) do capim-zuri não foi influenciada significativamente pelo sombreamento nas plantas, quando realizada a regressão e o teste de tukey. Entretanto, esta forrageira quando submetida ao sombreamento de 64%, apresentou uma produção maior (15.200 kg ha⁻¹ de massa seca), com 31% a mais que as plantas a pleno sol (11.648 kg ha⁻¹ de massa seca) (Tabela 2). A produção de massa seca do capim-zuri foi mensurada em cada nível de sombreamentos durante 180 dias sob regime de corte constante a 95% de IL ao longo do outono e inverno. No entanto, quando foi realizado o cálculo dos dias em tempo térmico, foram observados diferentes graus dias acumulados para cada nível de sombreamento nas plantas (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa seca (PMS) e altura de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
PMS (kg ha ⁻¹)	11.648 n.s.	12.653 n.s.	15.200 n.s.	12.829 n.s.	17,55	0,1696	0,2385
Altura (m)	0,67 c	0,68 c	0,77 b	0,87 a	12,07	0,8303	0,0054
Graus dias acumul.	1013,39	1171,28	1102,25	961,81	-	-	-

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação

n.s.= não signifitivo pelo teste tukey a 5% de significância

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de significância

A altura das plantas apresentou aumentos, por meio da regressão, com comportamento quadrático ($y = 0,0098x^2 - 0,4681x + 67,37$; $R^2 = 0,99$) à medida que aumentou o sombreamento nas plantas. Quando realizado o teste de tukey, foram observadas diferentes alturas de corte das plantas, entre os níveis de sombreamentos. A maior altura de corte das plantas foi observadasob cultivo a 74% de sombreamento, seguida pelo sombreamento a 64%. Já as plantas cultivadas a 47% de sombra e a pleno sol apresentaram menores alturas de corte do que as plantas cultivadas nos sombreamentos mais intensos, mas não diferenciaram entre si (Tabela 2).

A proporção de colmo apresentou comportamento quadrático ($y = 0,0052x^2 - 0,2768x + 2,30$; $R^2 = 0,84$) com o aumento do sombreamento nas plantas. A proporção de folhas ($p=0,1262$) e de material senescente ($p=0,2760$) não foram influenciadas significativamente pelo sombreamento nas plantas. Não foi observada inflorescência e a relação folha/colmo apresentou uma diminuição com o sombreamento nas plantas, com comportamento quadrático ($y = -0,0145x^2 + 0,7131x + 38,55$; $R^2 = 0,94$) (Tabela 3).

Tabela 3. Proporção de folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Folha (%)	77,62	77,83	92,81	84,23	8,40	0,1262	0,2813
Colmo (%)	2,18	1,97	3,16	11,45	96,11	0,1120	0,0051
Senescente (%)	20,20	20,20	4,03	4,32	71,85	0,2760	0,9399
Inflorescência (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Folha/Colmo	38,78	37,69	29,67	9,47	42,14	0,3602	0,0095

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação

A taxa de aparecimento foliar, TApF, não foi influenciada significativamente ($p=0,0838$) pelo sombreamento nas plantas, no entanto, apresentou uma tendência de aumento com o sombreamento, com comportamento quadrático. O filocrono, FILOC, ($p=0,2594$), a taxa de alongamento foliar, TAlF, ($p=0,3763$) e a taxa de alongamento do colmo, TAlC, ($p=0,7732$) não foram influenciados pelos níveis de sombra. Já a taxa de senescência foliar, TSF, ($y = -0,0001x + 0,01$; $R^2 = 0,95$) e a duração de vida da folha, DVF, ($y = -0,3118x + 93,88$; $R^2 = 0,91$) diminuíram linearmente com o aumento do sombreamento, quando avaliados em dias (Tabela 4).

Quando avaliados em graus dias a taxa de aparecimento foliar, TApFgd, ($p=0,5052$), o filocrono, FILOCgd, ($p=0,5459$), a taxa de alongamento foliar, TAlFgd, ($p=0,9613$) a taxa de alongamento do colmo, TAlCgd, ($p=0,7658$) e a duração de vida da folha, DVFGd, ($p=0,4338$) não apresentaram influência do aumento do sombreamento. Apenas a taxa de senescência foliar, TSFGd, apresentou influência de sombreamento, diminuindo linearmente ($y = -2x10^{-05}x + 0,002$; $R^2 = 0,98$) com o aumento do sombreamento (Tabela 4).

Tabela 4. Características morfogênicas de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Morfogênese ³							
TApF	0,044	0,048	0,058	0,047	18,10	0,1251	0,0838
FILOC	22,727	20,833	17,241	21,277	17,28	0,2594	0,3226
TAIF	0,798	0,97	1,139	1,328	30,91	0,3763	0,8461
TAIC	0,017	0,018	0,02	0,021	32,03	0,7732	0,9785
TSF	0,010	0,006	0,002	0,001	80,03	0,0004	0,1846
DVF	106,135	79,79	63,274	70,852	20,76	0,0407	0,1373
Morfogênese (Graus dias) ⁴							
TApFgd	0,009	0,008	0,011	0,010	18,57	0,5052	0,9606
FILOCgd	115,453	118,331	91,032	96,810	17,51	0,5459	0,9249
TAIFgd	0,157	0,171	0,216	0,292	35,80	0,9613	0,1369
TAICgd	0,003	0,003	0,004	0,005	45,22	0,7658	0,6966
TSFgd	0,0020	0,0011	0,0004	0,0002	81,33	0,0001	0,0490
DVFgd	539,166	453,207	334,087	322,377	25,44	0,4338	0,8222

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³ TApF - taxa de aparecimento foliar (folhas dia⁻¹), FILOC - filocrono (dias), TAIF - taxa de alongamento foliar (cm dia⁻¹), TAIC - taxa de alongamento do colmo (cm dia⁻¹), TSF - taxa de senescência foliar (cm dia⁻¹), DVF - Duração de vida das folhas (dias).

⁴ TApFgd - taxa de aparecimento foliar (folhas gd⁻¹), FILOCgd - Filocrono (graus dias), TAIFgd - taxa de alongamento foliar (cm gd⁻¹), TAICgd - taxa de alongamento do colmo (cm gd⁻¹), TSFgd - taxa de senescência foliar (cm gd⁻¹), DVFgd - duração de vida das folhas (graus dias).

O número de folhas vivas por perfilho, NFV, não foi influenciada significativamente ($p=0,0899$) pelo sombreamento nas plantas, no entanto, apresentou uma tendência de aumento linear com sombreamento. O comprimento final da lâmina foliar, CFLF, ($y = 0,0053x^2 - 0,2595x + 24,73$; $R^2 = 0,79$) apresentou um aumento quadrático com o sombreamento. O maior comprimento de folhas foi observado no sombreamento a 74%. O comprimento final do pseudocolmo não foi influenciado significativamente ($p=0,404$) pelo sombreamento nas plantas (Tabela 5).

O Índice de área foliar, IAF, ($y = -0,0004x^2 + 0,0312x + 3,10$; $R^2 = 0,92$) apresentou aumentos com comportamento quadrático à medida que aumentou o sombreamento nas plantas. Os maiores índices de área foliar foram observados nos sombreamentos a 47% e 64%. O peso médio do perfilho (PMP) ($p=0,7368$) e a densidade de perfilhos ($p=0,7368$) não foram influenciados pelo sombreamento nas plantas (Tabela 5).

Tabela 5. Características estruturais de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
NFV	4,67	3,83	3,67	3,33	21,94	0,0899	0,4360
CFLF	24,56	26,16	26,43	36,77	24,81	0,4489	0,0511
CFPc	24,75	25,33	26,25	27,08	5,45	0,4042	0,7298
IAF	3,11	3,69	3,70	3,32	11,65	0,0288	0,0358
PMP	2,83	2,38	3,00	2,37	19,78	0,9575	0,8288
PERF	200,0	192,0	192,0	152,0	14,57	0,7368	0,3160

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³NFV- Número médio de folhas vivas, CFLF- Comprimento final da lâmina foliar (cm), CFPc - Comprimento final do pseudocolmo (cm), IAF- índice de área foliar, PMP-Peso médio do perfilho (gramas), PERF-Densidade de perfilhos (número de perfilhos.m⁻²)

A taxa fotossintética, A , ($y = -0,0005x^2 + 0,1084x + 10,56$; $R^2 = 0,87$), a taxa transpiratória, E , ($y = 8x10^{-05}x^2 + 0,0007x + 1,25$; $R^2 = 0,83$), condutância estomática, g_s , ($y = -2x10^{-05}x^2 + 0,0011x + 0,13$; $R^2 = 0,98$) apresentaram aumentos com comportamento quadrático à medida que aumentou o nível de sombreamento nas plantas. A maior taxa fotossintética, maior taxa transpiratória e a maior condutância estomática foram observadas no sombreamento a 64% (Tabela 6).

Tabela 6. Fisiologia de plantas de capim-zuri (*Panicum maximum* cv. Zuri) cultivadas em diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
A	10,70	13,08	18,56	14,34	22,52	0,0003	0,0018
E	1,27	1,27	2,07	1,55	23,23	0,0156	0,0504
g_s	0,145	0,12	0,18	0,08	33,18	0,0397	0,0053
EUA	8,43	10,30	8,97	9,25	12,17	0,0388	0,0686
Tfol	25,23	25,30	26,22	27,91	4,50	0,0198	<,0001
Clor a	31,28	33,00	35,50	33,88	6,82	0,0093	0,0504
Clor b	10,95	12,48	14,10	12,42	19,29	0,0546	0,1062

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³ A - Taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), E - taxa transpiratória ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), g_s - condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), EUA- eficiência no uso da água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), Tfol - temperatura da lâmina foliar ($^{\circ}\text{C}$), Clor a - teores de clorofila a e Clor b - teores de clorofila b

A eficiência no uso da água, EUA, aumentou linearmente ($y = 0,0132x + 8,67$; $R^2 = 0,94$) com o sombreamento. A temperatura da folha, Tfol, ($y = 0,0013x^2 - 0,0651x + 25,25$; $R^2 = 0,96$) apresentou um aumento quadrático com o sombreamento. A maior temperatura de

folhas foi constatada no sombreamento a 74%. A clorofila *a*, Clor *a*, aumentou linearmente ($y = 0,046x + 31,29$; $R^2 = 0,73$) com o sombreamento e a clorofila *b*, Clor *b*, não foi influenciada significativamente pelo sombreamento, no entanto apresentou uma tendência de aumento linear com o aumento do sombreamento (tabela 6).

4 DISCUSSÃO

Para ser considerada tolerante à sombra, uma espécie forrageira deve ter rendimentos maiores ou semelhantes em condições de sombreamento e pleno sol (GOMES *et al.*, 2019 b; ANDRADE *et al.*, 2004).

A semelhança na produção de massa seca do capim-zuri entre os sombreamentos testados na atual pesquisa, demonstra uma adaptação à sombra, e tolerância desta espécie a ambientes sombreados, mesmo sob sombra intensa (74%) (Tabela 2). As pastagens sob sombreamento moderado podem apresentar a produção de massa seca semelhante ou até maior do que a observada em pastagens sem sombreamento (PACIULLO *et al.*, 2016). O comportamento de algumas gramíneas tropicais (*Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *P. maximum*) de responderem positivamente ao crescimento, mesmo sob restrição luminosa, deve-se à maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo destes sistemas comparados com áreas não sombreadas. (PACIULLO *et al.*, 2010; GÓMEZ *et al.*, 2013; SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2012).

De acordo com a Embrapa (2014) a cultivar Zuri possui produção na faixa das 20.000 Kg. ha⁻¹ ano⁻¹ de massa seca em condições sem sombreamento e solos bem drenados. Na atual pesquisa, mesmo não havendo diferenças estatísticas entre os níveis de radiação, nas condições sem sombreamento foi encontrada uma produção de 11.648 Kg. ha⁻¹ de massa seca apenas nas estações de outono e inverno do ano de 2019, demonstrando uma produção satisfatória para o período referido e sob o sombreamento de 64% as plantas de capim-zuri, mesmo sob restrição luminosa, produziram 31% a mais (15.200 kg ha⁻¹ de massa seca) que as plantas cultivadas a pleno sol. Concomitantemente, mesmo sob sombreamento mais intenso (74%) a produção (12.829,3 kg ha⁻¹ de massa seca) foi 10,14% maior que as plantas cultivadas sem sombreamento (Tabela 2).

O aumento da altura das plantas do capim-zuri com sombreamento está relacionada com o aumento no comprimento final das folhas à medida que aumentou o sombreamento nas plantas. Este comportamento das plantas é conhecido como estiolamento, no qual há um aumento da sua estatura em busca de luminosidade quando estão submetidos a restrição

luminosa (PACIULLO *et al.*, 2008). Baldissera *et al.* (2016) avaliando a sombreamento das árvores de *Eucalyptus dunnii*, na estrutura de forrageiras, verificou maior altura do dossel de *Panicum maximum* (capim-aruaana) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta comparada com plantas cultivadas em monocultivo com a mesma interceptação luminosa.

A Embrapa recomenda que o dossel de capim-zuri seja manejado com altura de corte de 0,70 m, baseado na meta de corte de 95% de IL, que corresponde à altura de corte encontrada no presente estudo, de aproximadamente 0,67 a 0,68m, quando o capim foi manejo a pleno sol e sob 47% de sombreamento (Tabela 2). No entanto, foi constatado no atual estudo que quando as plantas de capim-zuri foram submetidas ao sombreamento de 64% e 74% sob o manejo de corte a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno, houve uma mudança nas alturas de corte para este capim, sendo indicado as alturas de aproximadamente 0,77 e 0,87 m, respectivamente, sob estes níveis. Essas mudanças na altura do dossel de capim-zuri quando cultivado sob restrição luminosa intensa, ocorre devido às mudanças nas condições edafoclimáticas do ambiente sombreado. Esses resultados reportam que sob condições de sombreamento não deve se adotar as alturas recomendadas para as plantas a pleno sol ou interrupção da rebrotação em plantas sombreadas deve ocorrer antes dos 95% de IL. Para isso trabalhos de qualidade devem ser associados aos de produção.

A semelhança na proporção de folhas nas condições com e sem sombreamento (Tabela 3), pode ser explicada pelo substancial investimento de carbono para expansão da área foliar em plantas submetidas à sombreamento, visando o aumento na captura de luz. Este fenômeno é resultado de uma mudança no padrão de alocação de biomassa na planta, caracterizado pela prioridade de crescimento da parte aérea, especialmente folhas, em detrimento do sistema radicular (LOPES *et al.*, 2017 a; GUENNI *et al.*, 2008). Com isso mesmo as plantas sob alta restrição luminosa conseguem produzir a mesma quantidade de folhas que as plantas sem restrição. Lopes *et al.* (2017 a) avaliando a composição morfológica de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento, verificou que não houve diferença na massa de folha entre o sol pleno e a sombra moderada (20%).

O aumento na proporção de colmo no sombreamento mais intenso (74%) (Tabela 3), deve-se ao alongamento dos tecidos de sustentação sob restrição luminosa, o que promove perfilhos maiores e maior participação de pseudocolmos na massa de forragem. Ao promover o estiolamento, as folhas ficam em uma posição mais elevada, o que permite melhor interceptação da radiação (GOMIDE *et al.*, 2011; GEREMIA *et al.*, 2018).

A ausência de efeito do sombreamento na taxa de aparecimento foliar e no filocrono (Tabela 4), podem ser explicadas devido ao fato de que quando submetidas ao sombreamento,

investiram no comprimento maior das folhas já formadas do que aparecimento de novas folhas, visto que o aumento do comprimento e da largura das folhas possibilita maior absorção de luz e aumento da eficiência de utilização da radiação (NASCIMENTO, 2018). Com isso há uma relação inversa entre a taxa de aparecimento de foliar e o comprimento final de folhas, pois uma nova folha surge apenas quando a folha anterior atinge o seu máximo crescimento ou comprimento final (GASTAL E LEMAIRE, 2015).

Paciullo *et al.* (2011) avaliando características morfogênicas de cultivares do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento artificial verificou que a taxa de aparecimento foliar não foi influenciada pelos níveis de sombreamento.

Embora a taxa de alongamento foliar não tenha apresentado diferença significativa com o sombreamento (Tabela 4), o comprimento final da folha aumentou com os níveis de sombreamento (Tabela 5). Essa é uma resposta comum das plantas sob restrição luminosa, para permitir o aumento da capacidade de captura de luz em condições de baixa luminosidade, onde a epiderme das folhas sombreadas mostra um maior número e maior comprimento de células na direção longitudinal do que as folhas não sombreadas (SOUZA *et al.*, 2017; MITCHELL; SOPER, 1958).

Souza *et al.* (2017) avaliando as características morfológicas e produtivas do *Cenchrus ciliaries* (capim-buffel) em consórcio com *Clitoria ternatea* (cunhã) sob sombreamento artificial (0%, 26, 39, 55%), verificou aumento no comprimento da folha a medida que aumentou sombreamento. Paciullo *et al.* (2016) avaliando a morfogênese de *Panicum maximum* cv. Tanzânia e cv. Massai sob diferentes níveis de sombra (0, 37 e 58%), verificou um aumento da taxa de alongamento das folhas com o sombreamento.

De acordo com Paciullo *et al.* (2016) uma das respostas principais das plantas sombreadas é o alongamento dos colmos como forma de tentar expor as folhas a maior intensidade luminosa e permitindo uma melhor distribuição de luz dentro do dossel, no entanto, foi observado no presente estudo que a taxa de alongamento do colmo (Tabela 4) e comprimento final do pseudocolmo do capim-zuri (Tabela 5) não foram influenciados pelo sombreamento. Esta resposta deve-se ao comportamento de algumas espécies em priorizar a alocação de fotoassimilados para formação de folhas ou alongamento das folhas já formadas, como foi o caso da resposta encontrada, ao invés de colmo, para maior captação de radiação (BALDISSERA *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2016).

A diminuição na taxa de senescência foliar nos sombreamentos mais intensos, observada neste estudo (Tabela 4) pode estar relacionada à tendência de aumento no comprimento das folhas (Tabela 5), pois com isso as folhas permanecem alongando por um

maior de período de tempo, prolongando a fase vegetativa e reduzindo a senescência das folhas sob sombreamento mais intenso (LOPES *et al.*, 2017 a).

A diminuição da duração de vida da folha (DVF) observada com o sombreamento na atual pesquisa (Tabela 4) pode estar relacionada às mudanças nos fatores abióticos de crescimento das plantas, como a temperatura, umidade relativa do ar e luminosidade ao longo do ano, que reflete a ação de mecanismos adaptativos para assegurar a rebrotação e perenidade (PACIULLO *et al.*, 2008). Além disso, o aumento na taxa fotossintética com o sombreamento nas plantas, observado na Tabela 6, provoca taxas mais rápidas de fixação de C e crescimento, aumentando a taxa de aparecimento de folhas e diminuindo a duração de vida de folhas (NAVAS *et al.*, 2003; NELSON, 2000; NASCIMENTO *et al.*, 2019).

A diminuição do número de folhas vivas com o sombreamento (Tabela 5) pode estar relacionada ao aumento da área por folha, observado com o maior comprimento foliar sob o sombreamento (NASCIMENTO, 2018; MARTUSCELLO *et al.*, 2005). Quando as plantas estão sujeitas a restrição luminosa, o menor número de folhas permite maior penetração de luz no interior do dossel, reduzindo a competição e, por outro lado, o aumento da área por folha possibilita maior absorção de luz nos diferentes estratos do dossel e aumento da eficiência de utilização da radiação (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Geralmente o perfilhamento é uma variável fortemente afetada pela baixa luminosa nas plantas, sendo que estudos têm verificado redução na densidade de perfilhos, como estratégia para investir fotoassimilados nos perfilhos existentes ao invés de produzir novos perfilhos (PACIULLO *et al.*, 2016; NASCIMENTO, 2018). No entanto, foi observado no presente estudo, que a densidade de perfilhos não foi influenciada pelos níveis de sombreamento (Tabela 5), uma vez que as plantas, provavelmente, utilizaram outras estratégias como aumento da altura das plantas (Tabela 2) e uma diminuição do número de folhas por perfilho (Tabela 5), que permitiram a entrada de maior radiação dentro do dossel, favorecendo o perfilhamento das plantas sombreadas (CRUZ, 2019).

A adaptação rápida das plantas a intensidade luminosa e recuperação da sua capacidade produtiva é atribuída a aclimatação da espécie ao meio onde está sendo cultivada, denominada plasticidade fenotípica, a qual é definida como mudanças reversíveis ocorridas na morfologia e arquitetura das plantas por influência do ambiente, incluindo tamanho, estrutura e posicionamento espacial dos órgãos (NASCIMENTO, 2018).

Outro aspecto observado nas plantas forrageiras sob sombreamento é que geralmente há uma relação inversa entre a densidade de perfilhos e o peso de perfilhos sob sombreamento, sendo que a medida que aumenta a densidade perfilhos no dossel, o peso do perfilho diminuiu,

enquanto reduções nas densidades de perfilho no pasto, proporciona peso de perfilho maior (NASCIMENTO, 2018).

Além disso, peso médio do perfilho também está relacionada a algumas variáveis como o comprimento da folha e do colmo e a taxa de aparecimento foliar por perfilho, uma vez que, dependendo das alterações que ocorrem com estas variáveis, o peso do perfilho também será alterado (GOBBI *et al.*, 2009). No entanto, mesmo havendo uma tendência de aumento do comprimento final da folha (Tabela 5) e da taxa de aparecimento foliar (Tabela 4) com o sombreamento, a semelhança na densidade de perfilhos e no comprimento do colmo entre os níveis de sombra, observada na atual pesquisa, fez com que o peso dos perfilhos também não fossem alterados com sombreamento (Tabela 5).

O aumento no índice de área foliar (IAF) com sombreamento (Tabela 5), verificado principalmente nos sombreamentos de 47% e 64%, está relacionado ao número de folhas vivas por perfilho, ao aumento na altura das plantas e ao aumento do comprimento da lâmina foliar nestes níveis de sombreamento. Já no sombreamento a 74% houve maior comprimento de folha e altura das plantas, no entanto, menor número de folhas por perfilho, que proporcionou menor valor de IAF (Tabela 5) (GOMES *et al.*, 2019; COELHO *et al.*, 2014). Segundo Sousa *et al.* (2011), as características morfogênicas e condições ambientais são os principais fatores que modificam a quantidade de área foliar capaz de interceptar a radiação solar.

A fotossíntese de algumas espécies forrageiras quando submetidas ao sombreamento podem diferenciar quanto à densidade de estômatos, dos quais são identificados como a porta de entrada e saída das moléculas gasosas para a realização da fotossíntese (PEREIRA *et al.*, 2018; SILVA *et al.*, 2005). Com isso, o aumento da fotossíntese do capim-zuri sob o sombreamento (Tabela 6), pode ocorrer devido ao aumento na proporção de folhas e do comprimento da folha sob o sombreamento que reflete, possivelmente, a um aumento na densidade de estômatos nas plantas e conseqüentemente maior taxa fotossintética. Em condições de restrição luminosa as plantas forrageiras apresentam a capacidade de adaptar-se a intensidade luminosa em que se encontram, por meio de alterações significativas na distribuição de recursos entre os componentes do aparato fotossintético (SEEMANN *et al.*, 1987).

Dias-Filho (2002), avaliando respostas fotossintéticas da *Brachiaria brizantha* cv marandu (capim-marandu) e da *Brachiaria humidicola* (capim-quicuí-da-amazônia) em casa de vegetação sob sombreamento artificial, identificou que as duas espécies forrageiras são capazes de se ajustar ao comportamento fotossintético sob sombreamento, com maior destaque devido a adaptação do quicuí-da-amazônia.

O aumento da taxa transpiratória sob sombreamentos mais intensos (64 e 74%) (Tabela 6) deve-se provavelmente a maior taxa fotossintética nesses níveis de sombreamento, pois à medida que a planta absorve dióxido de carbono (CO_2), a água é perdida pelo processo de transpiração, com intensidade variável, dependendo do gradiente de potencial entre a superfície foliar e a atmosfera (PEREIRA *et al.*, 2018; CONCENÇO *et al.*, 2008). Este aumento observado na taxa transpiratória sob sombreamento (Tabela 6) implica em maior quantidade de CO_2 fixado e acumulado internamente na câmara estomática, representando maior produção de fotoassimilados e maior alocação de biomassa nos tecidos (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Santos *et al.* (2017) avaliando os parâmetros fisiológicos *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em diferentes arranjos do sistema agrossilvipastoril, verificou que as plantas de braquiária cultivadas sob a luz do sol exibiram uma taxa de transpiratória mais alta do que as plantas cultivadas em sistemas sombreados.

As respostas estomáticas imediatas às mudanças na diferença de pressão de vapor (DPV) geralmente são associadas à disponibilidade de água na planta e não à demanda por carbono fotossintético na folha (LAWSON e BLATT, 2014; NASCIMENTO *et al.*, 2019). O aumento do sombreamento pode criar um microclima com maior umidade relativa no sub-bosque dos sistemas integrados. Isso reduz o gradiente de pressão de vapor, favorecendo a abertura estomática e aumentando condutância estomática (OCHELTREE *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2017). Como observado no presente estudo, em condições intensas de sombreamento (74%), ocorrem reduções das taxas de fotossíntese e da condutância estomática em relação ao sombreamento de 64%, mas foram maiores que as plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 6).

A maior eficiência no uso da água (EUA) foi constatada sob o sombreamento moderado a 47%, onde também foi observada a menor taxa transpiratória (Tabela 6). A medida que aumentou a taxa transpiratória nos sombreamentos mais intensos 64 e 74%, a eficiência no uso da água diminuiu quando comparada ao sombreamento moderado (Tabela 6). A maior eficiência no uso da água nos sistemas sombreados, em relação as plantas a pleno sol, é devido a redução na taxa transpiratória com o sombreamento, uma vez que a planta deve manter a mesma quantidade de CO_2 assimilado para obter valores de EUA mais elevados (SANTOS *et al.*, 2017).

Já a temperatura da folha aumentou com a intensificação do sombreamento nas plantas (Tabela 6). Provavelmente, isso ocorreu devido à diminuição da evapotranspiração nos sistemas sombreados e a diminuição da perda de água nas folhas, dificultando a dissipação do calor, consequentemente, aumentando a temperatura das folhas (MONTEIRO *et al.*, 2016).

O aumento da clorofila a e a tendência de aumento da clorofila b sob o sombreamento está relacionado a uma forma de adaptação das plantas em condições de luminosidade reduzida, onde os cloroplastos acumulam-se nas superfícies celulares paralelamente ao plano da folha, ficando alinhados perpendicular à luz incidente e maximizando a absorção de luz (NASCIMENTO *et al.*, 2019; RAMOS *et al.*, 2018). Além disso, há um aumento na concentração de clorofila por centro de reação (NASCIMENTO *et al.*, 2019). Em condições de alta radiação a planta adapta, degradando a clorofila para absorver menos energia.

5 CONCLUSÃO

O capim-zuri manejado a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno apresenta alta adaptação ao sombreamento de 64%, visto que nesta condição há maior produção de massa seca, maiores proporções de folhas e da taxa de aparecimento foliar, menor taxa senescência das plantas, aumentos no comprimento final da folha, no índice de área foliar, na eficiência do uso da água e aumento nos teores de clorofila que conseqüentemente, proporcionam maiores taxas fotossintéticas sob este nível de sombreamento, sendo recomendado uma altura de manejo de corte ou pastejo de 0,77 m a 64% de sombreamento.

O capim-zuri quando cultivado a 74% de sombra apresenta produção de massa seca maior que a pleno sol nas estações outono e inverno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC. **Perfil da pecuária no Brasil**. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2019.

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

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n.1, p. 430-445, 1959.

BALDISSERA, T. C.; DA SILVEIRA PONTES, L.; GIOSTRI, A. F. *et al.* Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1199-1207, 2016.

BIRCHAM, J.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

COELHO, J. S.; DO CARMO ARAÚJO, S. A.; VIANA, M. C. M. *et al.* Morphophysiology and nutritive value of signalgrass in silvipastoral system with different tree arrangements. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

CONCENCO, G. *et al.* Water use in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotypes under competition. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.449-455, 2007.

CRUZ, P. J. R. **Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob sombreamentos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2019.

DEVICES, D. **AccuPAR PAR/LAI Ceptometer - Model LP-80 - Operator's Manual**. METER GROUP, I. U. METER Group, Inc. USA 2365 NE Hopkins, Court Pullman-WA, 2004.

DIAS-FILHO, M. B. Photosynthetic light response of the C₄ grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 1, p. 65-68, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA E AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. **BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária**. Campo Grande, 2014. (Folder).

GASTAL, F., & LEMAIRE, G. Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilization in Pasture: Review of the Underlying Ecophysiological Processes. **Agriculture**, v.5, n. 4, p. 1146–1171, 2015.

GEREMIA, E. V., CRESTANI, S., MASCHERONI, J. D. C., CARNEVALLI, R. A., MOURÃO, G. B., & DA SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

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

GOMES, F. J., PEDREIRA, C. G., BOSI, C., CAVALLI, J., HOLSCHUCH, S. G., MOURÃO, G. B., ... & PEDREIRA, B. C. Shading effects on Marandu palisadegrass in a silvopastoral system: Plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, 2019 (a).

GOMES, V. C., DA SILVA BARROS, J., DE LIMA MEIRELLES, P. R., COSTA, C., DE SANTANA, E. A. R., PARIZ, C. M., DE CASTILHOS, A. M. Productivity and morphological composition of Xaraés palisade grass under three light intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 2749-2758, 2019 (b).

GÓMEZ S., GUENNI O. AND 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, p. 395– 407, 2013.

GOMIDE C.A.M., PACIULLO D.S.C., COSTA I.A., LIMA A.M., CASTRO C.R.T., LÉDO F.J.S. Morphogenesis of dwarf elephant grass clones in response to intensity and frequency of

defoliation in dry and rainy seasons. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.1445– 1451, 2011.

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

JANK, L.; MARTUSCELLO, J. A.; EUCLIDES, V. B. P.; VALLE, C. B.; RESENDE, R. M. S. *Panicum maximum*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa-MG: Editora UFV, p.166-196. 2010.

LAWSON, T., & BLATT, M. R. Stomatal Size, Speed, and Responsiveness Impact on Photosynthesis and Water Use Efficiency. **Plant Physiology**, 164(4), 1556–1570, 2014.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEIZ, M. Efficiency of Herbage Utilization. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 265, 2000.

LOPES DE SÁ, O.; LARA, M.; EVANGELISTA, A. *et al.* Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 2, p. 335-340, 2015.

LOPES, C. M., PACIULLO, D. S. C., ARAÚJO, S. A. C., GOMIDE, C. D. M., MORENZ, M. J. F., & VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.225-233, 2017 (a).

LOPES, C. M., PACIULLO, D. S. C., ARAÚJO, S. A. D. C., MORENZ, M. J. F., GOMIDE, C. A. D. M., MAURÍCIO, R. M., BRAZ, T. G. D. S. Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p.1-7, 2017 (b).

MARTUSCELLO, J. A., DA FONSECA, D. M., NASCIMENTO JUNIOR, D. D., SANTOS, P. M., RIBEIRO JUNIOR, J. I., CUNHA, D. N. F. V., & MOREIRA, L. D. M. Características morfológicas e estruturais do Capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 34, n.5, 2005.

MARTUSCELLO, J. A., RIOS, J. F., FERREIRA, M. R., ASSIS, J. A. D., BRAZ, T. G. S., & CUNHA, D. V. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim De Indústria Animal**, v.76, p.1-10, 2019.

McWILLIAM, JR. Resposta de pastagens à temperatura. In: WILSON, JR (Ed). **Relação de plantas em pastagens**. East Melbourne, Austrália: CSIRO, 1978. p.17–34.

MITCHELL, K. J., SOPER, K. Effects of differences in light intensity and temperature on the anatomy and development of leaves of *Lolium perenne* and *Paspalum dilatatum*. **New Zealand Journal of Agricultural Research, Auckland**, v. 1, n. 1, p. 1-16, 1958.

MONTEIRO, M. V., BLANUŠA, T., VERHOEF, A., HADLEY, P., & CAMERON, R. W. F. Relative importance of transpiration rate and leaf morphological traits for the regulation of leaf temperature. **Australian Journal of Botany**, v. 64, p. 32–44. 2016.

NASCIMENTO, H. L. B. Respostas produtivas e morfofisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril. Tese (Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2018.

NASCIMENTO, H. L. B., PEDREIRA, B. C., SOLLENBERGER, L. E., PEREIRA, D. H., MAGALHÃES, C. D. S., & CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p.384-394 (2019).

NAVAS, M. L.; DUCOUT, B.; ROUMET, C. *et al.* Leaf life span, dynamics and construction cost of species from Mediterranean old-fields differing in successional status. **New phytologist**, v. 159, n. 1, p. 213-228, 2003.

NELSON, C. J. Shoot morphological plasticity of grasses: leaf growth vs. tillering. In C. LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; DE MORAES, A.; CARVALHO, P.C.F.; **Grassland ecophysiology and grazing ecology Wallingford**: Ed. Nabinger, CABI Publishing, p. 101-126, 2000.

NETO, A. C., VIEIRA, G. H. S., HADDADE, I. R., LOPES, T, MELLO, B. L. B. Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira. **Incap em Revista**, v.9, p. 51-65, 2018.

OCHELTREE, T. *et al.* Stomatal responses to changes in vapor pressure deficit reflect tissue-specific differences in hydraulic conductance. **Plant, Cell & Environment**, v.37, n.1, p.132-139, 2014.

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

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. *et al.* 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.

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

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. *et al.* Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2016.

PEREIRA, K. A., ANÉSIO, A. H. C., LOBO, U. G. M., DE OLIVEIRA, A. R., & CAMPOS, J. C. D. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistema agrossilvipastoril: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1333-1355, 2018.

RAMOS, L. M.; REIS, F. O.; CATUNDA, P. H. A. *et al.* Ecofisiologia de *Brachiaria decumbens* em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 201-210, 2018.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., H.V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação.** Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. *et al.* 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.

SANTOS, M. V., DA FONSECA, D. M., DA SILVA, L. D., DE SOUZA, W. F., DE OLIVEIRA, T. S., FERREIRA, L. R., ... & PACIULLO, D. S. C. Integrated crop–forage–forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. **Agroforestry Systems**, v. *online*, p. 1-11, 2019.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. *et al.* *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, 2017.

SAS, S. A. S.; GUIDE, STAT User's. Version 9.1. *SAS Institute Inc., Cary, NC*, 2003.

SBRISSIA, A.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 731-754, 2001.

SEEMANN, J. R.; SHARKEY, T. D.; WANG, J. *et al.* Environmental effects on photosynthesis, nitrogen-use efficiency, and metabolite pools in leaves of sun and shade plants. **Plant physiology**, v. 84, n. 3, p. 796-802, 1987.

SILVA, J. A. N.; DE SOUZA, C. M. A.; DA SILVA, C. J. *et al.* Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 769-775, 2012.

SILVA, L. M.; ALQUINI, Y.; CAVALLET, V. J. Inter-relações entre a anatomia vegetal e a produção vegetal. **Acta Botanica Brasílica**, v. 19, n. 1, p. 183-194, 2005

SKINNER, R.; NELSON, C. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

SOUZA, B. M. L.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; RODRIGUES, C. S.; MONTEIRO, H. C. F.; SILVA, S. C.; FONSECA, D. M.; SBRISSIA, A. F. Morphogenetic and structural characteristics of xaraes palisadegrass submitted to cutting heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. 53-59, 2011.

SOUZA, A. H. C.; DA SILVA FELIX, T. M.; DO MONTE, A. P. O. *et al.* Productivity and morphological characteristics of buffel grass intercropped with butterfly pea under shade conditions. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, 2017.

WILHELM, W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science*, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

CAPÍTULO 3 – CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS, ESTRUTURAIS, FISIOLÓGICAS E PRODUTIVAS DO CAPIM-TAMANI SOB RESTRIÇÃO LUMINOSA

RESUMO

O objetivo com este estudo foi avaliar o comportamento de *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Tamani (capim-tamani) sob diferentes níveis de sombreamentos ao longo das estações outono e inverno de 2019 e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL). O capim-tamani foi avaliado em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64% e 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas a pleno sol. As plantas já estabelecidas e adaptadas aos níveis impostos de radiação a três anos, foram constantemente mantidas sob rebrotação e corte quando atingiram 95% de interceptação luminosa (IL). Foram realizadas avaliações morfogênicas, composição morfológica, estrutural e fisiológicas das plantas ao longo das estações outono e inverno de 2019, em Diamantina, MG. As plantas de capim-tamani sob sombreamento de 47% produziram 40% a mais que as plantas cultivadas a pleno sol e mesmo sob os sombreamentos mais intensos de 64% e 74%, as plantas de capim-tamani produziram 34% e 33%, respectivamente, a mais que as plantas cultivadas sem sombreamento. A proporção de folhas, a relação folha e colmo, a taxa de aparecimento de folhas, a taxa fotossintética, e os teores de clorofila a e b apresentaram comportamento quadrático com sombreamento, com maiores valores nos sombreamentos a 47% e 64%. Foi observado também aumento linear na taxa de alongamento das folhas e na altura das plantas com o aumento do sombreamento. O capim-tamani manejado a 95% de IL nas estações outono e inverno, apresentou grande tolerância aos sombreamentos de 47% e 64% e média tolerância ao sombreamento de 74%. Além disso, é indicado altura de 0,50m, aproximadamente, para a entrada dos animais ou a interrupção da rebrotação do capim-tamani sob o a 47% e 64% de sombreamento.

Palavras chave: Interceptação luminosa. *Panicum maximum*. Silvipastoril. Agrossilvipastoril.

1 INTRODUÇÃO

Globalmente, são necessários sistemas de produção para atender aos requisitos de quantidade e qualidade da produção de alimentos, sem prejuízo da preservação ambiental (SANTOS *et al.*, 2019). Assim, os sistemas que integram lavoura, pecuária e floresta (ILPF), também conhecidos como sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris surgiram como alternativas

para melhorar a produtividade, a eficiência de uso da terra e na recuperação de áreas degradadas e promovendo sequestro de carbono (BALDISSERA *et al.*, 2016; LOPES *et al.*, 2017 b; SANTOS *et al.*, 2019). No entanto, as alterações microclimáticas impostas pelos dosséis das árvores, são um aspecto importante da incorporação das espécies arbóreas às pastagens. Essas mudanças podem afetar o crescimento das plantas e, conseqüentemente, a dinâmica do pasto (GEREMIA *et al.*, 2018; LOPES *et al.*, 2017 a).

As plantas sob condições de sombra podem mostrar mecanismos para tolerar ou escapar das condições de luz reduzidas (PACIULLO *et al.*, 2016; BALDISSERA *et al.*, 2016). Esses mecanismos podem levar a diferentes respostas estruturais nas plantas, como maior altura de plantas e aumento da área foliar (GEREMIA *et al.*, 2018). O sombreamento também provoca mudanças em características fisiológicas nas plantas, como o aumento na condutância estomática, na eficiência no uso da água e reduções na taxa transpiratória devido ao microclima favorável sob a copa das árvores (SANTOS *et al.*, 2017).

Além disso, outros critérios devem ser considerados para algumas espécies que crescem sob árvores. As variáveis do pasto que apresentam maior correlação com a produção de forragem são a altura e o índice de área foliar (IAF). Quando o valor de IAF está próximo a 95% de interceptação luminosa, situação em que 95% da luz incidente é interceptada pelo dossel, o balanço entre os processos de crescimento e senescência seria máximo, permitindo maior acúmulo de forragem (LEMAIRE, 2001). Entretanto, devido à restrição luminosa imposta pelas árvores sobre as forrageiras no sub-bosque, tanto o valor do IAF, quanto as demais variáveis morfológicas e fisiológicas podem variar de acordo com a espécie ou cultivar estudada (LOPES *et al.*, 2017 a).

A escolha das forrageiras para o uso em sistemas de ILPF deve se basear na sua tolerância ao sombreamento. A espécie *Panicum maximum* é uma das espécies mais importantes para a produção de gado nas regiões tropicais e subtropicais (PACIULLO *et al.*, 2016). Muitas cultivares de *P. maximum* apresentam níveis médios de tolerância à sombra (SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016), o que indica que eles têm potencial para uso em sistemas silvipastoris.

O capim-tamani é o primeiro híbrido de *Panicum maximum* lançado em 2015 pela EMBRAPA, proveniente do cruzamento entre a planta sexual S12 e o acesso apomítico T60 (BRA-007234). Esta cultivar foi selecionada por seu porte baixo, abundância de lâminas foliares e perfilhos, além de ser produtiva e vigorosa, esta cultivar apresenta valor nutritivo mediano, resistência à cigarrinha-das-pastagens, facilidade e flexibilidade de manejo, sendo indicada para diversificação das pastagens no bioma Cerrado (NETO *et al.*, 2018).

O objetivo com este estudo foi avaliar o comportamento de *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Tamani (capim-tamani) sob diferentes níveis de sombreamentos ao longo das estações outono e inverno de 2019 e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL).

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus Juscelino Kubistchek, localizado no município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil, com coordenadas geográficas de 18°12'10.72" Latitude Sul; 43°34'21.00" Longitude Oeste e altitude de 1.404 m. O clima do local é Cwb, conforme a classificação Köppen, com inverno seco e chuvas no verão, com temperatura média de 20 °C. A precipitação registrada pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP – INMET, 2018) durante o período experimental, março de 2019 a setembro de 2019, foi de 280 mm e a média da umidade relativa do ar em torno 70% (Figura 1).

As temperaturas máximas e mínimas das áreas experimentais foram registradas diariamente, durante todo o período experimental, para expressão dos resultados em graus dia. O monitoramento foi realizado por meio de termômetros tipo capela modelo TM-38 CAP instalados na região central de cada área de sombreamento e a pleno sol (Figura 1).

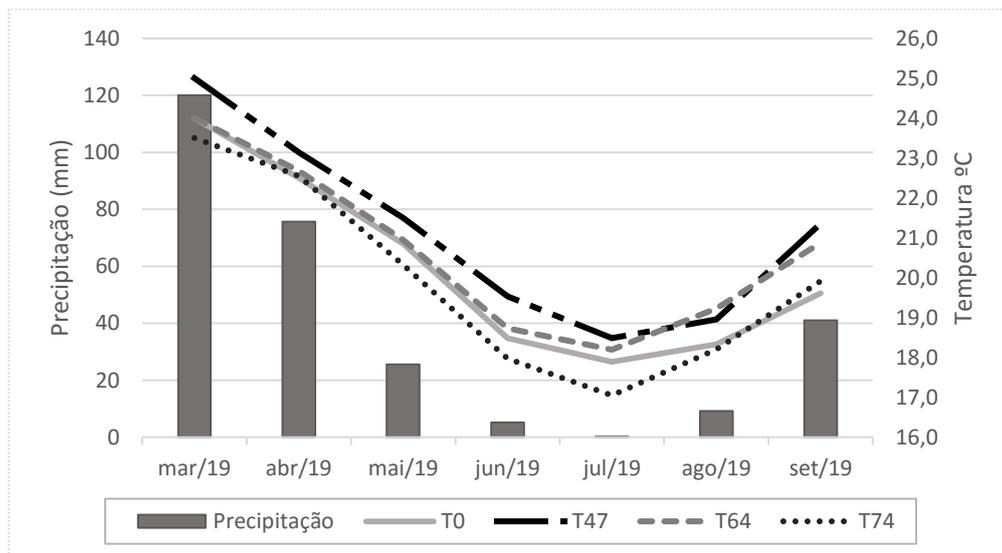


Figura 1. Precipitação mensal (mm) e temperatura média (°C) sob condições sem sombreamento (T0), com 47% (T47), 64% (T64) e 74% (T74) de sombreamento, registrada no período de março de 2019 a setembro de 2019 em Diamantina-MG. Fonte dos dados de precipitação: INMET (2019)

A espécie forrageira tropical *Panicum maximum* Jacq. cv. Tamani (capim-tamani) foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64%, 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas sem sombreamento (pleno sol), durante as estações outono e inverno de 2019, época considerada crítica para o crescimento de gramíneas tropicais.

O experimento foi realizado em uma área já implantada com sombreamento artificial construída em estrutura de madeira e arame liso. As áreas foram cobertas com tela de náilon de diferentes diâmetros, inclusive as laterais. A área sem sombreamento possuía a mesma dimensão.

A semeadura foi realizada em abril de 2015 em canteiros de 5,0 m² com espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 10,0 m lineares por canteiro e espaçamento de 1,0 metro entre canteiros e a taxa de semeadura utilizada foi de 2,5 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis (SPV) (CRUZ, 2019).

Foram realizadas coletas de solo na camada de 0-20 cm para avaliação da fertilidade. O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH em H₂O: 5,5; P: 0,9 mg dm⁻³ (Mehlich) e K: 19,00 mg dm⁻³; Ca⁺²: 0,9; Mg⁺²: 0,4 e Al⁺³: 0,00 cmolc dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), CTC (Capacidade de troca de cátions): 3,33 cmolc dm⁻³, soma de bases: 1,35 cmolc dm⁻³, H + Al: 1,98 cmolc dm⁻³ e 1,86 dag kg⁻¹ de matéria orgânica e 28,4 mg dm⁻³ de P-rem. A adubação de estabelecimento foi realizada de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO *et al.*, 1999) para alto nível tecnológico, aplicando 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em forma de superfosfato simples (0,225 Kg) e 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico equivalente a 0,5 kg de calcário por canteiro.

A adubação de manutenção foi realizada 35 dias após a semeadura (DAS), em maio de 2015, empregando-se 100 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100,0 kg ha⁻¹ de K₂O diluídos em água e distribuídos nos canteiros com o auxílio de regadores. O desbaste das plantas forrageiras foi realizado aos 42 DAS, mantendo-se 20 plantas por m². Após o estabelecimento completo das plantas foram realizadas adubações ao início de cada estação do ano utilizando-se 50 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia e 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma KCl e o corte foi realizado de 2015 a 2019 quando as plantas atingiram 95% da interceptação luminosa.

Os sombreamentos artificiais foram proporcionados por tela de náilon de cor preta com diferentes diâmetros dos orifícios em cada tela, descritos comercialmente com 30, 60 e 90% de sombreamento. Foi realizada a medição da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, dentro de cada tela de náilon para calcular o percentual médio de redução da RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação as plantas a pleno sol e assim

verificar o sombreamento exercido por cada tela de náilon sobre as plantas cultivadas ao longo do período experimental. Com isso, no período de março de 2019 a setembro de 2019 foi registrado $668 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de RFA para as plantas cultivadas sem sombreamento, a partir disso foram obtidos os valores médios de 47 % - $353 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 64 % - $242 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 74% - $172 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de sombreamento para os sombrites descritos comercialmente com percentuais de sombra de 30, 60 e 90%, respectivamente (Tabela 1).

As plantas foram irrigadas diariamente mantendo-se 80% da capacidade de campo do solo e semanalmente foi realizado o controle manual de plantas daninhas para redução da competição por recursos e avaliação apenas das plantas de interesse.

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra em relação ao pleno sol e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.

Itens	Sombreamento (%)			
	0	47	64	74
RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	668	353	242	172
Sombra (%)	0	47	64	74
V/VE	1,14	1,13	1,15	1,14

As plantas foram mantidas em corte constante quando as mesmas atingiram 95% interceptação luminosa (IL). Com isso, a interceptação luminosa foi monitorada semanalmente por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, às 9:00, 12:00 e 15:00 horas, em dias com condições homogêneas de luminosidade, seguindo as recomendações de uso do aparelho (DEVICES, 2004).

As avaliações morfogênicas e estruturais iniciaram após o último corte de uniformização realizado em março de 2019. Inicialmente foram marcados seis perfilhos em cada unidade experimental com fios de arames lisos de cores diferentes e ao lado uma haste de metal (vergalhão) de aproximadamente 1,0 m de altura para facilitar a localização dos perfilhos selecionados para avaliação. Para a seleção dos perfilhos foi utilizada como padrão a altura média das plantas de cada unidade experimental e perfilhos com no mínimo duas folhas vivas.

Os perfilhos selecionados em cada unidade experimental foram avaliados duas vezes por semana até que as plantas atingissem 95% de IL, momento determinado para o manejo de desfolhação (corte). A cada avaliação foram mensurados em centímetros, o comprimento do colmo, comprimento da lâmina foliar, registro de novas folhas surgidas por perfilho e verificação das folhas expandidas e senescentes (BIRCHAM e HODGSON, 1983; LOPES DE

SÁ *et al.*, 2015). As folhas foram classificadas como expandidas quando apresentaram a lígula totalmente exposta e como lâmina foliar morta quando o limbo foliar apresentava 50% ou mais comprometido pela senescência (BIRCHAM e HODGSON, 1983).

A partir dos dados registrados a campo foram realizados os cálculos para determinação das variáveis-resposta como a taxa de aparecimento foliar e filocrono (número de dias para o aparecimento de duas folhas consecutivas) (WILHELM E MCMASTER, 1995); taxa de alongamento foliar (SKINNER e NELSON, 1995); taxa de alongamento do colmo (SBRISSIA e SILVA, 2001); taxa de senescência foliar (BIRCHAM e HODGSON, 1983); duração de vida da folha (filocrono x número de folhas por perfilho) (LEMAIRE e AGNUSDEIZ, 2000); comprimento final da folha, comprimento final do colmo e o número de folhas vivas por perfilho.

Os resultados das variáveis taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento do colmo, taxa de senescência foliar e a duração de vida da folha também foram expressos em tempo térmico (graus dia), além dos valores expressos em dias. Os resultados da morfogênese expressos em graus dias foi calculado por meio da equação proposta por Arnold (1959), que considera apenas a temperatura basal inferior (T_b) no cálculo dos graus-dia (Equação 1). No atual trabalho o valor da temperatura base inferior utilizada para o cálculo em graus dias foi 15°C, indicado por McWilliam (1978) para gramíneas forrageiras tropicais.

$$GD = \frac{TM + Tm}{2} - T_b$$

Equação 1. Método de soma térmica, proposta por Arnold (1959), em que: GD = graus-dia, °C; TM = temperatura máxima do dia, °C; Tm = temperatura mínima do dia, °C; T_b = temperatura basal inferior, °C.

Ao atingir 95% de IL, o momento estipulado para o corte, foi determinada a altura das plantas com auxílio de bastão medidor e o índice de área foliar (IAF) com o uso do Ceptômetro. Posteriormente foram realizadas as avaliações fisiológicas.

As leituras de qualidade da luz (relação vermelho, vermelho distante) foram realizadas cinco vezes acima do dossel de plantas em cada unidade experimental a pleno sol e em cada sombreamento, utilizando-se um medidor de luz vermelha e vermelho distante modelo LightScout Red/Far Red Meter. Concomitantemente, foram realizadas leituras dos teores de clorofila *a* e *b*, às dez horas da manhã do dia do corte, posicionando-se o equipamento no terço médio da primeira folha completamente expandida, em 6 (seis) plantas de cada unidade experimental, utilizando-se um clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL 1030.

A taxa fotossintética (A), condutância estomática (G_s), taxa transpiratória (E) e temperatura da folha ($TFol$), foram avaliados por meio de um aparelho de sistema aberto portátil de trocas gasosas, IRGA (Infra Red Gas Analyzer), modelo LCA 4 (ADCLtd., Hoddesdon, UK) utilizado com intensidade luminosa artificial de $1.200 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em nove folhas completamente expandidas, no período de oito às dez horas da manhã, com exposição à radiação solar. Posteriormente foi calculada a eficiência no uso da água (EUA , A/E).

A produção de forragem foi determinada em cada unidade experimental por meio de três amostras coletadas com moldura de ferro com área conhecida de 0,5 metros quadrados (m^2), deixando uma com altura de resíduo de 20 cm do solo. Posteriormente todas as unidades experimentais foram cortadas e uniformizadas, almejando-se iniciar um novo ciclo de crescimento.

O material fresco coletado foi pesado e separado em duas subamostras, sendo uma subamostra utilizada para determinação da massa da composição morfológica e a outra utilizada para determinação da produção de forragem e da densidade de perfilhos (número de perfilhos. m^{-2}). As frações da composição morfológica foram determinadas após a separação das lâminas foliares verdes, pseudocolmos (colmo e bainha foliares), material senescente (50% morto) e inflorescência que foi pesado separadamente.

Posteriormente, após a pesagem e a separação do material fresco as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada à 65°C por 72 horas ou até peso constante. Após secagem, as amostras foram pesadas para determinação da produção de massa seca, do peso médio dos perfilhos (produção de massa seca/ número de perfilhos) e da porcentagem de folhas, colmo, material senescente e inflorescência. A produção de forragem foi obtida somando-se a produção de massa seca de cada ciclo de crescimento ao longo das duas estações do ano e os componentes morfológicos foram apresentados e avaliados em porcentagem da massa seca total da forragem amostrada.

Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1 (SAS Institute, 2003). As médias das características morfogenéticas, estruturais, fisiológicas foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. Foram considerados intervalos entre 5 a 10% de probabilidade como região de tendência. A melhor equação ajustada foi escolhida de acordo com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica.

3 RESULTADOS

A produção para nos diferentes níveis de sombreamentos foi avaliada durante 181 dias sob regime de corte constante a 95% de IL ao longo do outono e inverno. No entanto, quando foi realizado o cálculo dos dias em tempo térmico, foram observados diferentes graus dias acumulados para cada nível de sombreamento nas plantas (Tabela 2).

A produção de massa seca do capim-tamani, avaliada por meio da regressão, apresentou comportamento quadrático ($y = -0,6016x^2 + 61,915x + 4085,2$; $R^2 = 0,99$) em função do aumento do sombreamento e quando realizado o teste de tukey, foi observado maiores produções de massa seca para as plantas cultivadas sob sombreamento de 47%, 64% e 74%. Entretanto, as plantas cultivadas sob sombreamento a 47%, apresentou uma produção com 40% a mais que as plantas cultivadas a pleno sol. Já as plantas submetidas aos sombreamentos de 64% e 73%, apresentaram produção de massa seca semelhante as plantas a pleno sol, no entanto, mesmo sob sombreamento de 64% a forrageira produziu 34% a mais que as plantas a pleno sol. Além disso, os sistemas com sombreamento de 47% e 64%, além de apresentarem maiores produções de seca do capim-tamani, também foi os sistemas que apresentou maiores acúmulos de graus dias (Tabela 2).

Tabela 2. Produção de massa seca (PMS) e altura de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
PMS (kg ha ⁻¹)	4.080 b	5.720 a	5.477 ab	5.431 ab	14,71	0,0053	0,0203
Altura (m)	0,43 b	0,51 a	0,52 a	0,55 a	11,42	0,0079	0,2208
Graus dias acumulados	1013,4	1171,3	1102,3	961,81	-	-	-

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

² CV=Coefficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de significância.

A altura das plantas aumentou linearmente ($y = 0,1518x + 43,02$; $R^2 = 0,97$) à medida que o sombreamento aumentou (Tabela 2). Por meio do teste de tukey, foi possível observar que as plantas sombreadas apresentaram alturas de corte semelhantes entre os níveis de sombreamento, no entanto, essa altura corte, independente do nível de sombra, é superior quando comparada as plantas cultivadas a pleno sol.

A proporção de folhas, colmo e de material senescente apresentou comportamento quadrático em função do sombreamento nas plantas. A proporção de folhas ($y = -0,0139x^2 +$

0,9778x + 77,19; $R^2 = 0,81$) foi maior no sombreamento de 64% e menor no sombreamento de 74%; a proporção de colmo ($y = 0,0035x^2 - 0,2077x + 4,24$; $R^2 = 0,72$) e material senescente ($y = 0,0101x^2 - 0,728x + 15,88$; $R^2 = 0,88$) foram menores no sombreamento de 64% e maiores no sombreamento de 74%. A proporção de inflorescência não foi influenciada ($p=0,1612$) pelos níveis de sombreamento (Tabela 3).

A relação folha/colmo apresentou comportamento quadrático em função do aumento do sombreamento. A relação folha/colmo foi maior no sombreamento a 64% ($y = -0,0167x^2 + 1,2069x + 18,42$; $R^2 = 0,92$) (Tabela 3).

Tabela 3. Proporção de folha, colmo, material senescente, inflorescência, relação folha/colmo de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Folha (%)	77,74	86,74	93,64	67,17	13,44	0,0029	0,0010
Colmo (%)	4,14	3,27	3,21	9,19	58,33	0,0355	0,0043
Senescente (%)	15,46	8,34	2,18	22,10	68,88	0,0035	0,0014
Inflorescência (%)	2,66	1,65	0,97	1,54	67,39	0,1612	0,2759
Folha/Colmo	18,78	26,53	29,17	7,31	72,78	0,0548	0,0321

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

² CV=Coefficiente de variação.

A taxa de aparecimento foliar, TApF, e o filocrono, FILOC, apresentaram comportamento quadrático em função do sombreamento nas plantas. A maior taxa de aparecimento foliar ($y = -1 \times 10^{-05}x^2 + 0,0008x + 0,07$; $R^2 = 0,88$) e o menor filocrono ($y = 0,0018x^2 - 0,1264x + 13,5$; $R^2 = 0,96$) foram observados a 47% de sombreamento. A taxa de alongamento foliar, TAlF, ($p=0,0655$), a taxa de alongamento do colmo, TAlC, ($p=0,1822$) e a taxa de senescência, TSF, ($p=0,8708$) não foram influenciados pelos níveis de sombra, entretanto a taxa de alongamento foliar apresentou uma tendência ($p=0,0655$) de aumento linear com sombreamento. A duração de vida da folha, DVF, diminuiu de forma quadrática em função do sombreamento nas plantas ($y = 0,0088x^2 - 0,8645x + 64,21$; $R^2 = 0,99$) (Tabela 4).

Quando a morfogênese foi avaliada em graus dias, a taxa de aparecimento foliar, TApFgd, ($p=0,1909$), o filocrono, FILOCgd, ($p=0,3307$), a taxa de alongamento foliar, TAlFgd, ($p=0,9064$), a taxa de alongamento do colmo, TAlCgd, ($p=0,4897$) e a duração de vida da folha, DVFgd, ($p=0,4441$) não foram influenciadas pelo aumento do sombreamento nas plantas. No entanto a taxa de alongamento do colmo em graus dias apresentou uma tendência ($p=0,0984$) de aumento com comportamento quadrático com o sombreamento, com maior taxa de alongamento do colmo no sombreamento a 74%. A taxa de senescência foliar

em graus dias, TSFgd, diminui linearmente ($y = -2 \times 10^{-05}x + 0,0036$; $R^2 = 0,73$) com o aumento do sombreamento (Tabela 4).

Tabela 4. Características morfogênicas de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Morfogênese ³							
TApF	0,075	0,086	0,083	0,071	14,60	0,0345	0,0162
FILOC	13,333	11,628	12,048	14,085	13,08	0,0308	0,0126
TAIF	0,989	1,382	1,556	1,557	29,98	0,0655	0,2529
TAIC	0,021	0,033	0,044	0,063	44,50	0,1822	0,2975
TSF	0,020	0,018	0,021	0,021	43,17	0,8708	0,7902
DVF	63,984	42,682	44,224	46,886	21,54	0,0001	0,001
Morfogênese (Graus dias) ⁴							
TApFgd	0,014	0,011	0,012	0,008	22,07	0,1909	0,5536
FILOCgd	70,398	87,675	86,866	118,596	21,37	0,3307	0,9563
TAIFgd	0,187	0,183	0,216	0,185	25,44	0,9064	0,7189
TAICgd	0,004	0,004	0,006	0,007	47,17	0,4897	0,0984
TSFgd	0,004	0,002	0,003	0,002	60,68	0,0279	0,0625
DVFGd	337,836	321,822	318,855	394,780	16,25	0,4441	0,7621

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³ TApF - taxa de aparecimento foliar (folhas dia⁻¹), FILOC - filocrono (dias), TAIF - taxa de alongamento foliar (cm dia⁻¹), TAIC - taxa de alongamento do colmo (cm dia⁻¹), TSF - taxa de senescência foliar (cm dia⁻¹), DVF - Duração de vida das folhas (dias).

⁴ TApFgd - taxa de aparecimento foliar (folhas gd⁻¹), FILOCgd - Filocrono (graus dias), TAIFgd - taxa de alongamento foliar (cm gd⁻¹), TAICgd - taxa de alongamento do colmo (cm gd⁻¹), TSFgd - taxa de senescência foliar (cm gd⁻¹), DVFGd - duração de vida das folhas (graus dias).

O número de folhas vivas, NFV, por perfilho diminui linearmente ($y = -0,0191x + 4,75$; $R^2 = 0,95$) com o aumento do sombreamento. O comprimento final da lâmina foliar, CFLF, e o comprimento final do colmo, CFPC, apresentaram um aumento quadrático com o sombreamento. O maior comprimento final das folhas ($y = 0,0027x^2 - 0,1188x + 15,08$; $R^2 = 0,92$) e o maior comprimento final do colmo ($y = 0,0033x^2 - 0,1642x + 15,69$; $R^2 = 0,85$) foram observados no sombreamento a 74% (Tabela 5).

O índice de área foliar, IAF, não foi influenciado significativamente pelo sombreamento ($p=0,3979$). O peso médio do perfilho (PMP) não foi influenciado significativamente pelo sombreamento, entretanto, apresentou uma tendência de aumento com comportamento quadrático ($p=0,0709$), à medida que aumentou o sombreamento nas plantas.

A densidade de perfilhos diminuiu linearmente com o sombreamento nas plantas ($y = -5,5157x + 921,77$; $R^2 = 0,99$) (Tabela 5).

Tabela 5. Características estruturais de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
NFV	4,80	3,67	3,67	3,33	18,74	0,0046	0,0842
CFLF	15,02	16,06	17,36	21,72	15,91	0,7500	0,0010
CFPc	15,60	16,27	17,08	22,83	16,98	0,0297	<,0001
IAF	3,41	3,63	3,68	3,65	8,98	0,3979	0,5391
PMP	0,292	0,300	0,313	0,443	23,73	0,4158	0,0709
PERF	917,3	672,0	576,0	501,3	27,08	0,0064	0,1355

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³NFV- Número médio de folhas vivas, CFLF- comprimento final da lâmina foliar (cm), CFPc - comprimento final do pseudocolmo (cm), IAF- índice de área foliar, PMP- Peso médio do perfilho (gramas), PERF- Densidade de perfilhos (número de perfilhos.m⁻²).

A taxa fotossintética, A , e a taxa transpiratória, E , apresentaram aumentos com comportamento quadrático à medida em que aumentou o nível de sombreamento nas plantas. A maior taxa fotossintética ($y = -0,003x^2 + 0,2526x + 12,94$; $R^2 = 0,99$) foi observada no sombreamento a 47% e a maior taxa transpiratória ($y = -0,0003x^2 + 0,0309x + 0,50$; $R^2 = 0,89$) no sombreamento a 64% (Tabela 6).

Tabela 6. Fisiologia de plantas de capim-tamani (*Panicum maximum* cv. BRS Tamani) cultivadas sob diferentes sombreamentos avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
A	12,94	18,03	16,72	14,90	24,54	0,0168	0,0200
E	0,51	1,20	1,44	1,05	35,06	<0,001	<0,001
g_s	0,052	0,118	0,150	0,163	39,35	<0,001	0,0139
EUA	25,37	15,03	11,61	14,19	63,35	0,0004	0,0042
T_{fol}	25,25	25,05	24,90	23,20	3,72	<0,001	<0,001
$Clor a$	25,87	28,30	26,68	26,60	10,82	0,1824	0,1795
$Clor b$	6,27	9,63	6,96	6,82	36,66	0,1170	0,1029

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³ A - Taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), E - taxa transpiratória ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), g_s - condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), EUA - eficiência no uso da água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), T_{fol} - temperatura da lâmina foliar ($^{\circ}\text{C}$), $Clor a$ - teores de clorofila a e $Clor b$ - teores de clorofila b .

A condutância estomática, g_s , aumentou linearmente ($y = 0,0015x + 0,05$; $R^2 = 0,99$) em função do sombreamento. A eficiência no uso da água, EUA, ($y = 0,0055x^2 - 0,6632x + 33,22$; $R^2 = 0,98$) e a temperatura da folha, T_{fol} , ($y = -0,0009x^2 + 0,0468x + 25,22$; $R^2 = 0,81$) apresentaram diminuição com comportamento quadrático à medida que aumentou o sombreamento. A clorofila a , $Clor a$, ($p=0,1824$) e a clorofila b , $Clor b$, ($p=0,1170$) não foram influenciadas significativamente pelo sombreamento (Tabela 6).

4 DISCUSSÃO

De acordo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) a cultivar Tamani pode produzir até 15.000 Kg.ha⁻¹ano⁻¹ de massa seca em condições sem sombreamento. Na atual pesquisa nas condições sem sombreamento foi encontrada uma produção de 4.080 Kg. há⁻¹ de massa seca apenas nas estações outono e inverno do ano, demonstrando uma produção satisfatória para o período referido. Sob o sombreamento de 47% as plantas de capim-tamani produziram 40% (5.720 kg ha⁻¹ de massa seca) a mais que as plantas cultivadas a pleno sol e mesmo sob os sombreamentos mais intensos de 64% e 74% as plantas produziram 34% (5.477 kg ha⁻¹ de massa seca) e 33% (5.431 kg ha⁻¹ de massa seca) a mais que as plantas cultivadas sem sombreamento (Tabela 2). Esses resultados, demonstraram alta tolerância desta cultivar mesmosob sombreamento intenso.

Cruz (2019), avaliando a produção de massa seca de *Panicum maximum* cv. BRS Tamani, também sob diferentes níveis de sombreamento artificial (0, 30, 45, 73%), verificou que a produção de massa seca do capim-tamani, não foi influenciada pelos níveis de sombreamento.

O aumento na produção de massa seca do *Panicum maximum* cv. Tamani em função do sombreamento, também foi observado por Paciullo *et al.* (2016) avaliando a morfogênese de *Panicum maximum* sob diferentes níveis de sombra (0, 37 e 58%). Segundo Silva *et al.* (2012), o sombreamento pode favorecer a produção das forrageiras devido à maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo, o que garante maior taxa fotossintética (Tabela 6).

A maior produção de massa seca encontrada sob os níveis de sombreamento deve-se a capacidade de algumas gramíneas tropicais, como a *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* e *P. maximum*, continuarem o crescimento em níveis considerados satisfatórios, quando comparados à condição de sol pleno (PACIULLO *et al.*, 2010; GÓMEZ *et al.*, 2013;

SANTIAGO - HERNÁNDEZ *et al.*, 2016). Esse crescimento satisfatório das plantas forrageiras em sistemas sombreados deve-se principalmente a mudanças no microclima neste tipo de sistema, como a maior ciclagem de nutrientes no solo, maior retenção da umidade do solo, menor evapotranspiração, que compensam a taxa fotossintética quando comparados as plantas cultivadas a pleno sol (SANTOS *et al.*, 2017).

Cruz (2019) avaliando *Brachiaria* spp cultivar Tamani sob manejo de corte a 95% de interceptação luminosa, verificou altura de corte de aproximadamente 0,35m, para as plantas cultivadas a pleno sol, enquanto no atual trabalho foi encontrada altura de corte de aproximadamente 0,43 m (Tabela 2). No entanto, foi constatado no atual estudo, que quando as plantas de capim-tamani foram submetidas ao sombreamento de 43, 64 e 74% sob o manejo de corte a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno, houve uma mudança nas alturas de corte para este capim, sendo indicado as alturas de aproximadamente 0,50; 0,52 e 0,55 m, respectivamente, sob estes níveis.

O aumento da altura das plantas à medida que o sombreamento se intensificou (tabela 2), provavelmente, está relacionado ao comprimento final das folhas e dos colmos à medida que aumentou o sombreamento, resultando consequentemente, em maior altura das plantas sombreadas. Essa é uma estratégia conhecida como estiolamento, na qual há o aumento da sua estatura em busca de luminosidade (PACIULLO *et al.*, 2008).

Baldissera *et al.* (2016) avaliando a sombreamento das árvores de *Eucalyptus dunnii*, na estrutura de forrageiras sob manejo de corte a 95% de interceptação luminosa, verificou maior altura do dossel de *Panicum maximum* cv. Aruana (capim-aruana) em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, quando comparada com plantas cultivadas em monocultivo, também sob o manejo a 95% de interceptação luminosa.

O aumento na proporção de folhas observada nos sombreamentos a 47 e 64% (Tabela 3) ocorre devido ao maior investimento de nutrientes e fotoassimilados na expansão foliar para captura de radiação, sob sombreamento (BALDISSERA *et al.*, 2016; PACIULLO *et al.*, 2016). Entretanto, sob sombreamento muito intenso, como a 74% de sombra, ocorre maior proporção de colmo e a uma diminuição na relação folha e colmo (Tabela 3), pois verifica-se a tendência das gramíneas de apresentarem crescimento mais pronunciado do colmo, promovendo o estiolamento, fazendo com que as folhas fiquem em uma posição mais elevada, o que permite melhor interceptação da radiação (GOMIDE *et al.*, 2011; NASCIMENTO, 2018).

A maior proporção de material senescente encontrada no sombreamento mais intenso (74%) (Tabela 3) e diminuição linear do número de folhas vivas com o sombreamento (tabela

5) ocorre devido uma modificação na dinâmica de acúmulo de massa seca, reduzindo a formação de lâminas foliares e aumentando rapidamente o acúmulo de colmos e material morto, provocado pelo aumento das perdas respiratórias, em consequência do sombreamento excessivo, que resulta em balanço negativo de carbono (LOPES *et al.*, 2017).

A taxa de aparecimento foliar e o filocrono podem ser influenciados pela espécie e outros fatores de meio como a temperatura, água, luminosidade e nutrientes (VIEIRA *et al.*, 2014). O aumento da taxa de aparecimento foliar e a redução do filocrono com o sombreamento (Tabela 4) pode ocorrer, devido à maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo nos sistemas sombreados, como foi observado por Silva *et al.* (2012), pois há uma grande demanda por nutrientes e água em zonas meristemáticas (MARQUES *et al.*, 2016; MARTUSCELLO *et al.*, 2015; MARTUSCELLO *et al.*, 2019).

O aumento na taxa de alongamento foliar (Tabela 4) e do comprimento foliar (Tabela 5) é uma resposta comum das plantas sob sombreamento, para permitir o aumento da capacidade de captura de luz em condições de baixa luminosidade (CASTRO *et al.*, 2009; GUENNI *et al.*, 2008). Além disso, em ambientes sombreados, os órgãos fotossintéticos se desenvolvem em maior extensão para compensar o baixo nível de luz, resultando em maior comprimento e largura da lâmina foliar do que o observado em altos níveis de luz (CASTRO *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2017). Paciullo *et al.* (2016) avaliando a morfogênese de *Panicum maximum* sob diferentes níveis de sombra (0, 37 e 58%), verificou um aumento da taxa de alongamento das folhas com o sombreamento.

O comprimento da folha é determinado pelo número de divisões celulares perpendiculares a nervura mediana de cada folha e pelo alongamento das células. Em ambientes onde as folhas são sombreadas, a epiderme mostra um maior número de células na direção longitudinal e maior comprimento do que as folhas não sombreadas, expostas ao brilho total (GOMES *et al.*, 2019; SOUZA *et al.*, 2017; MITCHELL e SOPER, 1958).

Embora a taxa de alongamento do colmo (Tabela 4) não tenha apresentado diferença significativa com o sombreamento, houve aumento no comprimento final do pseudocolmo com o sombreamento. PACIULLO *et al.* (2016) verificou que sombreamento estimulou a taxa de alongamento do caule de *Panicum maximum* cv Tanzânia e da cv Massai quando submetidas a diferentes sombreamentos. Essa é uma tendência frequente em plantas cultivadas à sombra. A etiolação de plantas sujeitas a sombreamento é um mecanismo através do qual a vegetação

busca a luz levantando suas folhas ao longo do leme. Nas gramíneas, esse mecanismo também permite uma melhor distribuição de luz dentro do dossel (PACIULLO *et al.*, 2016).

A maior taxa de senescência das plantas sombreadas, quando avaliada em graus dias (Tabela 4), está relacionada a diminuição na duração de vida das folhas com o sombreamento e que provavelmente está associada ao maior *turnover* de tecidos nas plantas sombreadas. O sombreamento provoca elevada a competição entre os perfilhos por luz, o que eleva a senescência dos mesmos como resposta morfofisiológica ao sombreamento (MARTUSCELLO *et al.*, 2019).

A diminuição da duração de vida da folha (DVF) com o sombreamento (Tabela 4) está relacionada às mudanças nos fatores de crescimento (PACIULLO *et al.*, 2008). Provavelmente, as menores DVF, observadas sob sombreamentos de 47 e 64%, quando avaliadas em dias (Tabela 4), estão relacionadas com taxas mais rápidas de fixação de Carbono e crescimento, que corresponde aos tratamentos com as maiores taxas fotossintéticas (Tabela 6), enquanto as maiores DVF, observadas nas plantas a pleno sol e sob sombreamento a 74%, possivelmente estão relacionadas com o maior tempo de residência dos nutrientes dentro dessas plantas, que aumenta a DVF das mesmas (NAVAS *et al.*, 2003).

A diminuição na densidade de perfilhos com o sombreamento e a tendência de aumento do peso médio do perfilho, verificada no atual trabalho (Tabela 5), estão relacionados ao aumento do comprimento da folha e do colmo de cada perfilho (Tabela 5) e ao aumento na taxa de aparecimento foliar por perfilho (Tabela 4), pois em condições sombreadas ocorrem alterações morfogênicas, o qual as gramíneas forrageiras priorizam o crescimento dos perfilhos que já existem, ao invés de produzir novos perfilhos, e assim manter o maior desenvolvimento das folhas, colmos e bainhas de cada perfilho existente sob condições sombreadas (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

Paciullo *et al.* (2016) avaliando a morfogênese, biomassa e valor nutritivo de *Panicum maximum* (cv. Massai e cv. Tanzânia) sob diferentes níveis de sombra (0, 37 e 58%), verificou redução na densidade de perfilhos em ambas as cultivares à medida que aumentou o sombreamento, reforçando a importância da luz na produção de novos perfilhos em pastagens. Já Gobbi *et al.* (2009) avaliando as características morfológicas e estruturais do capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*, cv. Basilisk) sob os níveis de sombreamento artificial de 0, 50 e 70%, verificou aumento linear do peso médio do perfilho com os níveis de sombreamento nas plantas.

A redução na densidade de perfilhos com o aumento do sombreamento não foi suficiente para alterar o índice de área foliar (IAF) nos diferentes níveis de sombra (Tabela 5), pois IAF do capim é produto da densidade populacional de perfilhos e da área foliar por perfilho (comprimento e largura da folha) (GOBBI *et al.*, 2009). Com isso, possivelmente o aumento no comprimento da lâmina foliar compensou o menor perfilhamento e assim, não alterou o IAF do dossel. Segundo Nascimento *et al.* (2019), o aumento da área foliar é um dos principais mecanismos de aclimatação das plantas para compensar a redução na densidade de perfilhos. Coelho *et al.* (2014) avaliando capim-braquiária em sistema silvipastoril também verificou que não houve diferenças no IAF de *B. decumbens* (capim-braquiária) avaliado sob sombreamento natural ou a pleno sol.

O aumento da taxa fotossintética com o aumento do sombreamento (Tabela 6) deve-se a capacidade de algumas plantas forrageiras adaptar-se seu aparato fotossintético de acordo com a intensidade luminosa em que se encontram. Essa adaptação é caracterizada por alterações significativas na distribuição de recursos entre os componentes do aparato fotossintético (SEEMANN *et al.*, 1987). Essas alterações podem ser caracterizadas neste estudo, como aumento na taxa de aparecimento de folhas (Tabela 4), aumento no comprimento foliar e diminuição do número de perfilhos por área (Tabela 5) que podem aumentar a fotossíntese e contribuir para a manutenção de um balanço positivo de carbono e a maximização do crescimento na sombra (PACIULLO *et al.*, 2016).

A intensidade de radiação necessária para atingir o ponto de saturação luminosa e a taxa de saturação de luz para a fixação de CO₂ aumenta de acordo com o aumento da intensidade luminosa, no entanto a taxa de assimilação líquida de CO₂ em intensidades de luz limitantes é mais alta para as plantas cultivadas sob a menor intensidade de luz (BOARDMAN, 1977). O ponto de compensação luminosa, ou seja, ponto no qual o CO₂ consumido é compensado pelo CO₂ produzido ocorre com menor intensidade à medida que ocorre redução na intensidade da luz durante o crescimento. Dessa forma, folhas que crescem em condições de baixa radiação possuem maior taxa de fotossíntese líquida, devido a menor taxa respiratória de plantas sombreadas (GIVNISH, 1988).

O aumento da taxa transpiratória sob os sistemas sombreados, observado na atual pesquisa (Tabela 6), provavelmente está relacionada à maior umidade do solo nestes ambientes, pois segundo Lima *et al.* (2010) a maior disponibilidade de água no solo, provoca altas taxas transpiratórias, enquanto em solos com menores umidades a planta começa a reduzir sua taxa transpiratória para diminuir a perda de água e economizar a água disponível no solo. Essa

adaptação das plantas à determinados níveis de irradiância, é influenciado por alguns fatores do ambiente, como a umidade relativa, umidade do solo, temperatura e a capacidade de assimilação de nitrogênio (GIVNISH, 1988).

Santos *et al.* (2017) avaliando os parâmetros fisiológicos da braquiária em diferentes arranjos do sistema agrossilvipastoril, verificou que as plantas de braquiária cultivadas sob a luz do sol exibiram uma taxa de transpiratória mais alta do que as plantas cultivadas em sistemas sombreados. Isso pode refletir a diminuição do gradiente de pressão de vapor entre os espaços mesofílicos das folhas e o ambiente. As diferentes condições de umidade e temperatura nesses ambientes diminuem a força que leva à perda de água da folha para a atmosfera.

A condutância estomática é proporcional ao número e tamanho estomáticos, ao diâmetro de abertura estomático e ao gradiente de pressão de vapor entre o mesófilo das folhas e a atmosfera (CONCENCO *et al.*, 2007; SANTOS *et al.*, 2017). Com isso o aumento da condutância estomática com o sombreamento, observada no atual estudo (Tabela 6), deve-se ao fato de que, à medida que o sombreamento se intensifica, pode criar um microclima com maior umidade relativa no sub-bosque, isso reduz o gradiente de pressão de vapor, favorecendo a abertura estomática e aumentando condutância estomática (OCHELTREE *et al.*, 2014; SANTOS *et al.*, 2017).

A diminuição na eficiência no uso da água (EUA) e da temperatura da folha com o sombreamento (Tabela 6), provavelmente, ocorreu devido ao microclima propiciado nos sistemas sombreados, que proporcionou maior umidade do solo e com isso uma menor evapotranspiração, diminuindo assim a eficiência no uso da água destas plantas (MONTEIRO *et al.*, 2016). A redução na eficiência no uso da água nos sistemas sombreados também deve-se ao aumento da taxa transpiratória observada nestes níveis de sombreamento (Tabela 6), uma vez que a planta deve manter a mesma quantidade de CO₂ assimilado para obter valores de EUA mais elevados (SANTOS *et al.*, 2017).

Embora a clorofila a e a Clorofila b não tenham sido influenciadas pelo sombreamento (Tabela 6), a planta quando submetida a uma alta radiação luminosa, se adapta, degradando a clorofila para absorver menos energia e quando submetidas a baixa radiação luminosa, as plantas mantêm altas concentrações de clorofila para maximizar a interceptação da energia (RAMOS *et al.*, 2018). Martuscello *et al.* (2009) avaliou *Brachiaria* spp. sob níveis de sombreamento e a clorofila de todos os *Brachiaria* spp. respondeu linear e positivamente ao nível de sombreamento.

5 CONCLUSÃO

O capim-tamani manejado a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno apresenta grande tolerância aos sombreamentos de 47% e 64%, aumentando a produção de massa seca, taxa fotossintética, clorofila a e b, taxa de aparecimento foliar, proporção de folhas e a relação folha-colmo da composição morfológica, quando comparado as plantas cultivadas a pleno sol.

Recomenda-se altura de entrada do capim-tamani sob o sombreamento a 47% e 64%, de aproximadamente 0,50 m que corresponde ao manejo de corte a 95% de interceptação luminosa.

O capim-tamani pode ser cultivado até 74% de sombra, sem reduzir sua produção em comparação com as plantas que crescem sem sombreamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n.1, p. 430-445, 1959.

BALDISSERA, T. C.; DA SILVEIRA PONTES, L.; GIOSTRI, A. F. *et al.* Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1199-1207, 2016.

BIRCHAM, J.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

BOARDMAN, N. T. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual review of plant physiology**, v. 28, n. 1, p. 355-377, 1977.

CASTRO, C. R. T.; PACIULLO, D. S. C; GOMIDE, C. A. M; MULLER, M. D; NASCIMENTOJR, E. R. Características agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 6, n. 60, p. 19-25, 2009.

COELHO, J. S.; DO CARMO ARAÚJO, S. A.; VIANA, M. C. M. *et al.* Morphophysiology and nutritive value of signalgrass in silvipastoral system with different tree arrangements. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

CONCENCO, G. *et al.* Water use in Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) biotypes under competition. **Planta Daninha**, v.25, n.3, p.449-455, 2007.

CRUZ, P. J. R. **Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob sombreamentos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2019.

DEVICES, D. **AccuPAR PAR/LAI Ceptometer - Model LP-80 - Operator's Manual**. METER GROUP, I. U. METER Group, Inc. USA 2365 NE Hopkins, Court Pullman-WA, 2004.

GEREMIA, E. V., CRESTANI, S., MASCHERONI, J. D. C., CARNEVALLI, R. A., MOURÃO, G. B., & DA SILVA, S. C. Sward structure and herbage intake of *Brachiaria brizantha* cv. Piatã in a crop-livestock-forestry integration area. **Livestock Science**, v. 212, p. 83-92, 2018.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

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

GOMES, V. C., DA SILVA BARROS, J., DE LIMA MEIRELLES, P. R., COSTA, C., DE SANTANA, E. A. R., PARIZ, C. M., ... & DE CASTILHOS, A. M. Productivity and morphological composition of Xaraés palisade grass under three light intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, p. 2749-2758, 2019.

GÓMEZ S., GUENNI O. AND 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, p. 395– 407, 2013.

GOMIDE C.A.M., PACIULLO D.S.C., COSTA I.A., LIMA A.M., CASTRO C.R.T., LÉDO F.J.S. Morphogenesis of dwarf elephant grass clones in response to intensity and frequency of defoliation in dry and rainy seasons. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.1445– 1451, 2011.

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

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** São Pedro: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.29-37.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEIZ, M. Efficiency of Herbage Utilization. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 265, 2000.

LIMA, M. D. A., BEZERRA, M. A., GOMES FILHO, E., PINTO, C. D. M., & ENÉAS FILHO. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n. 4, p. 654-663, 2010.

LOPES DE SÁ, O.; LARA, M.; EVANGELISTA, A. *et al.* Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 2, p. 335-340, 2015.

LOPES, C. M., PACIULLO, D. S. C., ARAÚJO, S. A. C., GOMIDE, C. D. M., MORENZ, M. J. F., & VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.69, n.1, p.225-233, 2017 (a).

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. D. C. *et al.* Plant morphology and herbage accumulation of signal grass with or without fertilization, under different light regimes. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, 2017 (b).

MARQUES, M.F.; ROMUALDO, L.M.; MARTINEZ, J.F.; LIMA, C.G.; LUNARDI, L.J.; LUZ, P.H.C.; HERLING, V.R. Momento de aplicação do nitrogênio e algumas variáveis estruturais e bromatológicas do capim-massai. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p.776-784, 2016.

MARTUSCELLO, J. A., DA FONSECA, D. M., NASCIMENTO JUNIOR, D. D., SANTOS, P. M., RIBEIRO JUNIOR, J. I., CUNHA, D. N. F. V., & MOREIRA, L. D. M. Características morfogênicas e estruturais do Capim-xaraés submetido à adubação nitrogenada e desfolhação. **Revista Brasileira Zootecnia**, v. 34, n.5, 2005.

MARTUSCELLO, J. A., RIOS, J. F., FERREIRA, M. R., ASSIS, J. A. D., BRAZ, T. G. S., & CUNHA, D. V. Produção e morfogênese de capim BRS Tamani sob diferentes doses de nitrogênio e intensidades de desfolhação. **Boletim De Indústria Animal**, v.76, p.1-10, 2019.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M. *et al.* Genus *Brachiaria* grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

MARTUSCELLO, J. A.; SILVA, L. P.; CUNHA, D. N. F. V.; BATISTA, A. C. S.; BRAZ, T. G. S.; FERREIRA, P. S. Adubação nitrogenada em capim-massai: morfogênese e produção. **Ciência Animal Brasileira**, v.16, p. 1-13. 2015.

McWILLIAM, JR. Resposta de pastagens à temperatura. In: WILSON, JR (Ed). **Relação de plantas em pastagens**. East Melbourne, Austrália: CSIRO, 1978. p.17-34.

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

MONTEIRO, M. V.; BLANUŠA, T.; VERHOEF, A. *et al.* Relative importance of transpiration rate and leaf morphological traits for the regulation of leaf temperature. **Australian Journal of Botany**, v. 64, n. 1, p. 32-44, 2016.

NASCIMENTO, H. L. B. **Respostas produtivas e morfofisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril**. Tese (Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2018.

NASCIMENTO, H. L. B., PEDREIRA, B. C., SOLLENBERGER, L. E., PEREIRA, D. H., MAGALHÃES, C. D. S., & CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p.384-394. 2019.

NAVAS, M. L.; DUCOUT, B.; ROUMET, C. *et al.* Leaf life span, dynamics and construction cost of species from Mediterranean old-fields differing in successional status. **New phytologist**, v. 159, n. 1, p. 213-228, 2003.

NETO, A. C., VIEIRA, G. H. S., HADDADE, I. R., LOPES, T., MELLO, B. L. B. Aplicação de novas tecnologias na bovinocultura leiteira. **Incaper em Revista**, v.9, p. 51-65, 2018.

OCHELTREE, T. *et al.* Stomatal responses to changes in vapor pressure deficit reflect tissue-specific differences in hydraulic conductance. **Plant, Cell & Environment**, v.37, n.1, p.132-139, 2014.

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

PACIULLO, D. S. C.; CAMPOS, N. R.; GOMIDE, C. A. M. *et al.* Crescimento de capim-braquiária influenciado pelo grau de sombreamento e pela estação do ano. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 917-923, 2008.

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

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. *et al.* Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2016.

RAMOS, L. M.; REIS, F. O.; CATUNDA, P. H. A. *et al.* Ecofisiologia de *Brachiaria decumbens* em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 201-210, 2018.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., H.V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. *et al.* 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.

SANTOS, M. V., DA FONSECA, D. M., DA SILVA, L. D., DE SOUZA, W. F., DE OLIVEIRA, T. S., FERREIRA, L. R., ... & PACIULLO, D. S. C. Integrated crop–forage–forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. **Agroforestry Systems**, v. *online*, p. 1-11, 2019.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. *et al.* *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, n.5, p.1-7, 2017.

SAS, S. A. S.; GUIDE, STAT User's. Version 9.1. *SAS Institute Inc., Cary, NC*, 2003.

SBRISSIA, A.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 731-754, 2001.

SEEMANN, J. R.; SHARKEY, T. D.; WANG, J. *et al.* Environmental effects on photosynthesis, nitrogen-use efficiency, and metabolite pools in leaves of sun and shade plants. **Plant physiology**, v. 84, n. 3, p. 796-802, 1987.

SILVA, J. A. N.; DE SOUZA, C. M. A.; DA SILVA, C. J. *et al.* Crescimento e produção de espécies forrageiras consorciadas com pinhão-manso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 6, p. 769-775, 2012.

SKINNER, R.; NELSON, C. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

SOUZA, A. H. C.; DA SILVA FELIX, T. M.; DO MONTE, A. P. O. *et al.* Productivity and morphological characteristics of buffel grass intercropped with butterfly pea under shade conditions. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 4, 2017.

VIEIRA, M. U. A., PORTO, E. M. V., ALVES, D. D., GONÇALVES, V., 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.

WILHELM, W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

CAPÍTULO 4 – CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE AMENDOIM FORRAGEIRO SOB RESTRIÇÃO DE LUZ

RESUMO

O trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar *Arachis pintoi*. Krapov & Greg. cv. Amarillo (amendoim forrageiro) sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa (IL), avaliadas nas estações outono e inverno de 2019 em Diamantina, Minas Gerais, Brasil. A leguminosa tropical, amendoim forrageiro, foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições. Os tratamentos corresponderam aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64%, 74% e o tratamento controle com as plantas cultivadas a pleno sol. A rebrotação era interrompida quando as plantas atingiam 95% de IL, sendo realizadas as avaliações morfofisiológicas e o corte, durante março a setembro de 2019. A maior produção do amendoim forrageiro foi observada com 47% de sombreamento, apresentando um aumento de 6% a mais que as plantas cultivadas a pleno sol. As maiores proporções de folhas foram encontradas no sombreamento de 47% e 64%. A taxa fotossintética foi maior quando submetida ao sombreamento de 47% e reduziu nos sombreamentos mais intensos 64 e 74%. A altura das plantas apresentou tendência de aumento linear com o aumento do sombreamento. O amendoim forrageiro manejado a 95% de IL nas estações outono e inverno, apresentou grande adaptação ao sombreamento de 47%, indicando uma altura de entrada para esta espécie neste nível de sombreamento, de aproximadamente 0,11m, semelhante a altura recomendada a pleno sol com meta de manejo de 95% de IL.

Palavras chave: *Arachis pintoi*. Leguminosa tropical. Plasticidade fenotípica. Sistemas agroflorestais pecuários. Sombreamento.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente os sistemas agrossilvipastoris e silvipastoris vêm sendo empregados com a finalidade de reformar pastagens degradadas e proporcionar diversificação de renda ao produtor. Esses sistemas são caracterizados pelo cultivo simultâneo de espécies arbóreas em associação com culturas agrícolas e, ou, forrageiras (SANTOS *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2019). No entanto, um dos principais obstáculos no manejo desses sistemas agroflorestais pecuários é a alteração do ambiente de crescimento das espécies que constituem o sub-bosque. A sombra criada pelas árvores promove modificações significativas no microclima, podendo afetar a morfofisiologia, produção e qualidade das plantas forrageiras de forma positiva ou negativa (NASCIMENTO *et al.*, 2019).

O sucesso na exploração dos sistemas agroflorestais pecuários depende da escolha de espécies forrageiras tolerantes às condições de restrição luminosa e que apresentem adaptações que garantam sua sobrevivência e produção satisfatória nestes ambientes (LISTA *et al.*, 2019). Pesquisas demonstram que algumas espécies de leguminosas forrageiras conseguem adaptar bem ao sombreamento imposto pelas árvores e que a presença dessas espécies nesses sistemas pode auxiliar na produção das demais culturas consorciadas, pela capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico (LISTA *et al.*, 2019; ZHANG *et al.*, 2018).

A planta forrageira *Arachis pintoi* Krapov e W. C. Greg, também conhecida como amendoim forrageiro, é uma espécie da família Fabaceae, considerada persistente e produtiva em ambientes subtropicais e tropicais com ampla variedade de texturas de solo. Esta espécie cresce bem nos solos de fertilidade moderada e é tolerante à alta saturação de alumínio (PEREIRA *et al.*, 2018; SOUSA-MACHADO *et al.*, 2018). Além disso alguns estudos têm apontado que a espécie *Arachis pintoi* tem apresentado adaptação a condições de luminosidade reduzida (PEREIRA *et al.*, 2018; LISTA *et al.*, 2019).

No entanto, as respostas morfofisiológicas e estruturais das plantas sob sombreamento, são altamente influenciadas pela disponibilidade de recursos de crescimento e pelo manejo do pastejo utilizado. Alguns estudos comprovaram uma melhor qualidade das plantas forrageiras quando interrompidas a rebrotação para pastejo ou corte ao atingirem 95% de interceptação luminosa, devido a planta forrageira possuir maior acúmulo de lâminas foliares e menores porcentagens de material morto, colmos e inflorescência nessas condições (EUCLIDES *et al.*, 2015).

Estudos demonstram (GOBBI *et al.*, 2009) que esse ponto o qual as plantas atingem 95% de interceptação luminosa apresenta correlação com a altura das plantas cultivadas a pleno sol, sendo esta altura padrão para diversas condições de clima, solo ou manejo. Todavia, alguns trabalhos (GOBBI *et al.*, 2009; CRUZ, 2019; SANTOS *et al.*, 2017) reportam que as plantas cultivadas sob sombreamento apresentam alterações morfofisiológicas distintas das plantas cultivadas a pleno sol e que essa meta de pastejo pode não ser indicada.

Com isso, é necessário avaliar a tolerância das espécies sob condições de sombra, bem como os níveis de sombreamento que interferem no crescimento e desenvolvimento das plantas forrageiras para obter as vantagens oferecidas pelo sistema em consórcio, assim como, identificar o manejo de pastejo adequado nestes sistemas, agroflorestais pecuários.

Assim, o trabalho foi proposto com o objetivo de avaliar *Arachis pintoi*. Krapov. & Greg. cv. Amarillo sob diferentes níveis de sombreamento e manejadas a 95% de interceptação luminosa, avaliadas na estação outono e inverno de 2019 em Diamantina, Minas Gerais, Brasil.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Forragicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM, Campus Juscelino Kubistchek, localizado no município de Diamantina, Minas Gerais, Brasil, com coordenadas geográficas de 18°12'10.72" Latitude Sul; 43°34'21.00" Longitude Oeste e altitude de 1.404 m. O clima do local é Cwb, conforme a classificação Köppen, com inverno seco e chuvas no verão, com temperatura média de 20 °C. A precipitação registrada pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa – Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP – INMET, 2018) durante o período experimental, março de 2019 a setembro de 2019, foi de 280 mm e a média da umidade relativa do ar em torno 70% (Figura 1).

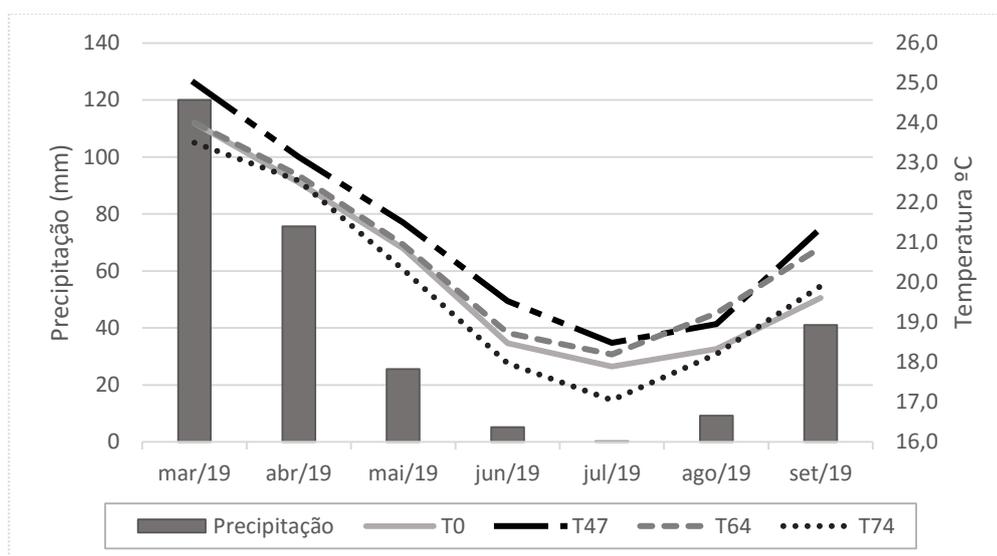


Figura 1. Precipitação mensal (mm) e temperatura média (°C) sob condições sem sombreamento (T0), com 47% (T47), 64% (T64) e 74% (T74) de sombreamento, registrada no período de março de 2019 a setembro de 2019, em Diamantina-MG. Fonte dos dados de precipitação: INMET (2019)

As temperaturas máximas e mínimas das áreas experimentais foram registradas diariamente, durante todo o período experimental, para expressão dos resultados em graus dia. O monitoramento foi realizado por meio de termômetros tipo capela modelo TM-38 CAP instalados na região central de cada área de sombreamento e a pleno sol (Figura 1).

A espécie forrageira tropical *Arachis pintoii* Krapov. & Greg. cv. Amarillo (amendoim forrageiro) foi avaliada em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com seis repetições, submetidos aos níveis de sombreamento artificial de 47%, 64%, 74% e o tratamento controle

com as plantas cultivadas sem sombreamento (pleno sol), durante as estações outono e inverno de 2019, época considerada crítica para o crescimento de forrageiras tropicais.

O experimento foi realizado em uma área já implantada com sombreamento artificial construída em estrutura de madeira e arame liso. As áreas foram cobertas com tela de náilon de diferentes diâmetros, inclusive as laterais. A área sem sombreamento possuía a mesma dimensão. O amendoim forrageiro foi implantado por meio de estolões, em abril de 2015, em canteiros de 5,0 m² com espaçamento entre linhas de 0,5 m, totalizando 10,0 m lineares por canteiro e espaçamento de 1,0 m entre canteiros.

Foram realizadas coletas de solo na camada de 0-20 cm para avaliação da fertilidade. O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH em H₂O: 5,5; P: 0,9 mg dm⁻³ (Mehlich) e K: 19,00 mg dm⁻³; Ca⁺²: 0,9; Mg⁺²: 0,4 e Al⁺³: 0,00 cmolc dm⁻³ (KCl 1 mol L⁻¹), CTC (Capacidade de troca de cátions): 3,33 cmolc dm⁻³, soma de bases: 1,35 cmolc dm⁻³, H + Al: 1,98 cmolc dm⁻³ e 1,86 dag kg⁻¹ de matéria orgânica e 28,4 mg dm⁻³ de P-rem. A adubação de estabelecimento foi realizada de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (RIBEIRO *et al.*, 1999) para alto nível tecnológico, aplicando 90 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em forma de superfosfato simples (0,225 Kg) e 1000 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico equivalente a 0,5 kg de calcário por canteiro.

A adubação de manutenção foi realizada 35 dias após a semeadura (DAS), em maio de 2015, empregando-se 100 kg ha⁻¹ de N, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100,0 kg ha⁻¹ de K₂O diluídos em água e distribuídos nos canteiros com o auxílio de regadores. O desbaste das plantas forrageiras foi realizado aos 42 DAS, mantendo-se 20 plantas por m². Após o estabelecimento completo das plantas foram realizadas adubações ao início de cada estação do ano utilizando-se 50 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia e 50 kg ha⁻¹ de K₂O na forma KCl e o corte foi realizado de 2015 a 2019 quando as plantas atingiram 95% da interceptação luminosa.

Os sombreamentos artificiais foram proporcionados por tela de náilon de cor preta com diferentes diâmetros dos orifícios em cada tela, descritos comercialmente com 30, 60 e 90% de sombreamento. Foi realizada a medição da Radiação fotossinteticamente ativa (RFA), por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, dentro de cada tela de náilon para calcular o percentual médio de redução da RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) em relação as plantas a pleno sol e assim verificar o sombreamento exercido por cada tela de náilon sobre as plantas cultivadas ao longo do período experimental. Com isso, no período de março de 2019 a setembro de 2019 foi registrado 668 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de RFA para as plantas cultivadas sem sombreamento, a partir disso foram obtidos os valores médios de 47 % - 353 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 64 % - 242 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 74% -

172 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de sombreamento para os sombrites descritos comercialmente com percentuais de sombra de 30, 60 e 90%, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA), porcentagem de sombra em relação ao pleno sol e proporção de luz vermelha para luz vermelha distante (V/VE) em cada nível de sombreamento avaliados nas estações de outono e inverno de 2019.

Itens	Sombreamento (%)			
	0	47	64	74
RFA ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	668	353	242	172
Sombra (%)	0	47	64	74
V/VE	1,12	1,13	1,19	1,16

As plantas foram irrigadas diariamente mantendo-se 80% da capacidade de campo do solo e semanalmente foi realizado o controle manual de plantas daninhas para redução da competição por recursos e avaliação apenas das plantas de interesse.

As plantas foram mantidas em corte constante quando as mesmas atingiram 95% interceptação luminosa (IL). Com isso, a interceptação luminosa foi monitorada semanalmente por meio do aparelho Ceptômetro AccuPAR modelo LP-80, às 9:00, 12:00 e 15:00 horas, em dias com condições homogêneas de luminosidade, seguindo as recomendações de uso do aparelho (DEVICES, 2004).

As avaliações morfogênicas e estruturais iniciaram após o último corte de uniformização realizado em março de 2019. Inicialmente foram marcadas seis ramificações em cada unidade experimental com fios de arames lisos de cores diferentes e ao lado uma haste de metal (vergalhão) de aproximadamente 1,0 m de altura para facilitar a localização das ramificações selecionadas para avaliação. Para a seleção das ramificações, foi utilizada como padrão a altura média das plantas de cada unidade experimental e ramificação com no mínimo duas folhas vivas.

As ramificações selecionadas em cada unidade experimental foram avaliadas duas vezes por semana até que as plantas atingissem 95% de IL, momento determinado para o manejo de desfolhação (corte). A cada avaliação foram mensurados em centímetros, o comprimento do caule (estolão), comprimento e largura da folha (Figura 2), comprimento do pecíolo, registro de novas folhas surgidas por estolão e verificação das folhas expandidas e senescentes (BIRCHAM e HODGSON, 1983; LOPES DE SÁ *et al.*, 2015). A folha do amendoim forrageiro foi considerada completamente expandida quando apresentava crescimento estabilizado em

comprimento e largura em duas avaliações consecutivas e considerada morta quando se desprender do caule (BIRCHAM e HODGSON, 1983).

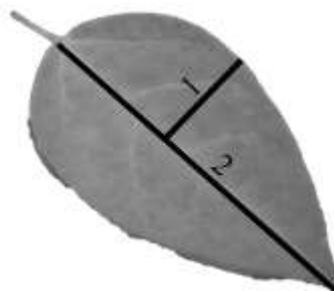


Figura 2. Esquema de avaliação da morfogênese da folha de amendoim forrageiro (1 = largura; 2 = comprimento da folha).

A partir dos dados registrados a campo foram realizados os cálculos para determinação das variáveis-resposta como a taxa de aparecimento foliar e filocrono (número de dias para o aparecimento de duas folhas consecutivas) (WILHELM E MC MASTER, 1995); taxa de alongamento foliar (SKINNER e NELSON, 1995); taxa de alongamento do caule (SBRISSIA e SILVA, 2001); taxa de senescência foliar (BIRCHAM e HODGSON, 1983); duração de vida da folha (filocrono x número de folhas por ramificação) (LEMAIRE e AGNUSDEIZ, 2000); Taxa de alongamento em largura e taxa de alongamento do pecíolo (SBRISSIA e SILVA, 2001); comprimento final da folha, comprimento final do caule e o número de folhas vivas por ramificação.

Os resultados das variáveis taxa de aparecimento foliar, filocrono, taxa de alongamento foliar, taxa de alongamento do caule, taxa de senescência foliar e a duração de vida da folha também foram expressos em tempo térmico (graus dia), além dos valores expressos em dias. Os resultados da morfogênese expressos em graus dias foi calculado por meio da equação proposta por Arnold (1959), que considera apenas a temperatura basal inferior (T_b) no cálculo dos graus-dia (Equação 1). No atual trabalho o valor da temperatura base inferior utilizada para o cálculo em graus dias foi 15°C , indicado por McWilliam (1978) para gramíneas forrageiras tropicais.

$$GD = \frac{TM + Tm}{2} - T_b$$

Equação 1. Método de soma térmica, proposta por Arnold (1959), em que: GD = graus-dia, $^{\circ}\text{C}$; TM = temperatura máxima do dia, $^{\circ}\text{C}$; Tm = temperatura mínima do dia, $^{\circ}\text{C}$; T_b = temperatura basal inferior, $^{\circ}\text{C}$.

Ao atingir 95% de IL, o momento estipulado para o corte, foi determinada a altura das plantas com auxílio de bastão medidor e o índice de área foliar (IAF) com o uso do Ceptômetro. Posteriormente foram realizadas as avaliações fisiológicas.

As leituras de qualidade da luz (relação vermelho, vermelho distante) foram realizadas cinco vezes acima do dossel de plantas em cada unidade experimental a pleno sol e em cada sombreamento, utilizando-se um medidor de luz vermelha e vermelho distante modelo Light Scout Red/Far Red Meter. Concomitantemente, foram realizadas leituras dos teores de clorofila a e b, às dez horas da manhã do dia do corte, posicionando-se o equipamento no terço médio da primeira folha completamente expandida, em 6 (seis) plantas de cada unidade experimental, utilizando-se um clorofilômetro, modelo ClorofiLOG CFL 1030.

A taxa fotossintética (A), condutância estomática (G_s), taxa transpiratória (E) e temperatura da folha ($TFol$), foram avaliados por meio de um aparelho de sistema aberto portátil de trocas gasosas, IRGA (Infra Red Gas Analyzer), modelo LCA 4 (ADCLtd., Hoddesdon, UK) utilizado com intensidade luminosa artificial de $1.000 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em nove folhas completamente expandidas, no período de oito às dez horas da manhã, com exposição à radiação solar. Posteriormente foi calculada a eficiência no uso da água (EUA , A/E).

A produção de forragem foi determinada em cada unidade experimental por meio de três amostras coletadas com moldura de ferro com área conhecida de 0,5 metros quadrados (m^2) e com altura de resíduo de 50% da altura do *Arachis pintoi* no momento do corte. Posteriormente as unidades experimentais foram uniformizadas, almejando-se iniciar um novo ciclo de crescimento.

O material fresco coletado foi pesado e separado em duas subamostras, sendo uma subamostra utilizada para determinação da massa da composição morfológica (folhas, caule, material senescente e inflorescência) e a outra utilizada para determinação da massa e de ramificações (número de ramificações por m^2). As frações da composição morfológica foram determinadas após a separação das folhas, caules, material senescente (50% morto) e inflorescência que foi pesado separadamente.

Posteriormente após a pesagem e a separação do material fresco as amostras foram acondicionadas em sacos de papel, identificadas e secas em estufa de ventilação forçada à 65°C por 72 horas ou até peso constante. Após secagem, as amostras foram pesadas para determinação da produção de massa seca, do peso médio das ramificações (produção de massa seca/ número de ramificações) e da porcentagem de folhas, caule, material senescente e inflorescência. A produtividade do ciclo foi obtida somando-se a produção de massa seca de

cada ciclo de crescimento ao longo das duas estações do ano e os componentes morfológicos foram apresentados e avaliados em porcentagem da massa seca total da forragem amostrada.

Todos os dados foram analisados no programa estatístico Statistical Analysis System - SAS 9.1 (SAS Institute, 2003). As médias das características morfogênicas, estruturais, fisiológicas foram submetidas à análise de variância e posteriormente à análise de regressão linear e quadrática a 5% de probabilidade. Foram considerados intervalos entre 5 a 10% de probabilidade como região de tendência. A melhor equação ajustada foi escolhida de acordo com o coeficiente de determinação, o nível de significância dos coeficientes de regressão e a resposta biológica.

3 RESULTADOS

A produção de massa seca não foi influenciada significativamente ($p=0,0845$) pelos níveis de sombreamento, entretanto, apresentou uma tendência com comportamento quadrático com sombreamento. Quando realizado o teste de tukey, as plantas cultivadas a pleno sol e sob o sombreamento a 47% apresentaram maiores produções de massa seca, seguidos pelo sombreamento a 64%. As plantas cultivadas sob o sombreamento de 74% apresentaram a menor produção de massa seca, sendo que neste sistema também foi observado um menor acúmulo de graus dias durante o período avaliado. Embora a produção de massa seca das plantas cultivadas a pleno sol e sob o sombreamento a 47% apresentaram semelhantes estatisticamente, as plantas cultivadas a 47% de sombra (5.119 kg ha^{-1} de massa seca) produziram 6% a mais que as plantas a pleno sol. Além disso, o sistema com 47% de sombra apresentou o maior acúmulo de graus dias em relação aos outros tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Produção massa seca (PMS) e altura de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov cv. Amarillo) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
PMS (kg ha^{-1})	4.836 a	5.119 a	3.157 b	2.248 c	31,04	0,9236	0,0845
Altura (m)	0,10 b	0,11 b	0,13 a	0,13 a	15,17	0,0614	0,8733
Graus dias acumulados	1556,4	1714,3	1645,3	1504,8	-	-	-

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste tukey a 5% de significância.

A altura das plantas, apresentou tendência de aumento linear ($y = 0,0473x + 9,31$; $R^2 = 0,83$) com o aumento do sombreamento (Tabela 2). Quando realizado o teste de tukey, foi constatada uma altura corte das plantas cultivadas sob os sombreamentos de 64 e 74% superior as plantas cultivadas a 47% de sombra e cultivadas a pleno sol.

A proporção de folhas e de caule apresentou comportamento quadrático com o sombreamento nas plantas. A proporção de folhas ($y = -0,0072x^2 + 0,4724x + 59,26$; $R^2 = 0,76$) foi maior no sombreamento de 64% e menor no sombreamento de 74% e a proporção de caule ($y = 0,0048x^2 - 0,3313x + 33,87$; $R^2 = 0,86$) foi maior no sombreamento de 74% e menor no sombreamento de 64%. A proporção de material senescente ($p=0,9163$) não foi influenciada pelos níveis de sombreamento. Não foi observado inflorescência nas plantas ao longo do período experimental (Tabela 3).

A relação folha/caule apresentou comportamento quadrático ($y = -0,0005x^2 + 0,0325x + 1,76$; $R^2 = 0,94$) com o aumento do sombreamento. A relação folha/caule foi maior no sombreamento a 64% e menor no sombreamento de 74% (Tabela 3).

Tabela 3. Proporção de folha, caule, material senescente, inflorescência, relação folha/caule de plantas de Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg. cv. Amarillo) cultivadas sob diferentes sombreamentos e avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Características	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Folha (%)	59,48	63,23	64,33	52,17	8,68	0,0030	0,0005
Caule (%)	33,61	31,60	26,45	38,53	15,05	0,0201	0,0082
Senescente (%)	6,91	5,17	9,32	9,30	39,13	0,9163	0,6158
Inflorescência (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	-	-	-
Folha/Caule	1,77	2,00	2,44	1,35	23,97	0,0160	0,0069

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

A taxa de aparecimento foliar, TApF, ($p=0,6917$), o filocrono, FILOC, ($p=0,6759$), a taxa de alongamento foliar, TAlF, ($p=0,7682$), a taxa de alongamento do colmo, TAIC, ($p=0,8638$) e a duração de vida da folha, DVF, ($p=0,7902$) não foram influenciados significativamente pelos níveis de sombreamento nas plantas pela avaliação em dias, apenas a taxa de alongamento em pecíolo, TAIP, apresentou aumento com comportamento quadrático ($y = -1 \times 10^{-05}x^2 + 0,001x + 0,04$; $R^2 = 0,78$) à medida que aumentou o sombreamento nas plantas. A maior taxa de alongamento de pecíolo foi observada a 64% de sombreamento (Tabela 4).

As características morfogênicas das plantas avaliadas em graus dias também não apresentaram influência do sombreamento. No entanto, a taxa de alongamento foliar, TApFgd em graus dias, apresentou uma tendência ($p=0,0606$) de aumento quadrático com sombreamento (Tabela 4).

Tabela 4. Características morfogênicas de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg. cv. Amarillo) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
Morfogênese (Dias) ³							
TApF	0,055	0,063	0,046	0,045	20,17	0,6917	0,2595
FILOC	18,182	15,873	21,739	22,222	18,02	0,6759	0,2249
TAIF	0,016	0,018	0,019	0,023	25,83	0,7682	0,5030
TAIP	0,042	0,059	0,063	0,046	34,95	0,0444	0,0398
TAC	0,032	0,032	0,034	0,041	31,20	0,8638	0,5509
DVF	63,637	66,190	94,130	99,999	25,79	0,7902	0,3751
Morfogênese (Graus dias) ⁴							
TApFgd	0,006	0,007	0,005	0,006	14,26	0,7072	0,7800
FILOCgd	166,729	148,730	182,608	163,776	13,49	0,8649	0,8756
TAIFgd	0,002	0,002	0,002	0,003	31,68	0,8419	0,0606
TAIPgd	0,005	0,006	0,008	0,006	46,91	0,5830	0,7622
TACgd	0,003	0,003	0,004	0,006	42,13	0,8672	0,3890
DVFgd	583,551	620,200	790,692	736,993	19,27	0,3113	0,7325

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³ TApF - taxa de aparecimento foliar (folhas dia⁻¹), FILOC - filocrono (dias), TAIF - taxa de alongamento foliar (cm dia⁻¹), TAIP - taxa de alongamento do pecíolo (cm dia⁻¹), TAC - taxa de alongamento do caule (cm dia⁻¹), TSF - taxa de senescência foliar (cm dia⁻¹), DVF - Duração de vida das folhas (dias).

⁴ TApFgd - taxa de aparecimento foliar (folhas gd⁻¹), FILOCgd - Filocrono (graus dias), TAIFgd - taxa de alongamento foliar (cm gd⁻¹), TAIPgd - taxa de alongamento do pecíolo (cm gd⁻¹), TACgd - taxa de alongamento do caule (cm gd⁻¹), TSFgd - taxa de senescência foliar (cm gd⁻¹), DVFgd - duração de vida das folhas (graus dias).

O número de folhas vivas, NFV, por ramificação ($p=0,1435$), comprimento final da folha, CFF, ($p=0,8996$), comprimento final do caule, CFC, ($p=0,2489$) e o índice de área foliar, IAF, ($p=0,9796$) não foram influenciados significativamente com o aumento do sombreamento. O peso médio da ramificação (PMR) e a densidade de ramificações (RAM) também não foram influenciados significativamente pelo sombreamento, no entanto, o peso médio da ramificação apresentou uma tendência ($0,0977$) com comportamento quadrático à medida que aumentou o sombreamento e a densidade de ramificações apresentou uma tendência ($p=0,0749$) de diminuição linear à medida com o sombreamento nas plantas (Tabela 5).

Tabela 5. Características estruturais de plantas de Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg. cv. Amarillo) cultivadas sob diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
NFV	3,50	4,17	4,33	4,50	19,33	0,1435	0,4354
CFF	1,70	1,74	1,89	2,06	18,28	0,8996	0,5902
CFC	17,70	18,93	20,33	21,00	12,09	0,2489	0,7902
IAF	3,95	3,86	3,75	3,38	13,08	0,9796	0,6133
PMR	0,215	0,222	0,354	0,218	28,71	0,1118	0,0977
RAM	808,0	685,3	466,7	452,0	27,57	0,0749	0,4922

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³NFV- Número médio de folhas vivas, CFF- comprimento final da folha (cm), CFC - comprimento final do caule (cm), IAF- índice de área foliar, PMR- Peso médio da ramificação (gramas) e RAM- Densidade de ramificações (números de ramificações.m⁻²).

A taxa fotossintética, *A*, apresentou aumento com comportamento quadrático ($y = -0,003x^2 + 0,1692x + 12,76$; $R^2 = 0,94$) com maior fotossíntese quando submetida ao sombreamento de 47% e reduções nos sombreamentos mais intensos, 64 e 74%. A condutância estomática, *gs*, diminuiu linearmente ($y = -0,002x + 0,40$; $R^2 = 0,88$) com o sombreamento. A temperatura da folha, *Tfol*, ($y = 0,0906x + 20,92$; $R^2 = 0,83$) aumentou linearmente com o sombreamento. A taxa transpiratória, *E*, ($p=0,1136$), a eficiência no uso da água, *EUA*, ($p=0,9885$), a clorofila *a*, *Clor a*, ($p=0,7303$) e a clorofila *b*, *Clor b*, ($p=0,9310$) não foram influenciados significativamente pelo sombreamento (Tabela 6).

Tabela 6. Fisiologia de plantas de amendoim forrageiro (*Arachis pintoi* Krapov. & W.C. Greg. cv. Amarillo) cultivadas em diferentes sombreamentos, avaliadas nas estações de outono e inverno de 2019

Item ³	Sombreamento (%)				CV ²	P-valor ¹	
	0	47	64	74		LIN	QUAD
<i>A</i>	12,80	13,61	11,95	8,23	21,17	0,0401	0,0002
<i>E</i>	1,64	1,49	2,34	1,50	30,41	0,1136	0,1123
<i>gs</i>	0,413	0,273	0,295	0,261	39,67	0,0529	0,2003
<i>EUA</i>	7,80	9,13	5,11	5,49	32,68	0,9885	0,4479
<i>Tfol</i>	21,50	23,20	27,80	27,96	11,28	<,0001	0,2471
<i>clora</i>	27,78	28,02	27,53	27,20	3,73	0,7303	0,5011
<i>Clor b</i>	8,70	8,92	8,40	8,28	17,11	0,9310	0,7833

¹Probabilidade de efeito significativo (LIN=linear; QUAD=quadrático).

²CV=Coefficiente de variação.

³*A*- Taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), *E* - taxa transpiratória ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), *gs* - condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), *EUA*- eficiência no uso da água ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1}$), *Tfol* - temperatura da lâmina foliar (°C), *Clor a* - teores de clorofila *a* e *Clor b* - teores de clorofila *b*.

4 DISCUSSÃO

Embora a produção de massa seca não apresentou diferença significativa com o sombreamento, houve uma tendência de aumento na produção de massa seca do amendoim observada sob o sombreamento de 47%, produzindo 6% a mais que as plantas cultivadas sem sombreamento (Tabela 2). Este aumento da produção no sombreamento a 47%, deve-se provavelmente a maior proporção de folhas (Tabela 3) e a maior taxa fotossintética (Tabela 6) constatada sob este nível de sombra. As plantas da família Fabaceae, como o amendoim forrageiro, devido ao mecanismo fotossintético de fixação de carbono do tipo C3 são fisiologicamente mais adaptadas às condições de baixa luminosidade quando comparadas às gramíneas tropicais do tipo C4, como consequência, sua produção de forragem pode ser menos afetada em ambientes sombreados (LISTA *et al.*, 2019). Além disso, devido a maior ciclagem de nutrientes e melhor retenção de umidade no solo nos sistemas sombreados, ocorre uma compensação da manutenção da taxa fotossintética destes sistemas comparados com áreas a pleno sol (SANTOS *et al.*, 2017).

Na atual pesquisa, quando as plantas foram submetidas aos sombreamentos mais intensos de 64 e 74% de sombra (Tabela 2), houve uma redução 35 e 54%, respectivamente, na produção de massa seca, em relação as plantas cultivadas a pleno sol. Possivelmente, essa redução na produção ocorreu devido a redução das taxas fotossintéticas sob condições de restrição luminosa acima de 50% da radiação incidente (Tabela 6). Resultados semelhantes também foram encontrados por Santiago- Hernández *et al.* (2016) trabalhando com gramíneas dos gêneros *Brachiaria* (Syn *Urochloa*) e *Panicum* (Syn *Megathyrsus*) quando avaliados a pleno sol e sob sombreamento natural *Melia azedarach* L. (cinamomo) na estação seca do ano.

A redução de produtividade sobre maiores restrições de luz pode ter relação ao aumento da temperatura da folha nos sombreamentos mais intensos (64 e 74%) (Tabela 6), que provavelmente estar relacionada também a atividade enzimática da Rubisco. Em folhas de espécies C3, a resposta o aumento da temperatura da folh pode provocar um decréscimo na afinidade da rubisco por CO₂, com um aumento correspondente na fotorrespiração (TAIZ *et al.*, 2017). Assim como foi observado no presente, onde houve aumento da temperatura foliar a fotossíntese diminuiu (Tabela 6).

A temperatura foliar alta pode tornar os processos de transporte de elétrons ligados à membrana, desacoplados ou instáveis. Isso interrompe o suprimento do poder redutor necessário para abastecer a fotossíntese líquida e provoca um decréscimo geral acentuado na

fotossíntese (TAIZ *et al.*, 2017) e conseqüentemente na produção de massa seca das plantas, como foi observado na atual pesquisa.

Gobbi *et al.* (2009) avaliando a forrageira *Arachis pintoi* cv. Amarillo submetidas a três níveis de sombreamento artificial verificou que a produção de massa seca do amendoim forrageiro reduziu com os níveis de sombreamento de 50% e 70%.

Cruz (2019) trabalhando com *Arachis pintoi* sob diferentes níveis de sombreamento artificial (0, 30, 45, 73%) em avaliação ao longo de um ano, observou também maior produção de massa seca sob o sombreamento moderado de 30%, proporcionando uma produção de 43,93% e em relação a pleno sol.

A tendência de aumento da altura das plantas sob sombreamento (Tabela 5), provavelmente está relacionada com o aumento na taxa de alongamento dos pecíolos e com aumento na taxa de alongamento foliar das plantas, em busca de maior captação de luminosidade (Tabela 4).

Gobbi *et al.* (2009) avaliando a leguminosa *Arachis pintoi* cv. Amarillo sob manejo de corte a 95 % de interceptação luminosa em diferentes níveis de sombreamento artificial (0%, 50% e 70%), reporta que a altura de corte para as plantas a pleno sol é em torno de 0,09 m, que corresponde à altura de corte encontrada no presente estudo, de aproximadamente 0,10 m, quando o capim foi manejo sem sombreamento (Tabela 2). Valores semelhantes a esse resultado foi encontrado por Cruz (2019) trabalhando com *Arachis pintoi* sob diferentes níveis de sombreamento artificial (0, 30, 45, 73%).

Em condições de restrição luminosa, na atual pesquisa, as plantas de amendoim forrageiro aumentaram pouco sua altura, apresentando valores de 0,13m sob sombreamento de 64 e 74%. Segundo Gobbi *et al.* (2011) e Cruz (2019), isso deve a uma estratégia conhecida como estiolamento, na qual há o aumento da sua estatura em busca de luminosidade, por meio do alongamento do pecíolo e do alongamento das folhas, como observado na atual pesquisa (Tabela 4). Cruz (2019) também encontrou alturas de desfolhação de 0,13m para *Arachis pintoi* submetido a 74% sombreamento artificial.

O aumento da proporção de folha, a diminuição na proporção de caule e o aumento da relação Folha/caule do amendoim forrageiro sob sombreamentos de 47 e 64% (Tabela 3), ocorrem devido a capacidade das plantas de priorizar a alocação de fotoassimilados para produção de folhas, para maior captação de radiação (BALDISSERA *et al.*, 2016; PACIULLO

et al., 2016). No entanto, em sombreamento muito intenso, como no sombreamento a 74% testado neste experimento, há uma redução do acúmulo líquido de folhas devido ao acúmulo de caules e material morto, principalmente devido a limitante quantidade de luz no dossel forrageiro (LISTA *et al.*, 2019).

As características morfogênicas de amendoim forrageiro permaneceram praticamente constantes quando submetidas aos níveis de sombreamento. O aumento na taxa de alongamento dos pecíolos e taxa de alongamento das folhas em graus dias do amendoim forrageiro à medida que o sombreamento aumentou, é uma resposta comum das plantas sob sombreamento, devido um aumento do alongamento celular das folhas, como um importante mecanismo adaptativo, para maior captura de luz (GOBBI *et al.*, 2011; CASTRO *et al.*, 2009). Além disso, em plantas sombreadas, normalmente a alocação de fotoassimilados é destinada ao desenvolvimento de tecidos existentes, e não ao surgimento de novos tecidos (GOBBI *et al.*, 2011).

Assim como as características morfogênicas, as características estruturais de amendoim forrageiro também permaneceram praticamente constantes quando submetidas aos níveis de sombreamento. O número de folhas vivas por ramificação não foi influenciado pelo sombreamento imposto as plantas (Tabela 5), isso pode estar relacionado a não variação da duração de vida da folha e da taxa de senescência foliar com o aumento do sombreamento, que provavelmente, provocou uma estabilização do número de folhas independente das condições de luminosidade das plantas (SILVA *et al.*, 2008). Como isso, o número e folhas vivas mantiveram-se máximo e estável nos diferentes sistemas, até que a planta atingisse os 95% de interceptação luminosa, momento determinado para o corte.

A tendência de redução na densidade de ramificações com o sombreamento, verificada no atual trabalho (Tabela 5), pode estar relacionada ao aumento da taxa de alongamento da folha e com a taxa de alongamento em pecíolo (Tabela 4), pois sob condições sombreadas as plantas demonstraram um comportamento de distinto das plantas ao pleno sol, alocando uma maior quantidade de fotoassimilados para o crescimento e desenvolvimento de ramificações existentes em relação alocação para o desenvolvimento de novos ramos em plantas sombreadas e assim proporcionar o maior crescimento das folhas e pecíolos das ramificações existentes, para maior captação de luz (GOBBI *et al.*, 2009; MARTUSCELLO *et al.*, 2009).

Cruz (2019), avaliando características morfológicas e estruturais de *Arachis pintoi* sob diferentes níveis de sombreamento artificial (0, 30, 45, 73%) ao longo de um ano de avaliação,

verificou uma redução no número de ramificações com o aumento do sombreamento nas plantas.

Assim como a densidade de ramificações, o peso médio das ramificações de amendoim forrageiro, também apresentou influência dos diferentes níveis de sombreamento nas plantas (Tabela 5). Isso ocorre devido uma relação de compensação peso e densidade de ramificações, no qual aumento na densidade de ramificações resulta em ramos menores, enquanto a redução da densidade resulta em ramos maiores. O aumento no peso de ramificação à medida que diminui a densidade de ramificações com sombreamento, observado na atual pesquisa (Tabela 5), está relacionada ao maior investimento de fotoassimilados em ramificações já desenvolvidas, ao invés de produzir novas ramificações (GOBBI *et al.*, 2009), e isso provavelmente, provocou aumento na taxa aparecimento de folhas e aumento do alongamento e comprimento das folhas (Tabela 4 e 5) nas ramificações já desenvolvidas, proporcionando assim maior peso dessas ramificações quando sombreadas.

O índice de área foliar é a razão entre a área total das folhas da planta e a superfície de solo coberta (GIVNISH, 1988). Para as gramíneas forrageiras geralmente o IAF é calculado por meio da área foliar média por perfilho e da densidade populacional de perfilhos e para as leguminosas, como o amendoim forrageiro, o IAF é calculado com base na relação entre área foliar (comprimento e largura da folha), peso foliar e proporção de folhas na massa total de forragem colhida (GOBBI *et al.*, 2009). Além disso, segundo Martuscello *et al.* (2009), o IAF é resultante do tamanho das folhas e do número de folhas vivas.

O índice de área foliar do amendoim forrageiro, não variou com o sombreamento nas plantas (Tabela 5). Embora fosse observado um leve aumento na proporção de folhas sob 47% e a 64% de sombreamento (Tabela 3), essa mudança não foi suficiente para alterar o IAF do dossel de amendoim forrageiro. Este resultado deve-se, provavelmente, a semelhança da área foliar (comprimento e largura das folhas), do número de folhas vivas (Tabela 5), da taxa de aparecimento e alongamento ds folhas (Tabela 4) entre os diferentes níveis de sombreamento (Tabela 5). Com isso, como houve pouca alteração destas variáveis quando sombreadas, consequentemente, não houve alteração significativa do IAF no dossel da leguminosa.

Gobbi *et al.* (2009) avaliando as características morfológicas, estruturais de *Arachis pintoi*, cv. Amarillo (amendoim forrageiro) submetidos ao sombreamento artificial (0, 50 e 70%), verificou que não houve diferenças no IAF do amendoim forrageiro com o os níveisde sombreamento.

O aumento da taxa fotossintética sob o sombreamento a 47% (Tabela 6) deve-se provavelmente a adaptações morfoanatômicas realizadas pelas plantas de amendoim forrageiro, apresentando uma proporção maior de células do parênquima lacunoso em folhas sombreadas e essas células melhoram a eficiência da absorção de luz (GOBBI *et al.*, 2011). Além disso, este leve aumento da taxa fotossintética sob o sombreamento de 47% pode estar relacionado também aos maiores teores de clorofila a e b observados sob este nível de sombreamento (Tabela 6), que embora não tenham apresentado um aumento significativo, provavelmente este aumento da clorofila foi suficiente para aumentar a taxa fotossintética.

A diminuição da condutância estomática sob o sombreamento, provavelmente está relacionada com a maior umidade relativa do ar nos sistemas sombreados, que provoca uma diminuição da pressão de vapor (VPD) entre a atmosfera e os espaços intracelulares das folhas, reduzindo a perda de vapor de água da folha para a atmosfera, conseqüentemente diminuindo a condutância estomática (SANTOS *et al.*, 2017). Todavia, como não houve alterações significativas na quantidade de clorofila *a e b*, a taxa fotossintética não foi aumentada nas plantas de amendoim forrageiro cultivadas acima de 50% de sombreamento.

O aumento na temperatura das folhas nas plantas sombreadas (Tabela 6) pode ter ocorrido devido uma diminuição da evapotranspiração das plantas nos sistemas sombreados, que conseqüentemente provoca uma diminuição da perda de água nas folhas, dificultando a dissipação do calor e assim aumentando a temperatura das folhas (MONTEIRO *et al.*, 2016).

Embora a clorofila a e a clorofila b não tenham sido influenciadas pelo sombreamento significativamente, houve uma redução desses teores sob o sombreamento a 64 e 74%, com reflexos na redução da taxa fotossintética sob estes níveis de sombra (Tabela 6), a planta quando submetida a uma alta radiação luminosa, se adapta, degradando a clorofila para absorver menos energia e quando submetidas à baixa radiação luminosa, as plantas mantêm altas concentrações de clorofila para maximizar a interceptação da energia (RAMOS *et al.*, 2018). Esses resultados apontam que o amendoim forrageiro não se adapta a restrição luminosa acima de 50% ao longo do outono e inverno.

5 CONCLUSÃO

O amendoim forrageiro manejado a 95% de interceptação luminosa nas estações outono e inverno, apresentou grande adaptação ao sombreamento de 47%, aumentando a taxa

fotossintética, a proporção de folhas e a relação folha/ caule quando comparado as plantas sem sombreamento e com sombreamento de 64 e 74%.

Recomenda-se altura de entrada do amendoim forrageiro sob o sombreamento a 47%, de aproximadamente 0,10 m, que corresponde a mesma altura a pleno sol, sob manejo a 95% de interceptação luminosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARNOLD, C. Y. The determination and significance of the base temperature in a linear heat unit system. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 74, n.1, p. 430-445, 1959.

BALDISSERA, T. C.; DA SILVEIRA PONTES, L.; GIOSTRI, A. F. *et al.* Sward structure and relationship between canopy height and light interception for tropical C4 grasses growing under trees. **Crop and Pasture Science**, v. 67, n. 11, p. 1199-1207, 2016.

BIRCHAM, J.; HODGSON, J. The influence of sward condition on rates of herbage growth and senescence in mixed swards under continuous stocking management. **Grass and forage science**, v. 38, n. 4, p. 323-331, 1983.

CASTRO, C. R. T; PACIULLO, D. S. C; GOMIDE, C. A. M; MULLER, M. D; NASCIMENTOJR, E. R. Características agrônômicas, massa de forragem e valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 6, n. 60, p. 19-25, 2009.

CRUZ, P. J. R. **Fluxo de tecidos, fisiologia e produção de plantas forrageiras sob sombreamentos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal dos Vales Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina-MG, 2019.

DEVICES, D. **AccuPAR PAR/LAI Ceptometer - Model LP-80 - Operator's Manual**. METER GROUP, I. U. METER Group, Inc. USA 2365 NE Hopkins, Court Pullman-WA, 2004.

EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; BARBOSA, R. A., NANTES, N. Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. **Ceres**, v. 61, n. 7, p. 808-818, 2015.

GIVNISH, T. J. Adaptation to sun and shade: a whole-plant perspective. **Functional Plant Biology**, v. 15, n. 2, p. 63-92, 1988.

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

GOBBI, K. F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M. C. *et al.* 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.

LEMAIRE, G.; AGNUSDEIZ, M. Efficiency of Herbage Utilization. **Grassland ecophysiology and grazing ecology**, p. 265, 2000.

LISTA, F. N., DEMINICIS, B. B., ALMEIDA, J. C. D. C., ARAUJO, S. A. D. C., & ZANELLA, P. G. Forage production and quality of tropical forage legumes submitted to shading. **Ciência Rural**, v.49, n.7, 2019.

LOPES DE SÁ, O.; LARA, M.; EVANGELISTA, A. *et al.* Estimates of the leaf area of forage peanut for use in morphogenetic assessment. **Grass and Forage Science**, v. 70, n. 2, p. 335-340, 2015.

MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; GONTIJO NETO, M. M. *et al.* Genus *Brachiaria* grass yields under different shade levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.

McWILLIAM, JR. Resposta de pastagens à temperatura. In: WILSON, JR (Ed). **Relação de plantas em pastagens**. East Melbourne, Austrália: CSIRO, 1978. p.17–34.

MONTEIRO, M. V., BLANUŠA, T., VERHOEF, A., HADLEY, P., & CAMERON, R. W. F. Relative importance of transpiration rate and leaf morphological traits for the regulation of leaf temperature. **Australian Journal of Botany**, v. 64, p. 32–44. 2016.

NASCIMENTO, H. L. B. **Respostas produtivas e morfofisiológicas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistema silvipastoril**. Tese (Doutorado em Zootecnia. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2018.

NASCIMENTO, H. L. B., PEDREIRA, B. C., SOLLENBERGER, L. E., PEREIRA, D. H., MAGALHÃES, C. D. S., & CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p.384-394 (2019).

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. *et al.* Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v. 72, n. 3, p. 590-600, 2016.

PEREIRA, K. A., ANÉSIO, A. H. C., LOBO, U. G. M., DE OLIVEIRA, A. R., & CAMPOS, J. C. D. Parâmetros anatômicos, morfológicos e fisiológicos de forrageiras cultivadas em sistema agrossilvipastoril: uma revisão. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 4, p. 1333-1355, 2018.

RAMOS, L. M.; REIS, F. O.; CATUNDA, P. H. A. *et al.* Ecofisiologia de *Brachiaria decumbens* em diferentes sistemas de manejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 201-210, 2018.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., H.V. **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª Aproximação**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais – CFSEMG, 1999. 359p.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C. *et al.* 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.

SANTOS, M. V., DA FONSECA, D. M., DA SILVA, L. D., DE SOUZA, W. F., DE OLIVEIRA, T. S., FERREIRA, L. R., ... & PACIULLO, D. S. C. Integrated crop–forage–forestry for sustainable agricultural systems: productive performance. **Agroforestry Systems**, v. *online*, p. 1-11, 2019.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D. *et al.* *Brachiaria* physiological parameters in agroforestry systems. **Ciencia Rural**, v. 47, n.5, p.1-7, 2017.

SAS, S. A. S.; GUIDE, STAT User's. Version 9.1. *SAS Institute Inc., Cary, NC*, 2003.

SBRISSIA, A.; SILVA, S. D. O ecossistema de pastagens e a produção animal. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 731-754, 2001.

SILVA, S. C.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; EUCLIDES, V. B. P. **Pastagens: Conceitos básicos, produção e manejo**. 1ª edição. Viçosa: Viçosa: Suprema,

SKINNER, R.; NELSON, C. Elongation of the grass leaf and its relationship to the phyllochron. **Crop Science**, v. 35, n. 1, p. 4-10, 1995.

SOUSA-MACHADO, I. B., FELIPPE, T., GARCIA, R., PACHECO, G., MOREIRA, D., & MANSUR, E. Total phenolics, resveratrol content and antioxidant activity of seeds and calluses of pinto peanut (*Arachis pintoi* Krapov. & WC Greg.). **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)**, v. 134, n.3, p.491-502, 2018.

TAIZ, L., ZEIGER, E., MØLLER, I. M., & MURPHY, A. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora. (2017).

WILHELM, W.; MCMASTER, G. S. Importance of the phyllochron in studying development and growth in grasses. *Crop Science*, v. 35, n. 1, p. 1-3, 1995.

ZHANG, D., DU, G., SUN, Z., BAI, W., WANG, Q., FENG, L., ... & YANG, N. Agroforestry enables high efficiency of light capture, photosynthesis and dry matter production in a semi-arid climate. **European journal of agronomy**, v. 94, p. 1-11, 2018.

CONCLUSÃO GERAL

Ao longo das estações outono e inverno foi possível observar que o capim-tamani foi o capim que apresentou maior adaptação aos diferentes níveis de sombreamento, com maiores produções de massa seca mesmo sob alto sombreamento (74%), em comparação as plantas cultivadas a pleno sol, seguido pelo capim-zuri e o capim-mavuno que também apresentaram resultados satisfatórios quando cultivados em sombreamentos moderados (64% de sombreamento). Já a leguminosa amendoim forrageiro durante a estação outono e inverno, apresenta tolerância a baixos níveis de sombreamento (47% sombreamento).

As alturas de corte ou interrupção da rebrotação pelo pastejo dos capins quando sombreados é diferente da altura de corte dos capins cultivados a pleno sol, sob o regime de corte a 95% de interceptação luminosa.