

Efeito do sombreamento sobre características fisiológicas do capim Marandú adubado ou não com nitrogênio

Effect of shading on physiological characteristics of Marandú fertilized or not with nitrogen

QUOOS, Rodrigo Diego¹

FRIES, Daniela Deitos²

COURA, Florence Taciana Veriato³

RIBEIRO, Amanda Santos⁴

MEIRA, Samille Magalhães⁵

Resumo: A arborização de pastagens é uma opção para que os sistemas silvipastoris sejam mais eficientes de forma econômica, ambiental e social. Os ganhos desempenhados com sistemas silvipastoris envolvem o crescimento de espécies forrageiras e suas adaptações ao ambiente com baixa incidência de luz solar. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do sombreamento sobre características fisiológicas da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú adubada ou não com nitrogênio. O presente estudo foi conduzido no Setor de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA. Foram avaliados os efeitos do sombreamento artificial de (0, 30, 50 e 80%) e de duas doses de nitrogênio (0, 150 kg.ha⁻¹ de N) no índice de área foliar, na área foliar específica, razão de peso foliar, razão de área foliar, taxa de crescimento absoluto da folha e do caule, condutância estomática, teores de clorofila *a*, *b* e totais. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2, com cinco repetições em três ciclos de 28 dias. Houve significância entre a adubação nitrogenada e os níveis de sombreamento para o índice de área foliar, a razão de peso foliar; a razão de área foliar; a taxa de crescimento absoluto da folha e do caule; razão clorofila *a/b*. O melhor nível de sombreamento foi de 30% e a adubação nitrogenada respondeu positivamente as principais característica avaliadas.

1 Doutor em Zootecnia. Professor do Instituto Federal Baiano de Educação Ciência e Tecnologia Baiano (IFBAIANO), vinculado ao Programa de Pós Graduação em Agroecologia e Educação do Campo/UFSB. Email: rodrigo.quoos@ifbaiano.edu.br

2 Doutora em Agronomia. Professora da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, vinculada ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia/UFSB. Laboratório de Anatomia, Fisiologia e Ecologia de Plantas (LAFIEP). Email: friesdd@hotmail.com

3 Doutora em Zootecnia. Professora da Universidade Estadual de Goiás. Laboratório de Anatomia, Fisiologia e Ecologia de Plantas (LAFIEP/UFSB). Email: florenceveriato@yahoo.com.br

4 Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Email: amanda.s.ri@hotmail.com

5 Zootecnista. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Laboratório de Anatomia, Fisiologia e Ecologia de Plantas (LAFIEP/UFSB). Email: samille-@hotmail.com

Palavras-chave: adubação; características de produção e estruturais; fisiologia vegetal; plantas forrageiras; luminosidade

Abstract: The afforestation of pastures is an option for the silvopastoral systems to be more economically, environmentally and socially efficient. The gains made with silvopastoral systems involve the growth of forage species and their adaptations to the environment with low incidence of sunlight. The objective of this work was to evaluate the effect of shading on the physiological characteristics of *Brachiaria brizantha* cv. Marandú fertilized or not with nitrogen. The present study was conducted in the Forage and Pasture Sector of the State University of the Southwest of Bahia, Itapetinga, BA. The effects of artificial shading (0, 30, 50 and 80%) and two nitrogen doses (0, 150 kg.ha⁻¹ of N) on leaf area index, leaf area, weight ratio foliar area ratio, leaf and stem absolute growth rate, stomatal conductance, total chlorophyll a, total be. The design was completely randomized, in a 4x2 factorial scheme with five replications in three 28-day cycles. There was significance between nitrogen fertilization and shade levels for leaf area index, leaf weight ratio; the leaf area ratio; the absolute growth rate of leaf and stem; chlorophyll a/b ratio. A completely randomized design was adopted, in a 4x2 factorial scheme, with five repetitions in three cycles of 28 days. There was significance between nitrogen fertilization and shading levels for the leaf area index, the leaf weight ratio; the leaf area ratio; the absolute growth rate of the leaf and stem; chlorophyll a / b ratio. The best level of shading was 30% and nitrogen fertilization responded positively to the main characteristics evaluated.

Keywords: fertilization; fodder; luminosity; production and structural characteristics; vegetal physiology

1. INTRODUÇÃO

O interesse pelo estudo de estabelecimento de forrageiras à sombra tem crescido, principalmente, quando a intenção é para associar espécies forrageiras e árvores para formação de novos sistemas silvipastoris. O metabolismo fotossintético do gênero *Brachiaria* é de plantas C4 e só atingem as taxas máximas de fotossíntese sob elevadas intensidades de radiação solar (Paciullo et al. 2007). Isso indica que o sombreamento pode interferir diretamente na produtividade dessas espécies. Já a adubação nitrogenada pode favorecer o estabelecimento e o consórcio entre espécies, competindo pela luz e pelos nutrientes disponíveis no solo, pois o nitrogênio se apresenta como elemento essencial para o estabelecimento das pastagens.

O incentivo em sistemas que produzam menor emissão de gases do efeito estufa, como a pesquisa em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta e sistemas agroflorestais, com utilização de fixação biológica de nitrogênio, reforma de

pastagens e implantação de florestas tem aumentado com o decorrer do tempo (SOUZA et al, 2019). No Brasil, o manejo desse sistema integrando espécies com potencial silvipastoril aparece como elemento essencial para aumentar a produtividade e desenvolvimento de condições para a sustentabilidade nas áreas ocupadas com pecuária a pasto, a fim de implantar sistemas silvipastoris.

Essas respostas podem indicar a capacidade de aclimatação da cultivar brizantha, para uma condição ambiental específica e para identificar traços de plantas potencialmente importantes para uma competição bem-sucedida sob reduzidos níveis de luz. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do sombreamento artificial e da adubação nitrogenada nas características fisiológicas do capim Marandú.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, localizada na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – Campus Juvino Oliveira, situada nas seguintes coordenadas: 15°38'46" de latitude sul, 40°15'24" de longitude oeste e altitude média de 280 m, no município de Itapetinga, BA.

O ensaio foi conduzido em um esquema fatorial 4x2, sendo quatro níveis de sombreamento (0%, 30%, 50%, 80%) e duas doses de nitrogênio (0 e 150 kg ha⁻¹ de N), distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, totalizando 40 vasos plásticos com capacidade para 10 dm³ e um período experimental de 84 dias, dividido em 3 cortes cada um, a cada 28 dias.

O solo utilizado no experimento foi coletado na Fazenda Bela Vista, localizada no município de Encruzilhada/BA, sendo classificado como latossolo vermelho amarelo, com textura franco argilo-arenosa, coletado a profundidade de 0-20 cm, seco ao ar e passado em peneira com porosidade de 5 mm. Posteriormente, foi retirada uma subamostra homogeneizada do solo e encaminhada para o Departamento de Engenharia Agrícola e Solos da UESB, para a realização de análises químicas, conforme os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo utilizado no experimento.

pH	*mg/dm ³	*cmol/dm ³ de solo.....										%	g/dm ³
		(H ₂ O)	P	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺	Na ⁺	S.B ¹	t ²		
5,1	2	0,30	1,7	1,3	0,4	4,3	-	3,3	3,7	8,0	41	11	25

¹Soma de bases. ²CTC efetiva. ³CTC pH 7. ⁴Saturação por bases. ⁵Saturação por Al³⁺. ⁶Matéria orgânica. Fonte: Laboratório de solos da UESB.

Considerando os resultados da análise de solo e seguindo as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (ALVAREZ & RIBEIRO, 1999), onde foi adotado o nível médio tecnológico, houve a necessidade de realizar a calagem. Para elevar a saturação de bases para 50%, foi aplicado o calcário calcítico na quantidade de 4,8 g por vaso, incorporado ao solo 30 dias antes do transplântio das mudas.

A adubação fosfatada considerou os baixos valores encontrados na análise química e realizada no momento do plantio, com aplicação de 90 kg P₂O₅ ha⁻¹, que equivaleu a 1,3 g de superfosfato triplo por vaso. A adubação nitrogenada foi realizada de forma parcelada em três vezes, em um total de 150 kg N ha⁻¹, que foi correspondente a aplicação de 1,8 g de ureia por vaso.

Para determinação da capacidade de campo, os vasos com solo seco foram pesados, sendo encharcados e pesados novamente. Pela diferença de peso seco e molhado, foi determinada a máxima capacidade de retenção de água, a qual foi em torno de 18%. A umidade do solo nos vasos foi mantida através da manutenção da capacidade de campo, durante todo período experimental. A capacidade de campo foi mantida próxima aos 100%, com reabastecimento e pesagem dos baldes a cada 2 dias.

A semeadura foi realizada em caixa de areia, usando sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú vendidas comercialmente. Após a germinação, foram transplantadas com aproximadamente 10 cm de altura, e após 15 dias de transplântio, foram desbastadas para quatro mudas por vaso. Foram realizadas três coletas de material vegetativo, com corte a 10 cm de altura simulando um pastejo intensivo na gramínea. O 3º corte foi realizado no último dia do experimento, com o desmanche dos baldes e coleta de raízes.

No sombreamento artificial foi utilizado sombrite de polietileno com 30, 50 e 80% de cobertura, seguindo as recomendações do fabricante. O sentido de posição das telas de náilon foi leste-oeste. As medidas da interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) pelo dossel de capim Marandú foram realizadas com utilização de um ceptômetro (Accupar LP-80). Para determinar os valores de RFA, foram capturados valores em cinco pontos amostrais, por meio de leituras da irradiância fotossintética incidente sobre o dossel acima do capim e interceptada abaixo do capim no intervalo de sete dias, sempre feito em dias ensolarados no horário das 11:00 às 13:00 horas. Com base nessas leituras, foram obtidas a RFA abaixo do sombrite e acima do dossel. As médias de medições correspondentes aos níveis de 0, 30, 50 e 80% foram: 1218,2; 878; 415,7 e 334,9 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ respectivamente.

A determinação do índice de área foliar (IAF) foi através do escaneamento de todo material vegetal e calculados com auxílio do software IMAGE J. Foram realizadas, também, análises de crescimento, verificando-se a Taxa de Crescimento Absoluto (TCA) na folha e no caule, Razão de Área Foliar (RAF), Razão de Peso Foliar (RPF) e Área Foliar Específica (AFE).

A determinação da concentração de clorofila foi efetuada pelo método da acetona, com as lâminas de folhas completamente expandidas em cada vaso, os quais foram acondicionados em papel alumínio e mantidos em caixa térmica com gelo. Em seguida, as amostras foram retiradas e pesadas na faixa das 200 μg e maceradas, com a adição de 15 mL de acetona 80%. Transferiu-se o líquido filtrado em algodão para tubos de ensaio e realizou-se a leitura de absorvância, que foi realizada no espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 663 e 645 nm e a quantidade total de clorofila foi determinada segundo metodologia de Arnon (1949).

A condutância estomática foi obtida através da utilização de porômetro foliar modelo: Decagon Devices SC-1 coletada às 09:00 horas da manhã, a cada 7 dias de intervalo.

Os resultados foram submetidos à análise de variância, considerando, como fontes de variação, as doses de nitrogênio (0 e 150 kg ha^{-1}), os níveis de sombreamento (0, 30, 50 e 80 %) e a interação sombreamento e dose de nitrogênio. A interação foi desdobrada, ou não, de acordo com a significância. O efeito do nitrogênio foi estudado por meio do teste F e o efeito do sombreamento, por meio da

decomposição ortogonal da respectiva soma de quadrados em efeito linear, quadrático e cúbico. Adotou-se $\alpha = 0,05$.

3. RESULTADOS

Não houve interação significativa ($P > 0,05$) para a condutância estomática (CE) aos 28, 56 e 84 dias de crescimento (Tabela 2). Houve efeito isolado do nitrogênio ($P < 0,05$) com efeito linear decrescente na CE. Não houve interação significativa para área foliar específica (AFE) ($P > 0,05$) nem efeito isolado nitrogênio e do sombreamento aos 56 e 84 dias.

Tabela 2 - Condutância estomática (CE) ($\text{mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$), Índice de área foliar (IAF), área foliar específica (cm^2/g), razão de peso foliar (RPF) (cm^2/g), razão de área foliar (RAF) (cm^2/g), Taxa de Crescimento absoluto da Folha (TCF), Taxa de crescimento Absoluto do Caule (TCC) em capim Marandú, em função do sombreamento (0, 30, 50 e 80%) e da adubação nitrogenada no período de 28, 56 e 84 dias

	kg/ha de N		Sombreamento (%)				CV%	P		
	0	150	0	30	50	80		N	SO	NxSO
28 Dias										
CE ¹	167,3	167,8	252,0	187,1	123,6	107,6	27,2	0,986	0,003	0,613
IAF	7,6	11,4	10,9	11,9	9,0	6,3	20,9	<0,001	<0,001	<0,001
AFE	711,8	588,6	553,9	665,4	688,6	692,8	15,8	0,001	0,017	0,007
RPF	0,69	0,70	0,80	0,67	0,64	0,67	5,2	0,125	<0,001	0,007
RAF	475,1	412,2	440,7	445,9	434,4	453,7	15,1	0,011	0,964	0,006
TCF	0,29	0,49	0,51	0,45	0,35	0,24	17,6	<0,001	<0,001	<0,001
TCC	0,14	0,20	0,14	0,22	0,19	0,12	23,8	<0,001	<0,001	<0,001
56 Dias										
CE ²	147,4	150,7	221,2	140,7	125,1	109,3	29,0	0,879	0,009	0,072
IAF	2,29	7,61	6,27	6,00	5,47	2,05	54,2	<0,001	0,004	0,002
AFE ³	549,7	671,3	483,0	547,2	697,0	714,9	63,2	0,240	0,372	0,206
RPF ⁴	0,89	0,82	0,97	0,84	0,81	0,81	10,0	0,002	0,001	0,278
RAF ⁵	504,9	553,5	465,7	455,5	593,0	602,5	60,6	0,653	0,631	0,386
TCF	0,11	0,29	0,28	0,27	0,18	0,07	25,0	<0,001	<0,001	<0,001
TCC	0,12	0,33	0,08	0,32	0,34	0,14	30,2	<0,001	<0,001	<0,001
84 Dias										
CE ⁶	176,5	165,7	235,7	197,3	130,9	120,6	27,5	0,139	0,004	0,598
IAF ⁷	1,15	2,51	1,91	2,22	1,96	1,21	81,3	0,009	0,496	0,587
AFE ⁸	196,7	306,0	175,9	293,3	298,5	237,6	77,7	0,064	0,382	0,436
RPF ⁹	0,43	0,44	0,38	0,40	0,42	0,53	22,2	0,692	0,010	0,661
RAF ¹⁰	87,8	138,2	67,7	119,7	137,0	127,5	85,3	0,090	0,348	0,341
TCF	0,29	0,49	0,51	0,45	0,35	0,24	22,9	<0,001	<0,001	<0,001
TCC	0,21	0,32	0,45	0,30	0,22	0,10	37,7	0,001	<0,001	<0,001

CV: Coeficiente de variação. R^2 = Coeficiente de determinação. CE: Condutância Estomática. IAF: Índice de Área Foliar. AFE: Área Foliar Específica. RPF: Razão de Peso Foliar. RAF: Razão de Área Foliar. TCF: Taxa de Crescimento absoluto da Folha. TCC: Taxa de crescimento Absoluto do Caule. Equação de regressão:

¹ $\hat{Y} = 243,07 - 1,8862x$, ($R^2 = 0,927$); ² $\hat{Y} = 203,5 - 1,3614x$ ($R^2 = 0,849$); ³ $\hat{Y} = Y = 610,5$;

⁴ $\hat{Y} = 0,9344 - 0,0019x$, ($R^2 = 0,725$); ⁵ $\hat{Y} = Y = 529,2$; ⁶ $\hat{Y} = 233,11 - 1,5486x$, ($R^2 = 0,904$);

⁷ $\hat{Y} = Y = 1,83$; ⁸ $\hat{Y} = Y = 251,3$; ⁹ $\hat{Y} = 0,3653 + 0,0018x$, ($R^2 = 0,844$); ¹⁰ $\hat{Y} = Y = 113$

Na tabela 2 acima, podemos constatar que não houve interação significativa ($P > 0,05$) para a razão de peso foliar (RPF); houve efeito isolado do nitrogênio ($P < 0,05$) e do sombreamento com efeito linear ($P < 0,05$) decrescente aos 56 dias na RPF. Já a RPF, aos 84 dias, teve efeito isolado do sombreamento ($P < 0,05$) com efeito linear crescente. Não houve interação significativa para RAF ($P > 0,05$) nem efeito isolado ($P > 0,05$) da adubação nitrogenada e do sombreamento aos 56 e 84 dias. O IAF, aos 84 dias, não teve interação significativa ($P > 0,05$) entre adubação nitrogenada e sombreamento (Tabela 2).

O índice de área foliar foi maior na presença de nitrogênio e apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) para o sombreamento, o que resultou num valor máximo de IAF de 16,1 em um sombreamento de 30% (Tabela 3). A adubação nitrogenada teve efeito ($P < 0,05$) sobre as plantas com os maiores valores encontradas a 0% e 30% de sombreamento artificial. O menor IAF, aos 28 dias, foi encontrado nas plantas adubadas e submetidas a 80% de sombreamento, em torno de 4,6.

Aos 28 dias de crescimento, houve interação significativa ($P < 0,05$), com efeito quadrático para a adubação nitrogenada e os níveis de sombreamento com maior razão de peso foliar (RPF) sem sombreamento artificial (Tabela 3).

Houve interação significativa ($P < 0,05$) para a razão de área foliar com efeito quadrático nas plantas não adubadas para a razão de área foliar (RAF) (Tabela 3). O capim Marandú, mantido a 80%, apresentou a maior RAF, chegando a 557,1 cm^2/g .

Houve interação significativa ($P < 0,05$) para a taxa de crescimento absoluto da folha com efeito linear decrescente para o capim Marandú, com adubação nitrogenada aos 28 dias. A TCF encontrada no nível de 0% de sombra foi de 0,72 e no nível de 80% de 0,25 cm^2/g . Essa taxa elevada é 66% maior do que a taxa de crescimento das plantas mantidas no nível de sombreamento máximo, que foi de 80%. O nitrogênio melhorou a taxa de crescimento absoluto nas folhas sem sombreamento artificial (Tabela 3).

Outra resposta encontrada foi na taxa de crescimento absoluto do caule com a interação significativa ($P < 0,05$), entre adubação nitrogenada e sombreamento nas plantas não adubadas, que tiveram maior TCC com 50% de sombreamento e nas adubadas uma TCC de 0,30 cm^2/g com 30% de sombreamento artificial.

Tabela 3- Índice de área foliar, área foliar específica, razão de peso foliar, razão de área foliar, taxa de crescimento absoluto do caule e da folha em capim Marandú, em função do sombreamento (0, 30, 50 e 80%) e da adubação nitrogenada aos 28 dias.

kg/ha de N	Sombreamento (%)				Média
	0	30	50	80	
Índice de área foliar (28 dias)					
0 ¹	6,8b	7,6b	8,2a	7,9a	7,6
150 ²	15,1a	16,1a	9,7a	4,6b	11,4
Média	10,9	11,9	9,0	6,3	9,5
CV (%)	20,9				
Área foliar específica (cm²/g) (28 dias)					
0 ³	575,3a	655,9a	724,9a	890,9a	711,8
150 ⁴	532,6a	674,8a	652,3a	494,7b	588,6
Média	553,9	665,4	688,6	692,8	
CV (%)	15,8				
Razão de peso foliar (28 dias)					
0 ⁵	0,81a	0,67a	0,63a	0,63b	0,69
150 ⁶	0,78a	0,67a	0,66a	0,71a	0,70
Média	0,80	0,67	0,64	0,67	0,69
CV (%)	5,2				
Razão de área foliar (cm²/g) (28 dias)					
0 ⁷	465,9a	440,7a	436,8a	557,1a	475,1
150 ⁸	415,5a	451,0a	432,0a	350,3b	412,2
Média	440,7	445,9	434,4	453,7	443,7
CV (%)	15,2				
Taxa de crescimento absoluto da folha (cm²/g) (28 dias)					
0 ⁹	0,30b	0,30b	0,33a	0,22a	0,29
150 ¹⁰	0,72a	0,61a	0,37a	0,25a	0,49
Média	0,51	0,45	0,35	0,24	0,39
CV (%)	17,6				
Taxa de crescimento absoluto do caule (cm²/g) (28 dias)					
0 ¹¹	0,07b	0,14b	0,19a	0,14a	0,14
150 ¹²	0,21a	0,30a	0,19a	0,11a	0,20
Média	0,14	0,22	0,19	0,12	0,17
CV (%)	23,8				

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes diferem na coluna (P<0,05) pelo teste F. R² = Coeficiente de determinação. Equação de regressão:

¹Ŷ=Y=9,55; ²Ŷ=15,549+0,0218x-0,002x² (R² = 0,917); ³Ŷ=555,16+3,916x (R²=0,965); ⁴Ŷ=534,18+ 7,4841x-0,1x² (R² = 0,996); ⁵Ŷ=0,8138- 0,006x+5E-05x² (R² = 1); ⁶Ŷ= 0,7774- 0,005x+5E-05x² (R² = 0,995); ⁷Ŷ=469,07-2,8152x+0,0485x² (R² = 0,964); ⁸Ŷ=Y=443,7; ⁹Ŷ=Y=0,39; ¹⁰Ŷ=0,491 -0,005x (R² = 0,906); ¹¹Ŷ= 0,0663+ 0,0044x-4E-05x² (R² = 0,934); ¹²Ŷ=0,2155+ 0,0033x-6E-05x²(R² = 0,830)

Aos 56 dias de crescimento, houve interação significativa (P<0,05) com efeito linear decrescente para a adubação nitrogenada, e os níveis de sombreamento com maior IAF no tratamento sem sombra (Tabela 4). A adubação nitrogenada também apresentou efeito significativo (P<0,05). Cabe ressaltar que nas plantas que não tiveram adubação o maior valor de IAF foi encontrado no nível de 30% de sombreamento.

Houve interação significativa (P<0,05) entre a adubação nitrogenada e o sombreamento com efeito linear decrescente para a taxa de crescimento absoluto (TCA) da folha nas plantas adubadas. Indicando que, mesmo com adubação nitrogenada, a falta de luminosidade impediu o capim Marandú de elevar sua taxa de

crescimento absoluto nas folhas. A TCA da folha com 0% de sombreamento foi 87% maior do que o encontrado nas plantas a 80% de sombra.

A interação foi significativa ($P < 0,05$) entre adubação nitrogenada e sombreamento com efeito quadrático nas plantas não adubadas e adubadas para a taxa de crescimento absoluto do caule de capim Marandú. A TCA do caule teve influência da adubação nitrogenada até o nível de 50% de sombra, quando atingiu $0,51 \text{ cm}^2/\text{g}$.

Tabela 4- Índice de área foliar, taxa de crescimento da folha e do caule em capim Marandú, em função do sombreamento (0, 30, 50 e 80%) e da adubação nitrogenada aos 56 dias.

kg/ha de N	Sombreamento (%)				Média
	0	30	50	80	
Índice de área foliar (56 dias)					
0 ¹	1,75b	2,66b	2,42b	2,33b	2,29
150 ²	10,79a	9,35a	8,53a	1,77a	7,61
Média	6,27	6,00	5,47	2,05	4,95
CV (%)	54,2				
Taxa de crescimento absoluto da folha (cm^2/g) (56 dias)					
0 ³	0,12b	0,12b	0,12b	0,07a	0,11
150 ⁴	0,44a	0,42a	0,23a	0,06a	0,29
Média	0,28	0,27	0,18	0,07	0,20
CV (%)	25,0				
Taxa de crescimento absoluto do caule (cm^2/g) (56 dias)					
0 ⁵	0,02b	0,15b	0,17b	0,13a	0,12
150 ⁶	0,14a	0,50a	0,51a	0,15a	0,33
Média	0,08	0,32	0,34	0,14	0,22
CV (%)	30,2				

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes diferem na coluna ($P < 0,05$) pelo teste F. R^2 = Coeficiente de determinação. Equação de regressão: ¹ $\hat{Y} = Y = 4,95$; ² $\hat{Y} = 11,948 - 0,1085x$ ($R^2 = 0,832$); ³ $\hat{Y} = Y = 0,20$; ⁴ $\hat{Y} = 0,491 - 0,005x$, ($R^2 = 0,906$); ⁵ $\hat{Y} = 0,0241 + 0,0057x - 6E-05x^2$ ($R^2 = 0,999$); ⁶ $\hat{Y} = 0,1389 + 0,0194x - 0,0002x^2$, ($R^2 = 0,999$)

Aos 84 dias de crescimento (Tabela 5), houve interação significativa ($P < 0,05$) para adubação nitrogenada na taxa de crescimento absoluto da folha, com efeito linear nas plantas adubadas com nitrogênio. A TCA da folha com 80% de sombra foi 65% menor do que o encontrado sem sombra. A interação foi significativa ($P < 0,05$) para a adubação nitrogenada e o sombreamento para a taxa de crescimento absoluto do caule com efeito linear decrescente.

Tabela 5- Taxa de crescimento absoluto da folha e do caule em capim Marandú, em função do sombreamento (0, 30, 50 e 80%) e da adubação nitrogenada aos 84 dias.

kg/ha de N	Sombreamento (%)				Média
	0	30	50	80	
Taxa de crescimento absoluto da folha (cm^2/g) (84 dias)					
0 ¹	0,30b	0,30b	0,33a	0,22a	0,29
150 ²	0,72a	0,61a	0,37a	0,25a	0,49
Média	0,51	0,45	0,35	0,24	0,39
CV (%)	22,9				

Taxa de crescimento absoluto do caule (cm ² /g) (84 dias)					
0 ³	0,24b	0,24a	0,23a	0,12a	0,21
150 ⁴	0,66a	0,35a	0,21a	0,07a	0,32
Média	0,45	0,30	0,22	0,10	0,27
CV (%)	37,7				

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes diferem na coluna (P<0,05) pelo teste F. R² = Coeficiente de determinação. Equação de regressão: ¹Y=Y=0,39; ²Y=0,6177+0,0074x, (R²=0,960); ³Y=Y=0,27; ⁴Y=0,234+0,017x (R² = 0,981)

Não houve interação significativa (P>0,05) para o teor de clorofilas *a*, *b*, totais e razão *a/b* aos 28 dias, e para o teor de clorofilas *a*, *b*, e totais aos 56 e 84 dias (Tabela 6). Houve efeito linear crescente do sombreamento e efeito isolado da adubação nitrogenada (P<0,05) para o teor de clorofila *a*, teor de clorofila *b* e clorofilas totais aos 28 dias. A razão clorofila *a/b* teve efeito cúbico (P<0,05) para o nível de sombreamento.

Ao final de 56 dias, houve efeito linear crescente do sombreamento (P<0,05) para o teor de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais. A adubação nitrogenada não influenciou os teores de clorofila *a*, clorofila *b* e clorofilas totais aos 56 dias. (Tabela 6).

Ao final de 84 dias, a concentração de clorofila *a*, clorofila *b*, e clorofilas totais do capim aumentou linearmente devido ao sombreamento (P<0,05). A adubação nitrogenada não teve efeito isolado (P<0,05) no teor de clorofilas *a*, clorofila *b* e clorofilas totais aos 84 dias.

Tabela 6- Teores de clorofila *a* (CLOA), clorofila *b* (CLOB), clorofilas totais (CLOT) e razão clorofila *a/b*(RA/B) em (mg/g de MF) no capim Marandú, em função do sombreamento (0, 30, 50 e 80%) e da adubação nitrogenada no período de 28, 56 e 84 dias.

	kg/ha de N		Sombreamento				CV%	P	N	SO	NxSO
	0	150	0	30	50	80					
28 Dias											
CLO A¹	2,04	1,30	1,23	1,51	1,85	2,09	25,6	<0,001	0,004	0,115	
CLO B²	1,10	0,71	0,71	0,84	0,91	1,16	25,5	<0,001	0,002	0,386	
CLO T³	3,13	2,01	1,94	2,35	2,75	3,26	25,2	<0,001	0,006	0,185	
RZ A/B⁴	1,88	1,83	1,72	1,80	2,07	1,83	15,0	0,382	0,022	0,291	
56 Dias											
CLO A⁵	1,47	1,86	1,03	1,39	1,95	2,30	26,4	0,009	<0,001	0,155	
CLO B⁶	0,78	1,03	0,49	0,75	1,03	1,35	33,8	0,015	<0,001	0,282	
CLO T⁷	2,25	2,89	1,53	2,14	2,98	3,65	28,3	0,010	<0,001	0,196	
RZ A/B	2,17	1,86	2,48	1,90	1,95	1,73	25,6	0,071	0,017	0,037	
84 Dias											
CLO A⁸	1,81	2,30	1,37	1,73	2,40	2,73	24,2	0,003	<0,001	0,105	
CLO B⁹	0,36	0,53	0,31	0,35	0,47	0,64	32,8	0,001	<0,001	0,186	
CLOT¹⁰	2,17	2,83	1,68	2,07	2,87	3,38	23,2	0,001	<0,001	0,117	
RZ A/B	5,15	4,55	4,53	5,18	5,10	4,59	14,6	0,022	0,064	0,034	

CV: Coeficiente de variação. R² = Coeficiente de determinação. Equação de regressão:

¹Y=0,938+0,292x, (R²=0,997); ²Y=0,548+0,142x, (R²=0,933); ³Y=1,487+0,435x, (R² = 0,996)

⁴Y= 2,516-1,454x+0,776x²-0,113x³ (R²=1); ⁵Y=0,582+0,434x, (R²=0,991); ⁶Y=0,190+0,285x, (R²=0,997)

⁷ $\hat{Y}=0,772+0,720x$, ($R^2=0,996$); ⁸ $\hat{Y}=0,869+0,475x$, ($R^2=0,980$); ⁹ $\hat{Y}=0,162+0,112x$, ($R^2=0,933$)
¹⁰ $\hat{Y}=1,032+0,587x$, ($R^2=0,984$)

A interação foi significativa ($P<0,05$) entre adubação nitrogenada e sombreamento com efeito quadrático nas plantas não adubadas, para a razão clorofila *a/b* ao final de 56 dias. A maior razão clorofila *a/b* foi encontrada nas plantas sem sombreamento, entretanto o efeito quadrático promoveu um valor mínimo de 1,67, com 66% de sombreamento (Tabela 7).

Ao final de 84 dias, houve interação significativa ($P<0,05$) entre adubação nitrogenada e sombreamento com efeito cúbico para as plantas adubadas na razão clorofila *a/b* (Tabela 7).

Tabela 7- Razão clorofila *a/b* em capim Marandú, em função do sombreamento (0, 30, 50 e 80%) e da adubação nitrogenada no período de 56 e 84 dias.

kg/ha de N	Sombreamento (%)				Média
	0	30	50	80	
Razão clorofila <i>a/b</i> (mg/g de MF) (56 dias)					
0 ¹	3,06a	1,86a	2,01a	1,74a	2,17
150 ²	1,89b	1,95a	1,89a	1,72a	1,86
Média	2,48	1,90	1,95	1,73	2,02
CV (%)	25,6				
Razão clorofila <i>a/b</i> (mg/g de MF) (84 dias)					
0 ³	4,84a	5,78a	4,89a	5,08a	5,15
150 ⁴	4,21a	4,59b	5,31a	4,09b	4,55
Média	4,53	5,18	5,10	4,59	4,85
CV (%)	14,6				

CV: Coeficiente de variação. Médias seguidas por letras diferentes diferem na coluna ($P<0,05$) pelo teste F. R^2 = Coeficiente de determinação. Equação de regressão: ¹ $\hat{Y}=3,0035-0,0399x + 0,0003x^2$, ($R^2 = 0,901$); ² $\hat{Y}=Y=2,17$; ³ $\hat{Y}=Y=5,15$; ⁴ $\hat{Y}=6,479-4,357x+ 2,471x^2-0,382x^3$, ($R^2=1$)

4. DISCUSSÃO

As plantas sombreadas investem, relativamente, maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, para maximizar a captação da luz disponível. Geralmente possuem folhas delgadas, maior área foliar específica (AFE) e folhas com menor densidade de massa (LAMBERS et al., 1998).

Costa et al. (2009), ao avaliarem os efeitos da nutrição nitrogenada de cultivares de *Brachiaria brizantha*, constataram que as doses de N influenciaram nos teores de clorofila *a*, especialmente no cultivar Marandú. Quando Martuscello et al. (2009) avaliaram a produção de *Brachiaria decumbens* e *Brachiaria brizantha*, cultivares Marandú e Xaraés, sob diferentes níveis de sombreamento, também consideraram que o sombreamento aumentou o teor de clorofilas. Esses resultados

confirmam a tese de que o nitrogênio em maior quantidade na planta eleva sua taxa fotossintética, corroborando com os resultados encontrados nesse experimento.

Em condições de estresse abiótico, como o ocasionado pela deficiência de radiação solar, as plantas podem alterar as suas concentrações de clorofilas e carotenóides, criando um indicador de suscetibilidade das plantas à intensidade da luz (Taiz & Zeiger, 2013). A maior quantidade de pigmentos fotossintéticos de clorofila *a* presentes e a sua abundância variam de acordo com a espécie. A clorofila *a* está presente em todos os organismos que realizam fotossíntese oxigênica. Como a clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar a etapa fotoquímica da fotossíntese, a diminuição da luminosidade causada pelo sombreamento artificial reduziu a razão clorofila *a/b*.

Na avaliação de Guenni et al. (2008) sobre a produção de biomassa, matéria seca e acúmulo de nutrientes em três espécies de *Brachiaria* (*B. brizantha*, *B. decumbens* e *B. dictyoneura*), sob três níveis de luminosidade e dois níveis de N ao final de 34 e 41 dias após o corte, a sombra reduziu a produção de biomassa nas espécies. Esses resultados sugerem que o crescimento de pastagens em sistemas silvipastoris depende da interação entre sombra e fertilidade do solo.

No trabalho de Kuwahara & Souza (2009), avaliando o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória, percebeu-se que a condutância estomática foi alterada causando reduções significativas na assimilação líquida de CO₂. Entretanto, no trabalho de Rodrigues et al. (2012), não se encontram resultados significativos de queda na condutância estomática da cultivar Xaraés sob diferentes doses de nitrogênio.

Os fluxos de CO₂ entre a superfície e atmosfera apresentam variações para os diferentes índices de área foliar (IAF) e estações do ano dependendo, principalmente, da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), precipitação, vento e temperatura. Dessa forma, o IAF tem relação direta com a capacidade fotossintética da planta, pois, quanto maior for o IAF, maior será a interceptação luminosa da planta.

Em sistemas mais adensados, a quantidade de luz interceptada pelo sombrite restringe o potencial de interceptação pelas forrageiras que respondem a esta limitação por meio de mudanças nas características estruturais para se tornarem mais eficientes em ambientes com luminosidade limitada (COELHO et al., 2014).

O capim Marandú mostrou capacidade de adaptação aos níveis crescentes de sombreamento, sendo capaz de produzir um percentual de matéria seca considerável em comparação ao sol pleno (MARTINS et al., 2014)

No trabalho de Reis et al. (2013) o acréscimo de nitrogênio e a redução do sombreamento resultaram em acréscimo na produção de matéria seca. Os fatores sombreamento e dose de N devem ser considerados para ajustar a frequência de corte da forragem, onde o primeiro aumenta e o segundo reduz o intervalo de entre pastejo.

Em braquiária Piatã cerca de 80 kg ha⁻¹ de N aumentou linearmente o comprimento da lâmina foliar e do caule do perfilho vegetativo (SANTOS et al., 2017). O sombreamento e o nitrogênio influenciaram positivamente os teores de Proteína bruta, além disso a fertilização nitrogenada é uma importante estratégia para o aumento da produção de matéria seca (FARIA et al., 2018).

Em ambientes sombreados há uma sinalização na planta que promove uma série de modificações, das quais existem estímulo para multiplicação e diferenciação de células que formam as folhas (CARVALHO et al., 2018).

Paciullo et al. (2011) também encontraram respostas nas características morfogênicas e no perfilhamento de gramíneas do gênero *Brachiaria* (*Brachiaria decumbens*, *Brachiaria ruziziensis* e *Brachiaria brizantha* cv. Marandú e cv. Xaraés), cultivadas em vasos. Os efeitos do sombreamento (0, 36 e 54%) e de quatro doses de nitrogênio (0, 50, 100 e 150 mg N dm⁻³ de solo) melhoraram a taxa de alongamento e aparecimento foliar. Já o sombreamento, estimulou as respostas das plantas à aplicação de nitrogênio, no alongamento das folhas, mas reduziu o perfilhamento.

As plantas sombreadas investem, relativamente, maior proporção de fotoassimilados no aumento da área foliar, para maximizar a captação da luz disponível (GOBBI et al., 2011). Desse modo, houve interação significativa (P<0,05) com efeito linear crescente na área foliar específica do capim Marandú não adubado. Já nas plantas adubadas, houve interação significativa com efeito quadrático para adubação nitrogenada aos 28 dias, alcançando 674,8 cm² g⁻¹ de AFE, com 28 dias de crescimento.

Quando se avaliam os efeitos do sombreamento sobre o crescimento e sobrevivência de plantas, um dos primeiros fatores a serem observados é a queda na

condutância estomática. Como forma de mitigar a perda por evapotranspiração, as plantas fecham os estômatos durante o dia e assim conseguem evitar uma perda irreversível de capacidade osmótica (TAIZ & ZEIGER, 2013). Em SANTOS et al. (2017) o cultivo do capim Marandú na entrelinha do milho associado ao sombreamento intenso proporcionado pelo espaçamento mais adensado de eucalipto (12x2m) e a proximidade das plantas de capim-marandú com as copas das árvores de eucalipto alterou negativamente a condutância estomática.

O sombreamento pode promover diferenças na alocação de biomassa em capim Marandú. Cabe destacar alguns resultados encontrados aos 28 dias com o nível de 30% de sombreamento. A condutância estomática, o Índice de Área Foliar e a produção de biomassa foram maiores do que nos outros níveis. Ao final dos três ciclos as plantas com 30% de sombreamento e adubadas com nitrogênio ficaram com a 2ª melhor produção de biomassa de capim Marandú.

5. CONCLUSÕES

O capim Marandú apresentou mudanças fisiológicas, quando submetido ao sombreamento, sendo que o nível de 30 % apresentou as melhores respostas fisiológicas no crescimento durante os períodos avaliados.

A adubação nitrogenada na dose de 150 kg ha⁻¹ de N proporcionou incremento e respostas fisiológicas positivas nos cultivos em condições de sombreamento artificial até o nível 50%.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V.H.; RIBEIRO, A.C. Calagem. In: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais (CFSMG). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5ª aproximação, p.41-60, 1999.

ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**. v.24, n.1, p.1-15. 1949.

CARVALHO, A. P. S; GOMES, F. J; PEDREIRA, C. G. S; CABRAL, L. S; KIPERT, T. A; PEDREIRA, B. C. Respostas fisiológicas do capim-Marandu sob Pastejo em lotação contínua em sistema silvipastoril. In: **Congresso Brasileiro de Sistemas de Produção**: Anais, 2018.

COELHO, J. S; ARAÚJO, S. A. C; VIANA M. C M; JUNQUEIRA VILLELA, S. D. J; FREIRE, D. M; BRAZ, T. F. G. S. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária em sistema silvipastoril com diferentes arranjos espaciais
Semina: Ciências Agrárias, vol. 35, núm. 3, 2014.

COSTA, K.A.P.; FAQUIN, V.; OLIVEIRA, I.P.; SEVERIANO, E.C.; OLIVEIRA, M. A. Doses e fontes de nitrogênio na nutrição mineral do capim-Marandú. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.1, p.115-123, 2009.

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

GOBBI, K.F.; GARCIA, R.; VENTRELLA, M.C.; NETO, A.F.G.; ROCHA, G.C. Área foliar específica e anatomia foliar quantitativa do capim-braquiária e do amendoim-forrageiro submetidos a sombreamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.7, p.1436-1444, 2011.

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

KUWAHARA, F.A.; SOUZA, G.M. Fósforo como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.31, n.2, p.261-267. 2009.

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

MARTINS, A. D; SOUSA, L. F; NÓBREGA, E. B; DONIZETTI, J. G. S; SANTOS, A. C; SOUSA, J. T. L. Relação do nível de sombreamento artificial e da adubação sobre o desenvolvimento da forrageira *Urochloa brizantha* cv. Marandu. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.15, n.4, out./dez., 2014.

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**, v.38, n.7, p.1183-1190, 2009.

PACIULLO, D.S.C.; CARVALHO, C.A.B.; AROEIRA, L.J.M.; MORENZ, M.J.F.; LOPES, F.C.F.; ROSSIELLO, R.O.P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.42, n.4, p.573-579, 2007

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

REIS, G. L; LANA, A M. Q; EMERENCIANO NETO, J. V; LEMOS FILHO, J. P; BORGES, I; LONGO, R. M. Produção e composição bromatológica do capim-Marandu, sob diferentes percentuais de sombreamento e doses de nitrogênio. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, Supplement 1, 2013.

RODRIGUES, R.C.; LIMA, D.O.S.; CABRAL, L.S.; PLESE, L.P.M.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; UTSONOMYA, T.C.A.U.; SIQUEIRA, J.C.; JESUS, A. P.R. Produção e morfofisiologia do capim *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés sob doses de nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, p.124-131, 2012.

SANTOS, M. E. R; SOUSA, B. M L; ROCHA, G. O; FREITAS, C. A. S; SILVEIRA, M C. T; SOUZA, D. O. C. Estrutura do dossel e características de perfilhos em pastos de capim-piatã manejados com doses de nitrogênio e períodos de diferimento variáveis. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.18, 2017.

SANTOS, M. V; FERREIRA, E. A; VALADÃO, D; OLIVEIRA, F. L R. O; MACHADO, V. D; SILVEIRA, R. R; SOUZA, M. F. Brachiaria physiological parameters in agroforestry systems. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.47: 05, 2017.

SOUZA J. F. D., PERUSSO, R. L. S. BONINI, C. S. B. . SOUZA, C. T LUPATINI, G. C. ANDRIGHETTO, C. MATEUS, G. P. XPEDRO F. G. Atributos físicos, matéria orgânica do solo e produção de capim marandu em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta **Brazilian Journal of Biosystems Engineering** v. 13p.51-64, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal** 5^o ed. Ed: Artmed. Porto Alegre. 954 p. 2013.