

Capim-braquiária no sistema agrossilvipastoril sob diferentes arranjos de eucalipto

Cíntia Gonçalves Guimarães¹, Karina Guimarães Ribeiro², Maria Celuta Machado Viana³, Rosana Cristina Pereira⁴, José Barbosa dos Santos¹

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri/Faculdade de Ciências Agrárias. Diamantina, MG, Brasil. E-mail: cintiaguimaraes@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0002-2609-3909); jbarbosa@ufvjm.edu.br (ORCID: 0000-0002-5746-7248)

² Universidade Federal de Viçosa/Departamento de Zootecnia. Viçosa, MG, Brasil. E-mail: karina_ufrpe@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0002-1299-2807)

³ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais/Centro Tecnológico do Centro Oeste. Prudente de Morais, MG, Brasil. E-mail: mcv@epamig.br (ORCID: 0000-0002-0752-4224)

⁴ Instituto Federal Fluminense/Campus Bom Jesus. Bom Jesus do Itabapoana, RJ, Brasil. E-mail: rosanac_pereira@yahoo.com.br (ORCID: 0000-0002-6161-3252)

RESUMO: O sistema agrossilvipastoril é uma alternativa para formação ou recuperação de pastagens por meio da intensificação do uso da terra, haja vista que, no Brasil, grande parte destas pastagens encontra-se em diferentes estádios de degradação. Assim, objetivou-se avaliar a massa de forragem, altura, composição química e extração de minerais do Capim-braquiária no sistema agrossilvipastoril, em três arranjos de Eucalipto, sete idades de crescimento e em dois locais de amostragem, no delineamento casualizado em blocos. A massa de forragem, a altura e as extrações de minerais aumentaram linearmente com o avanço da idade de crescimento. Verificou-se que as alturas do Capim-braquiária foram elevadas para as baixas massas de forragem obtidas. As extrações de N, K, Ca, Mg e S aumentaram com o incremento da massa de forragem, que foi mais elevada no centro da entrelinha do arranjo (3 x 2) + 20 m. O Capim-braquiária apresentou massa de forragem baixa, sendo mais indicado o pastejo entre 38 e 52 dias após a colheita do Milho, sem comprometimento de sua composição química. A composição química da forrageira sob os diferentes arranjos atendeu aos parâmetros para obtenção de pasto de qualidade para a espécie no sistema agrossilvipastoril.

Palavras-chave: espaçamento; integração lavoura-pecuária-floresta; massa de forragem; *Urochloa decumbens*

Signal grass in the agroforestry system under different arrangements of eucalyptus

ABSTRACT: The agroforestry system is an alternative for pasture formation or recovery through intensified land use, since in Brazil a large part of these pastures are in different stages of degradation. The objective of this study was to evaluate the forage mass, height, chemical composition and mineral extraction of signal grass in the agroforestry system, three Eucalyptus arrangements, seven growth ages and two sampling sites, in the design in randomized blocks. Forage mass, height and mineral extractions increased linearly with the advancement of the growing age. It was verified that the height of the signal grass was high for the low forage masses obtained. The extractions of N, K, Ca, Mg and S increased with the increment of the forage mass, which was higher in the center of the line of the arrangement (3 x 2) + 20 m. The signal grass presented a low forage mass, being more indicated the grazing between 38 and 52 days after the corn harvest, without compromising its chemical composition. The chemical composition of the forage under the different arrangements met the parameters to obtain quality pasture for the species in the agroforestry system.

Key words: spacing; integrated crop-livestock-forest; forage mass; *Urochloa decumbens*

Introdução

As pastagens ocupam boa parte do território brasileiro, a maioria delas se encontram degradadas ou em algum estágio de degradação. Assim, para contornar esses problemas, a consorciação de árvores, espécies agrícolas e forrageiras por meio de adoção de sistemas agrossilvipastoris despontam como uma opção viável na recuperação e renovação dessas áreas (Moraes et al., 2014). Este potencial relaciona-se com a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Macedo, 2009), proporcionando a elevação dos teores de matéria orgânica e cobertura eficiente do solo ao longo do ano (Bravin & Oliveira, 2014).

Por outro lado, a escolha certa das espécies vegetais que irão compor o conjunto do sistema agrossilvipastoril é um requisito fundamental para seu êxito de forma sustentável (Balbino et al., 2011). Dessa maneira, a forrageira deve ser produtiva, tolerante ao sombreamento e adaptada às condições edafoclimáticas do local de implantação (Soares et al., 2009), além de apresentar adequado valor nutricional. Dentre as gramíneas as mais utilizadas em sistemas consorciados se destacam *Urochloa spp.* (Syn. *Brachiaria spp.*) e *Panicum maximum* (Jacq.) (Vilela et al., 2011).

Estudo realizado por Coelho et al. (2014), com Capim-braquiária, ao trabalharem com diferentes arranjos espaciais de Eucalipto, locais de amostragem e idades de corte, não observaram efeito na massa de forragem no centro da entrelinha e sob a copa das árvores. Outro trabalho com *Urochloa decumbens* em sistema agrossilvipastoril, após a colheita do Milho, sob diversas espécies arbóreas, Paciullo et al. (2011), encontraram maior teor proteico no Capim sob a copa das árvores e não verificaram influência do componente arbóreo para os teores de FDN na espécie forrageira.

Considerando a necessidade de se conhecer os potenciais produtivos e nutricionais do Capim-braquiária no sistema agrossilvipastoril, para que possa obter sucesso na implantação do consórcio, conseqüentemente afetando a produção animal, objetivou-se avaliar a massa de forragem, altura, composição química e a extração de minerais do Capim-braquiária sob três arranjos de Eucalipto, em diferentes idades de crescimento após a colheita do Milho, no centro da entrelinha e sob a projeção da copa das árvores, no sistema agrossilvipastoril.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental de Santa Rita/EPAMIG, município de Prudente de Morais, Minas Gerais, localizada a 19°27'15"S e 44°09'11"W e 732 m de

altitude. O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw, com estação seca de maio a outubro e úmida de novembro a abril. A precipitação acumulada durante o período de crescimento do Capim-braquiária (1/03/2010 a 20/04/2010) foi 246 mm e as temperaturas máxima e mínima estiveram entre 30,4 e 16,5 °C, respectivamente.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, textura argilosa (Embrapa, 2006), e os resultados da análise físico-química do solo da área experimental nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm são apresentados na Tabela 1.

Para compor o sistema agrossilvipastoril foram utilizados o clone GG 100 oriundo do cruzamento *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden x *E. urophylla* S. T. Blake, o Milho híbrido BRS 3060 e o Capim-braquiária (*Urochloa decumbens* Stapf. cv. Basilisk). As espécies agrícola e forrageira foram plantadas em novembro do ano de 2009.

Utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas, no delineamento casualizado em blocos, com três repetições. Nas parcelas distribuíram-se os três arranjos de Eucalipto, sendo dois em linhas duplas [(3 x 2) + 20 m e (2 x 2) + 9 m], com o primeiro número referente à distância entre as linhas de árvores, o segundo à distância entre as árvores e o terceiro à distância entre as faixas de árvores; e um arranjo em linha simples (9 x 2 m para o Eucalipto, com o Capim-braquiária cultivado nas entrelinhas) (Figura 1). Nas subparcelas foram alocadas as idades de crescimento do Capim-braquiária (10, 17, 24, 31, 38, 45 e 52 dias após a colheita do Milho para silagem) e, nas subsubparcelas os locais de amostragem (centro da entrelinha e sob a projeção da copa do Eucalipto).

O experimento foi implantado em área de pastagem degradada, com predominância do Capim-braquiária. Inicialmente, plantaram-se as mudas de Eucalipto, utilizando-se gel hidratado, com sentido predominante leste-oeste. A adubação de plantio consistiu da aplicação de 150 g cova⁻¹ de adubo formulado NPK 10-28-06 + 0,3% Boro (B) + 0,5% de Zinco (Z), sendo distribuída metade de cada lado da muda. As mudas foram irrigadas com quatro litros de água por cova, duas vezes por semana, até o completo pegamento. No início do período chuvoso foi realizada a adubação de

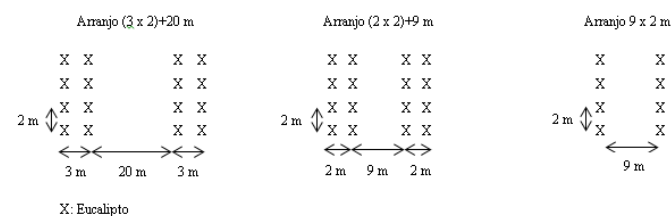


Figura 1. Esquema dos arranjos de Eucalipto no sistema agrossilvipastoril.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, EPAMIG 2008.

Prof. cm	pH	H+Al	Al	Ca	Mg	K	P	M.O.	Areia	Silte	Argila
		cmol _c dm ⁻³			mg dm ⁻³		dag kg ⁻¹	%			
0-20	5,4	7,5	0,2	3,2	0,7	70,3	3,7	4,3	20	13	67
20-40	5,3	7,6	0,6	2,5	0,5	56,7	3,7	4	20	11	69

M.O. = Matéria orgânica, método Walkley e Black.

cobertura do Eucalipto, com 150 g planta⁻¹ da formulação 20-00-20, bem como o coroamento das plantas para reduzir a competição com o Capim-braquiária. As avaliações do Capim-braquiária foram realizadas no segundo ano (2010) da implantação do sistema agrossilvipastoril.

Posteriormente, o pasto foi dessecado, utilizando-se o herbicida Glifosato na dose de 1,8 kg do ingrediente ativo (i.a.) ha⁻¹, para efetuar o plantio do Milho, juntamente com o Capim-braquiária, ambos semeados no sistema de plantio direto. A semeadora foi regulada buscando-se um estande de 55.000 plantas ha⁻¹ de Milho e utilizou-se 10 kg ha⁻¹ de sementes da forrageira. O plantio foi realizado mantendo-se uma distância mínima de 1,50 m das linhas de Eucalipto. As adubações de plantio e de cobertura consistiram, respectivamente, de 350 kg ha⁻¹ de 08-28-16 + 0,5% de Zn e 400 kg ha⁻¹ de 25-00-25. Aplicou-se uma subdose do herbicida Nicosulfuron 10 g do i.a. ha⁻¹ para retardar o crescimento do Capim-braquiária e minimizar a competição por água, luz e nutrientes com o Milho.

A colheita do Milho para silagem foi realizada aos 108 dias após o plantio, com o teor de matéria seca na planta próximo a 300 g kg⁻¹. A primeira amostragem do Capim-braquiária foi realizada 10 dias após a colheita do Milho e as demais em intervalos semanais, totalizando sete semanas de amostragem, todas a 10 cm do solo, em área de 1 m², colhendo-se amostras de três quadros de 1 m² em cada local de amostragem. As amostragens foram realizadas nas entrelinhas e sob a projeção da copa de Eucalipto, a 2,0 m das árvores. Antes de cada colheita, mediu-se a altura das plantas do Capim, obtida a partir do nível do solo até a curvatura das folhas, fazendo-se a média de três alturas dentro do quadro de 1 m².

Todas as amostras do Capim-braquiária foram pesadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 55 °C, até peso constante e, posteriormente, pesadas e moídas em moinho tipo Willey, com peneira de 1 mm, e acondicionadas em recipientes de vidro para avaliações posteriores. As avaliações da parte aérea (planta inteira) do Capim-braquiária consistiram das seguintes variáveis: massa de

forragem (MF), altura de plantas, teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN) e proteína bruta (PB) de acordo com Silva & Queiroz (2002), além dos teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) (Malavolta et al., 1997). O N foi determinado pelo método analítico Kjeldahl, e a determinação dos outros macronutrientes foi realizada por meio da digestão nitroperclórica, para obtenção de extrato para determinação do P, K, Ca, Mg e S. O P foi mensurado por colorimetria, utilizando-se o espectrofotômetro digital; K por fotometria de chama; Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica e S por turbidimetria, com o uso de espectrofotômetro digital, segundo Malavolta et al. (1997). As extrações de N, P, K, Ca, Mg e S pelo Capim-braquiária foram estimadas pelo produto do teor no tecido vegetal e a massa de forragem (MF).

Os dados foram submetidos à análise de variância, quando houve significância do Teste F dos arranjos de Eucalipto utilizou-se o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade, e para as variáveis quantitativas aplicou-se a análise de regressão. Todas as análises foram realizadas por meio do programa SISVAR (Ferreira, 2011). Os ajustes dos dados às equações testadas para explicar a variação das variáveis independentes analisadas (arranjos de Eucalipto, idades de crescimento e locais de amostragem), levou em consideração o coeficiente de determinação (R²), quando este foi superior a 0,60 houve adequado ajuste dos dados.

Resultados e Discussão

Houve efeito simples de idades de crescimento, sobre as variáveis MF, os teores de MS, FDN, PB, N, P e Ca e a extração de N, Ca, K, Mg e S do Capim-braquiária cultivado sob três arranjos de Eucalipto e amostrado no centro da entrelinha e sob a projeção das copas do Eucalipto (Tabelas 2 e 3).

A MF aumentou linearmente com o avanço da idade de crescimento, entretanto, as massas obtidas foram baixas (aproximadamente 1600 kg MS ha⁻¹) e está aquém da

Tabela 2. Massa de forragem (MF), teores de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro (FDN), proteína bruta (PB), nitrogênio (N), fósforo (P) e cálcio (Ca) e extração de N, Ca, K, Mg e S do Capim-braquiária em função das idades de crescimento (dias após a colheita do milho).

Variáveis	Idades de crescimento						
	10	17	24	31	38	45	52
MF (kg ha ⁻¹)	392	602	768,5	1023,5	1345,6	1614,3	1603,5
MS (g kg ⁻¹)	224,6	200,3	201,3	218,3	195,4	228,9	233,7
FDN (g kg ⁻¹)	676,1	666,2	635,2	683,2	706,9	674,2	678
PB (g kg ⁻¹)	100,7	123,5	128,1	112,3	110,2	110,6	103
N (g kg ⁻¹)	16,1	19,8	20,5	18	17,6	17,7	16,5
P (g kg ⁻¹)	1,9	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,1
Ca (g kg ⁻¹)	4,6	4,8	4,8	3,6	3,8	5,1	5,8
N (kg ha ⁻¹)	6,2	11,7	15,3	17,6	22,9	27,2	23,5
Ca (kg ha ⁻¹)	1,8	2,9	3,7	3,7	5,1	8,1	8,1
K (kg ha ⁻¹)	9,6	16,6	20,7	28,3	36,7	38,7	36,6
Mg (kg ha ⁻¹)	0,9	1,8	1,7	2,5	3,4	4,3	4,1
S (kg ha ⁻¹)	0,7	1,2	1,4	1,7	2,4	2,9	2,3

Tabela 3. Equações de regressão e coeficientes de determinação (R^2), do Capim-braquiária em função das idades de crescimento (dias após a colheita do milho).

Variáveis	Equações de regressão	R^2	EPM
MF (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 111,045 + 29,626X$	0,94	114,41
MS (g kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 265,73 - 5,834X + 0,158X^2 - 0,011X^3$	0,61	5,69
FDN (g kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 782,293 - 15,695X + 0,589X^2 - 0,006X^3$	0,48	4,80
PB (g kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 40,130 + 8,796X - 0,284X^2 + 0,003X^3$	0,80	2,16
N (g kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 6,420 + 1,407X - 0,045X^2 + 0,00004X^3$	0,80	0,35
P (g kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 1,517 + 0,059X - 0,0009X^2$	0,83	0,10
Ca (g kg ⁻¹)	$\hat{Y} = 3,396 + 0,223X - 0,012X^2 + 0,00002X^3$	0,79	0,14
N (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 3,4616 + 0,4613X$	0,90	1,83
Ca (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = -0,0747 + 0,1563X$	0,91	0,51
K (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 4,3899 + 0,7214X$	0,92	2,91
Mg (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,0847 + 0,0832X$	0,95	0,25
S (kg ha ⁻¹)	$\hat{Y} = 0,3644 + 0,0463X$	0,87	0,21

EPM = erro padrão da média.

recomendada por Hodgson (1990), que é de 2000 kg MS ha⁻¹ para garantir adequada ingestão de MS pelos animais em pastejo. Esse baixo valor de MF pode ser parcialmente justificado pela competição da braquiária com o milho, o qual foi cultivado na mesma área, além de não ter sido realizada uma adubação para o Capim-braquiária após a colheita do Milho. Resultados menores de MF de Capim-braquiária ao presente trabalho foram encontrados por Coelho et al. (2014), ao trabalharem com diferentes arranjos espaciais, locais de amostragem e idades de corte, onde obtiveram média de 440 kg MS ha⁻¹ e os intervalos de corte variaram de 35 a 63 dias. Esses baixos resultados obtidos podem ser atribuídos ao fato das forrageiras tropicais, serem classificadas como plantas de metabolismo do tipo C₄, o que demandam quantidade de energia luminosa maior para seu desenvolvimento, por isso, mesmo com o avanço da idade de crescimento, a massa de forragem do Capim-braquiária ainda foi considerada baixa, uma vez que foi cultivada em sistema agrossilvipastoril.

Para o teor de MS, observou-se efeito cúbico com o avanço das idades de crescimento (Tabelas 2 e 3). A redução inicial no teor de MS pode ser atribuída ao incremento de tecidos jovens nas primeiras semanas após a colheita do Milho e, posteriormente, houve seu aumento com o avanço da maturidade. O teor de MS não foi influenciado pelos arranjos nem pelos locais de amostragem, obtendo-se média de 214,6 g kg⁻¹, para os três arranjos e os dois locais de amostragem estudados.

Os teores de N e PB foram mais elevados sob a projeção da copa de Eucalipto, esse fato pode ser associado ao retardamento no desenvolvimento ontogenético de plantas cultivadas em sombreamento, tendendo estas ao prolongamento da fase vegetativa juvenil, permitindo a manutenção dos níveis metabólicos mais elevados por maior período de tempo (Sousa et al., 2010). Diversos autores (Paciullo et al., 2007; Sousa et al., 2007; Soares et al., 2009) observaram que o teor de PB aumenta com o sombreamento em gramíneas.

Da mesma forma observada para os locais de amostragem, os arranjos do Eucalipto promoveram efeitos significativos nos

teores de N e PB. Foram observados teores mais elevados nos plantios mais adensado, com teores médios de 16,4 e 102,3 g kg⁻¹ no arranjo (3 x 2) + 20 m; 18,4 e 115,0 g kg⁻¹ no arranjo (2 x 2) + 9 m e 19,3 e 120,5 g kg⁻¹ no 9 x 2 m, respectivamente para N e PB. Pode-se atribuir o menor teor de N e PB no arranjo de maior espaçamento a um efeito de diluição, pois nesse arranjo também se observou maior massa de forragem (MF) (Tabela 4), enquanto nos outros arranjos houve o efeito de concentração, com teores de N e PB mais elevados.

Não se verificou efeito de arranjos nem de locais de amostragem para os teores de FDN, obtendo-se média de 674,3 g kg⁻¹, concordando com Moreira et al. (2009), que também não observaram efeito do sombreamento no teor de FDN. Provavelmente, não houve aumento na produção de colmos nas plantas sombreadas, o que ocasionaria aumento de parede celular. Entretanto, Lin et al. (2001), ao avaliarem o efeito do sombreamento no teor de FDN em diferentes espécies forrageiras, constataram pequena variação.

As idades de crescimento influenciaram o teor de FDN, entretanto, não houve adequado ajuste dos dados a equação (Tabelas 2 e 3), devido ao R^2 inferior a 0,60. Os valores registrados são condizentes com os valores apresentados na literatura (Paciullo et al., 2011; Coelho et al., 2014) para essa forrageira, apresentando um aspecto vantajoso, pois segundo Van Soest (1994), os teores desses constituintes da parede celular estão correlacionados negativamente com ingestão e taxas de enchimento e passagem do alimento no sistema digestivo dos ruminantes.

Para o N e PB, obteve-se resposta cúbica em função das idades de crescimento (Tabelas 2 e 3). Algum fator de estresse, como o déficit hídrico ou temperaturas mais baixas, em determinados momentos, pode ter influenciado a absorção do N, resultando em comportamento cúbico. Coelho et al. (2014) verificaram respostas diferente ao presente trabalho, observando resposta linear decrescente de PB de Capim-braquiária em função dos intervalos de corte no sistema silvipastoril.

Não houve efeito dos arranjos de Eucalipto e dos locais de amostragem nos teores de P e Ca, obtendo-se médias respectivas, de 2,3 e 4,6 g kg⁻¹. Oliveira et al. (2007) também não encontraram efeito dos arranjos de Eucalipto estudados [(3 x 3) + 10 m; (3 x 4) + 7 m; (3 x 4) + 10 m; (3 x 4) + 7 + 10 m; (3 x 3) + 15 m; 10 x 3 m e 10 x 4 m] e obtiveram média de 1,4 g kg⁻¹ de P para *U. brizantha* cv. Marandu, abaixo da encontrada no presente estudo para a *U. decumbens*.

As idades de crescimento influenciaram o teor de P, com resposta quadrática (Tabelas 2 e 3), com teor mais elevado (2,5 g kg⁻¹) obtido aos 33 dias após a colheita do Milho. Já os teores de Ca variaram em função das idades de crescimento de forma cúbica (Tabelas 2 e 3). Porém, Costa et al. (2004), ao estudarem *U. brizantha* cv. Marandu com e sem sombreamento por seringueira adulta em cinco idades de corte (28, 42, 56, 70 e 84 dias), obtiveram decréscimo no teor de Ca com o avanço das idades, nos tratamentos com e sem sombreamento variando entre 0,44 a 0,31% e entre 0,29 a 0,23%, respectivamente.

Nas extrações de N, K, Ca, Mg e S observou-se resposta linear crescente em função das idades de crescimento (Tabelas 2 e 3), o que pode ser atribuído ao aumento linear na MF, haja vista que a extração desses macronutrientes é estimada pelo produto da MF e do teor dos respectivos macronutrientes. Assim, essas extrações variaram, em ordem decrescente: de 11,6 a 41,9 kg ha⁻¹ de K; 8,1 a 27,4 kg ha⁻¹ de N; 1,5 a 8,1 kg ha⁻¹ de Ca; 0,9 a 4,4 kg ha⁻¹ de Mg e 0,8 a 2,8 kg ha⁻¹ de S.

A interação entre arranjos de Eucalipto e locais de amostragem foi significativa para a MF, altura, teores de Ca e S e extração de N, K, Ca e Mg no Capim-braquiária (Tabela 4). Verificou-se que a maior MF (1638,5 kg MS ha⁻¹) ocorreu no centro da entrelinha, no arranjo com maior espaçamento (3 x 2) + 20 m, indicando maior disponibilidade e maior resposta do Capim-braquiária à radiação solar, o que também pode estar relacionado com a menor competição com o Eucalipto. Nos demais arranjos de Eucalipto [(2 x 2) + 9 m e 9 x 2 m] não se observou diferença entre os locais de amostragem. Sob a projeção da copa do Eucalipto, não se observou diferença significativa para as médias de MF entre os três arranjos, com média de 933,2 kg ha⁻¹.

Estudo de Sousa et al. (2007) demonstraram a ocorrência de redução na produção de forragem sob sombreamento, em razão da acentuada redução das taxas fotossintéticas de gramíneas de ciclo C₄. Resultado semelhante foi encontrado por Rodrigues et al. (2014) no qual verificaram maior MF de Capim-braquiária no centro da entrelinha no sistema agrossilvipastoril.

A altura do Capim-braquiária variou conforme as interações (arranjos de Eucalipto e locais de amostragem) (Tabela 4) e entre as idades de crescimento e locais de amostragem (Tabela 5). Da mesma forma observada para a MF, a maior altura de plantas foi obtida no centro da entrelinha de Eucalipto e no arranjo de (3 x 2) + 20 m, nos demais arranjos e sob a copa de eucalipto, não se observou diferença entre os três arranjos de eucalipto, com altura média de 52 cm.

Já no arranjo de (2 x 2) + 9 m, a maior altura foi obtida sob a copa de Eucalipto, podendo atribuir ao estiolamento do Capim-braquiária submetido ao maior sombreamento, que remete o mecanismo compensatório utilizado pelas plantas pela busca por luz, quando ocorre menor incidência de radiação solar. Semelhante a este trabalho, Martuscello et al. (2009) observaram aumento da altura de gramíneas com o sombreamento. Entretanto, no arranjo de 9 x 2 m, não houve diferença entre os sombreamentos.

Houve efeito da interação entre arranjos de Eucalipto e locais de amostragem para teores de Ca e S (Tabela 4). Nota-se que não houve efeito do sombreamento nos teores de Ca e S dentro dos arranjos (3 x 2) + 20 m e 9 x 2 m, enquanto no (2 x 2) + 9 m os teores foram mais elevados no centro da entrelinha. Nos locais de amostragem verificou-se que, no centro da entrelinha, os menores teores foram encontrados no arranjo de (3 x 2) + 20 m, que apresentou a maior MF, evidenciando um efeito de diluição nos teores de Ca e S. Sob a projeção da copa de Eucalipto, o teor de Ca foi mais elevada no arranjo 9 x 2 m, e para o S não houve diferença significativa entre arranjos.

Tabela 4. Massa de forragem (MF), altura, teores de cálcio (Ca) e enxofre (S) e extração de nitrogênio (N), potássio (K), Ca e magnésio (Mg) do Capim-braquiária sob três arranjos de Eucalipto, em dois locais de amostragem.

Locais de amostragem	Arranjos de Eucalipto			EPM
	(3 x 2) + 20 m	(2 x 2) + 9 m	9 x 2 m	
MF (kg ha ⁻¹)				
Centro da entrelinha	1638,5 Aa	745,8 Ab	992,9 Ab	110,0
Sob projeção da copa	952,3 Ba	925,0 Aa	922,2 Aa	
Altura (cm)				
Centro da entrelinha	56,9 Aa	47,7 Bb	51,7 Ab	1,93
Sob projeção da copa	52,6 Ba	52,0 Aa	51,2 Aa	
Ca (g kg ⁻¹)				
Centro da entrelinha	4,2 Ab	4,7 Aa	4,9 Aa	0,1
Sob projeção da copa	4,5 Ab	4,3 Bb	5,0 Aa	
S (g kg ⁻¹)				
Centro da entrelinha	1,6 Ab	2,1 Aa	2,1 Aa	0,1
Sob projeção da copa	1,8 Aa	1,8 Ba	1,9 Aa	
N (kg ha ⁻¹)				
Centro da entrelinha	25,71Aa	14,08Ab	19,22Ab	1,67
Sob projeção da copa	15,45Ba	15,59Aa	16,54Aa	
K (kg ha ⁻¹)				
Centro da entrelinha	38,17Aa	21,06Ab	28,51Ab	2,54
Sob projeção da copa	23,94Ba	23,92Aa	24,92Aa	
Ca (kg ha ⁻¹)				
Centro da entrelinha	6,87Aa	3,60Ab	5,00Aab	0,57
Sob projeção da copa	4,23Ba	4,25Aa	4,68Aa	
Mg (kg ha ⁻¹)				
Centro da entrelinha	3,58Aa	1,93Ab	3,07Aa	0,27
Sob projeção da copa	2,10Ba	2,38Aa	2,92Aa	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste F (p ≥ 0.05). E minúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey (p ≥ 0.05). EPM = erro padrão da média.

No desdobramento entre arranjos de Eucalipto e locais de amostragem para a extração de N, K, Ca e Mg pelo Capim-braquiária (Tabela 4), verificou-se comportamento semelhante ao da MF, detectando que no centro da entrelinha de Eucalipto obteve-se maior extração no arranjo de (3 x 2) + 20 m, exceto para o Ca e Mg, onde não se percebeu diferença entre os arranjos (3 x 2) + 20 m e 9 x 2 m. Sob a copa de Eucalipto, não houve efeito de arranjos. Entre os arranjos houve diferença entre as avaliações efetuadas no centro da entrelinha e sob a projeção da copa do Eucalipto no arranjo (3 x 2) + 20 m, com valores superiores obtidos na entrelinha.

Considerando a interação entre idades de crescimento e locais de amostragem (Tabela 5), observou-se resposta linear crescente da altura do Capim-braquiária em função das idades de crescimento em ambos os locais de amostragem, o que está consistente com o aumento da MF.

As alturas do Capim-braquiária variaram de 23,7 a 80,5 cm e de 27,1 a 76,8 cm, no centro da entrelinha e sob a copa do Eucalipto, respectivamente, evidenciando plantas altas, porém com reduzidas MF. Esse fato pode ser explicado devido ao sombreamento das plantas, as quais podem apresentar aumento de sua área foliar específica, tornando-se maiores, porém, menos pesadas não resultando em maiores produtividades de MF (Martuscello et al., 2009).

Tabela 5. Alturas (cm) do Capim-braquiária em função das idades de crescimento (dias após a colheita do Milho) e locais de amostragem (centro da entrelinha e sob a copa das árvores), equações de regressão e coeficientes de determinação (R²).

Locais de amostragem	Idades de crescimento							R ²	EPM
	10	17	24	31	38	45	52		
Centro	22,2	29,5	42,5	57,8	66,4	71,8	74,3	0,96	1,93
Sob a copa	21,7	38,5	43,3	54,1	65,5	69,8	70,8	0,95	

EPM = erro padrão da média.

Equação de regressão no centro: $\hat{Y} = 10,139 + 1,353X$.

Equação de regressão sob a copa: $\hat{Y} = 15,229 + 1,185X$.

A interação entre arranjos de Eucalipto e idades de crescimento foi significativa para o teor de Mg (Tabela 6). Observou-se efeito das idades de crescimento dentro dos arranjos de Eucalipto, porém, não houve adequado ajuste dos dados às equações para os arranjos de (3 x 2) + 20 m e (2 x 2) + 9 m, devido ao R² inferior a 0,60. Nota-se maior teor de Mg no arranjo de 9 x 2 m, o que condiz com o efeito de concentração na menor MF, entretanto não se observou esse efeito no arranjo de (2 x 2) + 9 m, que também proporcionou menor MF. Oliveira et al. (2007), encontraram efeito dos arranjos do Eucalipto e localização no sub-bosque para os teores de Mg de *U. brizantha* cv. Marandu em sistema agrossilvipastoril.

Para o teor de K e a extração do P observou-se efeito da interação tripla. Observou-se que, para o K, nos arranjos de Eucalipto de 9 x 2 m, no centro da entrelinha de Eucalipto, (3 x 2) + 20 m e 9 x 2 m, sob a copa de Eucalipto, não houve adequado ajuste dos dados a equação, devido o R² ser igual a 0,60, verificando-se teores médios de K de 28,5; 25,8 e 26,9

g kg⁻¹, respectivamente. Para os arranjos de (3 x 2) + 20 m no centro da entrelinha e (2 x 2) + 9 m, sob a copa, detectaram-se respostas cúbicas e para o arranjo (2 x 2) + 9 m, no centro da entrelinha de Eucalipto, resposta quadrática em função das idades de crescimento, com teores máximos de K de 28,5; 28,3 e 30,2 g kg⁻¹ aos 21; 10 e 37 dias, respectivamente (Tabelas 7 e 8). Costa et al. (2004) avaliando *U. brizantha* cv. Marandu com e sem sombreamento por seringueira adulta, em cinco idades de corte (28, 42, 56, 70 e 84 dias), observaram decréscimo no teor de K com o avanço das idades, nos tratamentos com e sem sombreamento, que variaram de 2,19 a 1,89% e de 1,63 a 1,50%, respectivamente. Efeito contrastante foi observado por Oliveira et al. (2007), em que não encontraram efeito dos arranjos do Eucalipto para o teor de K de *U. brizantha* cv. Marandu em sistema agrossilvipastoril.

Para a extração de P (kg ha⁻¹) não houve adequado ajuste dos dados a equação para o arranjo (3 x 2) + 20 m sob a copa de Eucalipto, obtendo-se média de 1,9 kg ha⁻¹ (Tabela

Tabela 6. Teores médios de magnésio (Mg) (g kg⁻¹ MS) do Capim-braquiária em função dos arranjos de Eucalipto e das idades de crescimento (dias após a colheita do Milho), equações de regressão e coeficientes de determinação (R²).

Arranjos de Eucalipto	Idades de crescimento							R ²	EPM
	10	17	24	31	38	45	52		
(3 x 2) + 20 m	2,4	2,8	2,2	2,5	2,1	2,4	2,6	0,47	0,2
(2 x 2) + 9 m	2,3	3,1	2,3	2,4	2,8	2,8	2,8	0,14	
9 x 2 m	3,3	3,1	2,5	3,3	3,0	3,7	3,6	0,66	

EPM = erro padrão da média.

Equação de regressão (3 x 2) + 20 m: $\hat{Y} = 1,661 + 0,128X - 0,005X^2 + 0,00006X^3$.

Equação de regressão (2 x 2) + 9 m: $\hat{Y} = 2,007 + 0,068X - 0,002X^2 + 0,00003X^3$.

Equação de regressão 9 x 2 m: $\hat{Y} = 4,969 - 0,230X + 0,007X^2 - 0,00007X^3$.

Tabela 7. Teor médio de potássio (K) e extração de fósforo (P) em função das idades de crescimento (dias após a colheita do Milho), nas combinações de arranjos de Eucalipto e locais de amostragem.

Arranjos de Eucalipto e locais de amostragem	Idades de crescimento						
	10	17	24	31	38	45	52
K (g kg ⁻¹ MS)							
(3 x 2) + 20 m centro	24,9	28,2	26,7	28,8	23,5	22,2	23,1
(3 x 2) + 20 m sob copa	24	24,8	27,6	26,4	27,1	22,7	27,8
(2 x 2) + 9 m centro	21,4	27,3	30,1	30,6	29,9	27,3	31,1
(2 x 2) + 9 m sob copa	28,9	26,3	28,5	29,2	30,3	24,5	23,3
9 x 2 m centro	26,2	29,5	28,4	31,2	28,1	27,9	28,5
9 x 2 m sob copa	25,9	30,2	26,4	30,1	28,5	22,5	24,8
P (kg ha ⁻¹)							
(3 x 2) + 20 m centro	1,1	1,5	2,2	3	4,8	4,8	3,6
(3 x 2) + 20 m sob copa	0,5	1,2	1,9	2,5	1,5	3,5	1,9
(2 x 2) + 9 m centro	0,6	1,2	1,3	1,7	2,4	1,8	2
(2 x 2) + 9 m sob copa	0,6	0,9	1,3	1,3	2	3,4	2,3
9 x 2 m centro	0,7	1,6	1,7	2,2	2,8	4,1	3,6
9 x 2 m sob copa	0,8	2	1,5	1,9	3,7	2,9	2,4

Tabela 8. Equações de regressão e coeficiente de determinação (R^2), em função das idades de crescimento (dias após a colheita do Milho), nas combinações de arranjos de Eucalipto e locais de amostragem.

Locais de amostragem	Equações de regressão	R^2	EPM
K (g kg ⁻¹ MS)			
(3 x 2) + 20 m centro	$\hat{Y}=12,331+1,806X-0,062X^2+0,0006X^3$	0,79	1,6
(3 x 2) + 20 m sob copa	$\hat{Y}=12,695+1,522X-0,051X^2+0,0005X^3$	0,43	
(2 x 2) + 9 m centro	$\hat{Y}=16,285+0,747X-0,010X^2$	0,71	
(2 x 2) + 9 m sob copa	$\hat{Y}=32,748-0,738X+0,034X^2-0,0005X^3$	0,73	
9 x 2 m centro	$\hat{Y}=17,761+1,181X-0,036X^2+0,0003X^3$	0,60	
9 x 2 m sob copa	$\hat{Y}=16,628+1,325X-0,042X^2+0,0004X^3$	0,52	
P (kg ha ⁻¹)			
(3 x 2) + 20 m centro	$\hat{Y}=-1,4263+0,2312X-0,0024X^2$	0,83	0,47
(3 x 2) + 20 m sob copa	$\hat{Y}=-1,1003+0,1762X-0,0022X^2$	0,60	
(2 x 2) + 9 m centro	$\hat{Y}=-0,3781+0,1072X-0,0012X^2$	0,86	
(2 x 2) + 9 m sob copa	$\hat{Y}=-0,0320+0,0553X$	0,75	
9 x 2 m centro	$\hat{Y}=0,0365+0,0758X$	0,91	
9 x 2 m sob copa	$\hat{Y}=1,7586-0,1617X+0,0099X^2-0,0001X^3$	0,72	

EPM = erro padrão da média.

8). Entretanto, para os arranjos (3 x 2) + 20 m no centro da entrelinha e sob a copa das árvores e (2 x 2) + 9 m no centro, observou-se comportamento quadrático. Nos arranjos (2 x 2) + 9 m sob a copa e 9 x 2 m no centro da entrelinha de Eucalipto encontrou-se resposta linear e por último no arranjo 9 x 2 m sob a copa de Eucalipto comportamento cúbico.

Conclusões

O Capim-braquiária apresentou massa de forragem baixa, sendo mais indicado o pastejo entre 38 e 52 dias após a colheita do Milho, sem comprometimento de sua composição química.

A mais alta massa de forragem foi obtida no centro da entrelinha do arranjo (3 x 2) + 20 m.

As extrações de N, K, Ca, Mg e S aumentaram com o incremento da produtividade de MF da Braquiária após a colheita do Milho.

A composição química do Capim-braquiária sob os diferentes arranjos de Eucalipto atendeu aos parâmetros para obtenção de pasto de qualidade para a espécie.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto e pela bolsa da co-autora Maria Celuta Machado Viana; à Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo financiamento do projeto. À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) pela oportunidade de realização do trabalho.

Literatura Citada

- Balbino, L.C.; Cordeiro, L.A.M.; Porfírio-da-Silva, V.; Moraes, A.D.; Martínez, G.B.; Alvarenga, R.C.; Kichel, A.N.; Fontaneli, R.S.; Santos, H.P.; Franchini, J.C.; Galerani, P.R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1-12, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000001>.
- Bravin, M.P.; Oliveira, T.K. Adubação nitrogenada em milho e capim-xaraés sob plantio direto e preparo convencional em sistema agrossilvipastoril. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.49, n.10, p.762-770, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014001000003>.
- 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*, v.35, n.3, p.1487-1500, 2014. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1487>.
- Costa, N. L. de; Magalhães, J.A.; Townsend, C.R.; Pereira, R.G. de A.; Paulino, V.T. *Sistemas silvipastoris em Rondônia*. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2004.18p.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.
- Ferreira, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.
- Hodgson, J. *Grazing management. Science into practice*. England: Longman Group UK Ltda, 1990. 203p.
- Lin, C.H.; McGraw, M.L.; George, M.F.; Garrett, H.E. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems*, v.53, n.3, p.269-281, 2001. <https://doi.org/10.1023/A:1013323409839>.
- Macedo, M.C.M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.spe, p.133-146, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300015>.
- Malavolta, E.; Vitti, G.C.; Oliveira, A.S. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- Martuscello, J.A.; Jank, L.; Gontijo Neto, M.M.; Laura, V.A.; Cunha, D. de N.F.V. da. Produção de gramíneas do gênero *Brachiaria* sob níveis de sombreamento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.7, p.183-1190, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000700004>.

- Moraes, A. de; Carvalho, P.C. de F.; Lustosa, S.B.C.; Lang, C.R.; Deiss, L. Research on Integrated Crop-Livestock Systems in Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, v.45, n.5, p.1024-1031, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500018>.
- Moreira, G.R.; Saliba, E.O.S.; Maurício, R.M.; Sousa, L.F.; Figueiredo, M.P.; Gonçalves, L.C.; Rodriguez, N.M. Avaliação da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu em sistemas silvipastoris. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.61, n.3, p.706-713, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352009000300026>.
- Oliveira, T.D.; Macedo, R.L.G.; Santos, I.D.; Higashikawa, E.M.; Venturin, N. Produtividade de *Brachiaria brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf cv. Marandu sob diferentes arranjos estruturais de sistema agrossilvipastoril com eucalipto. *Ciência e Agrotecnologia*, v.31, n.3, p.748-757, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300022>.
- Paciullo, D.S.C.; Carvalho, C.D.; Aroeira, L.J.M.; Morenz, M.J.F.; Lopes, F.C.F.; Rossiello, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.4, p.573-579, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016>.
- Paciullo, D.S.C.; Gomide, C.A. de M.; Castro, C.R.T. de; Fernandes, P.B.; Müller, M.D.; Pires, M. de F.A.; Fernandes, E.N.; Xavier, D.F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1176-1183, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000009>.
- 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 signal grass in silvopastoral. *Acta Scientiarum: Animal Sciences*, v.36, n.2, p.129-136, 2014. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22398>.
- Silva, D. J; Queiroz, A. C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- Soares, A.B.; Sartor, L.R.; Adami, P.F.; Varella, A.C.; Fonseca, L.; Mezzalira, J.C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.3, p.443-451, 2009. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000300007>.
- Sousa, L.F.; Maurício, R.M.; Gonçalves, L.C.; Saliba, E.O.S.; Moreira, G.R. Produtividade e valor nutritivo da *Bachiaria brizantha* cv. Marandu em um sistema silvipastoril. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.59, n.4, p.1029-1037, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352007000400032>.
- Sousa, L.F.; Maurício, R.M.; Moreira, G.R.M.; Gonçalves, L.C.G.; Borges, I.; Pereira, L.G.R. Nutritional evaluation of "Braquiaraão" grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. *Agroforestry Systems*, v.79, n.2, p.189-199, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10457-010-9297-8>.
- Van Soest, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476p.
- Vilela, L.; Martha Junior, G.B.; Macedo, M.C.M.; Marchão, R.L.; Guimarães Júnior, R.G.; Pulrolnik, K.; Maciel, G.A. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.46, n.10, p.1127-1138, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001000003>.