

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal
Elizzandra Marta Martins Gandini

DESENVOLVIMENTO DE EUCALIPTO E CAPIM-MARANDU EM SISTEMA
SILVIPASTORIL

Diamantina
2018

Elizzandra Marta Martins Gandini

**DESENVOLVIMENTO DE EUCALIPTO E CAPIM-MARANDU EM SISTEMA
SILVIPASTORIL**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales
do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para
obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. José Barbosa dos Santos

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Márcia Vitória Santos

Diamantina

2018

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

G195d Gandini, Elizandra Marta Martins
Desenvolvimento de eucalipto e capim-marandu em sistema silvipastoril / Elizandra Marta Martins Gandini, 2018.
120 p. : il.

Orientador: José Barbosa dos Santos
Coorientadora: Márcia Vitória Santos

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2018.

1. *Brachiaria brizantha*. 2. Cultivo sombreado. 3. *Eucalyptus urograndis*. 4. Qualidade do pasto. I. Santos, José Barbosa dos. II. Santos, Márcia Vitória. III. Título IV. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

CDD 634.9

ELIZZANDRA MARTA MARTINS GANDINI

DESENVOLVIMENTO DE EUCALIPTO E CAPIM-MARANDU EM SISTEMA SILVIPASTORIL

Tese apresentada ao DOUTORADO EM CIÊNCIA FLORESTAL, nível de DOUTORADO como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTORA EM CIÊNCIA FLORESTAL

Orientador (a): Prof. Dr. Jose Barbosa Dos Santos

Data da aprovação : 14/12/2018



Prof.Dr. JOSE BARBOSA DOS SANTOS - UFVJM



Prof.Dr. EMERSON DELANO LOPES - IFNMG



Prof.Dr. JANAINA FERNANDES GONÇALVES - UFVJM



Dr. DANIEL JOSE SILVA VIANA - UFVJM



Prof.Dr. MARCELA AZEVEDO MAGALHAES - UFVJM

OFEREÇO

*Aos meus pais, Gilberto e Marta,
a minha irmã Andrezza, pelo
amor e apoio incondicionais. E a
todos os familiares e amigos.*

DEDICO

A todas as pessoas que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por guiar meus passos e iluminar os caminhos.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), pela oportunidade de realização do curso e pela contribuição à minha formação acadêmica.

Ao Professor Dr. José Barbosa dos Santos pela amizade, orientação, paciência, oportunidade, e pela confiança que em mim depositou, permitindo-me alcançar esta etapa de grande importância em minha formação acadêmica.

A Dra Professora Márcia Vitória Santos, pela coorientação e apoio durante toda a execução da tese.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pelos ensinamentos durante as disciplinas cursadas.

Aos professores integrantes da banca de defesa, Dr. Emerson Delano Lopes, Dr^a. Janaína Fernandes Gonçalves, Dr^a. Marcela Azevedo Magalhães e Dr. Daniel José Silva Viana por aceitarem o convite, e aos professores membros da banca de qualificação, Dr^a. Marcela Azevedo Magalhães, Dr^a. Miranda Titon e Dr. Evander Alves Ferreira, todos por terem contribuído efetivamente com este trabalho.

A chefia do Departamento de Zootecnia por me permitirem ausentar do trabalho para participar das aulas.

A minha irmã Andrezza Mara pelo grande auxílio.

A amiga Dr^a. Denize Carvalho Martins pelo auxílio nos cálculos estatísticos.

Aos funcionários da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação e ao Gilmar Tadeu, pela ajuda nos momentos de dúvidas.

Aos integrantes do Grupo de INOVAHERB, desta Universidade, que direta ou indiretamente, contribuirão para a realização deste trabalho, em especial Evander, Márcio e Gabriela. E aos integrantes do Grupo NESAFs, pelo especial auxílio nas avaliações e orientações - Raul, Charles, Sr. Alex, Priscila e Leandro.

Aos discentes de Agronomia e Zootecnia que auxiliaram nas avaliações, coletas e análises.

Por fim, a todos que de alguma forma fazem parte da minha vida e que colaboraram para realização desse trabalho.

Muito Obrigada!

RESUMO

GANDINI, E.M.M. **Desenvolvimento de eucalipto e capim-marandu em Sistema Silvopastoril**. Tese (Doutorado) do Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, 2018.

O presente estudo tem o objetivo de quantificar o crescimento de árvores de eucalipto (híbrido *E. urophylla* x *E. grandis*) e a radiação fotossinteticamente ativa (RFA) incidente em Sistema Silvopastoril (SSP), verificando o efeito do sombreamento sobre as plantas de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu). A área experimental situa-se no município de Curvelo-MG, o sistema agrossilvipastoril foi implantando em local de pastagem degradada, inicialmente composto por três espécies – arbórea (eucalipto), agrícola (milho) e forrageira (capim-marandu), todas plantadas na mesma época. O capim-marandu foi avaliado em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, totalizando nove tratamentos com quatro repetições (blocos). O fator A - dois espaçamentos do cultivo do eucalipto – 12 x 2 e 12 x 3 metros, e fator B - quatro distâncias das forrageiras em relação as árvores – 1, 2, 4 e 6 metros. Após a colheita do milho, o sistema passou a ser silvipastoril. Antecedendo as quatro coletas foi realizado um corte de uniformização da forragem, permanecendo a área em período de descanso de cerca de 60 dias. A primeira avaliação e corte ocorreu em janeiro de 2016 e a última em julho de 2017, quando o sistema estava com 31 meses de implantação. As unidades experimentais dos tratamentos em consórcio possuíam 36 x 18 m, totalizando uma área de 648 m², composta por quatro faixas de fileiras simples de eucalipto espaçadas a cada 12 m, intercaladas à espécie forrageira (SSP). As fileiras laterais de eucalipto foram utilizadas como bordadura. Para as parcelas em monocultivo do capim-marandu as dimensões foram de 36 x 10 m, totalizando uma área de 360 m². As variáveis avaliadas foram: altura, DAP e volume m³ha⁻¹ de madeira das árvores de eucalipto; RFA incidente sob o capim-marandu; pigmentos fotossintéticos, temperatura foliar, altura, massa de forragem, produção de matéria seca, densidade populacional de perfilhos, relação lâmina foliar/colmo, relação material fresco/material senescente, número de plantas m⁻², matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta, FDN, FDA, P e K das plantas de capim-marandu. Os espaçamentos de 12 x 2 e 12 x 3 m de cultivo do eucalipto implicam em redução da quantidade RFA incidente sobre o sub-bosque, assim como redução da produtividade da forragem, contudo, a composição químico-bromatológica do capim-marandu cultivado em SSP atende os parâmetros para obtenção de pasto de qualidade. Houve redução do teor de FDN e FDA, e aumento do teor de proteína bruta e minerais. Até os 31 meses de plantio, as árvores de eucalipto cultivadas nos dois espaçamentos pouco diferiram quanto altura e DAP, porém se o objetivo é facultar o crescimento do capim-marandu, recomenda-se o espaçamento 12 x 3 m, que propicia maior incidência da RFA. As alterações nas concentrações das variáveis analisadas sugerem adaptações ao sombreamento o que comprova o capim-marandu factível de ser utilizado em SSP nas condições ecológicas da região de Curvelo-MG.

Palavras chave: *Brachiaria brizantha*, cultivo sombreado, espaçamento eucalipto, *Eucalyptus urograndis*, qualidade do pasto.

ABSTRACT

GANDINI, E.M.M. **Development of eucalyptus and marandu grass in Silvopastoral System.** Tesis (Doctorate) Postgraduate Forest Science Program, Federal University of the Valleys of Jequitinhonha and Mucuri - UFVJM, 2018.

The present study aims to quantify the growth of eucalyptus trees (*E. urophylla* x *E. grandis* hybrid) and photosynthetically active radiation (PAR) incident on Silvopastoral System (SPS), verifying the effect of shading on grass plants -marandu (*Brachiaria brizantha* cv Marandu). The experimental area is located in the municipality of Curvelo-MG, the agrosilvipastoral system was implanted in a degraded pasture site, initially composed of three species - arboreal (eucalyptus), agricultural (corn) and forage (marandu grass), all planted at the same time. The marandu grass was evaluated in a randomized block design in a 2 x 4 + 1 factorial scheme, totaling nine treatments with four replicates (blocks). The factor A - two spacings of the eucalyptus cultivar - 12 x 2 and 12 x 3 meters, and factor B - four distances of the foragers in relation to the trees - 1, 2, 4 and 6 meters. After harvesting the corn, the system became silvipastoral. Before the four collections, a cut of uniformity of the forage was made, remaining the area in rest period of about 60 days. The first evaluation and cut occurred in January 2016 and the last in July 2017, when the system was 31 months old. The experimental units of the consortium treatments had 36 x 18 m, totaling an area of 648 m², composed of four bands of single eucalyptus rows spaced every 12 m, interspersed with the forage species (SPS). The lateral rows of eucalyptus were used as border. For the monoculture plots of marandu grass, the dimensions were 36 x 10 m, totaling an area of 360 m². The variables evaluated were: height, DBH and volume m³ha⁻¹ of wood from eucalyptus trees; PAR incident under the marandu grass; dry matter yield, dry matter yield, tiller population density, leaf / stem ratio, fresh material / senescent ratio, number of plants m⁻², dry matter, organic matter, crude protein, NDF, ADF, P and K of the marandu grass plants. The spacings of 12 x 2 and 12 x 3 m of eucalyptus cultivation imply a reduction in the amount of PAR incident on the understorey, as well as reduction of forage yield, however, the chemical-bromatological composition of the Marandu grass grown in SPS meets the parameters for obtaining quality grazing. There was a reduction in NDF and ADF content, and an increase in crude protein and mineral content. Until 31 months of planting, the eucalyptus trees grown in the two spacings had little difference in height and DBH, but if the goal is to provide growth of marandu grass, it is recommended to spacing 12 x 3 m, which provides a higher incidence of PAR. The changes in the concentrations of the analyzed variables suggest adaptations to the shading, which proves the marandu grasses that can be used in SPS in the ecological conditions of the Curvelo-MG region.

Key words: *Brachiaria brizantha*, shade cultivation, eucalyptus spacing, *Eucalyptus urograndis*, pasture quality.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Precipitação (mm) e temperatura (°C) durante o período de crescimento das espécies componentes do Sistema Silvistoril avaliado no estudo (novembro de 2015 à julho de 2017), em Curvelo-MG	33
Figura 2 -	Pastagem degradada, área do experimento antes da implantação do Sistema Agrossilvistoril, no ano de 2014	34
Figura 3 -	Sistema Silvistoril de eucalipto e capim-marandu, respectivamente, 1°, 2°, 3° e 4°coletas (A, B, C e D)	36
Figura 4 -	Medição da radiação fotossinteticamente ativa - RFA ativa interceptada pelo capim-marandu em Sistema Silvistoril (1° coleta)	39
Figura 5 -	Metodologia de avaliação do capim-marandu, nas distâncias de 1,0 a 6,0 m, nos espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m do Sistema Silvistoril	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em SSP com 13 meses de plantio, avaliadas em janeiro de 2016 (pleno verão)	43
Tabela 2 -	Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvipastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno verão de 2016	44
Tabela 3 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de caracterização fisiológica de capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2016	45
Tabela 4 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agronômicas do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2016	47
Tabela 5 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2016	48
Tabela 6 -	Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvipastoril com 19 meses de plantio, avaliadas em julho de 2016 (pleno inverno)	49
Tabela 7 -	Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvipastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno inverno de 2016	50
Tabela 8 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de caracterização fisiológica de capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2016	51
Tabela 9 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agronômicas do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2016	52
Tabela 10 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2016	53
Tabela 11 -	Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvipastoril com 25 meses de plantio, avaliadas em	54

janeiro de 2017 (pleno verão)

Tabela 12 -	Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvopastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno verão de 2017	55
Tabela 13 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de caracterização fisiológica de capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvopastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2017	56
Tabela 14 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agronômicas do capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvopastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2017	57
Tabela 15 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvopastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2017	58
Tabela 16 -	Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvopastoril com 31 meses de plantio, avaliadas em julho de 2017 (pleno inverno)	59
Tabela 17 -	Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvopastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno inverno de 2017	60
Tabela 18 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvopastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2017	61
Tabela 19 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agronômicas do capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvopastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2017	63
Tabela 20 -	Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvopastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2017	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAP – circunferência a altura do peito

DAP – diâmetro a altura do peito

DDP – densidade populacional de perfilhos

DFP – densidade de fluxo fotônico

F/C – folha/colmo

FDA – fibra em detergente neutro

FDN – fibra em detergente ácido

iLPF – integração lavoura-pecuária-floresta

iLP – integração lavoura-pecuária

iPF – integração pecuária-floresta

MF/MS – matéria fresca/matéria seca (mudar no texto)

MO – matéria orgânica

MS – matéria seca

PB – proteína bruta

RFA – radiação fotossinteticamente ativa

SSP – sistema silvipastoril

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1.	Sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta	15
2.2.	Espécies componentes do Sistema Silvopastoril	16
2.2.1.	Espécie florestal	16
2.2.2.	Espécie forrageira	18
2.3.	Espaçamento de cultivo e crescimento do eucalipto	20
2.4.	Radiação fotossinteticamente ativa e cultivo sombreado de forrageiras na iLPF	22
2.5.	Respostas morfológicas e qualidade da pastagem das forrageiras sombreadas	26
2.6.	Competição entre espécies cultivadas consorciadas	28
3.	HIPÓTESES	31
4.	OBJETIVOS	32
4.1.	Objetivo geral	32
4.2.	Objetivos específicos	32
5.	MATERIAL E MÉTODOS	33
5.1.	Localização e dados climáticos	33
5.2.	Histórico e preparo da área experimental	34
5.3.	Delineamento experimental, tratamentos e avaliações	37
5.4.	Medições do eucalipto e da radiação fotossinteticamente ativa	37
5.5.	Avaliações dos pigmentos fotossintéticos e temperatura do capim-marandu	39
5.6.	Cortes, medições e separação das frações do capim-marandu	40
5.7.	Composição químico-bromatológica da forragem	41
5.8.	Análises estatísticas	42
6.	RESULTADOS	43
6.1.	Primeira avaliação – pleno verão de 2016	43
6.1.1.	Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto	43
6.1.2.	Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente no SSP	44
6.1.3.	Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu	44

6.1.4.	Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu	46
6.2.	Segunda avaliação – pleno verão de 2016	49
6.2.1.	Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto	49
6.2.2.	Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente no SSP	50
6.2.3.	Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu	51
6.2.4.	Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu	51
6.3.	Terceira avaliação – pleno verão de 2016	54
6.3.1.	Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto	54
6.3.2.	Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente no SSP	55
6.3.3.	Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu	55
6.3.4.	Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu	56
6.4.	Quarta avaliação – pleno verão de 2016	59
6.4.1.	Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto	59
6.4.2.	Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente no SSP	60
6.4.3.	Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu	61
6.4.4.	Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu	62
7.	DISCUSSÃO	66
7.1.	Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto	66
7.2.	Radiação Fotossinteticamente Ativa incidente no SSP	68
7.3.	Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu	70
7.4.	Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu	73
7.5.	Comparação do capim-marandu – verão 2016/2017 e inverno 2016/2017	81
8.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
9.	REFERÊNCIAS	87
10.	APÊNDICES	103

1. INTRODUÇÃO

A exploração de recursos naturais e o crescimento demográfico intensificam a necessidade de priorizar a conservação dos poucos remanescentes florestais existentes e a restauração de áreas degradadas.

Tanto no Brasil, quanto nas demais regiões tropicais, a degradação de pastagens constitui-se em grave problema ambiental. Logo, a recuperação da produtividade dessas áreas poderá aumentar a produtividade pecuária, sem a necessidade de abertura de novas áreas para plantio, reduzindo o desmatamento.

Projeções atuais indicam que a população mundial deverá atingir 9,1 bilhões de pessoas até 2050, estimulando a demanda por *commodities* e bioenergia. Para atender o crescimento populacional – em um cenário de baixo carbono, energias renováveis e desmatamento líquido zero, serão necessários 250 milhões de hectares adicionais de florestas plantadas no mundo (IBA, 2017).

Soma-se a esse fator, a crescente consciência sobre a importância do equilíbrio do meio ambiente para a condição humana. Apesar da atual realidade, há diversas iniciativas, públicas e privadas, que priorizam a conservação dos poucos remanescentes existentes e a restauração de áreas degradadas.

Entre as iniciativas governamentais tem-se o “Programa ABC” (Agricultura de Baixa Emissão de Carbono), que visa à adoção de práticas de produção sustentáveis, tais como a integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Esse programa permite o plantio florestal associado a vantagens como conforto térmico para os animais, maior rendimento de forragem de qualidade, e a obtenção de madeira para diversas finalidades; aumentando assim o interesse a cerca de informações sobre o estabelecimento de forrageiras em cultivo sombreado (OLIVEIRA et al., 2013; 2016).

Estudos relativos à iLPF, tem recebido especial atenção dos pesquisadores que almejam melhorias nos sistemas agrícolas tradicionais, tornando-os mais produtivos, e confirmando-os como formas ecologicamente corretas, socialmente benéficas e rentáveis aos produtores rurais, considerando, sobretudo, os aspectos socioeconômicos da região para se alcançar a sustentabilidade (FADL et al., 2015).

Tradicionalmente nas regiões do Brasil que exploram o solo para criação de bovinos, utiliza-se mais o método de pastejo em lotação contínua, acima da capacidade de suporte e de forma extrativista, proporcionando progressiva degradação da pastagem. A presença das árvores nas pastagens mantém a circulação de nutrientes, via decomposição da serapilheira e por suas raízes alcançarem perfis mais profundos do solo. Assim, colaboram expressivamente para a conservação das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, propiciando o incremento da matéria orgânica, favorecendo condições mais propícias para produção de plantas forrageias e criação de animais a pasto, contribuindo para a formação de uma matriz agrícola mais sustentável (ARAÚJO FILHO, 2013; RIBASKI, RIBASKI, 2015; TAVARES et al., 2018). O que poderá contribuir para o aumento da taxa de lotação animal.

O eucalipto é a espécie florestal mais cultivada na iLPF por apresentar grande número de genótipos/fenótipos disponíveis; rápido crescimento e elevada produtividade; adaptação às condições climáticas brasileiras; e amplas possibilidades de uso em produtos madeireiros e não madeireiros (MACEDO et al., 2010).

O manejo de plantas daninhas durante todo o período de manutenção da árvore no campo se destaca entre os custos de sua produção individual, a interferência pode ocasionar perdas de até 50% na produtividade e até maiores que 90% na rentabilidade dos plantios florestais (MEDEIROS et al., 2016).

Dentre as plantas daninhas, os capins do gênero braquiária são citados pela agressividade, mesmo em situação de sombreamento (GOBBI et al., 2009). Dessa forma, as tentativas de consórcio entre componente arbóreo, representado por eucalipto e componente forrageiro, com braquiária, devem ser avaliadas para se evitar o efeito negativo da competição interespecífica, assunto central dessa pesquisa, notadamente pelo recurso luz.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta

As necessidades e justificativas para o reflorestamento, especialmente com árvores de uso múltiplo em monocultivos ou na iLPF, são muitas e variam de acordo com as características ambientais e sócio-econômicas.

Esses sistemas consorciados são formas capazes de melhorar as condições atuais de produção agrícola, favorecendo bens e serviços integrados a outras atividades produtivas rurais. São citados no novo Código Florestal Brasileiro, como uma das melhores opções para recuperação de pastagens degradadas e conservação de recursos naturais.

Os Sistemas Silvistoris (SSP) ou Integração Pecuária-Floresta (iPF) são modalidade desses sistemas, que arranjam de forma intencional árvores, plantas forrageiras e animais em uma mesma área. A associação não isenta o produtor da aplicação de tecnologias relacionadas à atividade pecuária como adubações, manejo das pastagens e manejo dos animais (SILVA et al., 2014).

Sistemas que integravam árvores frutíferas com produção pecuária eram utilizados no século XVI. Relatos mais antigos fazem referência a sistemas de integração entre espécies como noqueiras e oliveiras, e pastagens no século I. O uso desses sistemas, no entanto, quase desapareceu, em virtude da mecanização e intensificação da monocultura. No Brasil, a cultura da associação entre agricultura, pecuária e floresta, foi trazida pelos imigrantes europeus, e adaptada para as nossas condições tropicais e subtropicais (BALBINO et al., 2011).

Nos anos de 1980, surgiu o interesse e a necessidade de recuperar pastagens degradadas nas décadas anteriores, através de cultivos anuais. Foi então, que a Embrapa Arroz e Feijão e outras instituições de pesquisas iniciaram e intensificaram o desenvolvimento de soluções e transferência de tecnologias para recuperação de pastagens com sistemas de integração lavoura-pecuária (iLP), como o Sistema Barreirão e o Sistema Santa Fé. O interesse pelos sistemas ampliou, e além dos cultivos anuais houve a introdução do componente florestal (iLPF) (ZIMMER et al., 2012).

O consórcio com cultivos agrícolas nos anos iniciais, seguido da formação de pastos como fonte de alimento volumoso para os ruminantes, apresenta-se como alternativa potencial para amortizar os custos de implantação e manutenção inicial da floresta. Os espaçamentos

mais amplos entre as linhas de plantio de eucalipto propiciam produtos florestais com valor agregado, permitindo a exploração da madeira para serraria (MACEDO et al., 2000). Somado aos serviços ambientais, como o sequestro de carbono, a conservação de água e solo, e a biodiversidade são vantagens da adoção dos sistemas de iLPF na propriedade rural (GONTIJO NETO et al., 2014).

Entretanto, práticas de manejo comuns nas pastagens tradicionais, tais como aplicação de herbicidas e queimadas, devem ser evitadas ou empregadas com maior controle para evitar danos às árvores. O sombreamento deve ser manejado de forma correta, restrições intensas de radiação solar, podem reduzir a produção das forrageiras.

Ao realizar o consórcio entre espécies forrageiras e florestais, deve se considerar os hábitos de crescimento e as condições ideais de ambas as espécies, atentando ainda mais com a forrageira, estas devem ser tolerantes ao sombreamento, produtivas e adequadas às condições locais de cultivo. Nos sistemas consorciados a forrageira ficará parte do dia sobre algum sombreamento (cultura agrônômica ou árvores), exigindo que a mesma seja produtiva nessas condições.

A consorciação implica em benefícios das árvores sobre a produtividade dos pastos, por meio do aumento da disponibilidade de nitrogênio (N) no solo, assim como da matéria orgânica pela deposição das folhas e ramos das árvores. Além das árvores proporcionarem outros benefícios como aumento da taxa de lotação, controle de erosão, menor frequência de reforma dos pastos, melhoria das condições ambientais, maior conforto animal e, conseqüentemente, melhoria dos índices produtivos e reprodutivos.

2.2. Espécies componentes do Sistema Silvipastoril

2.2.1. Espécie florestal

A escolha adequada da espécie florestal para compor o SSP poderá garantir o sucesso do empreendimento. A característica perene das árvores implica em investimento de longo prazo para obtenção dos retornos esperados, assim, o erro na escolha do componente arbóreo pode implicar em frustrações e prejuízos econômicos (PORFÍRIO-DA-SILVA, 2015).

É necessário que as árvores não sejam tóxicas aos animais, proporcionem sombra moderada, apresentem características de espécies pioneiras, sejam tolerantes à seca e ventos,

não produzam efeito alelopático, tenham sistema radicular profundo para a reciclagem de nutrientes, de preferência com capacidade de incorporar N_2 ao sistema (leguminosas) e, proporcionem maior produção e qualidade nas gramíneas crescendo sob sua copa (SILVA et al., 2008), somados ao fuste alto, copa pouco densa, crescimento rápido, adaptadas ao ambiente e controladoras da erosão (NICODEMO et al., 2004). Inclui-se também o mérito econômico, optando-se por uma espécie florestal que proporcione boa rentabilidade.

As espécies de gênero *Eucalyptus* são as mais utilizadas na composição de agroflorestas, tanto Brasil quanto em outras regiões do mundo. São caracterizadas pela capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais, destacando-se também seu rápido crescimento, devido às práticas silviculturais, ao manejo e, principalmente, ao melhoramento genético das espécies; sendo amplamente plantadas, com áreas de cultivo em mais de 100 países (MYBURG et al., 2014).

Os plantios de eucalipto são comercialmente importantes para o Brasil, totalizando cerca de 5,7 milhões de hectares e, o estado de Minas Gerais apresenta a maior área plantada (IBA, 2017). Os cultivos, geralmente, são em áreas com limitações ao estabelecimento e crescimento de culturas agrônômicas, devido à baixa fertilidade do solo, dentre outros fatores.

Atualmente, o setor florestal brasileiro apresenta a maior produtividade de madeira por unidade de área ao ano e o menor período de rotação do mundo. Os altos índices resultam das condições climáticas e de solo, e dos investimentos contínuos das empresas do setor no Brasil, aprimorando o manejo florestal, resultados do cultivo mínimo e do melhoramento florestal (IBA, 2017).

No país a base de expansão de plantios comerciais de eucaliptos está centrada no germoplasma de *Eucalyptus urograndis*, combinação híbrida resultante do cruzamento do germoplasma de *E. urophylla* com *E. grandis* (FARIA et al., 2013). Desse cruzamento obtêm-se plantas com elevado crescimento e aumento da massa específica, rendimento e propriedades físicas favoráveis, tolerância às doenças e às adversidades climáticas, e passíveis de cultivo consorciado com gramíneas em SSP (MEDEIROS et al., 2016; OLIVEIRA et al., 2016; TONINI et al., 2016).

Um desses clones é o AEC 144 híbrido espontâneo selecionado pela empresa Aperam (antiga Acelor Mittal), que possui como características: densidade básica da madeira (DBM) de 515 kg m^{-3} ; crescimento inicial lento, mas depois se desenvolve podendo chegar ao incremento média anual (IMA) de $50 \text{ m}^{-3}\text{ha}^{-1}\text{ano}^{-1}$; seu plantio não é aconselhável em solos

com menos de 10% de argila; mudas com folhas arredondadas e caule avermelhado (Portal Florestal, 2018); folhas sempre verdes quando em deficiência hídrica, porém com perda de brilho e intensidade da cor (FERNANDES et al., 2013); tolerante à deficiência hídrica < 10% e IMA > 35 m³ha⁻¹ano⁻¹ – mortalidade < 8%, deformação (IPEF, 2018); boa forma do fuste, espessura de galhos, desrama natural e baixa presença de bifurcações, doenças e pragas, empregado para múltiplos usos da madeira (REIS et al., 2014).

Clones de eucalipto mais adequados para a obtenção de maior produção das gramíneas apresentam copa com baixa densidade de folhas e, ou, rápido crescimento. Assim, a escolha do arranjo espacial de plantio deve ser realizada para cada tipo de genótipo, visando obter elevada produção do componente arbóreo e do capim. O índice de área foliar também pode auxiliar na seleção de genótipos de espécies de eucalipto a serem utilizados na composição da iLPF (OLIVEIRA et al., 2016).

Porfírio-da-Silva (2015), afirma que é possível selecionar material com menor proporção de área foliar na base da copa, e com isso influenciar o percentual de remoção de área foliar na desrama e o método de tomada de decisão para o momento da desrama artificial. Para isso será necessário conhecer a arquitetura de copa e como é distribuída a biomassa de ramos e folhas no perfil vertical da árvore.

Dentro do gênero *Eucalyptus* existem diferenças marcantes entre as espécies, sendo que algumas possuem copas mais densas que outras, mas, de modo geral, permitem incidência de luz satisfatória para o desenvolvimento do sub-bosque (GARCIA; COUTO, 1997). Evidenciando o potencial de seleção de clones específicos para iLPF, favorecendo a redução do sombreamento sobre as espécies consortes.

2.2.2. Espécie forrageira

As principais plantas forrageiras são as gramíneas e leguminosas. As gramíneas são dominantes de qualquer trato vegetativo e reúnem maior número de gêneros e espécies que as leguminosas (MORAES, 1995). A maioria das plantas forrageiras tropicais apresentam elevado potencial de produção e sua distribuição geográfica é determinada pelas várias interações entre fatores climáticos e edáficos.

Nos últimos anos, o interesse em estabelecer forrageiras sob sombreamento tem crescido em consequência das associações dos sistemas de produção com culturas anuais e

espécies florestais na iLPF (FARIA et al., 2018). As plantas forrageiras para compor esses sistemas devem apresentar produtividade, tolerância ao sombreamento e adaptadas às condições edafoclimáticas do local de implantação. Isto é mais relevante em se tratando de área de Cerrado, com características particulares de solos ácidos, baixa fertilidade e estação seca bem definida e prolongada (ANDRADE et al., 2003).

As espécies *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha* são amplamente cultivadas na iLPF, em condição de sombreamento moderado, com redução de 25 a 35% da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), obtem-se produções de massa de forragem semelhantes ou maiores do que a pleno solo (SOARES et al., 2009).

A expansão das áreas cultivadas com forrageiras do gênero *Brachiaria* (sinonímia *Urochloa*), ocorreu entre as décadas de 1970 e 1990 com predominância de *B. decumbens* e *B. brizantha* (BODDEY et al., 2004). Sendo as mais comercializadas nos sistemas de produção animal no país, com plantios em todas as regiões geográficas incluindo os biomas Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal (SHIRASUNA, 2015).

As espécies desse gênero possuem metabolismo C_4 , com elevada eficiência fotossintética e utilização dos nutrientes, altas taxas de crescimento, rebrota e regeneração, sendo que algumas são tolerantes a desfolhação e apresentam ciclo reprodutivo rápido, com intensa produção de sementes de alta viabilidade (ARAÚJO et al., 2018).

No Brasil, há registro de mais de 24 espécies desse gênero, destacando a *B. brizantha* que em virtude dos seus índices agronômicos e zootécnicos ocupa extensas áreas no Brasil Central (SHIRASUNA, 2015).

A *Brachiaria brizantha* possui como característica desejadas: bom valor nutritivo, menor estacionalidade na produção, melhor relação lamina foliar/colmo e resistência a cigarrinhas-das-pastagens, quando comparada as demais variedades do mesmo gênero (MONTEIRO et al., 1995; FONSECA; MARTUSCELLO, 2010). Em sistema agrossilvipastoril é capaz de recuperar áreas de pastagens degradadas (DIAS et al., 2018).

As *Brachiarias* estão dentre as espécies de plantas catalogadas como potencialmente invasoras no Brasil (ARAÚJO et al., 2018), com alta capacidade de invadir ambientes agrícolas e florestais, e áreas degradadas que necessitam de recuperação. Atualmente, as gramíneas exóticas são encontradas inclusive em Unidades de Conservação que foram criadas com o intuito de proteger a flora e fauna nativa (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013).

Em plantios de eucalipto as espécies de *Brachiaria* figuram como as plantas daninhas mais problemáticas (TOLEDO et al., 2001); agressivas e com capacidade de se desenvolverem em áreas parcialmente sombreadas (GOBBI et al., 2009). Provocam efeitos negativos sobre o eucalipto, relativos ao crescimento; a quantidade de biomassa seca de ramos e folhas; a redução do comprimento das raízes, da área foliar, da matéria seca do caule e raízes; e ainda por serem hospedeiras de pragas e doenças (TOLEDO et al., 2000; TOLEDO et al., 2001; TUFFI SANTOS et al., 2005; MACHADO et al., 2013; MEDEIROS et al., 2016). Logo, a ausência de correto manejo no cultivo consorciado poderá ocasionar a competição entre as espécies vegetais componentes do sistema, sobretudo das forrageiras, havendo inclusive à invasão da braquiária para outras áreas, sejam elas agrícolas ou não.

2.3. Espaçamento de cultivo e crescimento do eucalipto

Na definição do espaçamento de plantio em um sistema de produção, procura-se definir a área útil por planta, visando disponibilizar recursos ambientais (radiação solar, água e nutrientes) em quantidade suficiente para seu estabelecimento, crescimento e produção. Na iLPF essa tarefa é mais complexa que em monocultivos, em razão das espécies consorciadas apresentarem diferentes exigências ecofisiológicas e padrões de crescimento. É importante que a espécie florestal escolhida possua elevada taxa de crescimento inicial. Tal característica permitirá a introdução dos animais mais cedo, certo que plantas menores são mais vulneráveis a danos pelos animais, principalmente os bovinos (OLIVEIRA NETO et al., 2010).

Fatores como arranjo estrutural (espécie, espaçamentos de plantio, linhas simples ou múltiplas), arquitetura da copa, sistema de manejo (desramas e desbastes) e idade do plantio, são fundamentais para a sustentabilidade dos sistemas consorciados (ROCHA et al., 2011). São quatro os arranjos espaciais utilizados nos SSPs - linhas simples, linhas duplas, bosques e plantio aleatório dentro da área (DIAS-FILHO, 2006). Quanto aos espaçamentos, é aconselhável o uso daqueles mais amplos que permitem maior incidência da radiação solar e a produção adequada de forragem nas entrelinhas (FERREIRA et al., 2011; OLIVEIRA NETO et al., 2010). Contudo, a definição do espaçamento dependerá de qual Porém,

O espaçamento de cultivo tem forte influência sobre as características de crescimento - volume e diâmetro, e sobrevivência das árvores. Espaçamentos reduzidos colaboram para menores diâmetros, mas apresentam maior área basal e maior volume por área, porém o

eucalipto compete mais com as outras espécies consorciadas. Por outro lado, nos espaçamentos mais amplos, têm-se diâmetros maiores, mas menor volume por hectare (MAGALHÃES et al., 2005; RADOMSKI, RIBASKI, 2009).

Densidade de até 500 árvores por hectare permite o crescimento adequado das gramíneas, e a madeira produzida terá maiores dimensões, viabilizando produtos para finalidades mais nobres (RADOMSKI, RIBASKI, 2009). O eucalipto plantado na iLPF, tem como principal uso comercial, madeira para serraria, em razão do maior retorno econômico (OLIVEIRA et al., 2015).

No Brasil, experiências relativas ao espaçamento de plantio de florestas de eucalipto limitam-se às florestas de produção, geralmente plantios equiâneos puros, que objetivam quantidade e qualidade da madeira produzida (CORDEIRO et al., 2018). No entanto, na iLPF o espaçamento é um dos fatores que mais sofre variação, necessitando estudos que avaliem o seu efeito, sobretudo, quanto à produção de madeira, e competição com as demais espécies componentes do sistema.

Para redução do sombreamento e priorização de espécies forrageiras tropicais, o plantio das linhas das árvores deve ser na orientação Leste-Oeste. Contudo, em áreas de maior declividade do terreno, é recomendado o plantio em curvas de nível, no sentido norte-sul, aumentando o sombreamento nas entrelinhas (PACIULLO et al., 2011). Espaçamentos mais amplos proporcionam maior radiação solar nas entrelinhas, além de melhorar a qualidade e valorização do produto florestal.

Maiores diâmetros das árvores e maior produção de biomassa da gramínea foram observados em espaçamento mais amplo de *Eucalyptus camaldulensis* em SSP, que somado ao menor índice de área foliar (IAF) do eucalipto, favorecem a maior interceptação da RFA pela planta forrageira. Contudo, se o objetivo principal é a produção de madeira para carvão, celulose ou outros fins, pode-se utilizar espaçamentos mais andensados (PAULA et al., 2013).

O plantio de eucalipto com a finalidade de produção de madeira para serraria exige maiores espaçamentos, ciclos mais longos de corte e tratos silviculturais específicos, permitindo a consorciação com espécies agrícolas e forrageiras. Clones de um híbrido natural de *E. camaldulensis* com *E. urophylla* cultivados na iLPF, tiveram ao longo do tempo, taxa de crescimento menor em espaçamentos reduzidos, com efeitos a partir dos 27 meses após o plantio. O aumento da área útil por árvore proporcionou maiores volumes individuais e DAP (OLIVEIRA et al., 2009).

A análise do crescimento possibilita investigar a adaptação das culturas a novos ambientes, a competição entre espécies, o efeito do manejo e tratos culturais, identificando a capacidade produtiva das espécies. O acompanhamento do desenvolvimento do eucalipto com medições periódicas é importante para balizar a escolha dos melhores clones e a melhor forma de plantá-los quando consorciados.

O potencial de crescimento e estabelecimento de espécies florestais pode ser expresso pelo seu desempenho silvicultural, com base nas variáveis dendrométricas - altura e diâmetro a altura do peito (DAP). A avaliação dessas variáveis contribui para a definição de quais os melhores clones de *Eucalyptus* e espaçamentos utilizar visando à melhor e maior produção na iLPF em menor espaço de tempo.

A altura é menos influenciada pelo espaçamento, variando com a qualidade do sítio e a idade de plantio. Maior influência do espaçamento sobre o diâmetro do que sobre a altura, foi observado em monocultivo de *Eucalyptus pellita* e *E. camaldulensis* aos 52 meses (LELES et al., 2001). Eucalipto cultivado em diferentes espaçamentos, somente apresentaram diferença significativa para o DAP, aos 36 meses após o plantio, sendo maior nos espaçamentos mais amplos, com maior volume por planta. Porém, os maiores DAP e volume individual, não superou o volume por hectare nos espaçamentos mais reduzidos (REINER et al., 2011).

2.4. Radiação fotossinteticamente ativa e cultivo sombreado de forrageiras na iLPF

A camada terrestre recebe radiação solar com comprimentos de onda de 290 nm até cerca de 3000 nm, desses, apenas 46% corresponde à radiação fotossinteticamente ativa (RFA), faixa de 400 a 700 nm (LARCHER, 2006). Destaca-se que o Brasil possui um elevado índice de incidência solar sobre seu território, sendo os maiores níveis de incidência de RFA ocorrem durante a primavera, nas regiões Nordeste e Centro-Oeste, e durante o verão, nas regiões Sul e Nordeste (SOARES; BATISTA, 2004).

Existe uma relação entre os ângulos formados pela posição aparente do sol no céu e as coordenadas na superfície terrestre. A declinação é um ângulo importante para a pesquisa da incidência solar, sendo o ângulo formado pelo feixe solar e a linha do Equador, havendo o solstício de verão que descreve um ângulo de 23,45° de declinação para o hemisfério Norte e -23,45° para o Sul, invertendo os sinais para o solstício de inverno no hemisfério Norte. Nos equinócios de outono/primavera o ângulo de declinação é 0° (SOARES; BATISTA, 2004).

A luz solar é a fonte elementar de energia para as plantas, estando associada à fotossíntese e aos fenômenos morfogenéticos, influenciando o crescimento e desenvolvimento dos vegetais, a distribuição espacial das espécies, dinâmica das florestas, produção de biomassa, entre outros aspectos (VILANI et al., 2007; GAZZOLA-NETO et al., 2013).

A obtenção de informações relativas à distribuição da radiação solar no sub-bosque de sistemas de iLPF são importantes para o planejamento adequado do manejo dos componentes agrícolas, florestais e ou pastoris. O sombreamento sob o extrato herbáceo pode influenciar a produção e a qualidade da biomassa, a absorção de água pelas plantas e a distribuição das raízes, fatores também relacionados às condições de solo, afetando a produção animal.

Assim, o sombreamento promovido pelas árvores é um fator a ser manejado, visto que a disponibilidade de energia radiante sob as copas assume papel ainda mais preponderante para a produção das forrageiras (BOSI et al., 2014). Em SSP o potencial de produção da planta forrageira é determinado entre outros fatores, pela quantidade de luz disponível que chega até elas, uma vez que as plantas transformam energia solar em compostos orgânicos, via fotossíntese. Para tal, algumas condições são essenciais como a capacidade fotossintética das folhas, a umidade do solo, o CO₂ atmosférico e a luz solar (DE ANDRADE et al., 2014).

A tolerância ao sombreamento, pelas plantas forrageiras, pode variar com a estação do ano, como observado por Castro et al. (2009). Já a altura do relvado de *B. decumbens* sob diferentes níveis de sombreamento (29 e 45%) não diferenciou significativamente, no período de inverno, da cultura a pleno sol, porém houve diferença nas demais épocas avaliadas. Menor produtividade na primavera em relação ao verão ressalta que no período seco o desenvolvimento pode ser favorecido, em partes, por manter o solo mais úmido e por diminuir a perda de água por evapotranspiração devido ao sombreamento. Ao avaliar a massa seca os autores relataram queda na produtividade no inverno no sombreamento de 45%, na primavera a pleno sol, e no verão a 29% e a pleno sol.

Espécies do gênero *Brachiaria* são tolerantes ao sombreamento moderado, devido aos seus ajustes morfofisiológicos, tais como aumento da área foliar específica e taxa de alongamento foliar, e mesmo em condições adversas de sombreamento, nota-se pouca redução ou manutenção da produtividade (DIAS-FILHO, 2000; PACIULLO et al., 2007). A *Brachiaria brizantha* é uma das espécies com melhores resultados quando cultivada na condição de sombreamento moderado; com a redução de 25 a 35% da luminosidade, sendo a produção de massa de forragem semelhante ou maior que a pleno sol (SOARES et al., 2009).

O sombreamento que as espécies florestais promovem sobre as demais culturas deve ser considerado, visto que espécies como milho ou outras gramíneas, tradicionalmente utilizadas nos sistemas de iLPF, são classificadas como plantas C₄, adaptadas a ambientes de elevada intensidade luminosa, apresentando altas taxas de fotossíntese e produzindo mais biomassa por unidade de tempo e área do que as plantas C₃, em alta radiação solar. Plantas de milho, sob a copa de pau-branco (*Cordia oncocalyx*), foram afetadas negativamente pela menor RFA disponível, enquanto as plantas fora da copa poderiam se beneficiar da presença das árvores no sistema (MENDES et al., 2013).

Para que a fotossíntese ocorra, depende-se mais do número de fótons absorvidos do que da energia total absorvida pelas plantas. A densidade do fluxo fotônico (DFF) expressa à quantidade de fótons (mol ou μ mol de fótons) por unidade de área e de tempo (MACEDO et al., 2010). Na faixa de RFA - 400 a 700 nanômetros (nm), em dia de pleno sol, a DFF pode alcançar valores de 2000 a 2500 μ mol s⁻¹ m⁻². O sombreamento promovido pela copa das árvores proporcionou RFA insuficiente para atingir o mínimo (800 μ mol s⁻¹ m⁻²) para o bom desenvolvimento do capim-marandu, necessitando realizar a poda da copa ou desbaste das árvores com o intuito de aumentar a RFA disponível para a gramínea (SOUZA et al., 2007).

O crescimento das árvores de eucalipto em diferentes densidades populacionais, proporcionou relação linear e decrescente entre a DFF fotossinteticamente ativos interceptada e a área útil disponível. A maior densidade de árvores diminui a radiação no sub-bosque em decorrência da interceptação pelas copas (LEITE et al., 1997).

Ao avaliar a transmissão de luz no sub-bosque de sistema de iLPF com clones de eucalipto, Andrade et al. (2002), verificaram que a transmissão correspondeu a 32% da DFF medida a pleno sol, no mês de maio, quando o sol se encontrava inclinado para o Norte, de modo que grande parte da luz solar direta era interceptada pela copa das árvores de eucalipto. Se a avaliação fosse realizada durante o verão, quando haveria menor interceptação de luz pela copa das árvores, devido a menor inclinação do sol, é provável que a transmissão de luz ao sub-bosque da iLPF estivesse próxima de 50%.

Nas plantas forrageiras alguns fenômenos são afetados pela intensidade da radiação solar, e outros pela duração da radiação. O movimento dos estômatos, a fotossíntese, o balanço hídrico, os processos físicos e reações bioquímicas, dependentes de energia e temperatura, ocorridas na planta, estão intimamente relacionados à intensidade da radiação. Em condições de baixa luminosidade, esses fenômenos diminuem de intensidade, e podem

chegar ao ponto da planta não aumentar o seu peso seco, a fotossíntese líquida será zero e a planta terá atingido o ponto de compensação para este fator, isto é, aquele nível metabólico em que os assimilados sintetizados na fotossíntese são consumidos na respiração e em outros processos vitais. Em contraposição, a alta intensidade luminosa pode causar a saturação da fotossíntese, sendo os efeitos dessa intensidade variáveis para cada tipo de planta (TAIZ; ZEIGER, 2014).

Durante a fotossíntese, a concentração de CO₂ diminui dentro da folha, podendo, em alguns casos, chegar à mesma concentração de CO₂ produzida na respiração. Neste ponto, a fotossíntese líquida é zero e a planta terá atingido o ponto de compensação desse gás. As plantas não eficientes (C₃) necessitam de uma concentração de CO₂ maior que 50 ppm nas folhas, para que haja acúmulo de matéria seca, enquanto as forrageiras eficientes (C₄) aumentam o seu peso seco com concentrações menores que 5 ppm (TAIZ; ZEIGER, 2014).

Em forrageiras do gênero *Brachiaria* submetidas ao sombreamento, observou-se redução do ponto de compensação de luz, em consequência da menor respiração no escuro. Evidenciando o ajustamento fisiológico dessas plantas, sendo a redução do ponto de compensação de luz desejável para que as plantas tenham balanços positivos de carbono em condições de luminosidade reduzida (DIAS-FILHO et al., 2002).

A concentração dos pigmentos fotossintetizantes também é alterada pelo sombreamento. Quando as espécies de *Brachiaria* são sombreadas, essas apresentam acréscimos na concentração total de clorofila (BARUCH; GUENNI, 2007).

O aumento no teor de clorofila *b*, proteína bruta (PB) e fósforo (P), ocorreu em folhas de gramínea *Axonopus catharinensis* Valls cultivadas sombreadas em SSP. Porém, houve redução de 50% na produção de massa de forragem com o aumento do sombreamento acima de 50% (HANISCH et al., 2016). Já a *B. decumbens* cultivada em condição de sombreamento severo, também apresentou maior teor de clorofila, que pode estar relacionado, entre outros fatores, ao maior desenvolvimento de grana, conjunto de discos dos tilacóides, que contêm clorofila e estão localizados nos cloroplastos (LOPES et al., 2017a).

2.5. Respostas morfológicas e qualidade do pasto das plantas forrageiras sombreadas

Nas plantas forrageiras cultivadas na iLPF, as adequações às condições de maior ou menor radiação ambiental ocorrem principalmente durante o crescimento e a diferenciação dos órgãos de assimilação, resultando em alterações morfológicas, histológicas, estruturais e bioquímicas, que condicionam o comportamento da planta (LAMBERS et al., 1998).

O sombreamento natural proporcionado pelas árvores altera a intensidade e a qualidade (relação vermelho/vermelho distante) da radiação incidente no sub-bosque (WILSON; LUDLOW, 1991). Geralmente, as folhas das árvores absorvem com maior eficiência os comprimentos de onda correspondentes ao azul e ao vermelho, reduzindo a proporção de RFA que chega ao sub-bosque, alterando o ambiente para a produção de massa de forragem e ocasionando mudanças significativas na morfologia das plantas (LIN et al., 2001), tais como, entrenós mais longos, caules mais finos, folhas mais delgadas e sistema radicular menos desenvolvido, contrastando com aquelas cultivada a pleno sol, podendo resultar em prejuízos no seu desenvolvimento geral (CASTRO et al., 1998).

Acréscimo das taxas de alongamento de colmos de forrageiras cultivadas sombreadas é uma estratégia da planta em busca por luminosidade, denominado estiolamento (ARAÚJO et al., 2016). As folhas são projetadas em pontos cada vez mais altos, para alcançar a luz incidente no topo do pasto (ECHEVERRIA et al., 2016), o que pode ser agravado em sistemas sombreados.

O perfilho é a unidade básica de crescimento das gramíneas, no qual o pasto acumula forragem e tem sua persistência garantida. A densidade populacional de perfilhos (DPP) é determinante para a manutenção do IAF. Sombreamento intenso, acima de 50%, reduziu drasticamente o perfilhamento, e o acúmulo de forragem, tornando o consórcio inviável nessas condições. Para a utilização de forragem em SSP, as árvores devem ser manejadas para manter o sombreamento entre 20 e 40% (PACIULLO et al., 2014). Em SSP de capim-braquiária, o aumento da RFA, de 35 para 65% da luz solar plena, promoveu aumento de 76% no número de perfilhos (PACIULLO et al., 2007).

A redução da DPP é compensada pelo aumento nas taxas de alongamento de laminas foliares e colmos, na condição de sombreamento mais intenso, e resulta em maior produção de matéria seca à sombra. O sombreamento elevou as taxas de alongamento de laminas foliares e colmos, bem como o comprimento final das lâminas foliares, mas não influenciou a

taxa de aparecimento de folhas e o número de folhas vivas por perfilho de *B. decumbens* (PACIULLO et al., 2008).

A manifestação das características morfogênicas e estruturais das plantas forrageiras determinará o IAF do pasto, responsável pela interceptação da radiação solar, absorção de dióxido de carbono e realização da fotossíntese. São também importantes no estabelecimento de modelos de manejo. Uma vez que o aparecimento e crescimento de folhas e perfilhos determinam a restauração da área foliar das gramíneas forrageiras, após o corte ou pastejo, e contribuem para a manutenção da produção e perenidade do pasto (GOMIDE et al., 2006).

Estudos relativos a essas características possibilitam melhor entendimento da dinâmica de crescimento das plantas forrageiras. A geração e expansão dos órgãos da planta no tempo e no espaço são expressos por meio da taxa de alongamento, taxa de aparecimento, duração de vida da folha e taxa de alongamento de colmos. O potencial genético da planta é limitado por condições inadequadas do ambiente, como – disponibilidade de recursos de crescimento e manejo inadequado do pastejo, que respondem a características estruturais do pasto, tais como: comprimento da lâmina foliar, número de folhas vivas, densidade de perfilhos e relação lâmina foliar/colmo (LEMAIRE; CHAPMAN, 1996; SBRISSIA; DA SILVA, 2001).

Os valores nutritivos das plantas forrageiras são definidos em função da composição química e da digestibilidade da planta (LOPES et al., 2017a). Altos valores são associados aos maiores teores de PB e minerais, e ao menor teor de fibra e à alta digestibilidade da matéria seca (VAN SOEST, 1994). Plantas cultivadas sombreadas possuem maior digestibilidade, pois as células do mesofilo foliar são arranjadas com maior quantidade de espaços intercelulares, quando comparadas a plantas cultivadas a pleno sol, contribuindo para melhores taxas de digestão (ALLARD et al., 1991).

A composição de elementos nos tecidos vegetais é controlada pelas condições abióticas, mas, nas plantas forrageiras essa característica representa flexibilidade ecológica. Ou seja, alterações no microclima como, umidade do solo e solubilidade de nutrientes favorecem que as plantas ampliem as condições funcionais dos processos fisiológicos, permitindo teores mais elevados de elementos nas folhas, satisfazendo valores desejados para a produção vegetal e animal (YADAV et al., 2014).

Em SSP o sombreamento moderado contribuiu para aumentar expressivamente os teores de PB e digestibilidade e para reduzir os teores de fibra em detergente neutro (FDN) em *B. decumbens* em comparação com o plantio a pleno sol (PACIULLO et al., 2007). A

lignificação é um processo relevante em plantas forrageiras de metabolismo C₄, podendo ser reduzido com o sombreamento, resultando em aumento da degradabilidade da forragem (GOMES et al., 2011). O efeito do sombreamento sobre o teor de PB em forrageiras é mais evidenciado em solos com baixos teores de N, ou seja, que não foram adubados (DEINUM et al., 1996; WILSON, 1998)

O teor de FDN é o fator mais limitante no consumo de volumosos. Valores de constituintes da parede celular maiores que 55 - 60% na matéria seca, estão associados a baixo consumo de forragem (VAN SOEST, 1994). Plantas submetidas a condições de sombreamento têm maior desenvolvimento dos tecidos vasculares e de sustentação das folhas, conseqüentemente com maior teor de lignina (WILKSON; BEARD, 1975).

Contudo, Moreira et al. (2009) e Paciullo et al. (2011), não observaram efeito do sombreamento no teor de FDN em plantas de *B. brizantha* e *B. decumbens*, possivelmente, não aumentou a produção de colmos, que resultam em aumento da parede celular. Distintos teores de FDN, FDA (fibra em detergente ácido) e lignina, de forrageiras sombreadas, também podem está relacionados ao estágio de maturidade da planta (LIN et al., 2001).

2.6. Competição entre espécies cultivadas consorciadas

Nos sistemas de iLPF as árvores beneficiam tanto as demais espécies vegetais, quanto os animais em pastejo que terão melhorias do microclima, com conseqüente conforto térmico (KARVATTE et al., 2016). No entanto, quando cultivadas em espaçamentos reduzidos, as árvores podem resultar em efeitos negativos no rendimento produtivo das plantas cultivadas próximas a suas copas (NASIELSKI et al., 2015); devido a competição por recursos, principalmente a luz, já que a disponibilidade da radiação luminosa é diminuída, à medida que ocorre o fechamento do pasto.

Desse modo, nas pastagens consorciadas, as espécies vegetais estão propensas à competição inter e intraespecífica. A capacidade competitiva de cada espécie e a disponibilidade dos recursos – água, luz, nutrientes e espaço, definirão a habilidade de cada indivíduo ou grupo de espécies. Notável diminuição da produção de forragem ocorre devido à competição espacial entre espécies, que concorrerão principalmente por água durante a estação de seca e por luminosidade durante os meses chuvosos (RAVENTÓS; SILVA, 1995).

O tipo, quantidade e densidade de espécies vegetais presentes em um local, e a disponibilidade de recursos, determinarão a competição. Em condições de escassez de recursos no ambiente a espécie que conseguir sobreviver com menor quantidade sobressairá na competição e dominará no ambiente (LAURENT et al., 2017).

A literatura relata teorias que abordam o mecanismo de competição entre as plantas. A primeira “Teoria de Grime” propõe que a competição apresenta seu ápice em situações que os recursos são suficientes para permitir que os indivíduos cresçam rapidamente, distribuindo-os de forma a possibilitar alta dinâmica de raízes e partes aéreas. Assim, os recursos tornam-se indisponíveis para as plantas vizinhas (GRIME, 1977). A outra, “Teoria de Tilman” propõe que as plantas competidoras necessitam de menores quantidades de recursos, conseguindo exaurir quantidades que para outras espécies (mais exigentes) não seriam suficientes, demonstrando a capacidade de sobrevivência em ambientes desfavoráveis (TILMAN, 1982; 1985). As duas teorias envolvem a aquisição, alocação e perda de recursos pelas espécies vegetais via competição, facilitação, estresse, distúrbio e dispersão.

Logo, se a produtividade de uma espécie depende preferencialmente de um recurso, esse será um fator de limitação da população dessa espécie, se o mesmo ocorre com outra espécie vizinha, porém com relação a outro recurso, a coexistência é possível, pois cada espécie prefere um recurso diferente, mesmo que possa usufruir os dois, e a relação competitiva entre as duas é razoavelmente simétrica (CHESSON, 2000). Assim, a competição entre plantas é uma interação entre indivíduos, originada pela exigência compartilhada para recurso de provisão limitada, resultando em redução no crescimento e sobrevivência da espécie menos adaptada (GIORIA; OSBORNE, 2014).

A competição por luz, entre espécies na iLPF, representada pela capacidade competitiva das plantas acima do solo, é um fator importante a ser considerado pelos produtores rurais, técnicos e pesquisadores. O suprimento de luz em determinada área é perfeitamente previsível; porém, ela não pode ser acumulada para posterior uso, devendo ser consumida assim que interceptada, ou será perdida para sempre.

Em pastagem com capim-braquiária, Lopes et al. (2017b) verificaram que o nível de sombreamento foi o fator mais limitante para o acúmulo de forragem e aumento da DPP. A fertilização aumentou a produção do pasto a pleno sol. Já em cultivo com sombreamento moderado ela contribuiu para aumentar o número de perfilhos, garantindo a persistência do

pasto. Porém, em pastos severamente sombreados a adubação pode ser dispensada, pois não resultará em aumento da produtividade.

Características das plantas como IAF, altura, ângulo foliar, número e distribuição das folhas no pasto refletem no potencial de sombreamento do solo pelas cultivares, o que confere uma elevada capacidade competitiva, pela quantidade e qualidade da luz, propiciando redução na amplitude da flutuação da temperatura do solo resultado da menor transmitância da radiação solar ao longo do perfil vertical do pasto (COLLINS et al., 2008).

Logo, as espécies mais competidoras não apresentam necessariamente maiores áreas foliares, mas arquitetura com melhor distribuição das folhas que permite interceptar o máximo de luz. A capacidade de competição por luz de uma planta é influenciada pelo ângulo da folha, ou seja, plantas com folhas mais horizontais são mais competitivas que plantas com folhas mais verticais (CRAINE; DYBZINSKI, 2013).

O plantio em espaçamentos maiores e a utilização de espécies florestais com copas que favorecem a passagem de radiação solar, especialmente o eucalipto, são estratégias de manejo importantes para os sistemas de iLPF. Haverá maior disponibilidade de radiação solar no sub-bosque, favorecendo a competitividade e o crescimento de espécies forrageiras, porém com maior infestação de plantas daninhas (MACHADO et al., 2014).

Entretanto, se a intenção é a redução ou eliminação de gramíneas infestantes, o sombreamento poderá ser utilizado como forma opcional de manejo cultural, com vantagens de redução dos riscos de contaminação do meio ambiente e seres vivos, e menor custo quando comparado ao controle químico ou mecânico. Padrões de distribuição espacial de plantas daninhas sob plantio de eucalipto demonstram que locais menos sombreados tendem a ter maior cobertura do solo com espécies C₄, ao passo que sob sombreamento intermediário ou mais intenso, o sub-bosque apresenta a maioria das espécies como C₃ (PILLAR et al., 2002).

Assim, a busca de informações para melhor entendimento da competição entre as plantas de eucalipto e braquiária contribuirá para melhor manejo dessa espécie quando infestante ou para definição da sua qualidade nutricional quando utilizada como forragem.

3. HIPÓTESES

- O capim-marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu) em sistema silvipastoril possui melhor valor nutricional em relação ao pasto cultivado a pleno sol;
- O capim-marandu quando cultivado em Sistema Silvipastoril possui menor teor da fração fibrosa em relação ao cultivo em pleno sol;
- Os teores de pigmentos fotossintéticos das plantas de capim-marandu são maiores nas condições de sombreamento promovido pelo eucalipto (híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*);
- O capim-marandu quando cultivado com o eucalipto plantando em maior espaçamento (12 x 3 m), permite maior produção de forragem, porém com menor valor nutritivo;
- As árvores de eucalipto possuem efeito competitivo sobre o capim-marandu;
- Dados referentes ao sombreamento de plantas de eucalipto sob o capim-marandu poderão ser utilizados em programas de Manejo Integrado, nos locais onde essa forrageira se comportar como planta daninha.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo geral

Viabilizar a introdução de Sistema Silvipastoril em programa para recuperação de pasto degradado, oferecendo opções de consórcio entre o eucalipto e espécie forrageira – capim-marandu.

4.2. Objetivos específicos

- Avaliar número de plantas m^{-2} , densidade populacional de perfilhos m^2 , altura do pasto, relação lâmina foliar/colmo (LF/C), relação matéria fresca/matéria seca (MF/MS), produção de massa verde e matéria seca por hectare do capim-marandu;
- Observar a variação no teor de proteína bruta (PB), fósforo (P), potássio (K), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e matéria orgânica (MO) de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em Sistema Silvipastoril de eucalipto em dois espaçamentos - 12 x 2 e 12 x 3 m em função da distância do capim-marandu em relação as árvores (1, 2, 4 e 6 m);
- Avaliar os teores de pigmentos fotossintéticos nas plantas forrageiras sombreadas;
- Determinar se os espaçamentos de cultivo do híbrido de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* testados nas condições deste experimento são adequados para utilização em Sistemas Silvipastoris na região de localização do estudo;
- Verificar o efeito do sombreamento sobre as plantas de capim-marandu, compreendendo como estes poderão ser utilizados no manejo da pastagem ou como estratégia de controle desta espécie quando planta daninha.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1. Localização e dados climáticos

A área experimental utilizada situa-se na Fazenda Experimental do Moura (FEM), em Curvelo-MG, região central do estado. A fazenda é propriedade da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), sob regime de contrato de concessão de direito real de uso entre a Prefeitura Municipal de Curvelo e a UFVJM. Está localizada nas coordenadas 18°44'52,03" S e 44°26'53,56" O.

O clima, segundo Köppen (1948), é do tipo tropical savana, com temperatura média anual de 22 °C, precipitação média anual de 1.200 mm e estações chuvosa (verão) e seca (inverno) bem definidas. Os dados de precipitação acumulados e médias das temperaturas máximas e mínimas, no período experimental estão apresentados na Figura 1, obtidos da estação meteorológica de Curvelo-MG situada a 13 km da área experimental, extraídos no site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018).

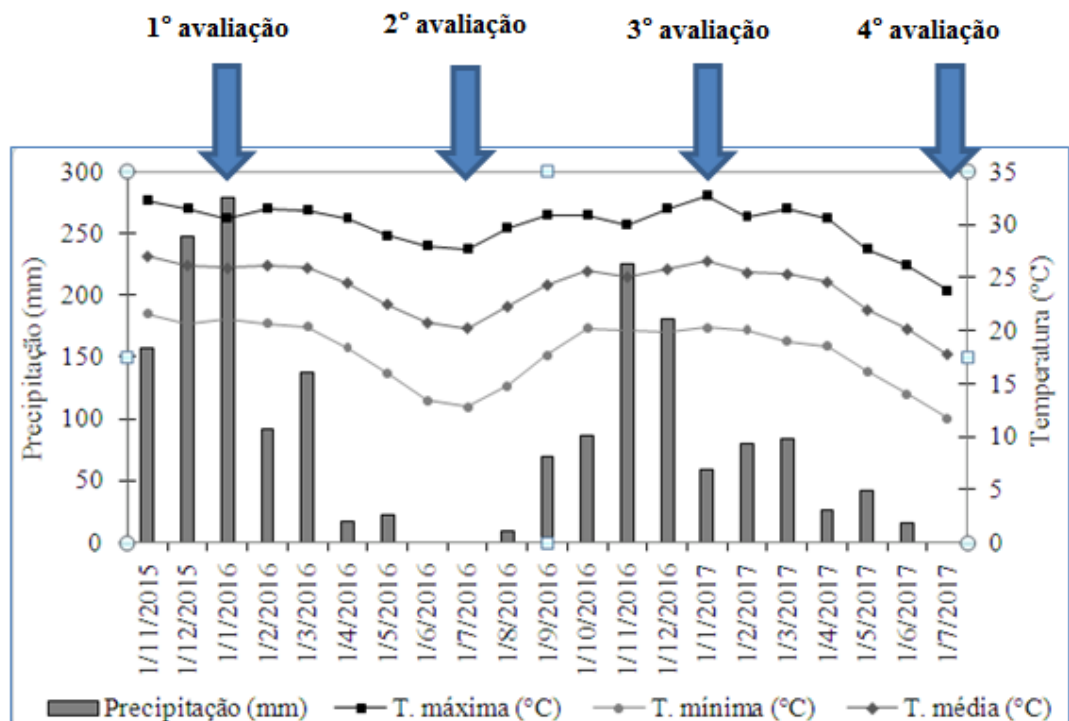


Figura 1: Precipitação (mm) e temperatura (°C) durante o período de crescimento das espécies componentes do Sistema Silvipastoril avaliado no estudo (novembro de 2015 à julho de 2017), em Curvelo – MG.

5.2. Histórico e preparo da área experimental

Anterior à implantação do experimento a área era cultivada com pastagem de *Brachiaria decumbens*, destinada à pecuária de corte e leite, sem manejo da pastagem e sem adubação de manutenção por mais de 10 anos, apresentando solo compactado e exposto, baixíssimo estande de plantas forrageiras e produção de forragem e infestação por plantas daninhas, caracterizando uma pastagem degradada (Figura 2).



Figura 2: Pastagem degradada, área do experimento antes da implantação do Sistema Agrossilvipastoril, no ano de 2014.

Em setembro de 2014, foi feita a amostragem do solo, na profundidade de 0-20 cm, e as amostras encaminhadas para análise em laboratório. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho, com textura argilosa, apresentando as seguintes características químicas: pH em H₂O = 5,9; P = 1,03 mg dm⁻³; K=146,33 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 4,75 cmol_cdm⁻³; Mg²⁺ = 0,76 cmol_cdm⁻³; Al³⁺ = 0,1 cmol_cdm⁻³; H+Al = 4,23 cmol_cdm⁻³; SB = 3,97 cmol_cdm⁻³; CTC (t)= 4,07 cmol_cdm⁻³; CTC (T)= 8,26 cmol_cdm⁻³; V = 47,66%; m = 4%; MO = 3,92 dag kg⁻¹; P-rem= 13 mg L⁻¹; Zn= 0,67 mg dm⁻³; Fe= 39,3 mg dm⁻³; Mn = 59,56 mg dm⁻³; Cu= 1,3 mg dm⁻³; B= 0,1 mgdm⁻³. Adotando-se o método de saturação por base (ALVEZ; RIBEIRO, 1999), não houve necessidade de realização da calagem.

O solo foi preparado de forma convencional, com uma aração e duas gradagens, realizadas em novembro de 2014. O Sistema Agrossilvipastoril foi implantado na área acima descrita, em dezembro de 2014.

Inicialmente o sistema era composto por três culturas - agrícola (milho), forrageira (capim-marandu) e espécie florestal (eucalipto). A semeadura do milho (híbrido SHS 7920) e da forrageira – *Brachiaria brizantha* cv Marandu foi realizada usando-se 400 kg ha⁻¹ da formulação N-P₂O₅-K₂O (8-28-16). As sementes da forrageira (4 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis) foram adicionadas e homogeneizadas ao fertilizante no momento da semeadura do milho, distribuídas com espaçamento de 0,40 m, sendo semeadas na linha e entrelinha de cultivo do milho. Nas parcelas da espécie forrageira em monocultivo, adotou-se a mesma semeadura e adubação do Sistema Agrossilvipastoril. A adubação de cobertura em todas as parcelas foi feita 20 dias após a semeadura (DAS), utilizando 100 kg de N ha⁻¹, sendo 50% com uso de uréia e 50% com sulfato de amônio. A fertilização foi realizada com distribuidor acoplado ao trator.

O transplântio da espécie florestal foi realizado simultaneamente a semeadura do milho e da forrageira, utilizando-se mudas de eucalipto clonal, híbrido espontâneo de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* (*urograndis*), clone AEC 144, adquirido junto à empresa florestal Agrocitry – colaboradora situada na cidade de Inimutaba - MG. As covas de plantio possuíam as dimensões de 40 x 40 x 40 cm, respeitando-se 1,5 m entre as culturas e fileiras do eucalipto. A adubação de plantio foi feita com uso por cova de 200 g de fosfato reativo e 125 g da formulação 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Após 60 dias do transplântio, procederam-se à adubação de manutenção, com 125 g de cloreto de potássio, 50 g de sulfato de amônio, 10 g de bórax e 5 g de sulfato de zinco por cova, aplicados via manual.

Nos primeiros 12 meses de plantio das mudas de eucalipto foram aplicados na linha de plantio, sempre que necessário, o herbicida glyphosate para o controle de plantas daninhas. A aplicação foi realizada em faixa contínua de 3,0 m de largura, sendo 1,5 m de cada lado da muda de forma dirigida utilizando a ponta de pulverização LA-1JC Yamaho e válvula reguladora de pressão, evitando o contato indesejado da calda com a espécie arbórea.

Em maio de 2015 o milho foi colhido manualmente e a área foi manejada sem presença de animais. Na mesma época procedeu-se o corte de homogeneização das plantas forrageiras a partir da roçada de toda a vegetação de cada parcela experimental, na altura de

20 cm do solo. Posteriormente, realizou-se a adubação em cobertura com 100 kg ha^{-1} de N na forma de sulfato de amônio.

Antecedendo as coletas foi realizado um corte de uniformização do capim-marandu, permanecendo a área em período de repouso por cerca de 60 dias. A primeira avaliação e corte ocorreu em janeiro de 2016 e a última em julho de 2017 (Figura 3). Nenhuma aplicação de corretivos ou fertilizantes foi realizada após o início das avaliações. Foi realizada desrama das árvores de eucalipto em agosto de 2016, retirando os ramos até a metade da altura total das árvores.

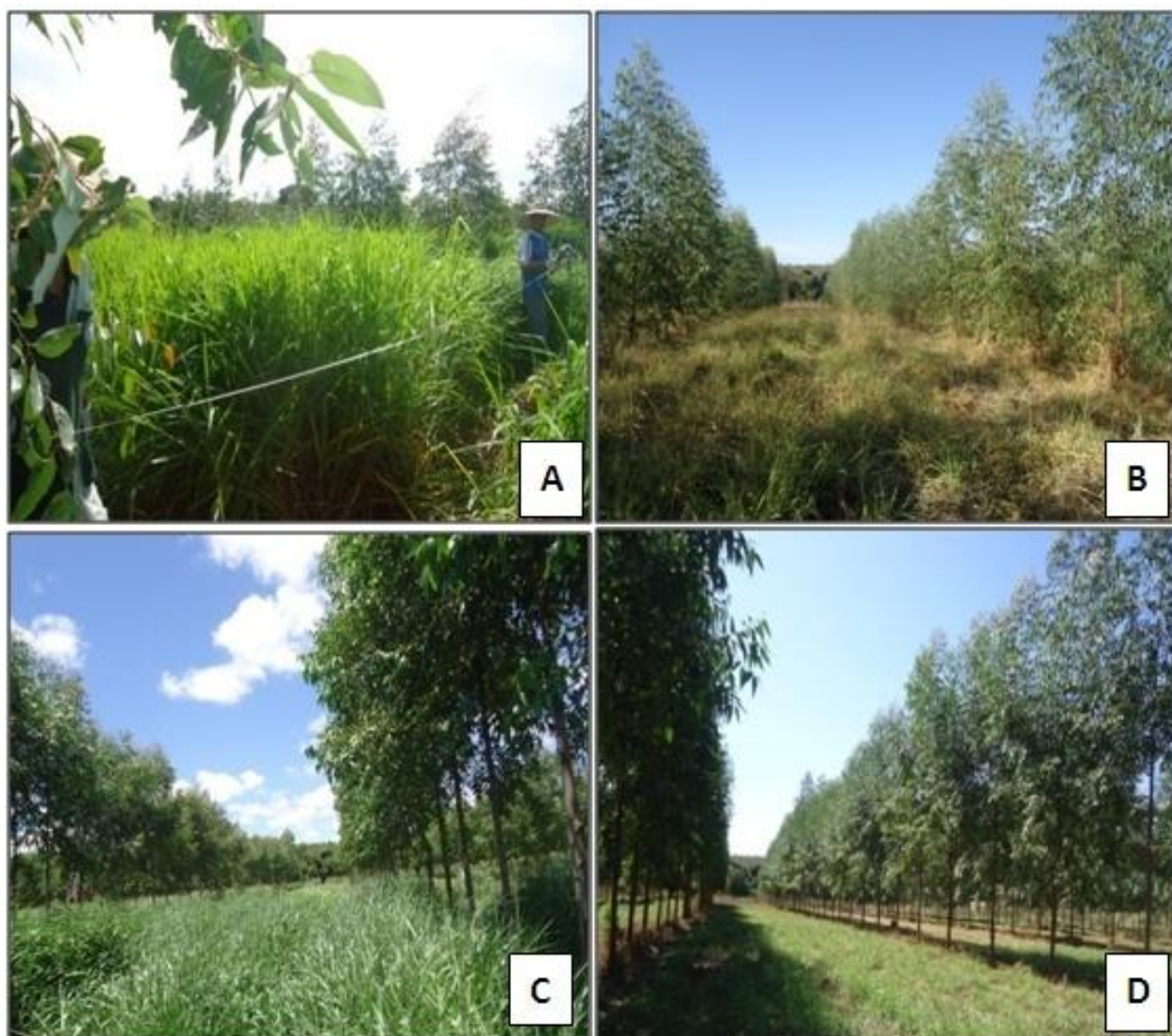


Figura 3: Sistema Silvopastoril de eucalipto e capim-marandu, respectivamente, 1º, 2º, 3º e 4º coletas (A, B, C e D).

5.3. Delineamento experimental, tratamentos e avaliações

A forrageira *Brachiaria brizantha* cv. Marandu (capim-marandu) foi avaliada em delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$, totalizando nove tratamentos com quatro repetições (blocos). O fator A constitui os dois espaçamentos do cultivo do eucalipto (12 x 2 e 12 x 3 metros), e o fator B constitui as quatro distâncias das plantas forrageiras em relação as árvores de eucalipto (1, 2, 4 e 6 metros). Como testemunhas foram avaliados o capim-marandu e linhas finais do eucalipto, simulando o monocultivo.

Foram realizadas quatro coletas, sendo duas em pleno verão - janeiro 2016/ 2017 (período das águas) e duas em pleno inverno – julho 2016/2017 (período da seca). A distância entre as forrageiras e as árvores foi tomada na direção Norte – Sul, devido à maior incidência da radiação solar. As avaliações iniciaram-se 13 meses após o estabelecimento do Sistema Agrossilvipastoril (janeiro de 2016) e enceraram aos 31 meses (julho de 2017). Após a colheita do milho o consorcio passou a ter duas culturas – forragem e eucalipto, constituindo um Sistema Silvipastoril (SSP).

As unidades experimentais dos tratamentos em consórcio possuem dimensões de 36 m de largura por 18 m de comprimento, totalizando uma área de 648 m², composta por quatro faixas de fileiras simples de eucalipto espaçadas a cada 12 m, intercaladas à espécie forrageira. As fileiras laterais de eucalipto foram utilizadas como bordadura. Para as parcelas em monocultivo as dimensões foram de 36 m de largura por 10 m de comprimento, totalizando uma área de 360 m².

A condição de pleno sol foi obtida na pastagem de capim-marandu sem influência de árvores, e a de sombreamento foi obtida dentro do SSP, sendo o pasto cultivado entre as fileiras de árvores, que possuíam espaçamentos de 12 x 2 m (417 árvores ha⁻¹) e 12 x 3 m (278 árvores ha⁻¹).

5.4. Medições do eucalipto e da radiação fotossinteticamente ativa

As árvores de eucalipto foram avaliadas quanto a suas alturas e os diâmetros a altura do peito (DAP), traçando o seu crescimento durante o período de avaliação. Utilizou-se fita métrica para medição do CAP (circunferência a altura do peito) e um clinômetro para

medição da altura das árvores. O DAP (diâmetro a altura do peito) foi calculado a partir da fórmula:

$$DAP = CAP / \pi$$

A produção volumétrica de madeira (m³) por árvore foi estimada através do DAP (cm) e altura (m) obtida aos 13, 19, 25 e 31 meses das árvores após o plantio das mudas no campo, por meio da fórmula (SOARES, 2003; MAGALHÃES et al., 2005).

$$V = \frac{(DAP)^2 \times \pi \times HT \times ff}{40000}; \text{ sendo:}$$

V = volume m³;

DAP = diâmetro a altura do peito (cm);

π = 3,14159...;

HT = altura total (m);

ff = fator de forma = 0,42.

Após cálculo do volume de madeira por árvore foi estimado o volume por hectare multiplicando a média das árvores de cada espaçamento pelo respectivo número de árvores, 417 e 278 (12 x 2 e 12 x 3 m), sendo o volume expresso em m³ ha⁻¹.

Cada bloco possuía quatro fileiras de eucalipto, sendo medidas 18 e 12 árvores das fileiras centrais e laterais, respectivamente dos espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m. As fileiras laterais foram avaliadas para se verificar o efeito de bordadura e simular o monocultivo da espécie florestal.

As avaliações da radiação fotossinteticamente ativa (RFA em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) recebida pelo pasto, foram realizadas utilizando o aparelho analisador de dossel – AccuPAR Linear PAR/LAI ceptometer, Model PAR – 80 (DECAGON Devices) com o qual foram feitas as medições nos horários de 9h00, 12h00 e 15h00 (horário oficial de Brasília) uma vez a cada coleta (pleno verão 2016/2017, pleno inverno 2016/2017), em dias de céu aberto (Figura 4), a fim de captar a variação diária de luminosidade. As medições foram realizadas com o sensor do aparelho nivelado acima do pasto (altura de 1,0 m do solo), tomando as leituras nas distâncias de 1, 2, 4 e 6 m (centro da entrelinha), obtendo assim o sombreamento real exercido pelas árvores de eucalipto. No monocultivo (pleno sol) foram realizadas 12 leituras em diferentes pontos da parcela. Por meio dessas foi descrita a quantidade de radiação incidente no pasto em sol pleno e no pasto em sub-bosque de SSP.



Figura 4: Medição da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada pelo capim-marandu em Sistema Silvipastoril (1ª coleta).

5.5. Avaliações dos pigmentos fotossintéticos e temperatura do capim-marandu

Para as avaliações dos teores de pigmentos fotossintéticos, o teor relativo de clorofila *a* e *b* foi aferido individualmente pelo método do medidor portátil ClorofiLOG1030(r), no qual a leitura do índice foi realizada diretamente sobre o terço médio das folhas totalmente expandidas, sem retirada dessas da planta, no horário de 10h00, mantendo-se as condições ambientais homogêneas durante a avaliação. Foram tomadas três medidas em cada folha, para se obter um valor médio.

No mesmo horário e folhas foi realizada a leitura da temperatura foliar, utilizando um termômetro infravermelho Marca Incoterm (faixa de medição -38 a +365 °C). As medidas foram realizadas em 10 folhas por parcela aleatoriamente, calculando as médias. As duas variáveis foram medidas nas distâncias de 1, 2, 4 e 6 m em relação às árvores e no controle (monocultivo).

5.6. Cortes, medições e separação das frações do capim-marandu

Antecedendo os cortes, a altura do pasto forrageiro foi avaliada em dez pontos de cada distância e do monocultivo para determinação da altura média do pasto, sendo medida desde o solo até o horizonte de curvatura das folhas, utilizando um bastão graduado em centímetros (fita métrica fixada em tudo de PVC); neste momento também se procedeu à contagem do número de plantas presentes dentro da moldura.

Os cortes foram realizados com o auxílio de molduras de canos de PVC de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) e de cutelo. As molduras foram posicionadas em pontos representativos da pastagem no SSP, distâncias de 1, 2, 4 e 6 m em relação às árvores (Figura 5), e no controle (monocultivo), sendo coletadas duas amostras de forragem por distância em cada unidade experimental do SSP e no monocultivo. A forragem contida no interior da moldura foi colhida a 10 cm do solo.

A produção de massa verde por hectare foi obtida com os dados do peso fresco da forragem coletada no quadro de 0,25 m². Após secagem do capim-marandu, os valores da massa de forragem foram convertidos para kg ha⁻¹ de Massa Seca (MS) total.

O material coletado foi identificado e armazenado em sacos plásticos, pesado e acondicionados em freezer a -15 °C, e posteriormente foram levados para laboratório.

A densidade populacional de perfilhos (DPP) foi obtida por meio da contagem do número total de perfilhos das plantas coletadas em 0,25 m², sendo expressa em perfilhos m⁻². Posteriormente os perfilhos foram separados em lamina foliar, colmo e material morto, e acondicionados em sacos de papel identificados.

O material selecionado foi pesado e levado à estufa com circulação de ar forçada a 65°C por 72 horas ou até peso constante para determinação da matéria seca e, posteriormente, pesado novamente. As amostras das avaliações da matéria seca foram moídas em moinho tipo Willey, com peneira de malha de 1,0 mm para realização das análises bromatológicas.

A relação lamina foliar/colmo (LF/C) foi obtida a partir do quociente entre a massa de matéria seca das folhas e a massa de matéria seca dos colmos. Calculou-se também a relação matéria fresca/matéria senescente (MF/MS) a partir do quociente entre a soma da massa de matéria seca das laminas foliares e dos colmos e a massa de matéria seca do material morto.

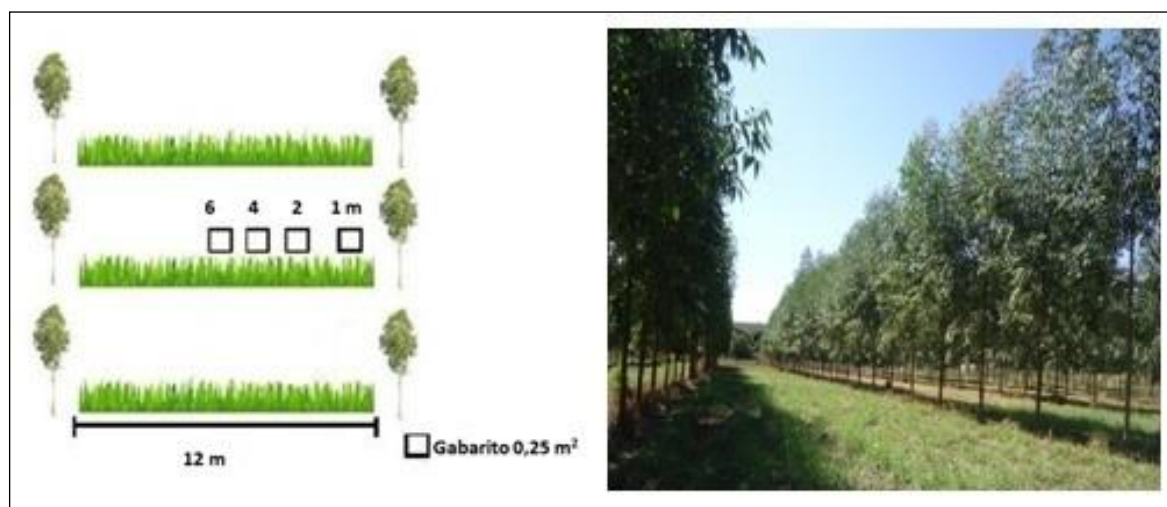


Figura 5: Metodologia de avaliação do capim-marandu, nas distâncias de 1 a 6 m, nos espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m do Sistema Silvopastoril.

5.7. Composição químico-bromatológica da forragem

O teor de nitrogênio (N) total foi determinado por meio do analisador elementar *Truspec Micro CHN* da LECO, e os valores de proteína bruta foram obtidos pelo produto entre o nitrogênio total e o fator 6,25. Os teores de fósforo (P) e potássio (K), foram obtidos de acordo com Malavolta et al. (1997), e as análises realizadas no Laboratório LIPEMVALE (UFVJM).

As análises de composição bromatológica do capim-marandu foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA – UFVJM), sendo fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), matéria seca (MS) à 105 °C e matéria orgânica (MO) realizadas conforme Silva & Queiroz (2002).

A digestão para obtenção da FDN e FDA foi realizada em autoclave (modelo AV vertical Phoenix Lufenco), utilizando frascos autoclaváveis e a pressão de 1 ATM por 60 minutos. As amostras foram colocadas em saquinhos de TNT 100 mm, com tamanho de 25 cm², selados, sendo pesado em cada um aproximadamente 0,5 g. após retirados da solução os saquinhos foram enxaguados em água não dessecador para atingirem a temperatura ambiente, e pesados para a determinação de FDN e FDA, o procedimento de digestão foi realizado sequencial (FDN-FDA) utilizando os mesmos saquinhos. Adotaram-se modificações do procedimento, seguindo Deschamps (1999).

5.8. Análises estatísticas

Os dados relativos ao capim-marandu das quatro épocas de coleta foram submetidos à análise de variância, por meio do programa computacional R (R CORE TEAM, 2015). As médias das variáveis que demonstraram diferenças significativas pelo teste F a 5 % de probabilidade do erro foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 % probabilidade para os efeitos principais e desdobramento da interação quando necessário.

A altura, DAP e volume ha^{-1} das árvores de eucalipto foram submetidas à análise de variância a $p < 0,05$ de probabilidade do erro (ANOVA), aplicando o teste F.

As épocas de verão (2016/2017) e inverno (2016/2017) foram comparadas de forma descritiva, objetivando descrever o efeito do crescimento das árvores sobre as variáveis avaliadas.

6. RESULTADOS

6.1. Primeira avaliação– pleno verão de 2016

6.1.1. Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto

As variáveis altura, DAP e volume de madeira ha^{-1} das árvores de eucalipto cultivadas nos espaçamentos de 12 x 2 e 12 x 3 m aos 13 meses de plantio, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo teste F, quando comparadas em cada espaçamento árvores centrais e laterais, e também árvores centrais dos dois espaçamentos (Tabela 1).

As árvores centrais possuíam médias de altura de 3,57 e 4,12 m e DAP de 4,70 e 4,60 cm, respectivamente para os espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m. Os volumes médios de madeira por árvores foram iguais nos dois espaçamentos ($0,0031 \text{ m}^3$). No espaçamento 12 x 2 m, que possuía mais árvores ($417 \text{ árvores ha}^{-1}$), o volume de madeira por hectare foi maior 59%, com média de $1,228 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, porém não diferiu estatisticamente do espaçamento 12 x 3 m ($278 \text{ árvores ha}^{-1}$), com média de $0,773 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$.

Tabela 1: Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvipastoril com 13 meses de plantio, avaliadas em janeiro de 2016 (pleno verão)

Variável	Média geral	P-value	EPM	CV (%)
Espaçamento 12 x 2 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	3,97	0,7582 ^{ns}	0,3958	15,83
DAP (cm)	4,74	0,8390 ^{ns}	0,3128	11,80
Volume ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	1,29	0,4433 ^{ns}	0,0520	17,65
Espaçamento 12 x 3 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	4,02	0,5373 ^{ns}	0,1658	10,12
DAP (cm)	4,49	0,0984 ^{ns}	0,0217	3,28
Volume ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	0,76	0,2345 ^{ns}	0,0138	15,47
Árvores nos espaçamentos 12 x 2 m e 12 x 3 m				
Altura (m)	3,85	0,3656 ^{ns}	0,5350	19,00
DAP (cm)	4,65	0,8902 ^{ns}	0,6796	17,72
Volume ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	1,00	0,0944 ^{ns}	0,1011	29,12

^{ns} = médias não diferem entre si ($P < 0,05$), comparando árvores centrais e laterais, e espaçamentos (12 x 2 e 12 x 3 m). EPM = erro padrão da média. CV = coeficiente de variação. DAP (diâmetro a altura do peito).

6.1.2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no SSP

O capim-marandu recebeu maior RFA às 12h00, e entre as distâncias os maiores valores foram observados na posição de 6,0 m (centro da entrelinha) nos dois espaçamentos. Ao longo do dia a RFA variou de 767 a 1118 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, o menor valor às 15h00 e maior às 12h00, diferença de 351 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (12 x 2 m) e 713 e 1505 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ às 9h00 e 12h00 (12 x 3 m) (Tabela 2), variação de 792 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, os maiores valores da RFA para o segundo espaçamento é resposta a maior distância entre as árvores.

No cultivo a pleno sol a média é de 1169 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valor 29% maior que a média da RFA no cultivo de 12 x 2 m (905 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 23% que a média do 12 x 3 m (953 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Tabela 2: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvipastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno verão de 2016

Radiação Fotossinteticamente Ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Distância das árvores (m)					
Cultivo	Horas	1	2	4	6
12 x 2 m	9	818	982	946	1067
	12	1081	1118	1026	1039
	15	767	862	904	923
12 x 3 m	9	713	765	852	895
	12	1440	1390	1500	1505
	15	687	910	740	817
Pleno sol	9		1029		
	12		1263		
	15		1215		

6.1.3. Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu

No verão de 2016, para a temperatura foliar do capim-marandu não foi observado efeito de espaçamento, distância e áreas de cultivo, com média de 29,55 °C.

As variáveis clorofila *a* e clorofila total apresentaram efeito dos espaçamentos como fator isolado ($p < 0,05$). No espaçamento 12 x 2 a clorofila *a* foi cerca de 8% maior que no 12 x 3 m, assim como a clorofila total, com 9 % a mais no 12 x 2 m. Essas variáveis não apresentaram interação significativa quanto aos modos de cultivo (pleno sol e sombreado), com teores médios gerais de 32,35 e 38,66 (Tabela 3).

Maior teor de clorofila *b* foi observado no espaçamento 12 x 2, cerca de 15% a mais que no 12 x 3, havendo efeito do espaçamento como fator isolado ($p < 0,05$). A variável também apresentou interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento. O capim-marandu presente no cultivo sombreado apresentou 29 % a mais de teor da clorofila *b* que em pleno sol ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Para a razão clorofila *a/b* houve apenas interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento. O cultivo a pleno sol apresentou maior relação, com 22% a mais que o sombreado ($p < 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de caracterização fisiológica de capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2016

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Clorofila a				
12x2	34,96	34,25	33,83	33,86	34,23 a
12x3	33,73	30,63	30,41	31,90	31,67 b
Média	34,34	32,44	32,12	32,88	32,95 ^{ns}
Pleno sol	31,75 ^{ns}				
Média geral	32,35				
CV (%)	9,01				
	Clorofila b				
12x2	7,46	7,02	8,30	7,60	7,60 a
12x3	7,46	6,06	6,20	6,80	6,63 b
Média	7,46	6,54	7,25	7,20	7,11*
Pleno sol	5,50*				
Média geral	6,31				
CV (%)	13,46				
	Razão clorofila a/b				
12x2	4,79	4,91	4,22	4,56	4,62
12x3	4,56	5,22	4,95	4,74	4,87
Média	4,67	5,06	4,59	4,65	4,74*
Pleno sol	5,78*				
Média geral	5,26				
CV (%)	10,52				
	Clorofila Total				
12x2	42,43	41,28	42,13	41,46	41,82 a
12x3	41,19	36,69	36,61	38,70	38,30 b
Média	41,81	38,99	39,37	40,08	40,06 ^{ns}
Pleno sol	37,25 ^{ns}				
Média geral	38,66				
CV (%)	8,98				

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. * = valor significativo a 5 %, respectivamente, pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na coluna (espaçamento), diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

6.1.4. Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu

Para as variáveis agronômicas – plantas m^{-2} , densidade populacional de perfilhos (DPP) e relação lamina foliar/colmo (LF/C) não foram verificadas interações significativas ($p < 0,05$) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas de cultivo com e sem sombreamento, respectivamente SSP e pleno sol. Os valores médios obtidos foram de 17,78 plantas m^{-2} , 280,19 perfilhos m^{-2} e relação LF/C de 0,89.

Para a altura não foi verificada interação significativa entre espaçamentos e distâncias. Somente houve efeito da distância como fator isolado ($p < 0,05$). A altura do capim-marandu foi cerca de 14% maior nas distâncias de 2,0 a 6,0 m. Quanto aos modos de cultivo, não houve interação significativa entre as áreas com e sem sombreamento, a altura média das plantas foi de 153,34 cm (Tabela 4).

A massa de forragem foi influenciada pela interação entre espaçamentos e distâncias das árvores ($p < 0,05$). Avaliando as distâncias dentro dos espaçamentos, observou-se no 12 x 2 m que os valores da variável foi 90% maior nas distâncias de 2,0 a 6,0 m. No 12 x 3 m a massa nas distâncias de 4,0 e 6,0 m foi 41% maior. Entre espaçamentos ela foi maior cerca de 50% a 1,0 m e 27% a 6,0 m quando em cultivo mais amplo (12 x 3 m), no espaçamento mais adensado (12 x 2 m) diferiu 32% a 2,0 m. De forma geral, a maior massa foi obtida no espaçamento 12 x 3 m (75,00 ton ha^{-1}). Também ocorreu interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). A massa de forragem do cultivo sombreado (SSP) foi 30% maior que a produzida no monocultivo (Tabela 4).

Valores relativos à produção de matéria seca (PMS) e relação matéria fresca/seca (MF/MS) foram influenciados pela distância como fator isolado ($p < 0,05$), não havendo interação significativa entre espaçamentos e distâncias. Maiores valores de PMS foram observados a partir da distância de 2,0 m (13%); e mais altas relações MF/MS mais distantes das árvores - 4,0 e 6,0 m (28%). Houve interação significativa para as áreas de cultivo SSP e pleno sol ($p < 0,05$), com maior PMS da forragem na área do SSP (57%), quanto ao MF/MS maior relação foi encontrada na condição de pleno sol (53%) (Tabela 4).

Tabela 4: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agrônômicas do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2016

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Altura (cm)				
12 x 2	130,50	158,13	159,50	168,50	154,16
12 x 3	140,88	150,63	152,75	164,75	152,25
Média	136,69 B	154,38 A	156,13 A	166,63 A	153,20 ^{ns}
Pleno sol	153,50 ^{ns}				
Média geral	153,35				
CV (%)	6,31				
	Massa de forragem (ton ha⁻¹)				
12 x 2	40,76 Bb	83, 87 Aa	78,30 Aa	71,29 Ab	68,56
12 x 3	61,05Ba	63,28Bb	85,03ABa	90,65Aa	75,00
Média	50,91	73,58	81,67	80,97	71,78*
Pleno sol	55,36*				
Média geral	63,57				
CV (%)	18,48				
	Produção de matéria seca (ton ha⁻¹)				
12 x 2	14,33	29,65	25,63	21,96	22,89
12 x 3	23,32	22,47	25,13	29,13	25,01
Média	18,82 B	26,06 A	25,38 AB	25,55 AB	23,95*
Pleno sol	15,23*				
Média geral	19,59				
CV (%)	21,46				
	Relação MF/MS				
12 x 2	1,01	1,03	1,30	1,22	1,14
12 x 3	0,97	1,11	1,43	1,30	1,17
Média	0,99 B	1,07 B	1,37 A	1,26 AB	1,16*
Pleno sol	1,78*				
Média geral	1,47				
CV (%)	14,10				

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. * = valor significativo a 5 % pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e minúsculas na coluna (espaçamento) diferem pelo teste de F a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

Para as variáveis de composição químico-bromatológica das folhas de capim-marandu - matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), fibra em detergente ácido (FDA) e potássio (K) não se verificaram interações significativas ($p < 0,05$) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas de cultivo com e sem sombreamento. As médias gerais foram de 22,27%, 93,20%, 28,25% e 28,47 g kg⁻¹ de K. Assim como, para as variáveis do colmo - MS, MO, FDA e K ($p < 0,05$), que exibiram os valores médios de 25,78%, 95,83%, 45,18% e 12,85 g kg⁻¹.

Tabela 5: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2016

	Distância				
	Fração das Folhas				
Espaçamento (m)	1,0	2,0	4,0	6,0	Média
12 x 2	7,26	6,68	7,04	6,74	6,93
12 x 3	6,95	7,09	7,31	8,12	7,37
Média	7,11	6,89	7,18	7,43	7,15*
Pleno Sol	5,29*				
Média geral	6,22				
CV (%)	13,94				
	Fibra em Detergente Neutro (%)				
12 x 2	55,97	57,70	56,11	55,53	56,53
12 x 3	54,20	54,43	56,37	54,39	54,84
Média	55,08	56,07	56,24	54,96	55,59*
Pleno Sol	59,32*				
Média geral	57,46				
CV (%)	3,76				
	Fósforo (g kg⁻¹)				
12 x 2	1,46	1,46	1,32	1,49	1,43
12 x 3	1,47	1,11	1,43	1,44	1,36
Média	1,47	1,28	1,38	1,46	1,40*
Pleno Sol	0,92*				
Média geral	1,16				
CV (%)	24,09				
	Fração dos Colmos				
	Proteína Bruta (%)				
12 x 2	3,23	3,28	3,19	3,26	3,24
12 x 3	3,22	3,31	3,15	3,28	3,24
Média	3,22	3,29	3,17	3,27	3,24*
Pleno Sol	2,65*				
Média geral	2,94				
CV (%)	13,48				
	Fibra em Detergente Neutro (%)				
12 x 2	70,99	70,51	72,64	70,66	71,20
12 x 3	69,22	71,43	72,77	70,61	71,01
Média	70,11	70,97	72,70	70,63	71,10*
Pleno Sol	73,99*				
Média geral	72,55				
CV (%)	3,41				
	Fósforo (g kg⁻¹)				
12 x 2	0,64	0,44	0,62	0,50	0,55
12 x 3	0,43	0,45	0,44	0,50	0,45
Média	0,53	0,44	0,53	0,50	0,50*
Pleno Sol	0,34*				
Média geral	0,42				
CV (%)	28,93				

Em que: * = valor significativo a 5 % pelo teste F. CV = coeficiente de variação.

Proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fósforo (P), das frações folhas e colmos, somente apresentaram interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). As folhas do capim-marandu cultivado em SSP apresentaram 35% de PB e 52% de P a mais que em monocultivo, bem como a fração dos colmos com 22% de PB e 47% de P. Quanto a FDN maior valor foi observado a pleno sol, com 7% (folhas) e 4% (colmos) a mais (Tabela 5).

6.2. Segunda avaliação– pleno inverno de 2016

6.2.1. Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto

As variáveis altura, DAP e volume de madeira ha^{-1} das árvores de eucalipto cultivadas nos espaçamentos de 12 x 2 e 12 x 3 m aos 19 meses, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo teste F, quando comparados em cada espaçamento, árvores centrais e laterais, e árvores centrais dos dois espaçamentos (Tabela 6).

Tabela 6: Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvipastoril com 19 meses de plantio, avaliadas em julho de 2016 (pleno inverno)

Variável	Média geral	<i>P-value</i>	EPM	CV (%)
Espaçamento 12 x 2 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	6,41	0,8092 ^{ns}	1,3003	17,80
DAP (cm)	7,18	0,1758 ^{ns}	0,5383	10,22
Volume (m^3ha^{-1})	4,67	0,3492 ^{ns}	2,6419	34,78
Espaçamento 12 x 3 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	7,03	0,2031 ^{ns}	1,7378	18,75
DAP (cm)	7,58	0,2855 ^{ns}	1,0323	13,40
Volume (m^3ha^{-1})	3,98	0,1979 ^{ns}	2,9126	42,92
Árvores nos espaçamentos 12 x 2 m e 12 x 3 m				
Altura (m)	6,96	0,2532 ^{ns}	2,7367	23,76
DAP (cm)	7,84	0,5619 ^{ns}	0,8109	11,48
Volume (m^3ha^{-1})	4,45	0,8154 ^{ns}	3,5135	36,47

^{ns} = médias não diferem entre si ($P < 0,05$), comparando árvores centrais e laterais, e espaçamentos (12 x 2 e 12 x 3 m). EPM = erro padrão da média. CV = coeficiente de variação. DAP (diâmetro a altura do peito).

As árvores apresentaram volume médio de madeira de 0,012 m^3 e (12 x 2 m) e 0,014 m^3 (12 x 3 m), e também maior altura e DAP no espaçamento mais amplo (12 x 3 m), porém, o maior número de árvores no 12 x 2 m proporcionou maior produção de madeira por área –

5,03 m³ ha⁻¹, contra 3,87 m³ ha⁻¹ no espaçamento 12 x 3 m. Mesmo com produção cerca de 30 % maior, e também altura e DAP superior não houve diferença estatística para essas variáveis (Tabela 5).

O coeficiente de variação para a variável volume de madeira (m³ha⁻¹) foi muito alto, segundo Pimentel-Gomes (2009) quanto maior o CV menor a precisão experimental. O fato de estar analisando apenas dois tratamentos – espaçamentos ou posição das árvores aumenta a estimativa do erro experimental em relação à média geral da variável. Para as demais variáveis o CV encontra-se dentro da normalidade para experimentos realizados em campo, valor menor que 20%.

6.2.2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no SSP

Os resultados obtidos para RFA incidente no capim-marandu cultivado nos espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m do SSP encontram-se na Tabela 7. Maior RFA foi observada no centro da entrelinha às 12h00.

No espaçamento 12 x 2 m as medidas variam ao longo do dia de 380 a 1933 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, a menor às 15h00 e a maior às 12h00, diferença de 1553 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no 12 x 3 m os valores estiveram entre 247 e 1915 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, variação de 1668 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 7).

No cultivo a pleno solo os valores da RFA tiveram ampla variação diária, com média de 1377 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valor 31 % maior que o 12 x 2 m e 34 % que o 12 x 3 m, que apresentaram médias de 1054 e 1028 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Tabela 7: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvopastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno inverno de 2016

Radiação Fotossinteticamente Ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Distância das árvores (m)					
Cultivo	Horas	1	2	4	6
12 x 2 m	9	1071	1375	1470	1460
	12	577	777	1820	1933
	15	415	380	680	691
12 x 3 m	9	957	1353	1345	1326
	12	724	1143	1897	1915
	15	247	495	527	411
Pleno sol	9		961		
	12		1975		
	15		1196		

6.2.3. Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu

No inverno as variáveis teor de clorofila *b*, razão clorofila *a/b* e temperatura foliar, não tiveram efeito de espaçamentos, distâncias e áreas de cultivo, apresentando os valores médios de 6,87, 4,19 e 25,00 °C.

Para o teor de clorofila *a* e clorofila total observou-se efeito da distância como fator isolado ($p < 0,05$). Maior teor de clorofila *a* foi obtido na forragem nas distâncias mais próximas às árvores (1,0 a 4,0 m) (14%), assim como o maior teor de clorofila total (15%). Não houve interação significativa entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$), apresentando as médias gerais de 27,52 e 34,29 (Tabela 8).

Tabela 8: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de caracterização fisiológica de capim-marandu, em áreas com e sem sombreamento em pleno inverno de 2016

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Clorofila <i>a</i>				
12x2	32,20	28,21	26,13	27,65	28,55
12x3	31,16	27,50	30,58	23,84	28,27
Média	31,68 A	27,86 AB	28,35 AB	25,74 B	28,41 ^{ns}
Pleno sol	26,62 ^{ns}				
Média geral	27,52				
CV (%)	14,48				
	Clorofila total				
12x2	40,70	34,71	31,94	34,66	35,50
12x3	39,34	33,99	38,00	28,88	35,05
Média	40,02 A	34,35 AB	34,97 AB	31,77 B	35,28 ^{ns}
Pleno sol	33,30 ^{ns}				
Média geral	34,29				
CV (%)	16,57				

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

6.2.4. Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu

As variáveis agronômicas – plantas m⁻², DPP, relação LF/C e relação MF/MS não apresentaram interações significativas ($p < 0,05$) entre espaçamentos e distâncias, e entre

áreas com e sem sombreamento. As médias obtidas foram – 6,57 plantas m⁻²; 157,35 perfilhos m⁻² e relações de 1,08 e 1,60.

As variáveis altura, massa de forragem e PMS, não tiveram interação significativa entre espaçamentos e distâncias, mas apresentaram interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). A forragem presente no cultivo a pleno sol apresentou 43% de altura, 122% de massa de forragem e 134% a mais que a cultivada no SSP (Tabela 9).

Tabela 9: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agrônômicas do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2016

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	Altura (cm)				
	1,0	2,0	4,0	6,0	
12x2	71,25	66,38	74,13	79,88	72,91
12x3	78,00	72,13	71,25	65,63	71,75
Média	74,63	69,25	72,75	72,75	72,53*
Pleno sol	87,90*				
Média geral	103,27				
CV (%)	24,26				
	Massa de forragem (ton/ha)				
12 x 2	16,05	18,65	24,63	21,18	20,13
12 x 3	26,33	16,90	21,70	21,18	21,53
Média	21,19	17,76	23,16	21,18	20,83*
Pleno sol	46,25*				
Média geral	33,54				
CV (%)	32,18				
	Produção de matéria seca (ton ha ⁻¹)				
12 x 2	11,30	12,38	16,05	13,57	13,32
12 x 3	18,08	12,42	15,35	14,41	15,06
Média	14,69	12,40	15,70	13,98	14,19*
Pleno solo	33,24*				
Média geral	23,71				
CV (%)	32,02				

Em que: * = valor significativo a 5 % pelo teste F. CV = coeficiente de variação.

A composição química das folhas do capim-marandu não apresentaram interações significativas ($p < 0,05$) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas com e sem sombreamento, para as variáveis MS, PB, FDN, FDA, P e K, apresentando os seguintes valores médios: 58,83%, 4,75%, 56,32%, 25,06%, 1,69 g kg⁻¹ e 21,75 g kg⁻¹.

Dentre as variáveis dos colmos, apenas a MS, MO, PB e K não apresentaram interações significativas ($p < 0,05$) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas com e sem sombreamento, com médias de 57,32%, 97,41%, 3,27% e 8,87 g kg⁻¹.

Para a MO das folhas e as variáveis FDA e P dos colmos somente houve interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). Maior MO (1%) e FDA (24%) foi observada na forragem presente no cultivo a pleno sol (1%). O maior teor de P foi encontrado no cultivo sombreado (106%) (Tabela 10).

Tabela 10: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvistoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2016

	Distância				
	Fração das Folhas				
	Matéria Orgânica (%)				
Espaçamento (m)	1,0	2,0	4,0	6,0	Média
12 x 2	93,74	94,18	93,13	93,56	93,65
12 x 3	93,88	93,82	93,70	93,64	93,76
Média	93,81	94,00	93,41	93,60	93,71*
Pleno Sol	94,55*				
Média geral	94,13				
CV (%)	0,49				
	Fração dos Colmos				
	Fibra em Detergente Neutro (%)				
12 x 2	57,18	56,70	61,72	60,12	58,93 b
12 x 3	60,50	59,98	62,40	62,31	61,30 a
Média	58,84	58,34	62,06	61,21	60,11*
Pleno Sol	64,85*				
Média geral	62,48				
CV (%)	4,90				
	Fibra em Detergente Ácido (%)				
12 x 2	30,88	30,59	33,12	30,88	31,37
12 x 3	31,90	34,05	33,30	33,28	33,13
Média	31,39	32,32	33,21	32,08	32,25*
Pleno Sol	39,94*				
Média geral	36,10				
CV (%)	7,98				
	Fósforo (g kg ⁻¹)				
12 x 2	1,14	0,95	1,00	0,92	1,00
12 x 3	0,91	0,91	1,00	0,79	0,90
Média	1,03	0,93	1,00	0,86	0,95*
Pleno Sol	0,46*				
Média geral	0,71				
CV (%)	24,89				

Em que: * = valor significativo a 5 % pelo teste F. CV = coeficiente de variação.

O teor de FDN dos colmos apresentou interação significativa entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). E também efeito do espaçamento como fator isolado ($p < 0,05$), sendo a FDN maior no 12 x 3 m (4%) (Tabela 10).

6.3. Terceira avaliação – pleno verão de 2017

6.3.1. Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto

As variáveis altura, DAP e volume de madeira ha^{-1} das árvores de eucalipto cultivadas nos espaçamentos de 12 x 2 e 12 x 3 m com 26 meses de plantio, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo teste F, quando comparadas em cada espaçamento, árvores centrais e laterais, e árvores centrais dos dois espaçamentos (Tabela 11).

As árvores centrais possuíam volume médio de madeira de $0,023\text{m}^3$ e $0,028\text{m}^3$, altura de 7,97 e 8,52 m e DAP 9,11 e 9,79 cm, respectivamente para os espaçamentos 12 x 2 m e 12 x 3 m. A produção de madeira foi maior 24 % no espaçamento mais adensado com $9,68\text{m}^3\text{ha}^{-1}$, contra $7,78\text{m}^3\text{ha}^{-1}$ do espaçamento 12 x 3 m, contudo, não houve diferença estatística para essas variáveis (Tabela 11).

Tabela 11: Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvipastoril com 25 meses de plantio, avaliadas em janeiro de 2017 (pleno verão)

Variável	Média geral	<i>P-value</i>	EPM	CV (%)
Espaçamento 12 x 2 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	8,30	0,8441 ^{ns}	0,4358	7,95
DAP (cm)	9,57	0,7164 ^{ns}	0,5796	7,96
Volume (m^3ha^{-1})	10,62	0,7984 ^{ns}	4,7045	20,42
Espaçamento 12 x 3 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	8,80	0,6700 ^{ns}	4,0241	22,79
DAP (cm)	9,94	0,6696 ^{ns}	1,3704	11,78
Volume (m^3ha^{-1})	8,27	0,5948 ^{ns}	14,4369	45,96
Árvores nos espaçamentos 12 x 2 m e 12 x 3 m				
Altura (m)	8,24	0,4684 ^{ns}	4,9308	26,16
DAP (cm)	9,45	0,4571 ^{ns}	1,2640	11,48
Volume (m^3ha^{-1})	8,74	0,6572 ^{ns}	14,9780	39,75

^{ns} = médias não diferem entre si ($p < 0,05$), comparando árvores centrais e laterais, e espaçamentos (12 x 2 e 12 x 3 m). EPM = erro padrão da média. CV = coeficiente de variação. DAP (diâmetro a altura do peito).

6.3.2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no SSP

A RFA incidente nos espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m em Sistema Silvipastoril no verão de 2017 apresentou picos no centro da entrelinha de eucaliptos (6,0 m) e às 12h00 (Tabela 12).

Ao longo do dia a RFA variou de 319 a 1894 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, menor valor a 1,0 m do eucalipto e o maior aos 4,0 m, ambos às 12h00 no espaçamento 12 x 2 m, com diferença de 1575 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 12).

A variação foi maior no espaçamento 12 x 3 m, com RFA de 209 e 1999 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, menor medida às 15h00 na distância de 1,0 m e a maior às 12h00 aos 6,0 m, diferença de 1790 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Tabela 12). À medida que se afastou das árvores e o maior espaçamento de plantio possibilitou maior incidência da RFA.

No cultivo a pleno sol a RFA média é de 1395 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, valor que diferiu muito pouco da média da RFA do espaçamento 12 x 3 m (1382 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e cerca de 10% maior que a média do 12 x 2 m (1265 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e

Tabela 12: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvipastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno verão de 2017

Radiação Fotossinteticamente Ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Distância das árvores (m)					
Cultivo	Horas	1	2	4	6
12 x 2 m	9	899	1282	1427	1730
	12	319	1828	1894	1851
	15	606	993	1026	1325
12 x 3 m	9	1381	1543	1901	1840
	12	1146	1744	1812	1999
	15	209	243	1050	1720
Pleno sol	9			1076	
	12			1645	
	15			1463	

6.3.3. Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu

Na estação do verão as variáveis– teor de clorofila *b*, relação clorofila *a/b* e clorofila total do capim-marandu, não apresentaram efeito de espaçamentos, distâncias e áreas de cultivo, apresentando os valores médios de 10,17, 3,57 e 45,53, respectivamente.

Clorofila *a* e temperatura foliar apresentaram efeito da interação das áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). No sombreamento o teor de clorofila *a* foi maior (11 %), e no cultivo a pleno sol foram medidas as maiores temperaturas (5%) (Tabela 13).

Tabela 13: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de caracterização fisiológica de capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2017

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Clorofila <i>a</i>				
12 x 2	38,48	34,86	38,98	37,38	37,42
12 x 3	36,84	37,76	37,30	36,20	37,02
Média	37,66	36,31	38,14	36,79	37,22*
Pleno sol			33,50*		
Média geral			35,36		
CV (%)			8,36		
	Temperatura foliar (°C)				
12 x 2	27,35	26,93	26,84	27,06	27,04
12 x 3	26,95	28,28	27,53	27,21	27,49
Média	27,15	27,60	27,18	27,14	27,27*
Pleno sol			28,71*		
Média geral			28,00		
CV (%)			3,36		

Em que: * = valor significativo a 5 % pelo teste F. CV = coeficiente de variação.

6.3.4. Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu

Altura, massa de forragem, PMS e DPP apresentaram efeito da distância como fator isolado ($p < 0,05$). Maior altura foi observada no capim presente na distância de 6,0 m (13%). Para as variáveis massa de forragem, PMS e DPP, a partir de 4,0 m já se observaram maiores valores, sendo estes 49, 29 e 51% superiores as distâncias iniciais. Altura e DPP também apresentaram interação significativa para as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$), maior altura das plantas foi observada na área do SSP (38%), contudo, para a DPP maior número de perfilhos ocorreu no cultivo a pleno sol, cerca de 41%. Para a massa de forragem e a PMS não houve interação significativa entre as áreas de cultivo, com média de 31,34 e 12,58 ton ha⁻¹ (Tabela 14).

Tabela 14: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agronômicas do capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2017

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Altura (cm)				
12 x 2	112,75	106,25	99,13	125,00	110,78
12 x 3	99,75	96,25	107,50	109,25	103,19
Média	106,25 AB	101,25 B	103,31 AB	117,13 A	106,99*
Pleno sol	77,75*				
Média geral	92,37				
CV (%)	10,92				
	Massa de forragem (ton ha⁻¹)				
12 x 2	20,93	25,30	27,55	48,08	30,46
12 x 3	23,20	20,22	36,20	33,95	28,39
Média	22,06 B	22,76 B	31,88 AB	41,01 A	29,43 ^{ns}
Pleno sol	33,25 ^{ns}				
Média geral	31,34				
CV (%)	32,52				
	Produção de matéria seca (ton ha⁻¹)				
12 x 2	8,04	9,62	11,19	16,85	11,42
12 x 3	9,44	8,48	14,55	12,85	11,33
Média	8,74 C	9,05 BC	12,87 AB	14,08 A	11,37 ^{ns}
Pleno sol	13,79 ^{ns}				
Média geral	12,58				
CV (%)	24,92				
	Densidade populacional de perfilhos m⁻²				
12 x 2	229,50	230,00	218,00	310,50	248,00
12 x 3	160,00	193,00	261,50	261,50	220,00
Média	194,75 B	211,50 B	239,75 AB	286,00 A	234,00*
Pleno sol	329,00*				
Média geral	281,50				
CV (%)	19,57				

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. * = valor significativo a 5 % pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

As variáveis plantas m⁻², relação F/C e relação MF/MS não apresentaram interações significativas (p < 0,05) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas com e sem sombreamento. As médias gerais são de 8,50 plantas m⁻² e relação de 1,12 e 0,71.

A composição química das folhas não apresentou interação significativa (p < 0,05) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas com e sem sombreamento, para MS, MO, FDA e P, com respectivas médias - 23,75%, 91,74%, 27,03% e 2,64 g kg⁻¹.

Tal como, a MO, PB, FDA e K, correspondentes à fração dos colmos da gramínea, não apresentaram interações significativas (p < 0,05) entre espaçamentos e distâncias, e entre áreas com e sem sombreamento, seus valores médios gerais são, respectivamente de 92,15%, 6,93%, 34,21% e 19,45 g kg⁻¹.

Tabela 15: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno verão de 2017

	Distância				
	Fração das Folhas				
	Proteína Bruta (%)				
Espaçamento (m)	1,0	2,0	4,0	6,0	Média
12 x 2	11,30	12,47	15,05	12,14	12,74
12 x 3	11,12	13,23	14,56	12,17	12,77
Média	11,21 B	12,85 B	14,81 A	12,16 B	12,76*
Pleno sol	10,85*				
Média geral	11,81				
CV (%)	10,34				
	Fibra em Detergente Neutro (%)				
12 x 2	58,14	54,91	56,66	57,05	56,69
12 x 3	55,96	55,19	55,95	57,43	56,13
Média	57,05	55,05	56,30	57,24	56,41*
Pleno sol	60,33*				
Média geral	58,37				
CV (%)	3,40				
	Potássio (g kg⁻¹)				
12 x 2	27,91	28,97	27,65	26,33	27,72
12 x 3	25,05	25,54	25,46	26,38	25,61
Média	26,48	27,25	26,56	26,36	26,66*
Pleno sol	22,04*				
Média geral	24,35				
CV (%)	13,04				
	Fração dos Colmos				
	Matéria Seca (%)				
12 x 2	23,14	20,46	20,05	20,60	21,07
12 x 3	23,68	22,54	20,84	20,36	21,85
Média	23,41 A	21,50 AB	20,45 B	20,48B	21,46 ^{ns}
Pleno sol	21,73 ^{ns}				
Média geral	21,59				
CV (%)	7,84				
	Fibra em Detergente Neutro (%)				
12 x 2	62,77	62,97	60,92	64,10	62,69
12 x 3	64,29	61,85	61,75	63,38	62,82
Média	63,53	62,41	61,34	63,74	62,75*
Pleno sol	66,33*				
Média geral	64,54				
CV (%)	2,94				
	Fósforo (g kg⁻¹)				
12 x 2	2,90	2,71	2,65	2,98	2,81
12 x 3	2,70	3,18	3,01	2,60	2,87
Média	2,80	2,94	2,83	2,79	2,84*
Pleno sol	2,11*				
Média geral	2,48				
CV (%)	21,64				

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. * = valor significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

A matéria seca dos colmos apresentou apenas efeito da distância como fator isolado ($p < 0,05$). Maior MS foi observada nos colmos das plantas mais próximas as árvores (1,0 e 2,0 m). Não houve interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento, a MS média para ambas as áreas de cultivo foi de 21,59 (Tabela 15).

As variáveis FDN (folhas e colmos), P e K apenas apresentaram interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$). Maior porcentagem de FDN foi observada a pleno sol - 7% folhas e 6% colmos, o teor de K nas folhas foi maior no cultivo sombreado (21%), assim como o de P nos colmos (34%) (Tabela 15).

6.4. Quarta avaliação – pleno inverno de 2017

6.4.1. Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto

As variáveis altura, DAP e volume de madeira ha^{-1} das árvores de eucalipto cultivadas nos espaçamentos de 12 x 2 e 12 x 3 m com 31 meses de plantio, não apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$), pelo teste F, quando comparados em cada espaçamento, árvores centrais e laterais, e árvores centrais dos dois espaçamentos (Tabela 16).

Tabela 16: Dados biométricos e volume de madeira de árvores de eucalipto em Sistema Silvipastoril com 31 meses de plantio, avaliadas em julho de 2017 (pleno inverno)

Variável	Média geral	<i>P-value</i>	EPM	CV (%)
Espaçamento 12 x 2 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	9,97	0,7971 ^{ns}	1,0919	10,48
DAP (cm)	11,30	0,9855 ^{ns}	2,0234	12,59
Volume (m^3ha^{-1})	17,78	0,9052 ^{ns}	35,8418	33,67
Espaçamento 12 x 3 m (árvores centrais x árvores laterais)				
Altura (m)	9,68	0,3000 ^{ns}	0,4667	7,06
DAP (cm)	11,43	0,7922 ^{ns}	1,2250	9,69
Volume (m^3ha^{-1})	11,81	0,6364 ^{ns}	7,4289	23,07
Árvores nos espaçamentos 12 x 2 m e 12 x 3 m				
Altura (m)	9,96	0,4463 ^{ns}	1,0550	10,63
DAP (cm)	11,28	0,7412 ^{ns}	0,8131	7,89
Volume (m^3ha^{-1})	14,86	0,0937 ^{ns}	9,1578	20,29

^{ns} = médias não diferem entre si ($P < 0,05$), comparando árvores centrais e laterais, e espaçamentos (12 x 2 e 12 x 3 m). EPM = erro padrão da média. CV = coeficiente de variação. DAP (diâmetro a altura do peito).

As árvores centrais possuíam volume médio de madeira de 0,040 m³ e 0,047 m³, altura de 9,80 e 10,14 m e DAP 10,91 e 11,66 cm, para os espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m. A produção de madeira foi maior no espaçamento mais adensado com 16,77 m³ ha⁻¹ (12 x 2 m), contra 12,97 m³ ha⁻¹ no espaçamento 12 x 3 m, diferença de 29%, contudo, não houve diferença estatística para essa variável (Tabela 16).

6.4.2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no SSP

Maiores valores de RFA sob o capim-marandu foram observados às 9h00 no centro das entrelinhas, comportamento semelhante nos dois espaçamentos do eucalipto (Tabela 17).

Ao longo do dia a variação de RFA foi de 1211 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, para o espaçamento 12 x 2 m, com menor valor às 9h00 a 1,0 m (194 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e maior às 9h00 aos 6,0m (1405 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). No espaçamento 12 x 3 m a diferença diária foi de 1677, com menor (165 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e maior (1842 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) também às 9h00.

A pleno sol a média diária foi de 1515 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 147% maior que a média do espaçamento 12 x 2 m (614 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e 118% que a do 12 x 3 m (695 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Tabela 17: Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) medida ao longo do dia, em cultivo consorciado (Sistema Silvipastoril) e monocultivo (pleno sol) em pleno inverno de 2017

Radiação Fotossinteticamente Ativa ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)					
Distância das árvores (m)					
Cultivo	Horas	1	2	4	6
12 x 2 m	9	124	361	1129	1405
	12	574	337	509	1186
	15	753	451	357	181
12 x 3 m	9	165	308	1358	1394
	12	536	487	580	1135
	15	666	728	593	393
Pleno sol	9			1158	
	12			1976	
	15			1411	

6.4.3. Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu

Nessa avaliação apenas a variável relação clorofila *a/b* não apresentou efeito de espaçamentos, distâncias e áreas de cultivo, quando avaliadas no inverno de 2017, apresentando o valor médio de 4,41.

As variáveis clorofila *a* e clorofila total apenas diferiram quanto aos modos de cultivo ($p < 0,05$). Ambas apresentaram maior teor no cultivo sombreado com 18 e 21% a mais para a clorofila *a* e total, ao se comparar com as leituras obtidas nas plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 18).

Tabela 18: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2017

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Clorofila a				
12 x 2	27,21	26,24	28,33	27,83	27,40
12 x 3	26,63	25,90	25,88	25,73	26,03
Média	26,92	26,07	27,10	26,78	26,72*
Pleno sol			22,58*		
Média geral			24,65		
CV (%)			10,63		
	Clorofila b				
12 x 2	6,54	6,30	7,96	7,64	7,11 a
12 x 3	6,31	6,06	5,95	6,21	6,13 b
Média	6,43	6,18	6,96	6,93	6,62*
Pleno sol			4,93*		
Média geral			5,78		
CV (%)			17,30		
	Clorofila Total				
12 x 2	33,75	32,54	36,29	35,46	34,51
12 x 3	32,94	31,96	31,83	31,94	32,17
Média	33,34	32,25	34,06	33,70	33,34*
Pleno sol			27,50*		
Média geral			30,42		
CV (%)			11,59		
	Temperatura (°C)				
12 x 2	18,13	20,88	22,95	24,89	21,71
12 x 3	19,29	21,59	24,28	23,58	22,18
Média	18,71 C	21,23 B	23,61 A	24,23 A	21,95*
Pleno sol			24,18*		
Média geral			23,07		
CV (%)			6,46		

Em que: * = valor significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância) e minúscula na coluna (espaçamento), diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

A clorofila *b* diferiu quanto aos espaçamentos como fator isolado ($p < 0,05$). Maior porcentagem foi observada nas plantas cultivadas no espaçamento mais adensado (12 x 2 m), com 11% a mais. A variável também diferiu quanto aos modos de cultivo ($p < 0,05$), na condição de sombreamento (SSP), as leituras apresentaram o teor 34% maior que a pleno sol (Tabela 18).

A temperatura foliar diferiu quanto às distâncias das árvores como fator isolado ($p < 0,05$). Maiores temperaturas foram medidas a partir de 4,0 m de distância, sendo estas 28 e 13% maiores, respectivamente, a 1,0 e 2,0 m. Houve diferença também quanto aos modos de cultivo ($p < 0,05$), na condição de pleno sol foram medidas as maiores temperaturas foliares (10%) (Tabela 18).

6.4.4. Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu

As variáveis de caracterização agronômica – número de plantas m^{-2} , massa de forragem, PMS, relação LF/C e relação MF/MS, não apresentaram interação significativa entre espaçamentos, distâncias e áreas de cultivo ($p < 0,05$), no inverno de 2017, com valores médios de 9,25 plantas m^{-2} , 15,42 ton ha^{-1} , 9,68 ton ha^{-1} , relação de 0,68 e 1,56.

As alturas das plantas diferiram entre as áreas de cultivo ($p < 0,05$), com maiores comprimentos no cultivo sombreado, 32% maior que as plantas medidas no cultivo a pleno sol. A altura das plantas aumentou ao se afastar das árvores (Tabela 19).

A DPP foi influenciada pela interação entre distâncias das árvores como fator isolado ($p < 0,05$). Maior DPP foi observada a partir dos 2,0 m, cerca de 67% a mais de perfilhos que a 1,0 m. Não houve interação significativa entre as áreas com e sem sombreamento, com valor médio de 242,57 de perfilhos m^{-2} (Tabela 19).

Tabela 19: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de características agronômicas do capim-marandu, em áreas com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2017

Espaçamento (m)	Distância (m)				Média
	1,0	2,0	4,0	6,0	
	Altura (cm)				
12 x 2	58,8	61,80	62,10	70,50	63,30
12 x 3	52,95	56,25	63,00	60,60	58,20
Média	55,88	59,02	62,55	65,55	60,75*
Pleno sol	46,00*				
Média geral	53,38				
CV (%)	12,38				
	Densidade populacional de perfilhos m⁻²				
12 x 2	163,00	210,00	263,00	281,00	229,25
12 x 3	144,00	266,00	292,00	230,00	233,00
Média	153,50 B	238,00 AB	277,50 A	255,52 A	231,13 ^{ns}
Pleno sol	254,00 ^{ns}				
Média geral	242,57				
CV (%)	27,78				

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. * = valor significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância), diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

Diversas variáveis da composição química do capim-marandu não apresentaram efeito de espaçamentos, distâncias e áreas de cultivo ($p < 0,05$), com as seguintes médias gerais na fração das folhas - MS, MO e PB – 45,05, 90,96 e 8,08%, FDN e FDA – 55,94 e 24,03%; e na fração dos colmos – 64,03% de MS e 4,30% de PB.

As variáveis P na fração das folhas e FDA e K na fração dos colmos diferiram apenas quanto aos modos de cultivo ($p < 0,05$), sendo maiores o P (109%) e o K (38%) na área de SSP. A FDA foi 30% superior no cultivo a pleno sol (Tabela 20).

Tabela 20: Desdobramento da interação espaçamento x distância, para variáveis de composição químico-bromatológica das frações folha e colmo do capim-marandu, em áreas de cultivo com (Sistema Silvipastoril) e sem sombreamento (monocultivo) em pleno inverno de 2017

	Distância				
	Fração das Folhas				
	Fósforo (g kg ⁻¹)				
Espaçamento (m)	1,0	2,0	4,0	6,0	Média
12 x 2	1,62	1,66	1,32	1,56	1,54
12 x 3	1,68	1,67	1,75	1,63	1,68
Média	1,65	1,67	1,53	1,59	1,61*
Pleno Sol			0,77*		
Média geral			1,19		
CV (%)			15,20		
	Potássio (g kg ⁻¹)				
12 x 2	36,46	38,93	38,04	34,11	36,89
12 x 3	35,87	39,65	36,51	31,87	35,98
Média	36,16 AB	39,29 A	37,28 AB	32,99 B	36,43*
Pleno Sol			29,58*		
Média geral			33,01		
CV (%)			11,55		
	Fração dos Colmos				
	Matéria Orgânica (%)				
12 x 2	96,15	94,51	94,48	94,35	94,87
12 x 3	95,55	93,41	94,03	94,87	94,46
Média	95,85 A	93,96 B	94,25 B	94,61 B	94,67*
Pleno Sol			97,38*		
Média geral			96,03		
CV (%)			0,67		
	Fibra em Detergente Neutro (%)				
12 x 2	60,77	63,57	58,04	55,85	59,56 b
12 x 3	61,40	64,44	65,58	62,75	62,79 a
Média	61,09	64,00	60,31	59,30	61,17*
Pleno Sol			74,78*		
Média geral			67,98		
CV (%)			6,50		
	Fibra em Detergente Ácido (%)				
12 x 2	32,29	32,27	29,18	28,45	30,55
12 x 3	32,20	33,56	32,22	32,78	32,69
Média	32,25	32,91	30,70	30,61	31,62*
Pleno Sol			41,10*		
Média geral			36,36		
CV (%)			10,01		
	Fósforo (g kg ⁻¹)				
12 x 2	1,01	1,46	1,12	1,31	1,23 b
12 x 3	1,14	1,64	1,66	1,25	1,42 a
Média	1,08 B	1,55 A	1,39 A	1,28 AB	1,32*
Pleno Sol			0,49*		
Média geral			0,91		
CV (%)			17,74		
	Potássio (g kg ⁻¹)				
12 x 2	21,22	26,20	24,77	23,21	23,85
12 x 3	25,02	26,27	24,65	24,85	25,19
Média	23,12	26,24	24,71	24,03	24,52*
Pleno Sol			17,70*		
Média geral			21,11		
CV (%)			20,40		

Em que: ns = valor não significativo a 5% pelo teste F. * = valor significativo a 5% pelo teste F. Médias seguidas por letras diferentes, maiúsculas na linha (distância) diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e minúsculas na coluna (espaçamento) diferem pelo teste de F a 5% de probabilidade. CV = coeficiente de variação.

O teor de K das folhas e a MO dos colmos diferiram quanto às distâncias como fator isolado ($p < 0,05$). O teor de K foi 14% maior nas distâncias de 1,0 a 4,0 m das árvores, quanto a MO maior média foi observada a 1,0 m das árvores (2%). As variáveis também diferiram quanto aos modos de cultivo ($p < 0,05$), o K foi maior no SSP (23%) e a MO no cultivo a pleno sol (3%) (Tabela 20).

A FDN diferiu quanto aos espaçamentos como fator isolado ($p < 0,05$). Maior percentagem foi observada nos colmos das plantas cultivadas no espaçamento mais amplo (12 x 3 m), com 5% a mais. A variável também diferiu quanto aos modos de cultivo ($p < 0,05$), a pleno sol a porcentagem de fibras foi 22% maior (Tabela 20).

O teor de P dos colmos apresentou efeito das distâncias e dos espaçamentos como fatores isolados ($p < 0,05$). Quanto à distância foi observado teor 30% maior, a partir de 2,0 m das árvores, o espaçamento com maior teor foi o 12 x 3 m, com 15% a mais. Houve interação entre as áreas de cultivo com e sem sombreamento ($p < 0,05$), com maior teor do nutriente (169%) nos colmos das plantas do SSP (Tabela 20).

7. DISCUSSÃO

7.1. Biometria e volume de madeira das árvores de eucalipto

A ausência de diferença estatística entre as árvores cultivadas nas linhas centrais e laterais (Tabelas 1, 6, 11 e 16) demonstra que o capim-marandu não competiu com o eucalipto até os 31 meses de cultivo. Também não diferiram os espaçamentos de plantio, entretanto se o objetivo é aumentar a produção do capim-marandu, recomenda-se o espaçamento 12 x 3 m que propicia maior incidência da RFA no sub-bosque.

A presença da *Brachiaria* pode viabilizar interações positivas no eucalipto; alterações no solo tais como a maior ciclagem de nutrientes e a manutenção da umidade, podem favorecer o crescimento das árvores (MACHADO et al., 2010; 2014).

No entanto, são comuns os relatos de competição, a interferência imposta por espécies do gênero *Brachiaria* é mais intensa na fase inicial de desenvolvimento do eucalipto, ou seja, nos primeiros 24 meses de cultivo; devido ao rápido crescimento inicial das raízes e parte aérea, elas apresentam forte competição pelos recursos de crescimento com o eucalipto (SILVA et al., 2000; TOLEDO et al., 2000; 2003). O capim-marandu em SSP apresentou elevado índice de valor de cobertura, ressaltando à sua competitividade, devido à sua capacidade de cobertura do solo e interferência na incidência de demais espécies daninhas (DIAS et al., 2018).

Porém, no presente estudo a faixa de 1,0 m de distância entre árvores e gramínea (arruamento de 2 m) proporcionou boas condições para o desenvolvimento do eucalipto. Por ser um sistema que combina duas espécies vegetais no mesmo local, a menor faixa limpa entre as plantas, permite maior área para formação de pastagens. Machado et al. (2014) informam que a faixa de 2 m de diâmetro de coroamento proporciona condições favoráveis para o crescimento inicial de plantas de eucalipto e não reduz a área ocupada pela forrageira em SSP.

Na iLPF os maiores espaçamentos de cultivo, podem promover interações diferentes entre as espécies consorciadas. A maior umidade e radiação solar disponível aumentam a competitividade das espécies de *Brachiaria* na iLPF em relação à presença das mesmas em monocultivos de eucalipto. Em plantio de eucalipto espaçado 3 x 3 m, o controle da braquiária

na faixa de 1,0 m de cada lado das árvores, permitiu crescimento mais elevado em altura e DAP das árvores (TOLEDO et al., 2000).

A vantagem competitiva das espécies do gênero *Brachiaria* pode estar relacionada ao efeito de prioridade, ou seja, espécies que emergem primeiro no ambiente ou se desenvolvem mais rapidamente, são as primeiras a utilizar os recursos disponíveis, tais como água, luz, e nutrientes (VANNETTE; FUKAMI, 2014), e assim induzir mudanças fisiológicas que as tornem mais competitivas que as espécies que surgirão na área posteriormente ou se desenvolvem mais lentamente (HAUSMANN; HAWKES, 2009). Destacando o efeito prioritário do capim-marandu face ao eucalipto.

Na segunda avaliação (julho/2016) as árvores possuíam dimensões (DAP 7,84 cm) que facultava a entrada de animais no SSP; 6,0 cm é definido como o DAP limite para a entrada de animais, em diâmetros menores as árvores são facilmente quebradas (PORFÍRIO-DASILVA et al., 2010).

Pode se dizer que aos 19 meses (2ª avaliação) já existia uma competição intraespecífica entre as árvores, evidenciando maior volume no espaçamento mais amplo (12 x 3 m), com valores de $0,014 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$. Magalhães et al. (2006) confirmam a redução do DAP e volume com o adensamento do plantio do eucalipto. Lopes et al. (2017c) também observaram maior DAP em clones de *Eucalyptus* e *Corymbia* com 12 meses de plantio, quando cultivados em espaçamento mais amplos.

No presente estudo a área útil por árvore de eucalipto é de 24 m^2 no espaçamento 12 x 2 m e 36 m^2 e no 12 x 3 m, entretanto, em cultivo consorciado com o capim-marandu. O maior volume de madeira por árvore no 12 x 3 m é reflexo do maior espaçamento e menor competição entre plantas.

Assim como, a maior altura das árvores no espaçamento de 12 x 3 m é resposta a maior área para crescimento. Nos plantios adensados, existe maior competição por luz e espaço para estabelecimento das plantas, acelerando a estagnação do crescimento volumétrico (SEREGHETTI et al., 2015). Maiores alturas e DAPs de eucalipto foram observados na iLPF quando comparados ao monocultivo (3 x 2 m), em medições realizadas aos 13, 18 e 25 meses após o plantio (OLIVEIRA et al., 2015).

Aos 12 meses após o plantio, maior volume por árvore de eucalipto ($0,0061 \text{ m}^3$) foi observado no espaçamento (4 x 1,5 m) que proporciona maior área útil para a planta - 6 m^2 , quando comparado ao menor espaçamento (2 x 1 m), com volume de $0,0036 \text{ m}^3$

(SEREGHETTI et al., 2015). Em cultivo de eucalipto de menor área útil (9 m²), houve maior produção de volume de madeira por área, aos 32 meses, quando comparado com outros dois cultivos com áreas de 24 e 36 m² de área útil por árvore, o maior número de árvores compensa o menor volume por planta (TORRES et al., 2016). Comportamento também observado por Oliveira et al. (2009 e 2015), com volumes superiores por hectare e menores por árvores nos espaçamentos mais reduzidos, corroborando os dados dessa pesquisa.

No entanto, com o aumento da idade dos plantios, as árvores dos espaçamentos mais amplos terão maior potencial de crescimento e, conseqüentemente, um volume por área mais próximo daquele de sistemas mais adensados, que terão maior competição intraespecífica por recursos de crescimento, e até mesmo morte das árvores dominadas (BERGER et al., 2002).

7.2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente no Sistema Silvipastoril

O estudo da RFA interceptada pelo pasto permite o conhecimento de como as espécies do sub-bosque estão usufruindo os recursos abióticos. A produtividade do pasto é influenciada pela RFA que penetra no sub-bosque, e essa, por sua vez varia em função do espaçamento de cultivo (COELHO et al., 2014).

Nas quatro avaliações a RFA aumentou à medida que se afastou das árvores com maiores valores no centro da entrelinha e no espaçamento 12 x 3 m, com pico de radiação às 12h00, devido à elevada intensidade solar nesse horário, decorrente da posição do sol.

Ao longo do dia a sombra é máxima no nascer do sol, mínima às 12h00, aumentando depois conforme o sol vai caminhando para o poente. Ao longo do ano e na mesma hora, o sombreamento é máximo no solstício de inverno (22 de junho) e mínimo no solstício de verão (23 de dezembro) (SOARES; BATISTA, 2004). Condição observada no monocultivo do capim-marandu (pleno sol) em que os valores da RFA foram menores às 9h00.

De modo geral nas duas primeiras avaliações o sombreamento foi maior no período da tarde (15h00), representado as estações verão-inverno do ano de 2016, a partir da terceira avaliação o comportamento da sombra começou a se inverter com pontos de menor RFA às 9h00, comportamento semelhante nos dois espaçamentos do eucalipto.

Na primeira avaliação os valores de RFA não diferiram muito entre uma distância e outra, em virtude do pequeno porte das árvores (Tabela 1). Porém entre modos de cultivo não se esperava tal diferença na radiação aos 13 meses, as árvores possuíam pequeno porte, e

também, foram plantadas orientadas no sentido leste-oeste visando proporcionar maior quantidade de luz entre as linhas de eucalipto.

Observou-se pequena variação da RFA em função dos espaçamentos na segunda avaliação. O cultivo mais adensado (12 x 2 m) pouco diferiu na interceptação da RFA, mesmo as árvores possuindo maior porte (Tabela 7).

No inverno o sol se posiciona mais distante da Terra no hemisfério Sul, e conseqüentemente a RFA que chega ao planeta é menor, contudo, no mês de julho ocorre a estação seca na região de localização do estudo, havendo poucas nuvens no céu, permitindo que maior RFA seja interceptada, refletindo na maior variação diária observada para a segunda avaliação (Tabela 7).

A variação diária na RFA incidente no capim-marandu do monocultivo foi pequena quando comparada a observada nos dois espaçamentos do SSP na terceira avaliação, evidenciando o efeito do sombreamento das árvores, que nessa avaliação possuíam 25 meses de plantio e maiores alturas e DAPs (Tabela 12).

Maior variação diária da RFA no período chuvoso (verão), também foi observada por Guimarães et al. (2016) em sistema de iLPF, havendo maior incidência da RFA sob *B. brizantha* no centro da entrelinha.

Na quarta avaliação as árvores possuíam 31 meses de plantio e cerca de 10 m de altura, por isto os menores valores de RFA no SSP (Tabela 17), resultante do maior sombreamento.

Curiosamente, observaram-se maiores valores de RFA no cultivo sombreado (SSP) quando comparado ao monocultivo (pleno sol), para algumas distâncias em relação às árvores, nas quatro avaliações. Possivelmente a RFA estava sendo refletida ao chegar às árvores de eucalipto e no pasto de capim-marandu. Quando a radiação chega até uma planta parte dela é absorvida, outra é refletida e parte é transmitida, atingindo as folhas mais baixas do dossel (WHATLEY; WHATLEY, 1982).

O albedo (coeficiente de reflexão) apresenta valores mais elevados no nascer e pôr do sol e mínimos próximos ao meio-dia, devido ao ângulo zenital (MOURA et al., 1999). Na segunda e quarta avaliação (inverno/2016 e 2017) maiores valores de RFA foram observados no horário de 9h00 no SSP, possivelmente devido a maior reflexão da radiação solar.

Os valores médios de albedo são mais elevados em pastagens quando comparados a áreas de floresta (ALLEN et al., 1994; MOURA et al., 1999; SANTOS et al., 2014). Em áreas

de florestas a vegetação mais escura e mais alta, acarreta menor refletividade da radiação solar, ao passo que em pastagens, por haver solo exposto e vegetação rasteira, obtém-se menor absorção da RFA que chega até as plantas (SANTOS et al., 2014).

No período do verão, a maior umidade do solo, eleva a atividade fotossintética das plantas, e o dossel absorve mais RFA, aumentando o IAF, e a capacidade das plantas de capturar a radiação solar refletida (ALLEN et al., 1994), fato observado na terceira avaliação (verão/2017), para os dois espaçamentos e três horários (9h00, 12h00 e 15h00) (Tabela 12), e na primeira avaliação (verão/2016) no espaçamento 12 x 3 m (Tabela 2), ambos no SSP. Contudo, o albedo é maior no período seco (inverno), quando há menores ângulos de elevação solar nos países do hemisfério Sul, e a radiação incidente não é absorvida pelas plantas, e conseqüentemente é refletida, aumentando o albedo (LEITÃO et al., 2002).

7.3. Teores de clorofila e temperatura foliar do capim-marandu

O pequeno porte das árvores de eucalipto na primeira avaliação foi suficiente para reduzir a RFA sob o pasto no cultivo mais adensado (12 x 2 m), demonstrando que a concentração dos pigmentos é alterada pelo sombreamento, com maiores teores de clorofila *a*, *b* e total no espaçamento 12 x 2 m.

Os teores de clorofila nas folhas são utilizados para estimar o potencial fotossintético das plantas, dada a sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e ao crescimento e adaptação a diversos ambientes alterados por condições de estresses bióticos ou abióticos, como temperatura, radiação, salinidade, presença de insetos, herbicidas e deficiência hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2014; FERREIRA et al., 2015).

Em condições de sombreamento severo (70%), Lopes et al. (2017a) observaram maior teor de clorofila em plantas de capim-braquiária cultivados em SSP de *E. grandis* e *Acacia mangium*, porém, quando em condição de sombreamento moderado (20%), os teores de clorofila não diferiram dos observados para as plantas a pleno sol.

Apenas clorofila *b* e razão *a/b* diferiram quanto aos modos de cultivo, SSP e pleno sol. O capim-marandu é denominado “planta de sol” apresentando como característica fotossintética menor concentração de moléculas de clorofila por cloroplasto, principalmente clorofila *b*, por essas plantas não necessitarem investir na produção de pigmentos coletores de energia luminosa, em um ambiente intensamente iluminado (SALISBURY; ROSS, 1991).

Assim, a maior proporção de clorofila *b* nas plantas cultivadas sombreadas pode ser considerada uma adaptação das espécies vegetais aos ambientes com menor luminosidade, visto que a clorofila *b* absorve energia em comprimentos de onda diferentes da clorofila *a* e a transfere para o centro de reação, maximizando a captura energética que atua nas reações fotoquímicas (TAIZ, ZEIGER, 2014).

A razão entre clorofila *a* e *b* via de regra, diminui com a redução da intensidade luminosa (BOARDMAN, 1977), resposta a maior proporção de clorofila *b* em ambientes sombreados, podendo ser relacionada a mais lenta degradação desta em comparação a clorofila *a* (ENGEL; POGGIANI, 1991). Confirmando o resultado obtido nesse estudo, em que a clorofila *b* foi 29% maior que a observada no cultivo a pleno sol, teores de 7,11 e 5,50, diferindo 1,61 casas decimais. A maior razão clorofila *a/b* a pleno sol (Tabela 3), também foi observada por Johnson et al. (1982) e He et al. (1996), assim como maior teor de clorofila nas folhas das plantas cultivadas sombreadas.

Alterações fisiológicas foram observadas em *Andropogon gayanus* e *Panicum maximum* cultivados em ambiente sombreado, com incrementos nos teores de clorofila *a* (OLIVEIRA et al., 2013). Os mais baixos teores de pigmentos fotossintéticos (carotenóides e clorofila total), em plantas cultivadas a pleno sol podem ser decorrentes da fotoinibição nessas plantas, que se protegem da fotodestruição em maior luminosidade (GOMES et al., 2008).

O teor de clorofila nas folhas pode ser utilizado para avaliar o nível de N nas plantas, uma vez que a quantidade desse nutriente se correlaciona positivamente com a quantidade de clorofila na planta (ARGENTA et al., 2001), consequentemente com o conteúdo de PB. Macedo et al. (2012) afirmam que o N interfere diretamente no processo fotossintético, por ser constituinte da molécula de clorofila. Teor de clorofila próximo de 30 está relacionado ao teor de PB de 7% (SILVA et al., 2011).

Outro elemento relacionado à clorofila é o magnésio (Mg). Maior concentração foi observada nas folhas de capim-braquiária (CASTRO et al., 2001) e capim-mombaça (OLIVEIRA et al., 2018) cultivadas sombreadas, em virtude da presença desse elemento como constituinte na molécula de clorofila. A capacidade adaptativa das espécies forrageiras as condições de maior sombreamento, faculta as plantas maior síntese de clorofila, que é responsável por processos fotoquímicos nas plantas.

Aumento no teor de clorofila *b*, PB e P, ocorreram em folhas de missioneira-gigante (*Axonopus catharinensis* Valls) cultivadas sombreadas em SSP (HANISCH et al., 2016). *B.*

decumbens cultivada em condição de sombreamento severo, também apresentou maior teor de clorofila. O aumento pode estar relacionado, entre outros fatores, ao maior desenvolvimento de grana, conjunto de discos dos tilacóides, que contêm clorofila e estão localizados nos cloroplastos (LOPES et al., 2017a).

Na segunda avaliação os valores de clorofila *a* e clorofila total foram maiores na distância de 1,0 m das árvores, ou seja, local de maior sombreamento (Tabela 8). Porém, a sombra das árvores ainda não atingia grandes áreas da pastagem, com o distanciamento e a maior interceptação da radiação solar, esses valores se aproximaram aos observados nas plantas cultivadas a pleno sol, não havendo diferença entre as áreas de cultivo. Contudo, fica evidente que a quantidade de radiação influencia fortemente os teores de pigmentos cloroplastídicos. Os menores teores de clorofila observados nessa coleta se correlacionam com os baixos teores de PB do capim-marandu.

Com o maior porte das árvores na terceira coleta (Tabela 11) e maior sombreamento (Tabela 12), pela primeira vez foram observadas diferenças para a variável temperatura das folhas entre os modos de cultivo; no SSP observou-se temperatura 1,44 °C menor.

Souza et al. (2007) verificaram que as temperaturas do ar máximas sob a copa das árvores foram mais baixas em média 4,8 °C, assim como, Ortêncio Filho et al. (2001) que observaram na estação do verão temperaturas de 34,85 °C sob o sol e 27,62 °C na sombra.

Na quarta avaliação todas as variáveis diferiram quanto aos modos de cultivo, resposta ao maior tamanho das árvores e menor RFA (Tabelas 16 e 17) exceto razão clorofila *a/b*.

Nessa coleta verificou-se efeito das distâncias na temperatura, com diferença de 5,52 °C entre as plantas cultivadas nas distâncias de 1,0 e 6,0 m, demonstrando que o desenvolvimento das árvores proporciona diferentes microclimas dentro do SSP, na terceira coleta foi registrado diferença para essa variável, porém, somente entre cultivos.

A presença das árvores no SSP diminui a incidência de ventos em até 47% e a radiação solar em 40%, a ação desses fatores promove mudanças térmicas e de umidade do ar na pastagem; próximo das árvores há maior umidade do solo, devido à exploração de raízes das árvores em maior profundidade (PEZZOPANE et al., 2015). Baliscei et al. (2013) comprovaram a redução da temperatura e da velocidade dos ventos em SSP de eucalipto e *Cynodon plectostachyus*, tornando o ambiente de cultivo mais harmônico e diminuindo a diferença climática entre as estações de verão e inverno.

O microclima mais ameno, em ambientes sombreados, possibilita menor temperatura foliar e taxa transpiratória, podendo incidir em maior alocação de carbono para aumentar a superfície foliar, permitindo maior captação da RFA (GONÇALVES et al., 2012).

7.4. Características agronômicas e composição químico-bromatológica do capim-marandu

Alterações na estrutura das plantas forrageiras sombreadas podem causar a redução do acúmulo de folhas, diminuindo a relação LF/C. Durante o período em que a pastagem esteve em período de repouso, antecedendo a primeira avaliação (janeiro/2016), houve condições ideais de temperatura e umidade que favoreceram o seu crescimento (Figura 1). O elevado crescimento das plantas forrageiras pode ter favorecido o autossombreamento, reduzindo o perfilhamento nos dois modos de cultivo.

O aumento da altura do capim-braquiária, em função do sombreamento, é relatado por diversos autores (COELHO et al., 2014; MARTUSCELLO et al., 2009; GUIMARÃES et al., 2018b). Nesse sentido, o sombreamento mais intenso na distância de 1,0 m das árvores pode ter ocasionado a menor altura (Tabela 4), pois na primeira avaliação as árvores possuíam pequeno porte (Tabela 1), e o sombreamento ainda não atingia extensas áreas (Tabela 2), não havendo diferença entre os modos de cultivo. Sugere-se que o investimento de carbono no aparato fotossintético, com vistas à maior captação de radiação solar, interferiu no aumento do crescimento em altura das plantas. Lopes et al. (2017a) observaram resultado semelhante para plantas de *B. decumbens* cultivadas em condição de pleno sol, 20 e 70 % de sombreamento.

O crescimento da gramínea promove o alongamento do entrenó, constituindo capacidade adaptativa da espécie, que busca alcançar o topo do dossel, interceptando maior quantidade de RFA incidente (PAULA et al., 2012). O alongamento ocorre após a expansão das folhas e é influenciado pela temperatura e o fotoperíodo (WILSON; LUDLOW, 1991).

A maior produção de massa de forragem e PMS (Tabela 4) possivelmente decorre da melhor qualidade do sítio no SSP, ou seja, solo mais rico em nutrientes, devido à decomposição da serapilheira proveniente da queda de componentes vegetais das árvores e das plantas de milho, após a colheita das espigas de milho em maio de 2015, as plantas secas foram cortadas e incorporadas ao solo, enriquecendo-o em matéria orgânica.

Estudos têm demonstrado a capacidade que as gramíneas tropicais possuem de continuar produzindo suficientemente, ou até mesmo aumentar a sua produção de massa, quando cultivadas em condições de sombra moderada (GÓMES et al., 2013; SANTIAGO-HERNANDEZ et al., 2016; FARIA et al., 2018).

O sombreamento na parte inferior do pasto, sobretudo nas distâncias de 1,0 e 2,0 m, provavelmente resultou na maior senescência e/ou morte dos perfilhos, contribuindo para o aumento da massa de material morto nas plantas do SSP na primeira avaliação.

Alterações na composição química da forragem são observadas em pastagens consorciadas, porém os resultados são respostas há algumas variáveis, entre elas o tamanho das espécies florestais. Araújo et al. (2013) confirmaram esta hipótese, uma vez que não foi verificada alteração na composição química da *B. decumbens*, cultivada sobre diferentes espaçamentos de eucalipto, quando as árvores possuíam 1,0 e 3,5 m, aos 6 e 24 meses, o pequeno porte das árvores proporcionou menor sombreamento.

Apesar do pequeno porte das árvores (Tabela 1), a RFA incidente no capim-marandu cultivado no SSP apresentou valores inferiores ao observado para o cultivo a pleno sol ($1169 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), evidenciando o sombreamento do pasto.

O teor de 7,15% de PB nas lâminas foliares da forrageira, cultivada sombreada foi superior ao mínimo necessário para atender as exigências dos micro-organismos ruminais (7% PB) (VAN SOEST, 1994). Os valores encontrados para os colmos são inferiores aos das lâminas foliares, estas são a fração da planta mais nutritiva e digerível para a alimentação animal (SOARES et al., 2009).

O efeito positivo do sombreamento na PB de forrageiras está bem elucidado na literatura. O aumento do teor protéico, em resposta a presença das árvores, também foi observado nos trabalhos de Paciullo et al. (2014), Lopes et al. (2017a) e Guimarães et al. (2018a), todos avaliando o capim-braquiária.

Algumas hipóteses confirmam o aumento da PB, a primeira relaciona a intensificação da degradação da matéria orgânica e da reciclagem de N no solo em condição de luminosidade reduzida, devido a maior umidade do solo (WILSON, 1996; KEPHART; BUXTON, 1993). Condição que favorece a disponibilização do N e o seu aproveitamento pelas plantas (XAVIER et al., 2014). Outras hipóteses são o aumento do teor de clorofila (KRAMER; KOZLOWSKI, 1979); a teoria da diluição do N que pressupõem que existe uma percentagem ideal de N para determinada quantidade de matéria seca produzida - efeito de

concentração; o maior tamanho das células, que resulta em maior conteúdo celular e, por conseguinte, maiores teores de PB; e por fim o fator relacionado ao retardamento da maturidade fisiológica (SOARES et al., 2009).

O mais alto teor de FDN na condição de pleno sol (Tabela 5) pode ser resposta a maior proporção de tecido esclerenquimático, cujas células possuem paredes mais espessas quando comparadas a de plantas cultivadas sombreadas (DEINUM et al., 1996). A lignificação é um processo relevante em plantas forrageiras de metabolismo C₄, podendo ser reduzido com o sombreamento (GOMES et al., 2011).

O teor de FDN tem grande influência sobre o pastejo, ou seja, valores superiores a 55 – 60 % interferem negativamente no consumo (VAN SOEST, 1994). O autor afirma que em condições de temperaturas mais elevadas, ocorre mais intensa atividade metabólica convertendo os produtos fotossintéticos rapidamente em componentes estruturais. O sombreamento limita a assimilação de carbono, que é integrante da estrutura das moléculas das paredes celulares - celulose, hemicelulose e lignina.

Os mais altos teores de P nas plantas do cultivo sombreado (Tabela 5) podem ser atribuídos a melhor eficiência nos processos de ciclagem de nutrientes. A redução da luminosidade aumentou os teores de P em gramíneas forrageiras, entre elas o capim-marandu (CASTRO et al., 2001).

Altas taxas de decomposição nos ambientes com árvores podem estar relacionadas às menores variações climáticas, devido à proteção do solo contra o aquecimento e a ação dos ventos (SANTOS et al., 2018); assim sendo, a composição dos nutrientes nos tecidos das plantas são controlados por fatores abióticos (YADAV et al., 2014). As plantações florestais de rápido crescimento translocam intensamente os nutrientes contidos no solo para a fitomassa arbórea, à medida que as folhas e galhos vão sendo incorporadas à serapilheira e sofrem o processo de decomposição, ocorre à liberação dos nutrientes no solo e, disponibilização para as plantas.

O sombreamento tem respostas diretas na composição mineral, estrutura interna e morfofisiologia das plantas. O efeito é mais pronunciado em sítios em que a disponibilidade de nutrientes é limitada, afetando as características anatômicas e funcionais, e as variáveis relacionadas à absorção de nutrientes pelas plantas forrageiras (BASSO et al., 2014).

Na segunda avaliação a altura, massa de forragem e PMS de capim-marandu do SSP foram menores que as observadas em pleno sol (Tabela 9). A estacionalidade de produção

das forrageiras, somada ao maior sombreamento, podem ter reduzido o crescimento do capim-marandu no SSP. Segundo Rolim et al. (1994), a produção das plantas forrageiras concentra-se no período quente e chuvoso (outubro a março) no Brasil Central, com cerca de 75 a 85%, e no inverno (abril a setembro) o restante 25 a 15%.

As condições meteorológicas antecedentes a essa avaliação não foram satisfatórias para o bom desenvolvimento da espécie forrageira, pois não choveu nos meses de junho e julho de 2016 e as temperaturas médias foram de 20,5 °C (Figura 1), sendo consideradas baixas para uma planta C₄. Os fatores de principal influência na produtividade das plantas forrageiras são água, temperatura, radiação solar e luminosidade; no inverno (época da seca) essas condições não são favoráveis, somado ao sombreamento pode ter contribuído para a menor altura e massa de forragem.

Em cultivo sombreado as folhas podem apresentar ângulo de inclinação mais horizontal para aumentar a eficiência de interceptação da RFA, resultando em menor altura das plantas (FERNÁNDEZ et al., 2004). Fato também observado por Rodrigues et al. (2014), que encontraram menor altura da pastagem em condições de sombreamento mais intenso, proporcionado por espaçamento mais adensado das árvores.

Evidenciando o efeito do sombreamento na redução da atividade fotossintética e crescimento de espécies vegetais, Yang et al. (2018) verificaram que o desenvolvimento de plantas de trigo, foi menor quando essas estavam próximos as árvores, em um sistema agroflorestral, havendo aumento da taxa de crescimento à medida que se aproximou do centro da entrelinha, ou seja, maior incidência de radiação solar, a maximização da fotossíntese propiciou maior rendimento.

A restrição de luminosidade pode reduzir a capacidade fotossintética e, por conseguinte a produção de biomassa das gramíneas (ROZADOS-LORENZO et al., 2007; CALIL et al., 2016; SANTIADO-HERNANDES et al., 2016). De acordo com Paciullo et al. (2017) as mudanças morfogênicas que ocorrem nas espécies de gramíneas cultivadas sombreadas são insuficientes para permitir elevadas taxas de produção.

Em SSP o sombreamento perdeu importância na determinação da produtividade do capim-braquiária, que passou a ser regulada por deficiência hídrica e baixas temperaturas (BOSI et al., 2014). Tal resultado contrasta com a hipótese de que o sombreamento favoreceria o crescimento do pasto na época seca, em função da redução mais lenta do teor de água no solo à sombra (WILSON, 1998).

O teor de PB foi inferior a 7%, valor mínimo necessário para a nutrição dos animais ruminantes. Os teores de FDA foram baixos, o que é favorável, pois altos valores indicam baixo valor nutritivo da forragem (Tabela 10). A deposição de lignina é favorecida por condições de temperaturas elevadas (WILSON et al., 1991); condição não observada nessa coleta.

Forrageiras cultivadas em condições de sombreamento mais intenso tendem a mostrar: maior tamanho de folhas, menor porcentagem de MS e maiores concentrações de N, P e K nas folhas em comparação com plantas cultivadas sob condições de pleno sol (CASTRO et al., 2001; ALMEIDA et al., 2015).

Maior teor de MO nas plantas forrageiras está correlacionado com o menor teor de matéria mineral (MM). A maior MO observada nos colmos do capim-marandu cultivado a pleno sol demonstra que ele possuía menor concentração de MM, ou seja, menor teor de nutrientes minerais (Tabela 10).

O incremento de MM está relacionado às mudanças morfofisiológicas nas plantas cultivadas sombreadas, que geralmente possuem maior área foliar (KOUKOURA et al., 2009). Araújo et al. (2017) verificaram uma tendência de aumento de MM em leguminosas forrageiras cultivadas sombreadas em SSP em comparação as cultivadas a pleno sol.

Pastos cultivados em maiores espaçamentos de fileiras de eucalipto tiveram maior crescimento, acumulando mais constituintes da parede celular (COELHO et al., 2014; RODRIGUES et al., 2014). Fato esse observado no presente estudo, com maior teor de FDN em condição de maior radiação (Tabela 10).

Os dados meteorológicos de cerca de 60 dias antecedentes ao corte do capim-marandu (Figura 1), mostram temperaturas elevadas e bons índices pluviométricos que certamente contribuíram para a melhor qualidade do pasto na terceira avaliação (janeiro/2017).

Em cultivo sombreado, a mais elevada altura das plantas é resultado do maior comprimento do pecíolo, colmo e lâmina foliar das plantas crescendo em baixa luminosidade (GOBBI et al., 2009), propiciando que essas interceptem e utilizem a luz de forma mais eficiente (LIN et al., 2001). Afirmações que ratificam a diferença de altura entre as plantas do SSP e do monocultivo (Tabela 14).

Entre as plantas sombreadas a maior altura foi para a posição de 6,0 m, local que estava recebendo maior RFA, valor superior ao monocultivo (Tabela 12). Araújo et al. (2016), também observaram incremento na altura das plantas cultivadas a sombra, com aumentos de 10 a 30 cm em relação as plantas de pleno sol. Houve decréscimo na DPP, à medida que aumentou a altura da pastagem, a maior DPP no cultivo a pleno sol explica a sua maior massa de forragem (Tabela 14). Há uma compensação entre tamanho e DPP em comunidades de plantas (SBRISSIA, DA SILVA, 2008).

Sombreamento intenso, acima de 50%, reduziu drasticamente o perfilhamento das forrageiras, e o acúmulo de forragem, tornando o consórcio inviável nessas condições, recomendando-se que para a utilização de forragem em SSP, as árvores sejam manejadas possibilitando sombreamento entre 20 e 40 % (PACIULLO et al., 2014). Comportamento semelhante foi observado por Faria et al. (2018), em cultivo de *B. brizantha* e *B. ruziziensis*, as gramíneas apresentaram maior perfilhamento a pleno sol, com diminuição da DPP com o aumento do sombreamento, 36 % de redução da RFA.

Dentre as características morfogênicas e estruturais, o perfilhamento é a mais influenciada pela restrição luminosa. A diminuição da relação vermelho:vermelho distante e da DFF estabelecem importantes efeitos sobre a morfogênese das plantas, sobretudo no perfilhamento (GAUTIER et al., 1999). A luz tem grande importância na emergência de novos perfilhos nas gramíneas, uma vez que ela ativa as gemas basais e axilares, formando novos perfilhos (MORAIS et al., 2006).

O maior sombreamento próximo às árvores reduziu a PMS (Tabela 14). Pilau et al. (2015), notaram que o sombreamento proporcionado por árvores de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*) reduziu o rendimento de massa de matéria seca na forrageira azevém. Essa característica das gramíneas, de sensibilidade ao sombreamento, favorece o seu controle cultural, quando estão presentes em uma área de cultivo como plantas daninhas. Evidências são a redução da PMS e da DPP do capim-marandu (Tabela 14), na terceira avaliação em que as árvores e o sombreamento apresentavam maiores valores (Tabelas 11 e 12).

O coroamento e a roçada não são necessários no manejo de plantas daninhas em ambiente florestais quando os níveis de interceptação da radiação luminosa pelo dossel das árvores são superiores a 60% (CARON et al., 2012). A quantidade da RFA que chega

as plantas daninhas é reduzida, à medida que ocorre o fechamento do dossel pela cultura. No presente estudo o sombreamento atingiu valores de 24, 33, 56 e 75%, respectivamente para a primeira a quarta avaliação, no espaçamento mais adensado (12 x 2 m).

Em plantios de eucalipto as espécies do gênero *Brachiaria* figuram como as plantas daninhas mais problemáticas (TOLEDO et al., 2001); caracterizadas como agressivas e com capacidade de se desenvolverem em áreas parcialmente sombreadas (GOBBI et al., 2009). Resultando em efeitos negativos sobre o eucalipto, relativos ao crescimento; a quantidade de biomassa seca de ramos e de folhas; a redução do comprimento e matéria seca das raízes, e ainda por serem hospedeiras de pragas e doenças (TOLEDO et al., 2000; TOLEDO et al., 2001; TUFFI SANTOS et al., 2005; MACHADO et al., 2013; MEDEIROS et al., 2016). Logo, as tentativas de consórcio entre componentes arbóreo e forrageiro, devem ser avaliadas para evitar o efeito negativo da competição interespecífica.

O maior teor de PB das folhas aos 4,0 m pode ser atribuído ao sombreamento moderado (Tabela 12) e a menor competição com as árvores, uma vez que aos 6,0 o teor foi menor, contudo, ficando evidentes maiores valores no SSP (Tabela 15). Nos dois cultivos os teores foram superiores a 10%, promovendo melhor aproveitamento da pastagem em regiões tropicais.

O nitrogênio é o principal macronutriente limitante da produtividade das pastagens, atua ativamente na síntese de compostos orgânicos que formam a estrutura das plantas – aminas, amidas, aminoácidos, ácidos nucleicos, pigmentos, proteínas e vitaminas (MALAVOLTA, 1980). Logo, o maior conteúdo de N nos solos, proveniente da serapilheira, poderá resultar em maior teor de PB nas plantas.

Resultados observados nas avaliações anteriores confirmam a tendência de menor percentagem de FDN e maior teor de P nas plantas cultivadas sombreadas (Tabela 15), ressaltando a melhor qualidade do capim-marandu cultivado no SSP.

Pela primeira vez observou-se interação para a variável K, demonstrando o potencial que a iLPF possui de manter a fertilidade do solo. Nessa coleta as árvores de eucalipto possuíam 25 meses e maiores altura e DAP (Tabela 11).

As espécies arbóreas, via de regra, possuem raízes mais longas que exploram maior volume de solo, e são capazes de absorverem nutrientes e água que outras culturas não

conseguiriam, uma vez que, suas raízes absorventes estão concentradas na camada superior do solo até 20 cm de profundidade. Há uma maior liberação K, Mg e N da serapilheira, uma vez que são solúveis ou compõem moléculas facilmente degradáveis sensíveis à lixiviação (SANTOS et al., 2018).

Na quarta avaliação o sombreamento resultou em maior altura do dossel forrageiro (Tabela 19). Acréscimo das taxas de alongamento de colmos de forrageiras sombreadas é uma estratégia da planta em que há o aumento da sua estatura na busca por luz, denomina-se estiolamento (ARAÚJO et al., 2016). As folhas são projetadas em pontos mais altos, para alcançar a luz incidente no topo do dossel (ECHEVERRIA et al., 2016).

O desenvolvimento das árvores tem uma influência direta na ciclagem de nutrientes na iLPF, refletindo no maior crescimento do capim. Porém, a maior altura da pastagem no SSP limitou o surgimento de perfilhos (Tabela 19). A radiação que chega a base do pasto é responsável por ativar as gemas axilares gerando novos perfilhos (DEREGIBUS et al., 1983). Menor DPP em plantas de capim-marandu com 45 cm, foi observada, em comparação as plantas de 15 cm, as primeiras tinham menor quantidade de luz incidindo sobre a base do dossel, resultando em competição entre os perfilhos (PAULA et al., 2012).

Sombreamento e DPP apresentam relação inversa, a 1,0 m das árvores foi encontrada a menor densidade (Tabela 19). Em condições de sombreamento intenso há uma queda no surgimento de novos perfilhos em pastagens de gramíneas.

Sob sombreamento moderado, as gramíneas podem continuar a crescer em níveis satisfatórios, com aumento da biomassa aérea e radicular, área foliar específica, alongamento das folhas, porém com redução da taxa de perfilhamento, mas aumento do peso dos perfilhos (ABRAHAM et al., 2014). Condição que justifica a não diferença para a massa de forragem, apesar do capim-marandu produzir menos perfilhos quando sombreado a 1,0 e 2,0 m das árvores (Tabela 19).

Pela primeira vez o teor de fibras não diferiu na fração das folhas. Nessa coleta as plantas apresentavam-se com muitas folhas novas, nos dois modos cultivos, as folhas velhas senescem e caem, e novas folhas surgem. Estudos confirmam que os níveis de sombreamento não afetam os teores de FDN em forrageiras (OLIVEIRA et al., 2013; SOARES et al., 2016).

Na condição de maior sombreamento (1,0 m) o teor de MO foi superior aos demais, porém com o distanciamento ele reduziu, demonstrando possível competição entre as árvores e a forragem. A menor MO na fração dos colmos no SSP evidencia que eles possuem mais nutrientes quando cultivados consorciados (Tabela 20).

Os maiores teores de P no SSP demonstram possível competição entre as árvores e o capim-marandu, uma vez que o sombreamento propiciou maior teor de P na fração de colmos, porém a partir dos 2,0 m reduzindo aos 6,0 m, e no cultivo mais amplo (Tabela 20), com menor número de árvores (277 ha^{-1}).

Em condições de maiores teores de P disponível no solo é tendência que esse mineral se concentre em maiores teores no caule (CORSI et al., 1994). Os nutrientes Ca, Mg, P e N possuem maior sensibilidade ao sombreamento, possibilitando identificar plantas forrageiras produtivas e de alto valor nutritivo (SOUZA et al., 2018).

Efeitos da zona competitiva de culturas são relatados para espécies arbóreas e a cultura da soja (ISAAC et al., 2014; NASIESLSKI et al., 2015); com rendimentos superiores da cultura quando em monocultivo. Entretanto, quando em condições de déficit hídrico o rendimento da cultura é mais estável na zona competitiva. A iLPF pode amortecer o desempenho das culturas contra os impactos das mudanças climáticas, sobretudo na diminuição da disponibilidade de água no solo.

7.5. Comparação descritiva do capim-marandu – verão 2016/2017 e inverno 2016/2017

Analisando de forma descritiva, os dados do capim-marandu coletados nas épocas de verões e invernos 2016/2017, pode-se afirmar que o microclima peculiar nas áreas de iLPF difere do observado no monocultivo.

O período de verão, na região de localização do experimento, caracterizou-se por forte presença de nuvens, proporcionando redução na quantidade de RFA que chegava as plantas forrageiras do SSP, maiores temperaturas e precipitação pluviométrica. Nos invernos foram registradas maiores RFA, baixas temperaturas e déficit hídrico. Nestes sistemas há redução da quantidade de RFA, contudo podem ocorrer mudanças nas características espectrais da luz solar, com aumento da radiação difusa, que possui melhor penetração no perfil vertical do pasto, e está mais disponível para as plantas forrageiras presentes no sub-bosque.

Ao longo do ano ocorrem mudanças no fluxo de energia solar que chega ao planeta, devido ao movimento de translação da Terra que alternadamente se afasta e se aproxima do sol definindo as estações do ano. No verão a altura do sol é maior, os dias mais longos e há mais radiação, o contrário ocorre no inverno reduzindo a altura, as horas de luz e radiação (SOARES; BATISTA, 2004).

O município de implantação do presente estudo, Curvelo-MG, está situado na região intertropical, faixa entre os Trópicos de Capricórnio e Câncer, representando localização do território brasileiro com maior intensidade de radiação solar.

As altas RFAs encontradas nesse estudo, na estação do inverno para o cultivo a pleno sol, decorrem do fato de que nessa época do ano o céu está mais limpo, ou seja, sem nuvens, a quantidade de energia solar que chega a superfície da Terra depende da elevação do Sol, do comprimento do dia e da transparência da atmosfera (SOARES; BATISTA, 2004). As médias de nebulosidade para os meses de janeiro e julho foram respectivamente, 6,5 e 1,2 (2016) e 2,5 e 2,1 (2017), seguindo uma escala de 0 a 9 (INMET, 2018).

A precipitação pluviométrica média de 90 dias antecedentes aos cortes foi de 228 e 154 mm mês^{-1} nos períodos de verões, não havendo restrição de água no solo. Nos dois invernos os valores são de 8 e 58 mm mês^{-1} para os anos de 2016 e 2017, respectivamente.

Os teores de pigmentos cloroplásticos, aumentaram de um verão para outro, sendo 13% para a clorofila *a* e 56% para a clorofila *b*. Reflexo do maior sombreamento proporcionado pelas árvores, e da menor RFA nos mês de janeiro. Houve diminuição da razão *a/b* (36%), clorofila total (8,3%) e temperatura foliar (8,3%). A menor razão *a/b* é decorrente do maior teor de clorofila *b*.

Comparando o inverno de 2017 com o de 2016, tem-se diminuição de todas as variáveis de aspecto fisiológico - clorofila *a* (6,3%), clorofila *b* (4%), razão *a/b* (4%), clorofila total (6%) e temperatura foliar (11,3%). Comportamento que pode estar relacionado à capacidade de adaptação das plantas as condições de luminosidade baixa, ajustando seu comportamento fisiológico.

Para a variação das características agronômicas dos verões de 2016 e 2017, observou-se que após 12 meses, houve diminuição da altura (66%), massa de forragem (103%), PMS (56%), número de plantas m^{-2} (209%) e relação MF/MS (207%). Entretanto, no verão de 2016, a forragem possuía dimensões que estavam a quem das consideradas ideais para um pasto, pois estava alto e com muito material senescente. A relação LF/C aumentou (26%) e a

DPP manteve-se igual, o que é favorável, uma vez que as folhas são a fração mais nutritiva das plantas, e de maior preferência pelos animais, e o perfilho é a unidade básica de crescimento das gramíneas.

Nos invernos de 2016 e 2017, a tendência também foi de diminuição dos valores para as variáveis, redução da altura (93%), massa de forragem (117%), PMS (145%), MF/MS (2,5%) e relação LF/C (59%). Nessas épocas, observou-se aumento do número de plantas m^{-2} (41%) e a DPP (54%). Contudo, essas reduções são acompanhadas de melhor qualidade da forragem no SSP, verificada por meio das variáveis químico-bromatológicas.

Em condições de baixa irradiância luminosa, as plantas forrageiras investem maior proporção dos fotoassimilados e outros recursos do ambiente no aumento da área foliar, para captação da radiação, essas folhas possuem menor densidade de massa. Nesse caso, a RFA foi mais limitante, que a umidade e nutrição mineral do solo, para o crescimento da gramínea.

Comparando os dados de composição químico-bromatológica dos verões de 2016 e 2017, observou-se que após 12 meses de crescimento das árvores, os minerais e a PB aumentaram nas frações folha e colmo, PB maior 78 e 133%. O P aumentou nas duas frações (107 e 468%), variável com maior variação entre os verões. Ocorreu sutil diminuição do K nas folhas (4,5%) e aumento nos colmos (36%). Leve diminuição da MO (0,5 e 4%), ou seja, mais minerais nas forrageiras. A MS aumentou nas folhas (7%) e reduziu nos colmos (19%).

O K é absorvido pelas plantas em grandes quantidades, estando muitas vezes associado à maior resistência das plantas as condições adversas. Assim, como o P, ele depende largamente da difusão para chegar à superfície das raízes (FURTINI NETO et al., 2001). O solo da área de cultivo do SSP apresenta baixa CTC e maior teor de MO, que favorece a adsorção dos íons K^+ na solução do solo, dificultando sua absorção, fato que comprova o menor o incremento desse nutriente quando comparado ao P.

O incremento no teor de P acompanhado do desenvolvimento das espécies no SSP contribui para a melhor qualidade bromatológica do capim-marandu. O P é requerido em baixas concentrações pelas plantas, se comparado a outros minerais, é pouco móvel e está pouco disponível nos solos, porém é importante para as plantas, limitando a produção vegetal no Brasil. Sua absorção pelas plantas é na forma de $H_2PO_4^-$, é o único nutriente que “envelhece” no solo, passando da forma lábil para não-lábil, e sua disponibilidade reduzida para as plantas, sua reciclagem através da decomposição dos resíduos vegetais, tende a reduzir o problema da reação do envelhecimento (FURTINI NETO et al., 2001).

As fibras diminuíram no verão de 2017, exceto nas folhas, em que o FDN foi maior (1,5%), no colmo diminuiu (14%), a FDA reduziu 7 e 33% nas folhas e colmo.

No inverno houve redução do P da fração folha (8,7%). O menor teor pode ser em decorrência do efeito de diluição na matéria seca, além de diversidade no padrão de distribuição entre os diversos órgãos das plantas, levando à redução na concentração dos minerais (CASTRO et al., 1999).

Avaliando as frações folha e colmo, nos dois períodos de inverno, observou-se aumento nos teores de PB (67 e 31,5%), K (66 e 179%), P (138%) e redução da MO (3,4 e 1,7%). Há maior liberação de nutrientes no solo a partir da serrapilheira, nos meses de maio a setembro, período de transição chuvas/seca (SANTOS et al., 2018).

A menor MS das folhas (30%) evidencia que as plantas ainda não estavam totalmente adaptadas a condição de restrição de luz, uma vez que o acúmulo de MS é decorrente da atividade fotossintética e da absorção de nutrientes. O espessamento da parede celular secundária em detrimento do conteúdo celular resulta em maior MS. Nos colmos houve aumento (12 %).

O teor de fibras teve efeitos diversos, nas folhas houve diminuição da FDN (2,37%) e FDA (4%), nos colmos aumento de FDN (1,8%) e redução da FDA (2%). Plantas sombreadas tem maior produção de colmos, que lhes facultam posicionar as folhas de modo a maximizar a captação de luz; assim como, maior altura. Os colmos são tecidos de sustentação e concentram grande parte da fibra das plantas. A última avaliação ocorreu no inverno, foi à época com maior sombreamento, reflexo do elevado porte dos eucaliptos.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos no presente estudo apontam contribuição positiva do componente florestal (híbrido de *E. urophylla* x *E. grandis*) presente na pastagem (*B. brizantha* cv Marandu) em termos de qualidade bromatológica da gramínea avaliada.

Até os 31 meses de plantio, as árvores de eucalipto cultivadas nos dois espaçamentos (12 x 2 e 12 x 3 m) pouco diferiram para os valores das variáveis altura, DAP e volume, porém se o objetivo é facultar o crescimento do capim-marandu, recomenda-se o espaçamento 12 x 3 m, que propicia maior incidência da RFA e maior espaço para circulação dos animais quando em pastejo. Porém, mais avaliações serão necessárias para confirmar essa tendência.

A média diária de radiação incidente no sistema consorciado é menor que a observada no monocultivo da pastagem. Os espaçamentos 12 x 2 e 12 x 3 m de cultivo do eucalipto implicam em redução da quantidade de radiação incidente sobre o sub-bosque, assim como na redução da produtividade da forragem. Contudo, a composição químico-bromatológica do capim-marandu cultivado em Sistema Silvipastoril atende os parâmetros para obtenção de pasto de qualidade. O teor de fibras reduziu, e aumentou do teor de proteína bruta e minerais. Caracterizando maior digestibilidade nas plantas cultivadas sombreadas.

De modo geral os teores de P e K foram maiores nas distâncias de 1,0 e 2,0 m, assim como os teores de clorofilas; a maior altura das plantas aos 6,0 m, fator relacionado ao maior teor de fibras nessa distância, a temperatura foliar foi crescente de 1,0 até os 6,0 m de distância das linhas de eucalipto.

A presença das árvores favorece um microclima peculiar no Sistema Silvipastoril. O crescimento do eucalipto, durante os 12 meses, período entre duas avaliações – verão ou inverno evidenciam a redução da radiação solar e a melhor qualidade da forragem em função dos períodos de chuva (verão) e seca (inverno).

O cultivo consorciado das espécies propiciou a recuperação da pastagem degradada. As alterações nas concentrações das variáveis analisadas sugerem adaptações ao sombreamento o que comprova o capim-marandu factível de ser utilizado em Sistema Silvipastoril nas condições ecológicas da região de Curvelo-MG.

As espécies do gênero *Brachiaria*, devido a sua agressividade e resistência, podem exercer forte competição sobre as outras espécies vegetais, sejam elas arbóreas, agrícolas ou

daninhas, logo a gestão das espécies cultivadas consorciadas é essencial para a boa produtividade do Sistema Silvipastoril.

9. REFERÊNCIAS

ALLARD, G.; NELSON, C.J.; PALLARDY, S.G. Shade effects on growth of tall fescue: leaf anatomy and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 31, n. 1, p. 163-167, 1991.

ALLEN, S.J., WALLACE, J.S., GASH, J.H.C. Measurements of albedo variation over natural vegetation in the Sahel. **International Journal of Climatology**, Chicester, v. 14, n. 1, p. 625-636, 1994.

ALVES, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVEZ, V.H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa-MG: UFV, 1999. p. 43-60.

ANDRADE, A.C.; FONSECA, D.M.; GOMIDE, J.A.; ALVAREZ, V. V.H.; MARTINS, C.E.; SOUZA, D.P.H. Produtividade e valor nutritivo do Capim-Elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 1589-1595, 2000.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. de. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com *Stylosantes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 6, p. 1845-1850, 2003.

ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G. Transmissão de Luz em sistemas silvipastoris com eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 19-23, 2002.

ARAÚJO FILHO, J.A. de. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife: Projeto Dom Helder Câmara, 2013, 2000 p.

ARAÚJO, F.V.; COSTA, V.A.M.; AMARAL, W.G.; PEREIRA, I.M. SANTOS, J.B. Invasão biológica e competição no contexto da restauração florestal. In: PEREIRA, I.M. SANTOS, J.B.; MACHADO, E.L.M.; ZIADE, C.F. **Invasão biológica em áreas de Mata Atlântica: os desafios para a conservação, controle e restauração florestal**. Diamantina - UFVJM, NERAD, 2018, p.35-70.

ARAÚJO, R.P.; ALMEIDA, J.C.C.; ARAÚJO, S.A.; RIBEIRO, E.T.; PÁDUA, F.T.; CARVALHO, C.A.B.; BONAPARTE, T.P.; DEMINICIS, B.B.; LISTA, F.N. Produção e composição química de *Brachiaria decumbens* cv. Balisisk em sistema silvipastoril sob diferentes espaçamentos com *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 90-98, 2013.

ARAÚJO, R. A.; RODRIGUES, R. C.; COSTA, C. S.; SANTOS, F. N. S.; COSTA, F. O.; LIMA, A. J. T.; SILVA, I. R.; RODRIGUES, M. M. Composição químico-bromatológica e degradabilidade in situ de capim- Marandu em sistemas silvipastoris formados por babaçu e em monocultivo. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 17, n. 3, p. 401-412, 2016.

ARAÚJO, S.A.C.; SILVA, T.O.; ROCHA, N.S.; ORTÊNCIO, M.O. Growing tropical forage legumes in full sun and silvopastoral systems. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 39, n. 1, p. 27-34, 2017.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F. & BORTOLINI, C.G. Teor de clorofila na folha como indicador do nível de N em cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 715-722, 2001.

BALBINO, L.C.; BARCELLOS, A.O.; STONE, L.F. (Ed.). **Marco referencial: integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília: Embrapa, 2011.130p.

BALISCEI, M.A.; BARBOSA, O.R.; SOUZA, W.; COSTA, M.A.; KRUTZMANN, A.; QUEIROZ, E.O. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013.

BARUCH, Z.; GUENNI, O. Irradiance and defoliation effects in three species of the forage grass *Brachiaria*. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 41, n. 1, p. 269-276, 2007.

BASSO, K. C.; CECATO, U.; BARBEIRO, L. M.; LEMPP, B.; GOMES, J. A. N.; LUGÃO, S. M. Influence of nitrogen levels on leaf anatomy and nutritive value of millennium grass. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 3, p. 792-802, 2014.

BERGER, R.; SCHNEIDER P. R.; FINGER, C. A. G.; HASELEIN, C. R. Efeito do espaçamento e da adubação no crescimento de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 75-87, 2002.

BODDEY, R.M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O.C.; RESENDE, C. de P.; CANTARUTTI, R.B.; PEREIRA, J.M.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in *Brachiaria* pastures: the key to understanding the process of pasture decline. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Netherlands, v. 103, n. 1, p. 389-403, 2004.

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**, Brasília, v. 49, n. 6, p.449-456, 2014.

CALIL, F.N.; BRANDÃO, D.C.; LIMA, N.L.; BARBOSA, P.V.G.; CARVALHO, H.C.S.; LIMA, P.A.F.; DIANESE, M.; SILVA, R.T.; NASCIMENTO, A.R.; SILVA-NETO, C.M. Biomass and nutrition stock of grassland and accumulated litter in a silvopastoral system with Cerrado species. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 11, n. 1, p. 3701-3709, 2016.

CARNEVALI, N.H.S.; SANTIAGO, E.F.; DALOSO, D.M.; CARNEVALI, T.O.; OLIVEIRA, M.T. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Floresta**, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 277-286, 2016.

CARON, B.O.; SOUZA, V.Q.; COSTA, E.C.; ELOY, E.; BEHLING, A.; TREVISA, R. Interceptação da radiação luminosa pelo dossel de espécies florestais e sua relação com o manejo das plantas daninhas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 1, p. 75-82, 2012.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; COUTO, L. Produção forrageira de gramíneas cultivadas sob luminosidade reduzida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 919-927, 1999.

CASTRO, C.R.T.; GARCIA, R.; CARVALHO, M.M.; FREITAS, V.P. Efeitos do sombreamento na composição mineral de gramíneas forrageiras tropicais, **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1959-1968, 2001.

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

CASTRO, E. D.; GAVILANES, M.; ALVARENGA, A. D.; CASTRO, D. D.; GAVILANES, T. Aspectos da anatomia foliar de mudas de *Guarea guidonea* (L.) Sleumer, sob diferentes níveis de sombreamento. **Daphne**, Belo Horizonte, v. 8, n. 3, p. 31-35, 1998.

CHESSON, P. Mechanisms of Maintenance of Species Diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 31, n. 1, p. 343–366, 2000.

COELHO, J.S.; CARMO ARAÚJO, S.A.; VIANA, M.C.M.; VILLELA, S.D.J.; FREIRE, F.M.; SANTOS BRAZ, T.G. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1487-1500, 2014.

COLLINS, A.S.; CHASE, C.A.; STALL, W.M.; HUTCHINSON, C.M. Optimum densities of three leguminous cover crops for suppression of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*). **Weed science**, Georgia, v. 56, n. 5, p.753-761, 2008.

CORDEIRO, S.A.; SILVA, M.L.; OLIVEIRA NETO, S.N.; OLIVEIRA, T.M. Simulação da variação do espaçamento na viabilidade econômica de um sistema agroflorestal. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 25, n. 1, p. 1-8, 2018.

CORSI, M.; SILVA, R.T.L. Fatores que afetam a composição mineral de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. **Pastagens: Fundamentos de Exploração Racional**, 2. ed., Piracicaba - SP, FEALQ, 1994, p.65-83.

CRAINE, J.M.; DYBZINSKI, R. Mechanisms of plant competition for nutrients, water and light. **Functional Ecology**, London, v. 27, n. 4, p. 833-840, 2013.

DE ANDRADE, A.M.D.; MOURA, M.A.L.; DOS SANTOS, A.B.; CARNEIRO, R.G.; SILVA, R.S. da. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do

dossel de floresta de mata atlântica em Coruripe, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 29, n. 1, p. 68-79, 2014.

DESCHAMPS, F.C. Implicações do período de crescimento na composição química e digestão dos tecidos de cultivares de capim elefante. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 6, p. 1358-1369, 1999.

DEINUM, B.; SULASTRI, R.D.; ZEINAB, M.H.J.; MAASSEN, A. Effects of light intensity on growth, anatomy and forage quality of two tropical grasses (*Brachiaria brizantha* and *Panicum maximum* var. *trichoglume*). **Netherlands Journal of Agriculture Science**, Netherland, v. 44, n. 1, p.111-124, 1996.

DEREGIBUS, V.A.; SÁNCHEZ, R.A.; CASAL, J.J. Effects of light quality on tiller production in *Lolium* spp. **Plant Physiology**, Rockville, v. 72, n. 3, p. 900-902, 1983.

DIAS-FILHO, M.B. Growth and biomassal location of the C4 grasses *Brachiaria brizantha* and *B. humidicola* under shade, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2335-2341, 2000.

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

DIAS-FILHO, M. B. **Sistemas Silvopastoris na Recuperação de Pastagens Degradadas**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. p. 30, 2006.

DIAS, R. C.; SANTOS, M.V.; FERREIRA, E.A.; BRAZ, T.G.S.; FIGUEIREDO, L.V.; CRUZ, P.J.R.; SILVA, L.D. Phytosociology in degraded and renewed pastures in agrosilvopastoral systems. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 1-15, 2018.

ECHEVERRIA, J.R.; EUCLIDES, V.P.B.; SBRISSIA, A.F.; MONTAGNER, D.B; BARBOSA, R.A.; NANTES, N.N. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* 'BRS RB331 Ipyporã' sob pastejo intermitente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 7, p. 880-889, 2016.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofilas nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

ENS, E.; HUTLEY, L.B.; ROSSITER-RACHOR, N.A.; DOUGLAS, M.M.; SETTERFIELD, S.A. Resource-use efficiency explains grassy weed invasion in a low-resource savanna in north Australia. **Frontiers in plant science**, Lausanne, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2015.

FADL, K.E.M.; MAHMOUND, S.E.; HAMAD, Z.M. Farmers perceptions towards agroforestry systems in north and south Kordofanstate, Sudan. **International Journal of Environment**, Kathmandu, v. 4, n. 2, p. 53-67, 2015.

- FARIA, B.M.; MORENZ, M.J.F.; PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; GOMIDE, C.A.M. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 529-536, 2018.
- FARIA, J.R.; SILVA, J.F.; NERIS, K.P.; LOPES, F.L.R.; COSTA, M.S.; LISBOA, E.S.; RODRIGUES, J.; CENTENO, A.J.; LOPES, F.M. Desenvolvimento de *Eucalyptus urograndis* no município de Corumbá-GO, **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da saúde**, Campo Grande, v. 17, n. 2, p. 9-27, 2013.
- FERNANDES, E.T.; CAIRO, P.A.R.; MORAIS, J.L.C. Crescimento de clones de eucalipto sob deficiência hídrica. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 867-875, 2013.
- FERNÁNDEZ, M.E.; GYENGE, J.E.; SCHLICHTER, T.M. Shade acclimation in the forage grass *Festuca pallescens*: biomass allocation and forage orientation. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 60, n. 1, p. 159-166, 2004.
- FERREIRA, E.A.; MATOS, C.C.; BARBOSA, E.A.; MELO, C.A.D.; SILVA, D.V.; SANTOS, J.B. Aspectos fisiológicos de soja transgênica submetida à competição com plantas daninhas. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 58, n. 2, p. 115-121, 2015.
- FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOETZEL, M.J.; LABARRÈRE, J.G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 137-146, 2011.
- FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A. **Plantas forrageiras**. Viçosa: Editora UFV, 537p. 2010.
- FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; RESENDE, A.V.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. 252p.
- GARCIA, R.; COUTO, L. Sistemas silvipastoris: Tecnologia emergente de sustentabilidade. In: Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo. Viçosa: **Anais...** Viçosa: UFV, p. 447-471, 1997.
- GAUTIER, H.; VARLET-GRANCHER, C.; HAZARD, L. Tillering responses to the light environment and to defoliation in populations of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) selected for contrasting leaf length. **Annals of Botany**, London, v. 83, n. 1, p. 423-429, 1999.
- GAZOLLA-NETO, A. AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T.; OLSEN, D.; VILLELA, F.A. Ação de níveis de luminosidade sobre o crescimento de plantas de Maria-pretinha (*Solanum americanum* Mill.). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 88-92, 2013.
- GIORIA, M.; OSBORNE, B.A. Resource competition in plant invasions: emerging patterns and research needs. **Frontiers in Plant Science**, Bethesda, v.5, n. 1, p.1-21, 2014.

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

GOMES, I.A.C. ; CASTRO, E. M. ; SOARES, A.M. ; ALVES, J.D. ; ALVARENGA, M.I.N. ; ALVES, E. ; BARBOSA, J. P. R. A. D. ; FRIES, D.D. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. Oeiras sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 1, p.109-115, 2008.

GOMES, M. P.; MARQUES, T. C. L. L. S.; NOGUEIRA, M. O. G.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M. Ecophysiology and anatomical changes due to uptake and accumulation of heavy metal in *Brachiaria decumbens*, **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 5, p. 566-573, 2011.

GOMIDE, C.A.M.; GOMIDE, J.A.; PACIULLO, D.S.C. Morfogênese como ferramenta para o manejo de pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p.554-579, 2006.

GONÇALVES, J. F. C.; SILVA, C.E.M., JUSTINO, G.C.; NINA JUNIOR, A.R. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 1, p. 337-344, 2012.

GONTIJO NETO, M.M.; VIANA, M.C.M.; ALVARENGA, R.C.; SANTOS, E.A.; SIMÃO, E.P.; CAMPANHA, M.M.; Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta em Minas Gerais. **Boletim de Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 71, n. 2, p. 183-191, 2014.

GRIME, J. P. Evidence for the Existence of Three Primary Strategies in Plants and Its Relevance to Ecological and Evolutionary Theory. **The American Naturalist**, Chicago, v. 111, n. 982, p. 1169–1194, 1977.

GUIMARÃES, C.G.; PEREIRA, R.C.; RIBEIRO, K.G.; VIANA, M.C.M.; SANTOS, J.B. *Urochloa decumbens* grown with different *Eucalyptus* clones in an integrated crop-livestock-forest system. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 512-518, 2018a.

GUIMARÃES, C.G.; RIBEIRO, K.G.; VIANA, M.C.M.; PEREIRA, R.C.; SANTOS, J.B. Capim-braquiária no sistema agrossilvipastoril sob diferentes arranjos de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, n. 1, p. 1-8, 2018b.

GUIMARÃES, L.E.; SILVA-NETO, C.M.; CALIL, F.N. Densidade de Fluxo de Fótons (DFF) em um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 1-9, 2016.

HANISCH, A.L.; DALGALLO, D.; ALMEIDA, E.X.; NEGRELLE, R.R.B. Desempenho e composição química de missioneira-gigante cultivada em sistema silvipastoril tradicional em duas alturas de pastejo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 59, n. 4, p. 345-351, 2016.

HAUSMANN, N.T.; HAWKES, C.V. Plant neighborhood control of arbuscular mycorrhizal community composition. **New Phytologist**, Lancaster, v. 183, n. 1, p. 1188-1200, 2009.

HE, J.; CHEE, C. W.; GOH, C. J. Photoinhibition of Heliconia under natural tropical conditions: the importance of leaf orientation for light interception and leaf temperature. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v. 19, n. 4, p. 1238-1248, 1996.

IBA. 2017. Relatório 2017, Indústria Brasileira de Árvores. p. 80.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. 2018. **Dados meteorológicos**. <http://www.inmet.gov.br>. Acessado em 10 de abril de 2018.

IPEF – Instituto de Pesquisas Florestais. 2014. Arcelor Mittal Bioenergia Ltda. Disponível em: < www.ipef.br_eventos_2009_melhoramento5_02-ArcelorMittal_BioEnergia >. Acessado em: 02 de outubro de 2018.

ISAAC, M.E.; CARLSSON, G.; GHOULAM, C.; MAKHANI, M.; THEVATHASAN, N.V.; GORDON, A. Legume performance and nitrogen acquisition strategies in a tree-based agroecosystem. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, Santa Cruz, v. 38, n. 1, p. 686-703, 2014.

JOHNSON, C. R; NELL, T. A.; ROSENBAUM, S. E. Influence light intensity and drought stress on *Ficus benjamina* L. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 107, n. 2, p. 252-255, 1982.

KARVATTE, N.; KLOSOWSKI, E.S.; ALMEIDA, R.G.; MESQUITA, E.E.; OLIVEIRA, C.C.; ALVES, F.V.; Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, Ohio, v. 60, n. 1, p. 1-9, 2016.

KEPHART, K. D.; BUXTON, D.R.F. Forage quality responses of C3 and C4 perennial to shade. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 1, p. 831-837, 1993.

KOUKOURA, Z.A.; KYRIAZOPOULOS, P.; PARISSI, Z.M. Growth characteristics and nutrient content of some herbaceous species under shade and fertilization. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 7, n. 2, p. 431-438, 2009.

KRAMER, P.J.; KOSLOWSKI, T. **Physiology of woods plants**. New York: Academic, 1979. 811 p.

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

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Paulo: RiMa, 2006. 531 p.

LAURENT, L.; MÅRELL, A.; KORBOULEWSKY, N.; SAÏD, S.; BALANDIER, P. How does disturbance affect the intensity and importance of plant competition along resource gradients? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 391, n. 1, p.239-245, 2017.

LEITE, F.P.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; SANS, L.M.A.; FABRES, A.S. Crescimento de *Eucalyptus grandis* em diferentes densidades populacionais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 21, n. 3, p. 313-321, 1997.

LEITÃO, M.M.V.B.R.; SANTOS, J.M.; OLIVEIRA, G.M. Estimativas do albedo em três ecossistemas da floresta amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 256-261, 2002.

LELES, P.S.S.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; MORAIS, E.J. Crescimento, produção e alocação de matéria seca de *Eucalyptus camaldulensis* e *E. pellita* sob diferentes espaçamentos na região de cerrado, MG. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 77-87, 2001.

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

LEMAIRE, G.; CHARTIER, M. Relationships between growth dynamics and nitrogen uptake for individual sorghum plants growing at different plant densities. In: LEMAIER, G. (Ed.) **Diagnosis of the nitrogen status in crops**. Paris: INRA, 1992. p. 3-43.

LIN, C. H.; MCGRAW, M. L.; GEORGE, M. F.; GARRET, H. E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 53, n. 1, p. 269-281, 2001.

LOPES, C.M.; PACIULLO, D.S.C.; ARAÚJO, S.A.C.; GOMIDE, C.A.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**, Belo Horizonte, v. 69, n. 1, p. 225-233, 2017a.

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

LOPES, E.D.; LAIA, M.L.; SANTOS, A.S.; SOARES, G.M.; LEITE, R.W.P.; MARTINS, N.S. Influência do espaçamento de plantio na produção energética de clones de *Corymbia* e *Eucalyptus*. **Floresta**, Curitiba, v. 47, n. 1, p. 95-104, 2017c.

MACEDO, M.C.M.; KICHEL, A. N; ZIMMER, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2000 (Embrapa Gado de Corte. Comunicado técnico, 62).

MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. **Eucalipto em sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA, 2010, 331p.

- MACHADO, M.S.; FERREIRA, L.R.; OLIVEIRA NETO, S.N.; FERREIRA, G.L.; FONTES, D.R.; MACHADO, A.F.L. Métodos de controle de plantas daninhas e desrama precoce no crescimento do eucalipto em sistema silvipastoril. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 133-140, 2014.
- MACHADO, M.S.; FERREIRA, L.R.; OLIVEIRA NETO, S.N.; MORAES, H.M.F.; GONÇALVES, V.A.; FELIPE, R.S. Eucalyptus growth in silvopastoral system under different crown diameters. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 851-857, 2013.
- MAGALHÃES, W. M.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIM, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; JUNIOR, M.Y. Desempenho silvicultural de espécies de *Eucalyptus* spp. em quatro espaçamentos de plantio na região noroeste de Minas Gerais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 12, n. 2, p. 1-7, 2005.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.
- MALAVOLTA, E; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MARTUSCELLO, J. A.; JANK, L.; NETO, M. M.G.; LAURA, V. A.; CUNHA, D. N. F. V. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1183-1190, 2009.
- MEDEIROS, W.N.; MELO, C.A.D.; TIBURCIO, R.A.S.; SILVA, G.S.; MACHADO, A.F.L.; TUFFI SANTOS, L.D. Crescimento inicial e concentração de nutrientes em clones de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* sob interferência de plantas daninhas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 1; p. 147-157, 2016.
- MENDES, M.M.S.; LACERDA, C.F.; CAVALCANTE, A.C.R.; FERNANDES, F.E.P.; OLIVEIRA, T.S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n.10, p.1342-1350, 2013.
- MONTEIRO, F.A.; RAMOS, A.K.B.; CARVALHO, D.D.; ABREU, J.B.R.; DAIUB, J.A.S.; SILVA, J.E.P.; NATALE, W. Cultivo de *Brachiariabrizantha* Stapf. cv. Marandu em solução nutritiva com omissões de macronutrientes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 52, n. 1, p. 135-141, 1995.
- MORAES, Y.B. de. **Forageiras: conceitos, formação e manejo**. Guaíba Agropecuária, 1995.
- MORAIS, R.V. de; FONSECA, D.M. da; NASCIMENTO JÚNIOR, D. do; RIBEIRO JUNIOR, J.I.; FAGUNDES, J.L.; MOREIRA, L. de M.; MISTURA, C.; MARTUSCELLO, J.A. Demografia de perfilhos basilares em pastagem de *Brachiaria decumbens* adubada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 1, p. 380-388, 2006.

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

MOREIRA, L.M.; SANTOS, M.E.R.; FONSECA, D.M.; MARTUSCELLO, J.A.; MORAIS, R.V.; MISTURA, C. Produção animal em pastagem de capim-braquiária adubada com nitrogênio. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 63, n. 4, p. 914-921, 2011.

MOURA, M.A.L.; LYRA, R.F.F.; BENICASA, M.; SOUZA, J.L.; NASCIMENTO FILHO, M.F. Variação do albedo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 2, p. 163-168, 1999.

MYBURG, A. A.; GRATTAPAGLIA, D.; TUSKAN, G. A.; HELLSTEN, U.; HAYES, R. D.; GRIMWOOD, J.; JENSKINS, J.; LINDQUIST, E.; TICE, H.; BAUER, D.; GOODSTEIN, D. M.; DUBCHAK, I.; POLIAKOV, A.; MIZRACHI, E.; KULLAN, A.R. K.; HUSSEY, S. G.; PINARD, D.; MERWE, K.; SINGH, P.; JAARVELD, I.; SILVA-JUNIOR, O. B.; TOGAWA, R. C.; PAPPAS, M. R.; FARIA, D. A.; SANSALONI, C. P.; PETROLI, C. D.; YANG, X.; RANJAN, P. The genome of *Eucalyptus grandis*. **Nature**, London, v. 510, n. 1, p. 356-374, 2014.

NASIELSKI, J.; FURZE, J.R.; TAN, J.; BARGAZ, A.; THEVATHASAN, N.V.; ISAAC, M.E.; Agroforestry promotes soybean yield stability and N₂-fixation under water stress. **Agronomy for Sustainable Development**, Netherlands, v. 35, n. 1, p. 1541-1549, 2015.

NICODEMO, M.L.F.; SILVA, V. P. da; STHIAGO, L.R.L. de; GONTIJO NETO, M. M; **Sistemas silvipastoris - introdução de árvores na pecuária do Centro-Oeste brasileiro**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004 (Documentos).

NUNES, S. G.; BOOCK, A.; OLIVEIRA, M.I., GOMES, D.T. *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Campo Grande: EMBRAPA, CNPQC, 1985. 31 p. (EMBRAPA. CNPQC. Documento, 21).

OLIVEIRA, C.H.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; LEITE, H.G.; SOUZA, F.C.; FARIA, R.S.; OLIVEIRA, F.B. Dynamics of eucalypt clones canopy and *Brachiaria brizantha* production in silvopastoral systems with different spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 90, n. 1, p. 1077-1088, 2016.

OLIVEIRA, F.L.R. de; CABACINHA, C.D.; SANTOS, L.D.T.; BARROSO, D.G.; SANTOS JÚNIOR, A. dos; BRANT, M.C.; SAMPAIO, R.A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, Lavras, v. 21, n. 1, p. 227-233, 2015.

OLIVEIRA, F.L.R.; MOTA, V.A.; RAMOS, M.S.; SANTOS, L.D.T.; OLIVEIRA, N.J.F.; GERASEEV, L.C. Comportamento de *Andropogon gayanus* cv. 'planaltina' e *Panicum*

maximum cv. ‘tanzânia’ sob sombreamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, p. 348-354, 2013.

OLIVEIRA NETO, S.N.; REIS, G.G.; REIS, M. G.F.; LEITE, H.G. Arranjo silviculturais do componente arbóreo em sistema agrossilvipastoril e seu manejo por desrrama e desbaste. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 47-58, 2010.

OLIVEIRA, T.K.; MACEDO, R.L.G.; VENTURIN, N.; HIGASHIKAWA, E.M.; Desempenho silvicultural e produtivo de eucalipto sob diferentes arranjos espaciais em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 60, p. 01-09, 2009. Edição Especial.

ORTÊNCIO FILHO, H.; BARBOSA, O. R.; SHIGUEIRO, S.; ONORATO, W. M.; MACEDO, F. A. F. Efeito da sombra natural e da tosquia no comportamento de ovelhas das raças Texel e Hampshire Down, ao longo do período diurno, no Noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 33, n. 1, p. 79-85, 2001.

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

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 1, p. 573-579, 2007.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; FERNANDES, P.B.; MULLER, 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**, Brasília, v. 46, n. 10, p. 1176-1183, 2011.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; CASTRO, C.R.T.; MAURICIO, R.M.; P.B. FERNANDES, MORENZ, M.J.F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, United Kingdom, v. 72, n. 1, p. 590-600, 2017.

PACIULLO, D.S.C.; GOMIDE, C.A.M.; MULLER, M.D.; PIRES, M.F.A.; CASTRO, C.R.T. Potencial de produção e utilização de forragem em sistemas silvipastoris. In: Simpósio de Pecuária Integrada, 1, Campo Grande, 2014. **Anais...** Campo Grande: Embrapa, p. 51-77. 2014.

PAULA, C.C.L.; EUCLIDES, V.P.B.; LEMPP, B.; BARBOSA, R.A.; MONTAGNE, D.B.; CARLOTO, M.N. Acúmulo de forragem, características morfogênicas e estruturais do capim-marandu sob alturas de pastejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 11, p. 2059-2065, 2012.

PAULA, R.R.; REIS, G.G.; REIS, M.G.F.; OLIVEIRA NETO, S.N.; LEITE, H.G.; MELIDO, R.C.N.; LOPES, H.N.S.; SOUZA, F.C. Eucalyptgrowth in monoculture and silvopastoral

systems with varied tree initial densities and spatial arrangements. **Agroforestry System**, Netherlands, v. 87, n. 6, p. 1295-1307, 2013.

PEZZOPANE, J.R.M.; BOSI, C.; NICODEMO, M.L.F.; SANTOS, P.M.; CRUZ, P.G.; PARMEJANI, R.S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in south eastern Brazil. **Bragantia**, Campinas, v.74, n. 1, p.110-119, 2015.

PILAU, J.; ELLI, E.F.; NARDINO, M.; KORCELSKI, C.; SCHMIDT, D.; CARON, B.O. Desenvolvimento e qualidade do azevém no sub-bosque de angico-vermelho em sistema silvopastoril. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v. 6, n. 4, p. 437-444, 2015.

PILLAR, V. D. P.; BOLDRINI, I. I.; LANGE, O. Padrões de distribuição espacial de comunidades campestres sob plantio de eucalipto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 6, p. 753-761, 2002.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 15. ed. Fealq, São Paulo, 2009. 390p.

PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Ideótipo de espécie arbórea para Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. In: ALVES, F.V.; LAURA, V.A.; ALMEIDA, R.G. **Sistemas Agroflorestais: a agropecuária sustentável**. Brasília: Embrapa, 2015. p. 135-147.

PORTAL FLORESTAL. **Dados técnicos sobre clones comerciais**. Disponível em: <http://www.portalflorestal.com.br/dados-tecnicos-sobre-comerciais/>>. Acessado em 20 de outubro de 2018.

RADOMSKI, M.I.; KIBASKI, J. Sistemas Silvopastoris: Aspectos da Pesquisa com Eucalipto e Grevílea nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil. **EMBRAPA Florestas**, Colombo – PR, 2009. Documentos 191, 40 p.

REINER, D.A.; SILVEIRA, E.R.; SZABO, M.S.O. O uso do eucalipto em diferentes espaçamentos como alternativa de renda e suprimento da pequena propriedade na região sudoeste do Paraná. **Synergismus scyentifica**, Pato Branco v. 6, n. 1, p. 1-7, 2011.

REIS, C.A.F.; SANTOS, P.E.T.; PALUDZYSZYN FILHO, E. Avaliação de clones de eucalipto em Ponta Porã, Mato Grosso do Sul. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 263-269, 2014.

ROCHA, W.S.D.; MÜLLER, M.D.; SOUZA SOBRINHO, F.; MARINS, C.E.; BRIGHENTI, A.M.; ANDRADE, P.J.M. de. Pecuária de Leite na Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 257, p. 70-80, 2010.

RODRIGUES, C.O.D.; ARAÚJO, S.A.D.C.; VIANA, M.C.M.; ROCHA, N.S.; BRAZ, T.G.D.S.; VILLELA, S.D.J. Light relations and performance of signalgrass in silvopastoral. **Acta Scientiarum: Animal Sciences**, Maringá, v. 36, n. 2, p. 129-136, 2014.

ROLIM, F.A. Estacionalidade de produção de forrageiras. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. **Pastagens: Fundamentos de Exploração Racional**, 2. ed., Piracicaba-SP, FEALQ, 1994, p. 533-565.

ROZADOS LORENZO, M.J.; GONZALEZ HERNANDEZ, M.P.; SILVA PANDO, F.J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 70, n. 1, p. 53-62, 2007.

SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, Brasília, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.

SANTIAGO-HERNANDEZ, F.; LOPEZ-ORTIZ, S.; AVILA-RESENDIZ, C.; JARILLO-RODRIGUEZ, J.; PEREZ-HERNANDEZ, P.; GUERRERO-RODRIGUEZ, J.D. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. **Agroforestry Systems**, Netherlands v. 90, n. 1, p. 339-349, 2016.

SANTOS, C.A.C.; WANDERLEY, R.L.N.; ARAÚJO, A.L.; BEZERRA, B.G. Obtenção do saldo de radiação em áreas de pastagem e floresta na Amazônia (estação seca) através do Sensor Modis. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 29, n. 3, p. 420 - 432, 2014.

SANTOS, P.M.; SANTOS, A.C.; NEVES NETO, D.N.; OLIVEIRA, W.H.; SOUZA, L.F.; OLIVEIRA, L.B.T. Implementation of silvopastoral systems under nutrient cycling in secondary vegetation in the Amazon. **Journal of Agricultural Science**, Canadian, v. 10, n. 4; p. 124-137, 2018.

SBRISSIA, A. F.; DA SILVA, S. C. O ecossistema de pastagens e a produção animal. In: MATTOS, W. R. S.; FARIA, V. P.; DA SILVA, S. C.; NUSSIO, L. G.; MOURA, J. C. (Ed.). REUNIÃO ANUAL DA SOCIDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba, SP: SBZ, 2001. p. 731-754.

SCALON, S. de P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; VERALDO, F. Crescimento inicial de mudas de espécies florestais nativas sob diferentes níveis de sombreamento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 1-5, 2002.

SEREGHETTI, G.C.; LANÇAS, K.P.; SARTORI, M.S.; REZENDE, M.A.; SOLER, R.R. Efeito do espaçamento no crescimento e na densidade básica de madeira de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* em florestas de ciclo curto. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 30, n. 3, p. 257-262, 2015.

SHIRASUNA, R.T. 2015. *Urochloa* in Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB105491>>.

SILVA da, W.; SILVA da, A.A.; SEDIYAMA, T.; FREITAS, R.S. de. Absorção de nutrientes por mudas de duas espécies de eucalipto em resposta a diferentes teores de água no

solo e competição com plantas de *Brachiaria brizantha*. **Revista Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 24, n. 1, p. 147-159, 2000.

SILVA, L.L.; DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; RESENDE, A.; COLOMBARI, A.A.; MIRANDA, C.B.; FRANCO, A.A. Influência de espécies leguminosas arbóreas na qualidade e produção de pastagem de capim Marandu (*Brachiariabrizantha*). **Asociación Latinoamericana de Producción Animal**, Guayaquil, v. 16, n. 2, p. 48-55, 2008.

SILVA, R. V. M. M.; ROSSIELLO, R. O. P.; MORENZ, M. J. F.; BARBIERI JUNIOR, É.; GOMES, R. L. T. Uso de clorofilometro na avaliação da adubação nitrogenada e potássica no capim Tifton 85. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 12, n. 3, p. 828-839, 2011.

SOARES, A.B.; BERNARDON, A.; AIOLFI, R.B. Forage yield, rate of CO₂ assimilation, and quality of temperate annual forage species grown under artificial shading conditions. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 6, p. 1064-1069, 2016.

SOARES, R.V.; BATISTA, A.C. **Meteorologia e Climatologia Florestal**. Curitiba: Editor, 2004. 195 p.

SOUZA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; GONÇALVES, L.C.; SALIBA, E.O.S.; MOREIRA, G.R. Produtividade e valor nutritivo da *Bachiariabrizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 59, n. 4, p. 1029-1037, 2007.

SOUSA, L.F.; MAURÍCIO, R.M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R. Nutritional evaluation of 'Braquiaraão' grass in association with 'Aroeira' trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 79, n. 1, p. 179-189, 2010.

STAPE, J.L.; BINKLEY, D.; RYAN, M.; FONSECA, S.; LOOS, R.A.; TAKAHASHI, E.; SILVA, C.R.; SILVA, S.R.; HAKAMADA, R.E.; FERREIRA, J.M.A.; LIMA, A.M.N.; GAVA, J.L.; LEITE, F.P.; ANDRADE, H.B.; ALVES, J.M.; SILVA, G.G.C.; AZEVEDO, M.R. The Brazil Eucalyptus potential productivity project: influence of water, nutrients and stand uniformity on wood production. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, n. 259, v. 1, p. 1684-1694, 2010.

TAIZ, L., E.E. ZEIGER. **Fisiologia vegetal**. 4a ed. 848 p. Artmed, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil. 2014.

TAVARES, P.D.; SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; FREO, V.A.; BIELUCZYK, W.; SILVA, E.M.R. Soil quality under agroforestry systems and traditional agriculture in the Atlantic Forest Biom. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 954-962, 2018.

TILMAN, D. The resource-ratio hypothesis of plant succession. **The American naturalist**, Chicago, v. 125, n. 6, p. 827-852, 1985.

TILMAN, D. **Resource competition and community structure**. New York, USA: Princeton, 1982.

TOLEDO, R.E.B.; DINARDO, W.; BEZUTTE, A.J.; ALVES, P.L.C.A.; PITELLI, R.A. Efeito da densidade de plantas de *Brachiaria decumbens* sobre o crescimento inicial de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 60, p. 109-117, 2001.

TOLEDO, R.E.B.; VICTORIA FILHO, R.; BEZUTTE, J.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; VALLE, C.F.; ALVARENGA, S.F. Períodos de controle de *Brachiaria* sp. e seus reflexos na produtividade de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 1, n. 63, p. 221-232, 2003.

TOLEDO, R.E.B.; VICTÓRIA FILHO, R.; PITELLI, R.A.; ALVES, P.L.C.A.; LOPES, M.A.F. Efeito de períodos de controle de plantas daninhas sobre o desenvolvimento inicial de plantas de eucalipto. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 395-404, 2000.

TONINI, H.; MORALES, M.M.; MENEGUCI, J.L.P.; ANTONIO, D.B.A.; WRUCK, F.J. Biomassa e área foliar de clones de eucalipto em iLPF: Implicações para a desrama. **Nativa**, Sinop, v. 4, n. 5, p. 271-276, 2016.

TUFFI SANTOS, L.D.; FERREIRA, F.A.; MEIRA, R.M.S.A.; BARROS, N.F.; FERREIRA, L.R.; MACHADO, A.F.L. Crescimento e morfoanatomia foliar de eucalipto sob efeito de deriva do glyphosate. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 23, n. 1, p. 133-142, 2005.

VANNETTE, R.L.; FUKAMI, T. Historical contingency in species interactions: towards niche-based predictions. **Ecology Letters**, Oxford, v. 17, n. 1, p. 115-124, 2014.

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

VILANI, M.T.; SANCHES, L.; COSTA, M.H.; GAIO, D.C.; NOGUEIRA, J.S.; Estimativa da absorção da radiação fotossinteticamente ativa de uma vegetação de transição floresta Amazônica-cerrado por três métodos. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 289-298, 2007.

WHATLEY, J. M., WHATLEY, F. R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1982. 103p.

WILKSON, J.F.; BEARD, J.B. Anatomical responses of “Merion” Kentuncky bluegrass and Pennlawn red fescue at reduced light intensities. **Crop Science**, Madison, v. 16, n. 1, p. 189-194, 1975.

WILSON, J.R. Influence of planting four tree species on the yield and soil water status of green panic pasture in subhumid south-east Queensland. **Tropical Grasslands**, Cali, v. 32, n. 1, p. 209 – 220, 1998.

WILSON, J.R.; LUDLOW, M.M. The environment and potential growth or herbage under plantations. In: SHELTON, H.M.; STÜR, W.W. (Ed.). **Forages for plantations crops**. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research, 1991, p. 10-24. (ACIAR Proceedings, 32).

WILSON, J.R. Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pastures grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, Clayton, v. 47, n. 1, p. 1075-1093, 1996.

XAVIER D.F., LÉDO F.J.S., PACIULLO D.S.C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M. Nitrogen cycling in a *Brachiaria* based silvopastoral system in the Atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Netherlands, v. 99, n. 1, p. 45-62, 2014.

YADAV, R. P.; SHARMA, P.; ARYA, S. L.; PANWAR, P. *Acacia nilotica* - based silvopastoral systems for resource conservation and improved productivity from degraded lands of the Lower Himalayas. **Agroforestry Systems**, Netherlands, v. 88, n. 1, p. 851-863, 2014.

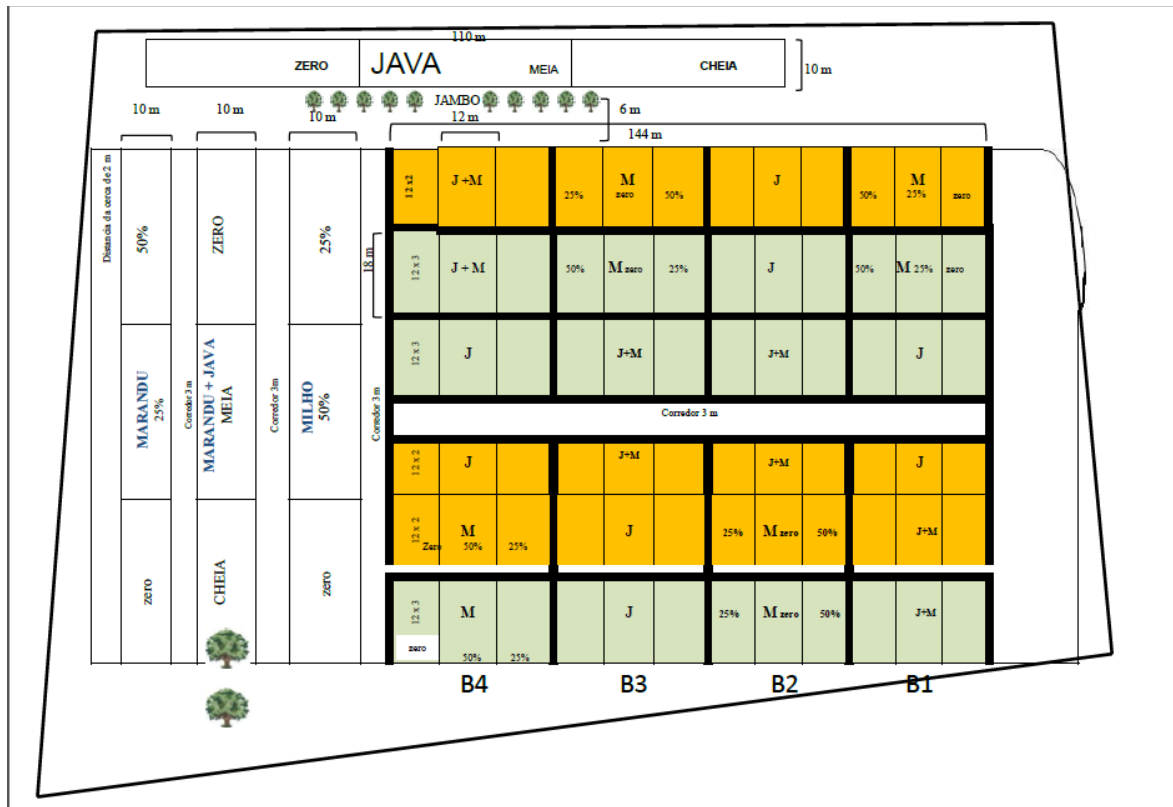
YANG, T.; DUAN, Z.P.; ZHU, Y.; GAN, Y.W.; WANG, B.J.; HAO, X.D.; XU, W.L. Effects of distance from a tree line on photosynthetic characteristics and yield of wheat in a jujube tree/wheat agroforestry system. **Agroforestry Systems**. Netherlands, v. 1, n. 1, p. 1-11, 2018.

ZIMMER, A.H.; ALMEIDA, R.G.; BUNGENSTAB, D.J.; KICHEL, A.N. "Integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: Histórico e perspectivas para o desenvolvimento sustentável." Proceedings of the 7th **Congresso Latinoamericano de Sistemas Agroflorestais para a Produção Pecuária Sustentável**. Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brazil. 2012.

APÊNDICE I

CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL DA iLPF

Figura 1: Croqui da área experimental na Fazenda do Moura em Curvelo-MG.



Em que: J = Java, M = capim-marandu, J + M = capim-marandu + Java.

APÊNDICE II

LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E FOTO AÉREA

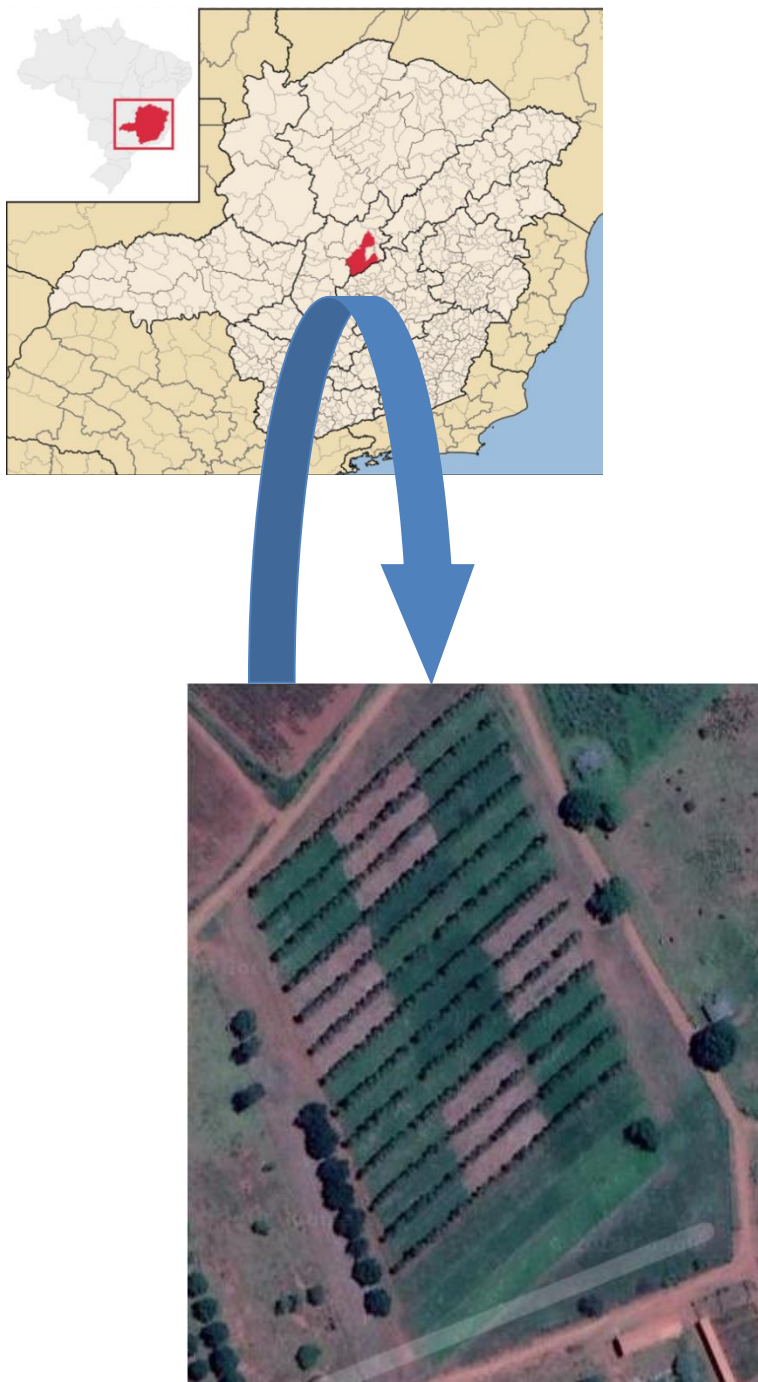


Figura 1: Mapa da de localização do município de Curvelo-MG e foto aérea da área experimental

Fonte: Google Maps.

APÊNDICE III

RESUMO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA

Tabela 1: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização fisiológica do capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno verão de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Razão clorofila <i>a/b</i>	Clorofila Total	Temperatura foliar
Distância	3	7,735 ^{ns}	1,260 ^{ns}	0,373 ^{ns}	12,510 ^{ns}	3,830 ^{ns}
Espaçamento	1	52,403*	7,459*	0,485 ^{ns}	99,405*	0,090 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	2,645 ^{ns}	1,498 ^{ns}	0,316 ^{ns}	7,262 ^{ns}	0,974 ^{ns}
Fatorial	7	11,935 ^{ns}	2,248*	0,364 ^{ns}	22,675 ^{ns}	2,072 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	5,080 ^{ns}	9,263*	3,832*	28,062 ^{ns}	0,900 ^{ns}
Tratamentos	8	11,078 ^{ns}	3,124*	0,798*	23,348 ^{ns}	1,925 ^{ns}
Blocos	3	4,465 ^{ns}	2,395 ^{ns}	0,845*	9,859 ^{ns}	38,712*
Resíduo	24	8,743	0,871	0,261	12,733	2,554
Total	35					

Em que: GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 2: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização fisiológica do capim-marandu, dados da segunda avaliação – pleno inverno de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Razão clorofila <i>a/b</i>	Clorofila Total	Temperatura foliar
Distância	3	48,320 ^{ns}	8,193 ^{ns}	0,668 ^{ns}	95,324 ^{ns}	1,933 ^{ns}
Espaçamento	1	0,619 ^{ns}	0,245 ^{ns}	0,019 ^{ns}	1,643 ^{ns}	5,224*
Distância*Espaçamento	3	23,741 ^{ns}	4,323 ^{ns}	0,434 ^{ns}	47,873 ^{ns}	4,811*
Fatorial	7	30,972 ^{ns}	5,399 ^{ns}	0,475 ^{ns}	61,605 ^{ns}	3,637*
Adicional*Fatorial	1	11,301 ^{ns}	0,133 ^{ns}	0,444 ^{ns}	13,891 ^{ns}	2,934 ^{ns}
Tratamentos	8	28,513 ^{ns}	4,741 ^{ns}	0,471 ^{ns}	55,640 ^{ns}	3,549*
Blocos	3	50,515*	8,742 ^{ns}	1,191*	98,052 ^{ns}	1,076 ^{ns}
Resíduo	24	16,696	3,211	0,289	33,739	0,693
Total	35					

Em que: GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 3: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização fisiológica do capim-marandu, dados da terceira avaliação – pleno verão de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Razão clorofila <i>a/b</i>	Clorofila Total	Temperatura foliar
Distância	3	5,447 ^{ns}	2,402 ^{ns}	0,109 ^{ns}	14,526 ^{ns}	0,396 ^{ns}
Espaçamento	1	1,260 ^{ns}	0,735 ^{ns}	0,018 ^{ns}	3,920 ^{ns}	1,597 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	9,765 ^{ns}	10,234 ^{ns}	0,503 ^{ns}	36,891 ^{ns}	1,119 ^{ns}
Fatorial	7	6,699 ^{ns}	5,520 ^{ns}	0,265 ^{ns}	22,595 ^{ns}	0,878 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	49,294*	12,437 ^{ns}	0,119 ^{ns}	111,253 ^{ns}	7,350*
Tratamentos	8	12,024 ^{ns}	6,385 ^{ns}	0,247 ^{ns}	33,678 ^{ns}	1,687 ^{ns}
Blocos	3	25,542 ^{ns}	11,608 ^{ns}	0,374 ^{ns}	67,693 ^{ns}	6,282*
Resíduo	24	9,470	5,908	0,272	26,953	0,849
Total	35					

Em que: GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 4: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização fisiológica do capim-marandu, dados da terceira avaliação – pleno inverno de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio				
		Clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>b</i>	Razão clorofila <i>a/b</i>	Clorofila Total	Temperatura foliar
Distância	3	1,629 ^{ns}	1,164 ^{ns}	0,522 ^{ns}	4,882 ^{ns}	50,684*
Espaçamento	1	14,988 ^{ns}	7,605*	1,349 ^{ns}	43,945 ^{ns}	1,781 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	2,252 ^{ns}	1,590 ^{ns}	0,177 ^{ns}	7,572 ^{ns}	2,964 ^{ns}
Fatorial	7	3,804 ^{ns}	2,267 ^{ns}	0,492 ^{ns}	11,615 ^{ns}	23,246*
Adicional*Fatorial	1	60,959*	10,238*	0,645 ^{ns}	121,160*	17,676*
Tratamentos	8	10,949 ^{ns}	3,263*	0,512 ^{ns}	25,308 ^{ns}	22,550*
Blocos	3	6,697 ^{ns}	1,521 ^{ns}	0,410 ^{ns}	13,517 ^{ns}	3,161 ^{ns}
Resíduo	24	7,789	1,239	0,319	14,353	2,053
Total	35					

Em que: GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 5: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização agrônômica do capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno verão de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Altura	DDP	LF/C	Massa verde	MF/MS	Plantas m ²	PMS
Distância	3	1309,454*	1140,08 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1656418,6*	0,23*	14,12 ^{ns}	94,3*
Espaçamento	1	26,28 ^{ns}	392,00 ^{ns}	0,0 ^{ns}	332562,0 ^{ns}	0,00 ^{ns}	28,12 ^{ns}	35,9 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	140,78 ^{ns}	378,58 ^{ns}	0,0 ^{ns}	726302,4*	0,03 ^{ns}	19,46 ^{ns}	110,8*
Fatorial	7	625,28*	706,85 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1068675,0*	0,11*	18,41 ^{ns}	93,0*
Adicional*Fatorial	1	0,03 ^{ns}	193,39 ^{ns}	0,0 ^{ns}	958490,0*	1,32*	21,12 ^{ns}	270,3*
Tratamentos	8	547,12*	642,67 ^{ns}	0,0 ^{ns}	1054901,9*	0,26*	18,75 ^{ns}	115,2*
Blocos	3	91,43 ^{ns}	1314,41 ^{ns}	0,0 ^{ns}	601105,2*	0,02 ^{ns}	147,96*	44,6 ^{ns}
Resíduo	24	119,73	483,30	0,0	167065,9	0,03	29,05	24,3
Total	35							

Em que: DDP – densidade populacional de perfilhos, LF/C – lâmina foliar/colmo, MF/MS – material fresco/material seco, PMS – produção de matéria seca. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 6: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização agrônômica do capim-marandu - dados da segunda avaliação – pleno inverno de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Altura	DPP	LF/C	Massa verde	MF/MS	Plantas m ²	PMS
Distância	3	38,70 ^{ns}	268,28 ^{ns}	0,00 ^{ns}	40054,2 ^{ns}	0,03 ^{ns}	8,46 ^{ns}	15,4 ^{ns}
Espaçamento	1	13,78 ^{ns}	108,78 ^{ns}	0,00 ^{ns}	15680,0 ^{ns}	0,04 ^{ns}	6,12 ^{ns}	24,2 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	185,11 ^{ns}	195,36 ^{ns}	0,02 [*]	79902,5 ^{ns}	0,03 ^{ns}	7,12 ^{ns}	23,4 ^{ns}
Fatorial	7	97,89 ^{ns}	214,24 ^{ns}	0,01 ^{ns}	50650,0 ^{ns}	0,03 ^{ns}	7,55 ^{ns}	20,1 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	13434,34 [*]	175,36 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2298420,0 [*]	0,03 ^{ns}	8,68 ^{ns}	1290,1 [*]
Tratamentos	8	1764,94 [*]	209,44 ^{ns}	0,01 ^{ns}	331621,2 [*]	0,03 ^{ns}	7,69 ^{ns}	178,8 [*]
Blocos	3	1616,77 [*]	386,62 ^{ns}	0,01 ^{ns}	312892,9 [*]	0,06 [*]	9,30 ^{ns}	166,3 [*]
Resíduo	24	370,60	162,56	0,01	57930,5	0,01	3,55	27,3
Total	35							

Em que: DPP – densidade populacional de perfilhos, LF/C – lâmina foliar/colmo, MF/MS – material fresco/material seco, PMS – produção de matéria seca. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05). ns: não significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05).

Tabela 7: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização agrônômica do capim-marandu, dados da terceira avaliação – pleno verão de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Altura	DDP	LF/C	Massa verde	MF/MS	Plantas m ²	PMS
Distância	3	398,08 [*]	785,25 [*]	0,01 ^{ns}	342378,5 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,00 ^{ns}	71,1 [*]
Espaçamento	1	465,12 ^{ns}	392,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	636981,14 [*]	0,01 ^{ns}	0,00	0,1 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	235,04 ^{ns}	311,25 ^{ns}	0,00 ^{ns}	192100,3 ^{ns}	0,05 [*]	1,67 ^{ns}	20,3 ^{ns}
Fatorial	7	337,78 [*]	525,93 [*]	0,00 ^{ns}	360211,74 [*]	0,03 [*]	1,14 ^{ns}	39,2 [*]
Adicional*Fatorial	1	3094,22 [*]	2005,55 [*]	0,00 ^{ns}	51935,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	3,55 ^{ns}	20,7 ^{ns}
Tratamentos	8	682,34 [*]	710,88 [*]	0,00 ^{ns}	321677,15 [*]	0,03 [*]	1,44 ^{ns}	36,9 [*]
Blocos	3	24,84 ^{ns}	38,77 ^{ns}	0,00 ^{ns}	78397,31 ^{ns}	0,02 ^{ns}	4,89 ^{ns}	13,5 ^{ns}
Resíduo	24	128,90	143,21	0,00	94236,69	0,01	3,89	8,4
Total	35							

Em que: DPP – densidade populacional de perfilhos, LF/C – lâmina foliar/colmo, MF/MS – material fresco/material seco, PMS – produção de matéria seca. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05). ns: não significativo a 5% de probabilidade (p < 0,05).

Tabela 8: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de caracterização agrônômica do capim-marandu, dados da quarta avaliação – pleno inverno de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		Altura	DDP	F/C	Massa verde	MF/MS	Plantas m ²	PMS
Distância	3	148,78 ^{ns}	1469,61*	0,03*	21047,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,33 ^{ns}	5,74 ^{ns}
Espaçamento	1	205,03 ^{ns}	7,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}	4605,61 ^{ns}	0,03 ^{ns}	4,50 ^{ns}	1,31 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	41,19 ^{ns}	286,78 ^{ns}	0,01 ^{ns}	3061,21 ^{ns}	0,02 ^{ns}	1,500 ^{ns}	0,59 ^{ns}
Fatorial	7	110,71 ^{ns}	753,75*	0,02*	10990,07 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,29 ^{ns}	2,90 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	783,42*	116,28 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2482,73 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,89 ^{ns}	2,95 ^{ns}
Tratamentos	8	194,79*	674,06*	0,02*	9926,62 ^{ns}	0,02 ^{ns}	2,111 ^{ns}	2,90 ^{ns}
Blocos	3	327,58*	513,74 ^{ns}	0,01 ^{ns}	92863,83*	0,04 ^{ns}	15,85 ^{ns}	23,20*
Resíduo	24	53,68	263,37	0,01	12526,18	0,02	7,52	3,42
Total	35							

Em que: DPP – densidade populacional de perfilhos, LF/C – lâmina foliar/colmo, MF/MS – material fresco/material seco, PMS – produção de matéria seca. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 9: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica das folhas de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno verão de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	3,96 ^{ns}	3,47 ^{ns}	9,9 ^{ns}	17,42*	2,47 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,40 ^{ns}
Espaçamento	1	14,73*	17,51 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,73 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,55 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	3,59 ^{ns}	4,30 ^{ns}	11,2 ^{ns}	28,07*	3,87 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,98 ^{ns}
Fatorial	7	5,34 ^{ns}	5,83 ^{ns}	9,2 ^{ns}	19,57*	2,82 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,81 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	17,03*	49,48*	4,9 ^{ns}	6,08*	0,50 ^{ns}	0,80*	12,30*
Tratamentos	8	6,80*	11,28*	8,7 ^{ns}	17,89*	2,53 ^{ns}	0,15 ^{ns}	2,25*
Blocos	3	4,12 ^{ns}	22,87*	45,1 ^{ns}	0,65 ^{ns}	4,75 ^{ns}	0,51*	2,42 ^{ns}
Resíduo	24	2,61	4,44	15,1	0,53	2,40	0,10	0,94
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 10: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica das folhas de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno inverno de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	9,88 ^{ns}	10,11 ^{ns}	11,7 ^{ns}	0,52 ^{ns}	60,80 ^{ns}	0,37*	0,28 ^{ns}
Espaçamento	1	9,88 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,09 ^{ns}	44,96 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,30 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	2,02 ^{ns}	2,56 ^{ns}	7,1 ^{ns}	0,28 ^{ns}	71,76 ^{ns}	0,30*	0,19 ^{ns}
Fatorial	7	10,34 ^{ns}	5,47 ^{ns}	8,1 ^{ns}	0,36 ^{ns}	63,24 ^{ns}	0,29*	0,24 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	15,47 ^{ns}	29,50*	2,1 ^{ns}	2,55*	105,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	1,36 ^{ns}
Tratamentos	8	10,98 ^{ns}	8,48 ^{ns}	7,4 ^{ns}	0,63*	68,47 ^{ns}	0,26*	0,38 ^{ns}
Blocos	3	5,29 ^{ns}	3,12 ^{ns}	37,6*	0,27 ^{ns}	169,60*	0,04 ^{ns}	0,33 ^{ns}
Resíduo	24	9,94	5,95	11,7	0,21	35,61	0,09	0,37
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 11: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica das folhas de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno verão de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	5,62 ^{ns}	7,88 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,08 ^{ns}	6,23 ^{ns}	0,74 ^{ns}	18,54 [*]
Espaçamento	1	7,07 ^{ns}	2,51 ^{ns}	35,5 ^{ns}	1,27 ^{ns}	4,73 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	0,36 ^{ns}	2,83 ^{ns}	4,6 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,61 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,57 ^{ns}
Fatorial	7	3,57 ^{ns}	4,95 ^{ns}	7,6 ^{ns}	0,28 ^{ns}	3,61 ^{ns}	0,42 ^{ns}	8,18 [*]
Adicional*Fatorial	1	3,57 ^{ns}	54,47 [*]	75,9 [*]	0,34 ^{ns}	2,52 ^{ns}	1,07 ^{ns}	12,91 [*]
Tratamentos	8	3,57 ^{ns}	11,14 [*]	16,1 ^{ns}	0,29 ^{ns}	3,47 ^{ns}	0,50 ^{ns}	8,78 [*]
Blocos	3	3,15 ^{ns}	4,94 ^{ns}	8,0 ^{ns}	0,33 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,03 ^{ns}
Resíduo	24	2,86	3,75	11,6	0,56	2,61	0,29	1,68
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 12: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica das folhas de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno inverno de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	0,86 ^{ns}	2,01 ^{ns}	55,5 [*]	1,08 ^{ns}	59,90 ^{ns}	0,03 ^{ns}	1,11 ^{ns}
Espaçamento	1	1,60 ^{ns}	2,54 ^{ns}	6,6 ^{ns}	0,28 ^{ns}	62,55 ^{ns}	0,17 ^{ns}	5,74 [*]
Distância*Espaçamento	3	1,59 ^{ns}	5,06 ^{ns}	3,2 ^{ns}	0,26 ^{ns}	40,79 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,58 ^{ns}
Fatorial	7	1,28 ^{ns}	3,40 ^{ns}	26,1 ^{ns}	0,61 ^{ns}	52,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	1,98 [*]
Adicional*Fatorial	1	0,78 ^{ns}	18,75 ^{ns}	166,6 [*]	1,75 ^{ns}	0,75 ^{ns}	2,50 [*]	1,99 ^{ns}
Tratamentos	8	1,21 ^{ns}	5,32 ^{ns}	43,67 [*]	0,75 ^{ns}	45,67 ^{ns}	0,37 [*]	1,98 [*]
Blocos	3	4,56 [*]	8,22 ^{ns}	144,3 [*]	3,26 [*]	29,05 ^{ns}	0,12 ^{ns}	3,37 [*]
Resíduo	24	0,70	5,10	17,0	0,60	41,39	0,05	0,64
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 13: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica dos colmos de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno verão de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	18,83 ^{ns}	10,11 ^{ns}	5,8 ^{ns}	0,14 ^{ns}	5,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Espaçamento	1	9,88 ^{ns}	0,31 ^{ns}	2,3 ^{ns}	0,02 ^{ns}	9,82 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	2,02 ^{ns}	2,56 ^{ns}	4,8 ^{ns}	0,51 ^{ns}	6,69 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,00 ^{ns}
Fatorial	7	10,34 ^{ns}	5,47 ^{ns}	4,9 ^{ns}	0,28 ^{ns}	6,51 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	15,47 ^{ns}	29,50 [*]	13,1 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,09 [*]	1,23 [*]
Tratamentos	8	10,98 ^{ns}	8,47 ^{ns}	5,9 ^{ns}	0,25 ^{ns}	5,73 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}
Blocos	3	5,29 ^{ns}	3,12 ^{ns}	20,5 ^{ns}	0,39 ^{ns}	8,23 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Resíduo	24	9,94	5,95	8,7	0,44	4,57	0,02	0,18
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 14: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica dos colmos de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno inverno de 2016

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	4,53 ^{ns}	26,03 ^{ns}	9,4 ^{ns}	23,30*	84,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,15 ^{ns}
Espaçamento	1	24,85 ^{ns}	44,74*	2,2 ^{ns}	8,12*	134,15 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	4,23 ^{ns}	3,09 ^{ns}	2,2 ^{ns}	12,03*	129,34 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Fatorial	7	7,30 ^{ns}	18,87 ^{ns}	5,3 ^{ns}	16,30*	110,60 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	210,12*	79,72*	0,1 ^{ns}	8,56*	0,44 ^{ns}	0,85*	0,20 ^{ns}
Tratamentos	8	32,66*	26,48*	4,6 ^{ns}	15,33*	96,83 ^{ns}	0,14*	0,10 ^{ns}
Blocos	3	11,25 ^{ns}	23,52 ^{ns}	26,9*	1,91*	92,11 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Resíduo	24	6,98	8,83	4,6	0,63	57,76	0,05	0,14
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 15: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica dos colmos de capim-marandu, dados da primeira avaliação – plenoverão de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	6,09 ^{ns}	12,35 ^{ns}	5,6 ^{ns}	1,29 ^{ns}	15,45*	0,13 ^{ns}	4,28 ^{ns}
Espaçamento	1	4,74 ^{ns}	8,51 ^{ns}	23,5 ^{ns}	0,33 ^{ns}	5,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	5,13 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,11 ^{ns}	1,84 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,55
Fatorial	7	5,44 ^{ns}	6,68 ^{ns}	7,0 ^{ns}	0,62 ^{ns}	8,13*	0,16 ^{ns}	2,34 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	4,80 ^{ns}	3,87 ^{ns}	3,3 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,08 ^{ns}	1,02 ^{ns}
Tratamentos	8	5,33 ^{ns}	6,22 ^{ns}	6,4 ^{ns}	0,57 ^{ns}	7,14*	0,15 ^{ns}	2,11 ^{ns}
Blocos	3	6,10 ^{ns}	4,72 ^{ns}	38,7*	0,75 ^{ns}	0,36 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,13 ^{ns}
Resíduo	24	7,27	3,92	6,4	0,82	2,84	0,39	1,71
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Tabela 16: Resumo das análises de variâncias realizadas para as variáveis de composição químico-bromatológica dos colmos de capim-marandu, dados da primeira avaliação – pleno inverno de 2017

Fonte de variação	GL	Quadrado médio						
		FDA	FDN	K	MO	MS	P	PB
Distância	3	10,46 ^{ns}	32,72 ^{ns}	13,8 ^{ns}	5,52*	160,32 ^{ns}	0,32*	0,31 ^{ns}
Espaçamento	1	36,87 ^{ns}	83,72*	14,4 ^{ns}	1,34 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,31*	1,51 ^{ns}
Distância*Espaçamento	3	7,50 ^{ns}	18,39 ^{ns}	6,6 ^{ns}	0,93 ^{ns}	34,13 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Fatorial	7	12,96 ^{ns}	33,87 ^{ns}	10,8 ^{ns}	2,95*	83,36 ^{ns}	0,23*	0,51 ^{ns}
Adicional*Fatorial	1	319,52*	658,60*	165,5*	26,09*	133,35 ^{ns}	2,48*	0,40 ^{ns}
Tratamentos	8	51,28*	111,95*	30,2 ^{ns}	5,85*	89,61 ^{ns}	0,51*	0,49 ^{ns}
Blocos	3	1,33 ^{ns}	1,99 ^{ns}	4,0 ^{ns}	0,77 ^{ns}	245,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	1,42 ^{ns}
Resíduo	24	10,69	16,59	23,5	0,45	85,87	0,05	0,66
Total	35							

Em que: FDA – fibra em detergente ácido, FDN – fibra em detergente neutro, K – potássio, MO – matéria orgânica, MS – matéria seca, P – fósforo, PB – proteína bruta. GL: graus de liberdade. * significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). ^{ns}: não significativo a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).