



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE GURUPI  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

**ROBSON DA COSTA LEITE**

**ALÉIAS DE LEGUMINOSA SUBMETIDA A PODA NO CULTIVO DE SORGO  
FORRAGEIRO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

**ARAGUAÍNA (TO)  
2018**

ROBSON DA COSTA LEITE

ALÉIAS DE LEGUMINOSA SUBMETIDA A PODA NO CULTIVO DE SORGO  
FORRAGEIRO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal como requisito parcial à obtenção do grau  
de Mestre em Produção vegetal

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Antonio Clementino dos Santos

ARAGUAÍNA (TO)

2018

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L533a Leite, Robson da Costa.

Aléias de leguminosas submetida a poda no cultivo de sorgo forrageiro em Neossolo Quartzarênico. / Robson da Costa Leite. – Gurupi, TO, 2018.

34 f.

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Gurupi - Curso de Pós-Graduação (Mestrado) em Produção Vegetal, 2018.

Orientador: Antonio Clementino dos Santos

1. Produção vegetal. 2. Fitotecnia. 3. Sistema agroflorestal. 4. Adubação verde. I. Título

**CDD 635**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**

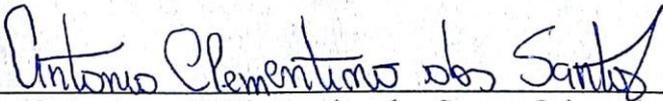
ROBSON DA COSTA LEITE

**ALÉIAS DE LEGUMINOSA SUBMETIDA A PODA NO CULTIVO DE SORGO  
FORRAGEIRO EM NEOSSOLO QUARTZARÊNICO**

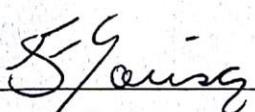
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em  
Produção Vegetal, foi avaliada para obtenção do título de  
Mestre em Produção Vegetal e aprovada em sua forma final  
pelo Orientador e pela banca examinadora

Data de aprovação 07/12/2018

Banca examinadora:

  
Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos Orientador, UFT

  
Prof. Dr. José Geraldo Donizetti dos Santos Examinador, UFT

  
Prof. Dr. Luciano Fernandes Sousa Examinador, UFT

Dedico esta Dissertação ao meu Pai Lucas e a minha Mãe Valdirene, com todo meu amor e gratidão, por tudo que fizeram por mim ao longo da minha vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Antonio Clementino dos Santos, pela orientação e conhecimentos repassados ao longo deste período.

Ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal, na pessoa do Prof. Dr. Rodrigo Ribeiro Fidelis.

Aos meus pais, sempre acreditaram e apoiaram os meus passos.

À minha namorada, Ana Caroline pelo apoio e incentivo, sempre ao meu lado.

Ao meu irmão Rubson, pela ajuda na montagem e condução dos experimentos.

Aos amigos que aqui fiz, especialmente do grupo de pesquisa em solos da UFT.

Aos técnicos do laboratório de solos, sempre dispostos a ajudar.

À CAPES, pela bolsa concedida para elaboração e condução dos trabalhos.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>08</b>
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>10</b>
<b>3 RESULTADOS.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1 Crescimento de sorgo forrageiro.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Massa seca de componentes morfológicos e produção total de sorgo forrageiro.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Proporção de componentes morfológicos na massa seca.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Teor foliar de macronutrientes.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Produtividade do sorgo forrageiro.....</b>	<b>19</b>
<b>4 DISCUSSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>27</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o crescimento, produção dos componentes morfológicos, produção total, teor foliar de macronutrientes e produtividade em sorgo forrageiro cultivado em aléias de gliricídia e leucena sob efeito da adubação em dois anos agrícolas. Os experimentos foram conduzidos durante a safrinha 2016/2017 e safra 2017/2018 em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 3x2, com cinco repetições. No qual, o primeiro fator foi: sistema de cultivo (sorgo solteiro; sorgo cultivado em aléias de gliricídia; sorgo cultivado em aléias de leucena) e o segundo fator: adubação mineral (presença de adubação mineral; ausência de adubação mineral). As leguminosas foram podadas em cada ciclo de cultivo (safrinha e safra) e os resíduos foram depositados em cada parcela que continha as aléias, e trinta dias após semeou-se o sorgo. Nos tratamentos que receberam adubação mineral a dose foi recomendada seguindo a exigência da cultura e os teores dos nutrientes no solo. Na ausência de adubação mineral o crescimento do sorgo na safrinha foi maior nas aléias de leucena quando comparada ao cultivo solteiro, e esse aumento aproximou-se de 70%. Os cultivos em aléias quando sem adubação mineral foram eficientes em aumentar a massa verde e seca total comparado ao cultivo solteiro. Independentemente da adubação mineral na safra o cultivo em aléias de leucena demonstrou maior teor foliar de N que o cultivo solteiro. O teor foliar de K das aléias de leguminosas teve alterações positivas quando comparado com o cultivo solteiro. O sorgo em aléias de leucena superou a produtividade do sorgo solteiro na safrinha sem adubação em 67% e comparou-se ao cultivo solteiro com a presença de adubação mineral. Os cultivos em aléias aumentaram as variáveis mais importantes para a produção e produtividade do sorgo forrageiro. Mesmo com a presença de adubação mineral as leguminosas demonstraram impacto sobre os resultados quando relacionado ao cultivo de sorgo solteiro.

**Palavras-chave:** Adubo verde. Fertilização orgânica. Sistema agroflorestal

## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the growth, production of morphological components, total yield, foliar macronutrients content and yield in forage sorghum grown on gliricidia and leucena alleys under the effect of fertilization in two agricultural years. The experiments were conducted during the double crop 2016/2017 and 2017/2018 crop in a randomized block design in a 3x2 factorial arrangement, with five replications. The first factor was: cultivation system (single sorghum, sorghum cultivated in gliricidia alleys, sorghum cultivated in leucena alleys) and the second factor: mineral fertilization (presence of mineral fertilization, absence of mineral fertilization). The legumes were pruned in each crop cycle (double crop and crop) and the residues were deposited in each plot that contained the alleys, and 30 days after the sorghum was sown. In the treatments that received mineral fertilization the dose was recommended following the requirement of the crop and nutrient levels in the soil. In the absence of mineral fertilization, the growth of sorghum in the double crop was higher in the leucena alleys when compared to the single crop, and this increase approached 70%. Cultures in alleys when without mineral fertilization were efficient in increasing total green and dry mass compared to single crop. Regardless of the mineral fertilization in the crop, the cultivation in leucena alleys showed a higher leaf content of N than the single crop. The K leaf content of the legume alleys had positive changes when compared to the single crop. The sorghum in leucena alleys surpassed the yield of single sorghum in the double crop without fertilization 67% and compared to the single crop with the presence of mineral fertilization. Alley crops increased the most important variables for the production and productivity of forage sorghum. Even with the presence of mineral fertilization the legumes showed an impact on the results when related to the cultivation of single sorghum.

**Keywords:** Agroforestry system. Green manure. Organic fertilization.

## 1 INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros quanto a sua fertilidade natural são pobres quimicamente, com isso restringe a produção agrícola se não houver input de nutrientes. Os Fertilizantes minerais são a primeira opção para a melhoria química do solo (MAKUMBA *et al.*, 2006; EKEPU; TIRIVANHU, 2016; OMARI *et al.*, 2016). Porém, materiais orgânicos exercem papel importante na melhoria de muitos sistemas de agricultura tropical, fornecendo nutrientes através da decomposição e substrato para a síntese de matéria orgânica do solo (WILLIAMS *et al.*, 2017). O cultivo em aléias representa uma opção acessível na adição de matéria orgânica ao solo, melhorando suas propriedades químicas, físicas e biológicas (LOSS *et al.*, 2009; EKEPU; TIRIVANHU, 2016).

O cultivo em aléias é um sistema agroflorestal que consiste na associação de árvores ou arbustos, geralmente leguminosas, intercaladas em faixas com culturas anuais. As leguminosas são podadas para a utilização dos resíduos como adubo orgânico que promove melhorias na fertilidade do solo (PÉREZ-MARIN; MENEZES; SALCEDO, 2007; LOSS *et al.*, 2009; PAULINO *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Muitos são os benefícios desse sistema de produção, cobertura da superfície com resíduos vegetais, ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio atmosférico e aumento da capacidade de carga do solo (LEITE *et al.*, 2008; MOURA *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2016). As aléias favorecem a integração de todos estes processos, com isso, pode contribuir para a solução de parte dos problemas de segurança alimentar de bilhões de pessoas que vivem nos trópicos do planeta (LEITE *et al.*, 2008; PIMENTEL *et al.*, 2012).

Entre as árvores e arbustos utilizados neste sistema a gliricídia (*Gliricídia sepium*) é bastante implantada no Nordeste brasileiro e está entre as mais promissoras para o cultivo em regiões áridas e semiáridas da África (NGULUBE, 1994; PÉREZ-MARIN; MENEZES; SALCEDO, 2007; SANTOS *et al.*, 2010; PRIMO *et al.*, 2014; MARTINS *et al.*, 2015; PRIMO *et al.*, 2018b). A leucena (*Leucaena leucocephala*) também é usual no cultivo em aléias, porém tem maior efeito competitivo quando comparada com a gliricídia, entretanto a sua produção de resíduos é superior (BARRETO; FERNANDES, 2001; AGUIAR *et al.*, 2009; BERTALOT *et al.*, 2010; MOURA-SILVA *et al.*, 2017).

O sorgo (*Sorghum bicolor*) é da família *Poaceae*, assim como o milho e está entre as mais cultivadas no mundo, o sorgo forrageiro é bastante utilizado pelos produtores devido a indicação para produção de silagem, e sobretudo pela adaptabilidade à seca, elevada produtividade de matéria seca e alta capacidade de reciclar nutrientes, contudo, poucos

trabalhos científicos relacionam o cultivo de sorgo em aléias de leguminosas (CALVO; FOLONI; BRANCALIÃO *et al.*, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Com comprovações, a produtividade da cultura do milho em aléias de gliricídia, a partir do segundo ano é semelhante ao cultivo solteiro com adubação mineral e a produtividade pode ser elevada apenas com o uso e manejo das leguminosas no cultivo (QUEIROZ *et al.*, 2008; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Há evidências de que a cultura do milho em aléias de gliricídia também pode aumentar o teor foliar de N em aproximadamente 5 g kg<sup>-1</sup> quando relacionado ao cultivo de milho solteiro com adubação mineral (BEEDY *et al.*, 2010; GARRIDO *et al.*, (2017). Loss *et al.* (2009); Primo *et al.* (2014) enfatizam que há predominância de matéria orgânica de maior biodisponibilidade e as aléias de gliricídia em solos arenosos podem aumentar a CTC do solo.

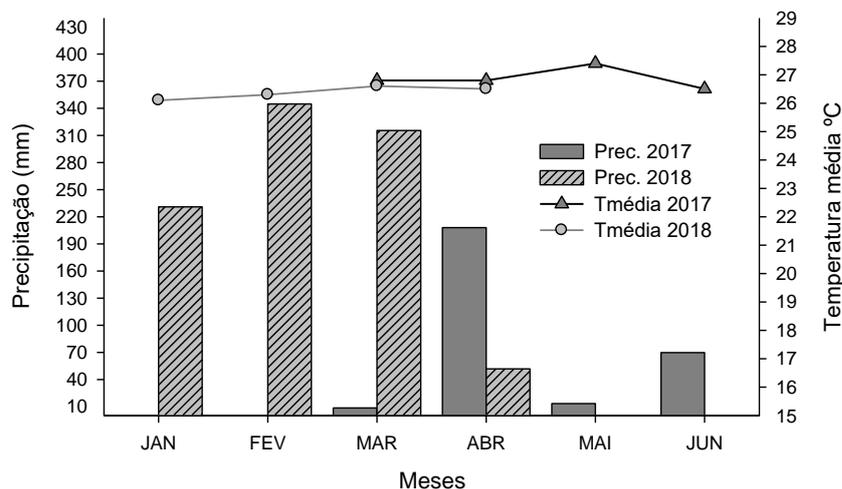
As aléias de leguminosas influenciam positivamente o crescimento de plantas graníferas e favorecem o acúmulo de N, P e K na parte aérea das plantas (OLIVEIRA *et al.*, 2018). A matéria orgânica adicionada pelas leguminosas afetam a compactação, porosidade, densidade do solo, formação de agregados, capacidade de infiltração, capacidade de troca catiônica, pH da solução do solo e retenção de umidade (BARRETO; FERNANDES, 2001; MOURA *et al.*, 2016; WILLIAMS *et al.*, 2017).

Este trabalho baseou-se nas hipóteses de que a presença de aléias de leguminosas no cultivo de sorgo forrageiro promoveria maior crescimento, desenvolvimento, maior teor foliar de macronutrientes e produtividade; e os sistemas de cultivos em aléias de leguminosas apresentariam superioridade ao cultivo de sorgo solteiro com adubação mineral. Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi avaliar o sorgo forrageiro cultivado em aléias de gliricídia e leucena sob efeito da adubação mineral.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo, o primeiro, no ano agrícola 2016/2017 e o segundo em 2017/2018, na Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Tocantins, campus-Araguaína (07°12'28" S e 48°12'26" W) com altitude de 243 m. A região é classificada segundo Köppen com clima do tipo AW quente e úmido com duas estações definidas, período seco com déficit hídrico de maio a setembro e período chuvoso entre os meses de outubro a abril (ALVARES *et al.*, 2013) A precipitação pluviométrica e a temperatura média ocorrida nos experimentos estão disponíveis na figura 1.

**Figura 1-** Precipitação pluviométrica e temperatura média da área experimental durante o período de condução dos experimentos.



A região é caracterizada como ecótono Cerrado-Floresta Amazônica e a área experimental, antes da implantação do primeiro ciclo de cultivo, apresentou pH em H<sub>2</sub>O: 5,3; P e K: 7,48 e 8,0 mg dm<sup>-3</sup>; Ca e Mg: 2,47 e 1,19 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al e H+Al: 0,04 e 1,78 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica: 6,0 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo o solo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (EMBRAPA, 2013).

As parcelas experimentais foram dispostas em delineamento de blocos casualizados em arranjo fatorial 3x2, com cinco repetições, sendo o primeiro fator: sistema de cultivo (sorgo solteiro; sorgo cultivado em aléias de gliricídia; sorgo cultivado em aléias de leucena) e o segundo fator: adubação mineral (com adubação mineral e sem adubação mineral).

As Leguminosas foram semeadas em 2013, com espaçamento de 6 m entre fileiras duplas e 0,5 m entre fileiras simples e plantas. A área total do experimento foi de 900 m<sup>2</sup>, cada unidade experimental possuiu 30 m<sup>2</sup> (6x5 m).

Anualmente a partir de 2014 as leguminosas foram podadas e os resíduos depositados na superfície do solo. Em 2017, para início do experimento as leguminosas foram podadas a altura de 1,5 m e a biomassa (galhos finos e folhas) foi espalhada sob cada parcela que possuía aléias, de forma que todas as parcelas do mesmo tratamento receberam idêntica quantidade de biomassa e o tratamento sorgo solteiro não recebeu resíduo no cultivo. A biomassa das leguminosas foi quantificada com o uso de um quadrado de ferro de 0,25 m<sup>2</sup> e posteriormente secas em estufa de circulação forçada, a 55°C, até atingir peso constante para obtenção da massa seca do resíduo. Após um mês do corte das leguminosas foi aberto sulco de plantio manualmente e foi semeado no dia 31 de março e caracterizado como safrinha o sorgo híbrido forrageiro com aproximadamente treze sementes m<sup>-1</sup> no espaçamento de 0,75 m entre fileiras.

Após a coleta dos dados do primeiro experimento a área permaneceu em pousio e no ano de 2018 as leguminosas foram podadas novamente e o resíduo depositado nos cultivos em aléias, os procedimentos e a cultivar híbrida foram idênticos ao do ano anterior, porém o plantio foi realizado no dia 13 de janeiro e caracterizado como safra.

A adubação de plantio e de cobertura só foram realizadas nas parcelas que continham adubação mineral com NPK, no qual, foi feita seguindo a análise do solo e a necessidade da cultura (SOUSA; LOBATO, 2004). O fertilizante foi aplicado a lanço, anterior ao plantio nos dois anos, as doses de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N; 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 30 kg ha<sup>-1</sup> FTE. A cobertura foi parcelada em dois momentos, quando a planta de sorgo se encontrava com quatro e sete folhas totalmente expandidas, somando 100 kg ha<sup>-1</sup> de N e 75 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O.

Quando as plantas de sorgo atingiram 50% em início de florescimento, procedeu-se com a coleta de folhas, as amostras foram secas em estufa e moídas em moinho estacionário do tipo Willey para análise dos teores foliares de N; P; K; Ca e Mg (BOARETTO *et al.*, 2009).

Aos 85 dias após semeadura (DAS) foram realizadas as coletas de dados para avaliação de cada ano, para isto, foi mensurado 8 plantas das duas fileiras centrais de cada parcela. A coleta de altura de plantas e comprimento de panícula foram realizadas com uma régua graduada em centímetros, no qual, mediu-se do colo da planta até a última folha expandida. O diâmetro do colmo e panícula foram mensurados com auxílio de um paquímetro digital.

A parte aérea das plantas foram cortadas rente à superfície do solo, separou-se as partes vegetais em colmo, folha, panícula, material morto e raiz. Assim, obtendo-se o peso de massa verde de cada parte da planta, relação folha/colmo e a produtividade. Imediatamente após as pesagens das amostras, as mesmas foram acondicionadas em sacos de papel separadamente, para serem submetidas à secagem em estufa de aeração forçada, a 55°C, até atingirem peso constante, permitindo obter a massa seca.

Logo após o último experimento, subamostras de solo foram coletadas para a caracterização na camada de 0-20 cm em cada tratamento para determinar os teores de pH; K; P; Ca; Mg; Al; H+Al, CTC, V% e matéria orgânica (EMBRAPA, 2011).

As variáveis analisadas foram verificadas quanto a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro Wilk e homocedasticidade pelo teste de Bartlett, as mesmas foram submetidas à análise de variância e ao teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

### 3 RESULTADOS

Houve interação significativa entre os sistemas de cultivos (S) e a adubação mineral (A) em todas as variáveis de crescimento, massa seca dos componentes morfológicos e produção total do sorgo na safrinha, porém na safra a altura de plantas (AP), comprimento de panícula (CP) e massa seca da panícula (MSP) não tiveram interação significativa entre as fontes de variação (Tabela 1).

Para as variáveis da proporção na massa seca dos componentes morfológicos, teor foliar de macronutrientes e produtividade do sorgo forrageiro na safrinha, a % de colmo e teor foliar de P não apresentaram interação (SxA). No experimento da safra a % de folha, teor foliar de N, K e Mg também não tiveram interação (Tabela 2).

**Tabela 1-** Resumo da análise de variância das variáveis de crescimento, massa seca dos componentes morfológicos e produção total de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Quadrado médio	Safrinha 2016/2017										
	Fonte de variação	AP	DC	DP	CP	MSF	MSC	MSP	MSMM	MVT	MST
Sistemas de cultivo (S)	687*	0,03*	2,5*	34*	318*	6573*	14027*	131*	389177*	49341*	2108*
Adubação mineral (A)	4276*	0,24*	6,3*	89*	846*	27919*	47521*	632*	1763023*	192993*	37439*
(S x A)	484*	0,008*	0,8*	12*	33*	1445*	2102	126*	124341*	9758*	966*
CV (%)	8,5	6,7	11,8	6,9	12,3	19,7	27,8	10,6	17,4	17,7	29,0
	Safra 2017/2018										
Sistemas de cultivo (S)	68,5ns	0,2*	0,7*	1,1ns	1443*	50903*	658ns	155*	777522*	81883*	8905*
Adubação mineral (A)	16450*	1,3*	12,4*	150*	19885*	793331*	67794*	2353*	15902883*	1797184*	178427*
(S x A)	55,1ns	0,01*	0,2*	1,2ns	841*	93*	1028ns	112*	82518*	3378*	8815*
CV (%)	8,0	12,3	9,8	4,1	15,9	17,0	15,1	25,2	12,1	13,7	26,1

Altura de plantas (AP), diâmetro do colmo (DC), diâmetro de panícula (DP), comprimento de panícula (CP), massa seca da folha (MSF), massa seca do colmo (MSC), massa seca da panícula (MSP), massa seca do material morto (MSMM), massa verde total (MVT), massa seca total (MST), massa seca da raiz (MSR). \* -significativo a 5% de probabilidade. ns -não significativo.

**Tabela 2-** Resumo da análise de variância da proporção dos componentes morfológicos na massa seca, teor foliar de macronutrientes e produtividade em sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Fonte de variação	Safrinha 2016/2017									
	% folha	% colmo	% panícula	Relação folha colmo	N	P	K	Ca	Mg	Prod.
Sistemas de cultivo (S)	191*	20ns	565*	0,1*	1,7*	0,01ns	70,3*	0,6*	0,5*	5259*
Adubação mineral (A)	513*	30,9ns	1.378*	0,2*	0,004ns	0,007ns	37,8*	0,001*	0,3*	123413*
(S x A)	104*	6,8ns	251*	0,06*	0,05*	0,001ns	52,6	0,08*	0,3*	167987*
CV (%)	16,9	11,0	16,7	26,8	7,0	3,4	12,7	13,3	21,3	16,4
<b>Safra 2017/2018</b>										
Sistemas de cultivo (S)	3,5ns	190*	102*	0,01*	85,8*	0,7*	0,5ns	0,5*	0,09*	218755*
Adubação mineral (A)	221*	716*	134*	0,19*	0,07ns	0,02ns	120*	0,5*	0,5*	104247*
(S x A)	1,7ns	17,9*	6,1*	0,002*	1,4ns	0,05*	2,8ns	0,1*	0,006ns	443964*
CV (%)	9,6	7,1	15,5	14,3	10,8	14,3	9,2	13,8	15,0	12,2

Prod. -Produtividade de massa verde. \* Significativo a 5% de probabilidade. ns não significativo.

A gliricídia depositou no solo 5,4 e 6,8 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca de resíduo, a leucena depositou 6,0 e 7,5 Mg ha<sup>-1</sup> de massa seca de resíduo na safrinha e safra, respectivamente. Na tabela 3 encontra-se a caracterização química da área experimental após termino da condução dos experimentos.

**Tabela 3-** Caracterização química de solo após finalização dos experimentos de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Tratamentos	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O	CTC	V
		-----mg dm <sup>-3</sup> -----						g kg <sup>-1</sup>		%
SS	6,5	10,09	16,82	2,8	1,17	0,03	1,32	14,2	5,33	75,2
SC	6,4	18,82	26,84	2,4	0,89	0,03	1,33	10,7	4,68	71,7
GS	4,9	8,43	18,31	1,28	0,4	0,32	3,13	14,7	4,85	35,5
GC	4,9	21,43	21,43	1,08	0,25	0,34	3,35	18,8	4,73	29,2
LS	5,1	14,62	16,33	1,27	0,47	0,18	3,10	16,5	4,88	36,4
LC	5,2	20,77	23,96	1,73	0,52	0,14	3,24	19,0	5,55	42,0

SS: sorgo solteiro sem adubação mineral; SC: sorgo solteiro com adubação mineral; GS: gliricídia sem adubação mineral; GC: gliricídia com adubação mineral; LS: leucena sem adubação mineral; LC: leucena com adubação mineral.

### 3.1 Crescimento de sorgo forrageiro

Todos os sistemas de cultivos com a presença de adubação mineral tiveram variáveis de crescimento maiores que os sistemas de cultivo sem adubação mineral, exceto o tratamento sorgo em aléias de leucena na safrinha, que apresentou diâmetro de panícula sem alteração (Tabela 4).

O diâmetro do colmo dos cultivos em aléias da safra foram maiores que o sorgo solteiro, já o diâmetro de panícula só foi maior quando na ausência de adubação mineral. Na safrinha com ausência de adubação mineral o cultivo em aléias de leucena teve um desempenho maior que os outros sistemas de cultivo em todas as variáveis observadas, com exceção do diâmetro do colmo. Entretanto, com a presença de adubação mineral os sistemas de cultivos não sofreram alterações, exceto no diâmetro de panícula, no qual, as aléias de leucena foram maiores que o sorgo solteiro.

**Tabela 4-** Crescimento dos componentes de produção de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Sistemas de cultivo	Adubação mineral											
	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média
	Altura de plantas (cm)			Diâmetro do colmo (cm)			Diâmetro panícula (cm)			Comprimento panícula (cm)		
<b>Safrinha 2016/2017</b>												
Solteiro	56,9Cb	96,7Aa	-	0,96Bb	1,21Aa	-	0,94Cb	2,3Ba	-	10,9Cb	16,9Aa	-
Gliricídia	73,6Bb	91,3Aa	-	1,0ABb	1,25Aa	-	1,70Bb	2,7ABa	-	14,8Bb	17,6Aa	-
Leucena	86,1Ab	100,2Aa	-	1,14Ab	1,27Aa	-	2,5Aa	2,79Aa	-	16,8Ab	18,4Aa	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Safra 2017/2018</b>												
Solteiro	97,7Ab	148,6Aa	123,1A	0,65Bb	1,15Ba	-	1,9Bb	3,5Aa	-	19,6Ab	24,7Aa	22,1A
Gliricídia	105,2Ab	146,9Aa	126,0A	0,88Ab	1,2ABa	-	2,5Ab	3,6Aa	-	19,7Ab	23,5Aa	21,6A
Leucena	104,4Ab	152,4Aa	128,4A	0,99Ab	1,38Aa	-	2,7Ab	3,7Aa	-	19,9Ab	24,5Aa	22,2A
Média	102,4b	149,3a	-	-	-	-	-	-	-	19,7b	24,2a	-

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.2 Massa seca de componentes morfológicos e produção total de sorgo forrageiro

Na massa seca da folha (MSF) e massa seca do colmo (MSC) sem adubação mineral tanto na safrinha quanto na safra os cultivos de sorgo em aléias de leguminosas foram maiores que o sorgo solteiro, porém com a presença de adubação mineral não houve alterações entre os sistemas de cultivo. Entretanto, a MSF do sorgo cultivado em aléias de leucena na safrinha não sofreu alteração no fator adubação mineral (Tabela 5).

O cultivo de sorgo em aléias de leucena da safrinha foi maior que o sorgo solteiro na massa seca da panícula (MSP) e massa seca da matéria morta (MSMM) tanto com a presença de adubação mineral quanto na ausência.

**Tabela 5.** Massa seca dos componentes morfológicos de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Sistemas de cultivo	Adubação mineral											
	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média
	MSF (g m <sup>-2</sup> )			MSC (g m <sup>-2</sup> )			MSP (g m <sup>-2</sup> )			MSMM (g m <sup>-2</sup> )		
<b>Safrinha 2016/2017</b>												
Solteiro	39,2Bb	52,7Aa	-	58,4Bb	138,6Aa	-	12,9Bb	112,5Ba	-	20,7Bb	31,5Ba	-
Gliricídia	52,6Ab	62,7Aa	-	102,3Ab	171,2Aa	-	58,2Bb	151,0ABa	-	23,1Bb	38,4Aa	-
Leucena	49,0ABa	56,3Aa	-	130,2Ab	164,2Aa	-	114,2Ab	160,6Aa	-	32,6Aa	34,0ABa	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Safra 2017/2018</b>												
Solteiro	51,2Bb	123,9Aa	-	110,3Bb	439,5Ba	-	78,4Ab	196,8Aa	137,6A	12,9Ab	23,6Ba	-
Gliricídia	79,2Ab	120,0Aa	-	207,2Ab	535,5ABa	-	96,3Ab	178,9Aa	137,6A	13,4Ab	37,6Aa	-
Leucena	91,1Ab	132,0Aa	-	255,1Ab	573,3Aa	-	109,6Ab	193,8Aa	151,7A	10,1Ab	28,3Ba	-
Média	-	-	-	-	-	-	94,8b	189,8a	-	-	-	-

Massa seca da folha (MSF); massa seca do colmo (MSC); massa seca da panícula (MSP); massa seca de material morto (MSMM). Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

A massa verde total (MVT) e massa seca total (MST) dos sistemas de cultivos em aléias de leguminosas foram maiores que o sorgo solteiro, exceto na safrinha com presença de adubação mineral, no qual, os sistemas de cultivos não sofreram alterações (Tabela 6).

Os sistemas de cultivo sem adubação mineral da safra foram iguais quanto a massa seca da raiz (MSR), já na safrinha o sorgo em aléias de gliricídia foi superior ao sorgo solteiro. No entanto, com a presença de adubação mineral na safra a MSR do sorgo em aléias de gliricídia foi menor que os outros sistemas de cultivo, porém na safrinha não houve diferença entre os sistemas de cultivo.

**Tabela 6-** Produção total de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Sistemas de cultivo	Adubação mineral								
	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média
	MVT (g m <sup>-2</sup> )			MST (g m <sup>-2</sup> )			MSR (g m <sup>-2</sup> )		
<b>Safrinha 2016/2017</b>									
Solteiro	415,7Bb	1.097Aa	-	131,3Cb	336,4Aa	-	32,9Bb	126,0Aa	-
Glicírcidia	795,7Ab	1.325Aa	-	236,4Bb	423,5Aa	-	79,7Ab	136,3Aa	-
Leucena	1.005Ab	1.248Aa	-	326,1Ab	415,1Aa	-	67,1ABb	129,4Aa	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Safra 2017/2018</b>									
Solteiro	730,1Bb	2.395Ba	-	252,9Bb	784,0Ba	-	49,7Ab	250,2Aa	-
Glicírcidia	1.168Ab	2.507ABa	-	396,3Ab	872,2ABa	-	66,8Ab	154,1Ba	-
Leucena	1.438Ab	2.802Aa	-	466,0Ab	927,6Aa	-	81,5Ab	256,4Aa	-
Média	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Massa verde total (MVT): folha, colmo, panícula e material morto; massa seca total (MST): folha, colmo, panícula e material morto; massa seca total da raiz (MSR). Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Proporção de componentes morfológicos na massa seca

Houve superioridade para a proporção de folha de todos os sistemas de cultivo sem adubação mineral sob os sistemas de cultivo com adubação mineral na safra e na safrinha, salvo o sorgo em aléias de leucena da safrinha que apresentou sem alterações no fator adubação (Tabela 7). A proporção de colmo da safra sem adubação mineral foi maior nos cultivos entre aléias de leguminosas do que no sorgo solteiro, porém com adubação mineral não houve diferenças entre os sistemas de cultivos.

A safra demonstrou resposta diferente da safrinha para a proporção de panícula, no qual, os cultivos em aléias de leguminosas sem adubação mineral foram menores que cultivo de sorgo solteiro. No entanto, na safrinha o sorgo em aléias de glicírcidia e leucena apresentaram maiores que o sorgo solteiro. Outro ponto importante a destacar é a indiferença do cultivo de sorgo em aléias de leucena entre a presença e a ausência de adubação mineral na safra e na safrinha.

Os cultivos em aléias de leguminosas sem adubação mineral tiveram menores relação folha colmo quando comparados com o sorgo solteiro tanto na safra quanto na safrinha (Tabela 7).

**Tabela 7-** Proporção na massa seca dos componentes morfológicos de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Sistemas de cultivo	Adubação mineral											
	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média
	Folha (%)			Colmo (%)			Panícula (%)			Relação Folha colmo		
<b>Safrinha 2016/2017</b>												
Solteiro	30,4Aa	15,9Ab	-	43,2Aa	41,1Aa	42,2A	9,8Cb	33,4Aa	-	0,74Aa	0,39Ab	-
Glicírdia	23,6Ba	14,9Ab	-	43,9Aa	40,3Aa	42,1A	22,1Bb	35,5Aa	-	0,53Ba	0,37Ab	-
Leucena	15,2Ca	13,6Aa	-	39,9Aa	39,5Aa	39,7A	34,9Aa	38,4Aa	-	0,38Ba	0,34Aa	-
Média	-	-	-	42,3a	40,3a	-	-	-	-	-	-	-
<b>Safra 2017/2018</b>												
Solteiro	20,3Aa	15,6Ab	18,0A	43,5Bb	56,1Aa	-	31,0Aa	25,0Ab	-	0,47Aa	0,28Ab	-
Glicírdia	20,1Aa	13,8Ab	16,9A	51,7Ab	61,0Aa	-	24,6Ba	20,7Aa	-	0,39Ba	0,22Ab	-
Leucena	19,6Aa	14,2Ab	16,9A	54,4Ab	61,8Aa	-	23,7Ba	20,8Aa	-	0,36Ba	0,23Ab	-
Média	20,0a	14,6b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.4 Teor foliar de macronutrientes

Comparando o teor foliar de N com a presença de adubação mineral na safrinha o cultivo de sorgo em aléias de leucena foi menor do que o sorgo solteiro (Tabela 8). Contudo, independentemente da adubação mineral na safra o cultivo em aléias de leucena mostrou-se maior que o cultivo solteiro. Já no teor foliar de P da safra, o cultivo em aléias de leucena somente foi maior que o cultivo solteiro na presença de adubação mineral. O teor foliar de N e P de todos os sistemas de cultivos da safra e da safrinha não sofreram alterações do fator adubação mineral.

O teor foliar de K dos cultivos em aléias de leguminosas sem adubação mineral da safrinha foram maiores do que o cultivo solteiro. Entretanto, com a presença de adubação mineral os sistemas de cultivos foram semelhantes.

Os cultivos em aléias de gliricídia e leucena obtiveram os menores teor foliar de Ca tanto na safra quanto na safrinha comparado ao cultivo solteiro. O mesmo padrão de superioridade do cultivo solteiro comparado aos cultivos em aléias de leguminosas foi notado no teor foliar de Mg da safrinha sem adubação mineral, entretanto na safra o cultivo em aléias de gliricídia foi menor do que o cultivo solteiro com adubação ou sem adubação mineral.

**Tabela 8-** Teor foliar de macronutrientes em sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.

Sistema cultivo	Adubação mineral														
	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média	Ausente	Presente	Média
	N (g kg <sup>-1</sup> )			P (g kg <sup>-1</sup> )			K (g kg <sup>-1</sup> )			Ca (g kg <sup>-1</sup> )			Mg (g kg <sup>-1</sup> )		
<b>Safrinha 2016/2017</b>															
Solteiro	7,2Aa	7,3Aa	-	1,6Aa	1,6Aa	1,67A	10,8Cb	17,9Aa	-	1,46Aa	1,26Ab	-	1,2Aa	0,6Ab	-
Glicírcia	6,8Aa	6,7ABa	-	1,5Aa	1,6Aa	1,59B	16,2Ba	18,0Aa	-	0,95Ba	1,1ABa	-	0,7Ba	0,6Aa	-
Leucena	6,5Aa	6,3Ba	-	1,5Aa	1,6Aa	1,61B	20,7Aa	18,6Aa	-	0,81Ba	0,9Ba	-	0,4Ca	0,5Aa	-
Média	-	-	-	1,6a	1,6a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Safra 2017/2018</b>															
Solteiro	20,9Ba	20,0Ba	20,5B	2,1Aa	1,8Ba	-	18,3Ab	21,1Aa	19,7A	1,4Aa	1,1Ab	-	0,9Aa	0,6Ab	0,78A
Glicírcia	23,8ABa	24,1ABa	23,9A	2,0Aa	2,0Ba	-	16,8Ab	21,7Aa	19,2A	1,1Ba	0,7Bb	-	0,7Ba	0,4Bb	0,5B
Leucena	26,1Aa	26,5Aa	26,3A	2,4Aa	2,49Aa	-	17,3Ab	21,6Aa	19,4A	0,8Ca	0,7Ba	-	0,8ABa	0,5ABb	0,7AB
Média	23,6a	23,5a	-	-	-	-	17,4b	21,4a	-	-	-	-	0,8a	0,5b	-

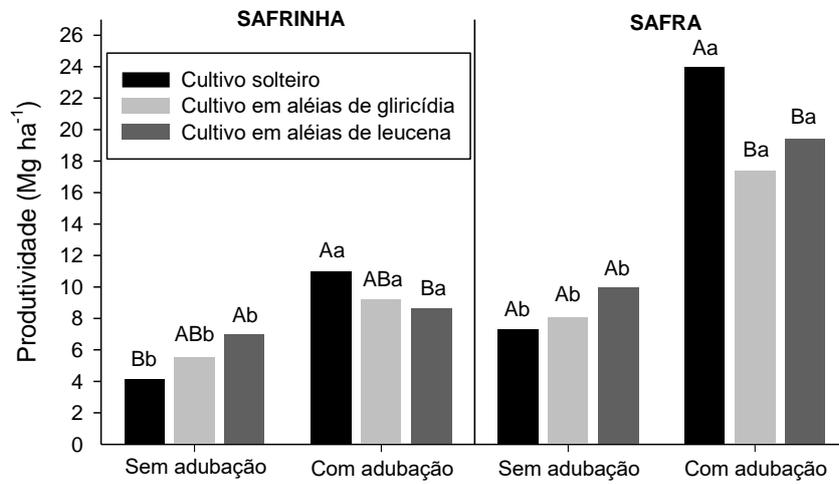
Médias seguidas de letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna diferem pelo teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

### 3.5 Produtividade de sorgo forrageiro

Nos dois anos agrícolas a produtividade dos sistemas de cultivo com adubação mineral foi maior do que os sistemas de cultivos sem adubação mineral. Na safra sem adubação mineral os sistemas de cultivos foram iguais. Já com adubação mineral os sistemas de cultivo em aléias de leguminosas foram menores que o sorgo solteiro (Figura 1).

Na safrinha sem adubação mineral o cultivo de sorgo em aléias de leucena teve maior produtividade que o sorgo solteiro. Com a presença de adubação mineral a produtividade do sorgo em aléias de glicírcia comparou-se ao sorgo solteiro, porém o cultivo em aléias de leucena foram menores que o sorgo solteiro.

**Figura 1-** Produtividade de massa verde de sorgo forrageiro cultivado em aléias de leguminosas sob efeito da adubação mineral em Neossolo Quartzarênico.



Letras minúsculas entre nível de adubação para cada sistema de cultivo e maiúsculas entre os sistemas de cultivo em cada nível de adubação, iguais entre si, não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) na safrinha e na safra.

## 4 DISCUSSÃO

A massa seca do resíduo depositada no solo pelas leguminosas foi importante para a maior disponibilidade de matéria orgânica do solo, a leucena produziu em média 1.300 kg de incremento de resíduo em relação a gliricídia. As aléias de leguminosas demonstraram potencial para melhoria da produção do sorgo forrageiro.

O cultivo em aléias de leucena da safra tanto com ausência como na presença de adubação mineral aumentou em 36 e 25% o diâmetro do colmo e o diâmetro de panícula, respectivamente, quando comparado com o sorgo solteiro, características estas que influem para maior produção de sorgo (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Na safrinha o cultivo em aléias de leucena exerceram impactos ainda mais positivos em todos os componentes de crescimento do sorgo, em média, o incremento quando relacionado ao sorgo solteiro foi de 72%.

Em estudos sobre benefícios do cultivo em aléias para o milho e o sorgo, há evidências que reforçam que as aléias de leguminosas aumentam a altura das plantas quando em comparação com o sorgo cultivado solteiro (ANDRADE NETO *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2015a). Ademais, a cobertura do solo com os resíduos das leguminosas controlam plantas daninhas e melhoram as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SILVA *et al.*, 2015b).

A massa seca dos componentes morfológicos dos cultivos em aléias foi incrementada quando comparada ao sorgo solteiro, especialmente na ausência de adubação mineral. Por exemplo a massa seca da folha dos cultivos em aléias de leguminosas superaram o sorgo solteiro em 28 e 66% na safrinha e safra, respectivamente. O potencial de produção da massa seca do colmo em aléias de leguminosas foi em média 100% maior do que o sorgo solteiro na safrinha e safra.

O sorgo em aléias de leucena da safrinha quanto a produção de massa seca da panícula foi maior que o sorgo solteiro em mais de 500%. As características distintas entre as leguminosas e o sorgo resultam na exploração de camadas diferentes de solo, na estruturação do solo e produção de massa seca com relação carbono-nitrogênio média, que se associa a menor taxa de decomposição de resíduos e ciclagem de nutrientes, beneficiando o cultivo agrícola (CARVALHO *et al.*, 2013).

Para a massa verde total produzida pelo sorgo no experimento conduzido durante a safra, os cultivos em aléias de leguminosas (gliricídia e leucena) sem adubação e com adubação, respectivamente, superaram em 78,5 e 11% o sorgo solteiro. Na safrinha os resultados foram semelhantes aos da safra, contudo a superioridade dos sistemas de cultivo em aléias foram mais

contrastantes quando com a ausência da adubação mineral, no qual, produziram em média 116% de incremento relacionado ao sorgo solteiro. Plantas da família Poaceae cultivadas em aléias de leguminosas aumentam a produção de massa verde e massa seca comparada ao cultivo convencional sem aléias (NDIAYE; GANRY; OLIVER, 2000; HEINRICHS *et al.*, 2002). As vantagens mais esperadas do sistema de cultivo em aléias, em relação ao cultivo solteiro, são: maior produção de massa verde e seca, maior acúmulo de nutrientes e proteção do solo (ANDRADE NETO *et al.*, 2010).

Corroborando com nossos resultados, Primo *et al.* (2014) estudando o cultivo de milho em aléias de gliricídia, observaram maior massa seca total do cultivo em aléias comparada ao cultivo de milho adubado com esterco e ao cultivo de milho convencional. As aléias de gliricídia e leucena em razão de sua alta capacidade de fixar nitrogênio atmosférico e de produzir biomassa, em condições de baixa disponibilidade hídrica, são capazes de melhorar a fertilidade do solo e de aumentar a produção de matéria seca de poaceas (BARRETO; FERNANDES, 2001).

Na ausência de adubação mineral na safrinha a massa seca de raiz do sorgo em aléias de gliricídia superou o sorgo solteiro em 142%. Contudo, na safra com adubação mineral o sorgo em aléias de gliricídia teve a menor massa seca de raiz, demonstrando que a planta não necessitou tanto investimento em raiz. A produção de raiz de sorgo pode depender da competitividade com as leguminosas dispostas em aléias, sendo que, com quanto mais tempo de estabelecimento tiver as aléias maior será a competitividade das leguminosas com a cultura agrícola (PÉREZ-MARIN; MENEZES; SALCEDO, 2007; MARTINS *et al.*, 2013).

A proporção dos componentes morfológicos é importante para a qualidade da silagem, na safrinha sem adubação mineral os sistemas de cultivos em aléias de leguminosas exerceram influência no desenvolvimento do sorgo, no qual, resultou em menor proporção de folha, impactando na menor relação folha colmo. A FBN realizada pelas leguminosas aumenta a produtividade das poaceas, contudo proporciona menor razão folha colmo (GAMA *et al.*, 2013).

Na safra os cultivos em aléias de leguminosas (gliricídia e leucena) sem adubação mineral apresentaram maior rendimento de colmo quando comparado ao sorgo solteiro, produzindo em média 22% de incremento. Perazzo *et al.* (2013) afirmam que o porte da planta se correlaciona positivamente com a participação de colmo, quanto maior a planta maior participação de colmo e quanto maior a altura da planta menor a proporção de folha.

Para a proporção de panícula na safrinha sem adubação mineral o cultivo em aléias de leucena superou as aléias de gliricídia e o sorgo solteiro em 57 e 255%, respectivamente. Na

safrinha o sorgo solteiro foi cerca de 25% maior na proporção de panícula quando comparado aos cultivos em aléias de leguminosas. A altura ou porte é determinante no comportamento do sorgo e sua aptidão, a maior participação de panícula na massa seca, também denota maior valor nutritivo da silagem (OLIVEIRA *et al.*, 2010; PERAZZO *et al.*, 2013).

O teor foliar de N do sorgo no cultivo em aléias de leucena com adubação e sem adubação mineral da safra foi o único sistema nos dois anos agrícolas que ficou dentro do nível crítico para a produção de 80% do potencial da cultura (BOARETTO *et al.*, 2009). Entretanto, o nível foliar de P da safrinha foi muito baixo para a produção adequada da cultura, e isto se relaciona a escassez de chuva que causa disponibilidade limitada de N para as plantas (AKINNIFESI *et al.*, 2007).

Barreto; Fernandes, (2001) estudando a gliricídia e a leucena como forma de melhoria do solo afirmam que, considerando apenas o N, com a incorporação da biomassa das leguminosas seriam adicionados ao solo, em média 160 e 130 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N, respectivamente. As aléias de leguminosas recuperam cerca de 20% do N diretamente dos resíduos depositados no solo (MUNDUS *et al.*, 2008; AGUIAR *et al.*, 2009). A FBN também pode representar entradas de N relevantes ao sistema solo/planta e reduzir a necessidade de aplicação de fertilização com N que é frequentemente a mais cara entre os fertilizantes (MARTINS *et al.*, 2015).

No experimento desenvolvido durante a safra houve superioridade do cultivo em aléias de leguminosas sob o cultivo solteiro, no qual, o teor de N foliar aumentou em média 4,0 g kg<sup>-1</sup> sem adubação e 5,3 g kg<sup>-1</sup> com adubação mineral. Chirwa *et al.* (2006), Akinnifesi *et al.* (2007) e Leite *et al.* (2008) argumentam que leguminosas em aléias podem aumentar a eficiência do uso de fertilizantes nitrogenados. Porém, a adubação mineral não influenciou o teor de N foliar dos sistemas de cultivos da safra e da safrinha deste trabalho.

Beedy *et al.* (2010) em trabalho com cultivo de milho em aléias de gliricídia sustentam que há um aumento de 86% do N da matéria orgânica particulada do solo em relação ao cultivo de milho solteiro adubado e que se compara ao efeito de uma adubação de 50 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante nitrogenado.

Com relação ao teor foliar de P do sorgo, os sistemas de cultivo da safra apresentaram-se adequados, com exceção do sorgo solteiro com adubação mineral. Contudo, na safrinha mesmo com a presença da adubação mineral, os níveis de P dos sistemas de cultivos foram abaixo do ideal para a cultura (BOARETTO *et al.*, 2009). Paula *et al.* (2015) mencionam que o P proveniente da decomposição dos resíduos de leguminosas formam compostos menos

solúveis em água e se move de modo mais lento de um compartimento para outro, e o tempo de meia-vida da liberação dos nutrientes é menor na safrinha.

O teor foliar de P da safrinha e safra não modificaram com o fator adubação mineral e a média do sorgo solteiro da safrinha produziu  $0,7 \text{ g kg}^{-1}$  de incremento quando relacionado aos sistemas de cultivos em aléias de leguminosas. Queiroz *et al.* (2008) apontam que a FBN realizada pelas leguminosas resulta em maior gasto de energia e de P pelas leguminosas. Contudo, no experimento da safra o sorgo em aléias de leucena com adubação mineral demonstrou maior teor foliar de P relacionado aos outros sistemas de cultivo, mas sem adubação mineral não teve alterações entre os sistemas de cultivo.

Heinrichs *et al.* (2002) em estudo nutricional da cultura do milho consorciado com leguminosas, encontraram alterações no teor foliar de P somente no segundo ano, no qual, foram maiores nos cultivos com resíduos de leguminosas quando relacionado ao tratamento convencional. Assim, diversas espécies vegetais, especialmente leguminosas perenes, podem utilizar frações não lábeis de P modificando a química de sua rizosfera, excretando prótons e ácidos orgânicos, solubilizando o P e deixando-o disponível para as culturas (HAUGGAARD-NIELSEN; JENSEN, 2005).

O teor foliar de K permaneceu adequado em todos os sistemas de cultivos nos dois anos agrícolas, independentemente da adubação mineral, exceto o cultivo de sorgo solteiro sem adubação mineral da safrinha que teve teor abaixo do adequado para a cultura do sorgo (BOARETTO *et al.*, 2009).

O K foliar do cultivo em aléias de gliricídia e de leucena do primeiro ciclo de plantio (safrinha) sem adubação mineral foram maiores que o sorgo solteiro, assim o incremento foi de 50 e 100%, respectivamente. Estes resultados indicam que, provavelmente estas leguminosas podem reciclar o K de profundidades que as raízes do sorgo não alcançam, além de disponibilizar nutrientes dos resíduos para a cultura principal (MAKUMBA *et al.*, 2006; QUEIROZ *et al.*, 2008; PRIMO *et al.*, 2018a).

Os sistemas de cultivo da safra não sofreram alterações no teor foliar de K tanto com adubação quanto sem adubação. Como o experimento da safra foi implantado em segundo ciclo, há evidências em estudo da cultura do milho que o K oriundo dos resíduos do primeiro ciclo foi suficiente e mascarou o efeito das leguminosas no segundo ciclo de cultivo (QUEIROZ *et al.*, 2008). Moura *et al.* (2010) afirmam que no cultivo de milho em aléias, as leguminosas aumentam positivamente o teor foliar de K no milho a partir do primeiro ciclo de cultivo, assemelhando ao cultivo convencional.

Os teores foliares de Ca e Mg do sorgo apresentaram-se inadequados em todos os cultivos sem adubação ou com adubação na safrinha e safra (BOARETTO *et al.*, 2009).

Independentemente da adubação mineral os menores teores foliares de Ca e Mg foram verificados nos cultivos em aléias de leguminosas. Este resultado denota a existência de competição entre as leguminosas e a cultura do sorgo. Contudo, com a presença de adubação mineral na safra, a competição aumenta. As espécies leguminosas requerem os mesmos recursos que as culturas associadas, o que pode resultar tanto em complementariedade quanto em competição (PÉREZ-MARIN; MENEZES; SALCEDO, 2007).

As leguminosas possuem raízes profundas e podem interceptar nutrientes percolados ao longo do perfil do solo e acessar aqueles acumulados nas camadas abaixo da zona radicular de culturas anuais. Esses nutrientes absorvidos pelo sistema radicular das árvores tornam-se insumos na forma de resíduos vegetais (LOSS *et al.*, 2009). De forma geral, os resíduos das leguminosas disponibilizam Ca e Mg para a cultura agrícola, contudo, a lenta liberação desses nutrientes deve-se, provavelmente ao fato destes serem um dos constituintes da lamela média da parede celular formando um dos componentes mais recalcitrantes dos tecidos vegetais (ESPINDOLA *et al.*, 2006; MARTINS *et al.*, 2013; TAIZ *et al.*, 2017).

Em média, a presença de adubação mineral nos sistemas de cultivo duplicou a produtividade nos dois anos de experimento. Corroborando com estes resultados, Akinnifesi *et al.* (2007) também registrou que o rendimento do cultivo de milho em aléias de gliricídia sem adubação mineral de N e P foi 39% maior do que nas parcelas de milho solteiro que recebeu as taxas totais recomendadas de N e P. E quando as aléias de gliricídia foram alteradas com 50% N e 100% P, os respectivos aumentos do rendimento foi de 79%.

As aléias da safra sem adubação mineral demonstraram resultados similares ao sorgo solteiro. No entanto, com adubação presente o sorgo solteiro aumentou a produtividade em média 5.500 kg ha<sup>-1</sup> comparado ao cultivo em aléias de gliricídia e leucena.

Os cultivos em aléias de leguminosas possuíam uma área útil 30% inferior relacionado ao cultivo solteiro, contudo na safrinha sem adubação mineral observando essa característica, as aléias de leucena produziram 67% de incremento na produtividade relacionada ao sorgo solteiro. Queiroz *et al.* (2008) na investigação experimental sobre o cultivo de milho em aléias de gliricídia contataram um potencial de 40% de superioridade na produtividade relacionada ao sistema similar utilizado pelo pequeno agricultor sem aplicação de fertilizante mineral, em Campos do Goytacazes.

Na presença de adubação mineral na safrinha o cultivo de sorgo em aléias de gliricídia foi capaz de igualar ao sorgo solteiro na produtividade. Em um dos poucos trabalhos que

relaciona a cultura do sorgo em aléias de leguminosas Korwar, (1998) destacou que a produtividade do sorgo cultivado em aléias de leguminosas correspondeu a 94% em relação ao cultivo convencional, embora fosse ocupado 86% da área no sistema.

Há evidências que o crescimento, desenvolvimento e produtividade do milho cultivado com o uso de resíduos de leguminosa, excede o cultivo com uso de fertilização orgânica à base de esterco (MUNDUS *et al.*, 2008). O cultivo em aléias de leguminosas denotam sua importância como prática de agricultura de baixo input externo, como forma de fertilização do solo, mantendo ou elevando a capacidade produtiva das culturas agrícolas integradas (QUEIROZ *et al.*, 2008).

## 5 CONCLUSÕES

O crescimento dos componentes de produção do sorgo forrageiro foi maior nos cultivos em aléias (gliricídia e leucena), a presença de adubação mineral potencializou esses resultados, porém não diferenciou os sistemas de cultivo. As aléias de leucena superaram as aléias de gliricídia em altura de plantas, diâmetro e comprimento de panícula.

Pelo menos um dos sistemas de cultivo em aléias foram maiores que o sorgo solteiro para a massa seca dos componentes morfológicos e a produção total de massa verde, seca e raíz. A adubação mineral aumentou o acúmulo de todas as variáveis. Para a proporção dos componentes morfológicos a adubação mineral nivelou os sistemas de cultivo, porém sem adubação as aléias de leguminosas exerceram influência sob as variáveis.

O teor foliar de N e P não dependeram da adubação mineral, com isso as aléias influenciaram positivamente o N foliar do sorgo. O cultivo em aléias de leucena apontou maior teor de P comparado ao sorgo solteiro na safra. O K foliar dos cultivos em aléias somente foram maiores que o cultivo solteiro na safrinha. As leguminosas competiram com o sorgo pelo Ca e Mg, resultando em menores teores desses elementos quando comparado ao cultivo solteiro.

A presença de adubação mineral aumentou a produtividade dos sistemas de cultivos. As aléias de gliricídia e leucena demonstraram alto potencial no aumento da produtividade da safrinha. Contudo, na safra com a presença de adubação mineral as aléias tiveram produtividade menor que o sorgo solteiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p.711-728, 2013. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.

AGUIAR, A. das. C. F.; AMORIM, A. P.; COELHO, K. P.; MOURA, E. G. de. Environmental and agricultural benefits of a management system designed for sandy loam soils of the humid tropics. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1473–1480, out. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000500037>.

AKINNIFESI, F. K.; MAKUMBA, W.; SILESHI, G.; AJAYI, O. C.; MWETA, D. Synergistic effect of inorganic N and P fertilizers and organic inputs from *Gliricídia sepium* on productivity of intercropped maize in Southern Malawi. **Plant and Soil**, v. 294, n. 1–2, p. 203–217, maio. 2007. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-007-9247-z>.

ANDRADE NETO, R. C.; MIRANDA, N. O.; DUDA, G. P.; GÓES, G. B.; LIMA, A. S. Crescimento e produtividade do sorgo forrageiro BR 601 sob adubação verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 124–130, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000200002>.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Gliricídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 10, p. 1287–1293, out. 2001. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2001001000011>.

BEEDY, T. L.; SNAPP, S. S.; AKINNIFESI, F. K.; SILESHI, G. W. Impact of *Gliricídia sepium* intercropping on soil organic matter fractions in a maize-based cropping system. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 138, n. 3–4, p. 139–146, agosto. 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2010.04.008>.

BERTALOT, M. J. A.; GUERRINI, I. A.; MENDOZA, E.; PINTO, M. S. V. Desempenho da cultura do milho (*Zea mays* L.) em sucessão com aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) sob manejos agroflorestal e tradicional. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 597–608, ago. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622010000400004>.

BOARETTO, A. E.; RAIJ, B. VAN; SILVA, F. C. da; CHITOLINA, J. C.; TEDESCO, M. J.; CARMO, C. A. F. do. Amostragem acondicionamento e preparo de amostras de planta para análise química. In: SILVA, F. C. da., (ed). **Manual de análises químicas de solos, planta e fertilizantes**. Brasília, DF. 2009. p.61-85.

CALVO, C. L.; FOLONI, J. S. S.; BRANCALIÃO, S. R. Produtividade de fitomassa e relação C/N de monocultivos e consórcios de guandu-anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, v. 69, n. 1, p. 77-86, 2010.

CARVALHO, W. P. de.; CARVALHO, G. J. de.; ABBADE NETO, D. de O.; TEIXEIRA, L. G. V. Desempenho agrônomo de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 2, p. 157–166, fev. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200005>.

CHIRWA, P. W.; BLACK, C. R.; ONG, C. K.; MAGHEMBE, J. Nitrogen Dynamics in Cropping Systems in Southern Malawi Containing *Gliricidia sepium*, Pigeonpea and Maize. **Agroforestry Systems**, v. 67, n. 1, p. 93–106, abr. 2006. <http://dx.doi.org/10.1007/s10457-005-0949-z>.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2013. 353p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EKEPU, D.; TIRIVANHU, P. Assessing socio-economic factors influencing adoption of legume-based multiple cropping systems among smallholder sorghum farmers in Soroti, Uganda. **South African Journal of Agricultural Extension**, v. 44, n. 2, p. 195–215, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000200005>.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. de; TEIXEIRA, M. G.; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 321–328, abr. 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832006000200012>.

GAMA, T. da. C. M.; VOLPE, E.; LEMPP, B.; GALDEIA, E. C. Recuperação de pasto de capim-braquiária com correção e adubação de solo e estabelecimento de leguminosas. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 14, n. 4, p. 635–647, dez. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402013000400003>.

GARRIDO, M.; MENEZES, R. S. C.; DE SÁ BARRETO SAMPAIO, E. V.; MARQUES, T. R. R.; OLSZEWSKI, N. Accumulation and apparent recovery of N, P and K after the incorporation of gliricidia and manure in intercropping during the cultivation of corn–cowpea–cotton. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 107, n. 2, p. 187–196, mar. 2017. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-017-9828-z>.

HAUGGAARD-NIELSEN, H.; JENSEN, E. S. Facilitative Root Interactions in Intercrops. **Plant and Soil**, v. 274, n. 1–2, p. 237–250, jul. 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-004-1305-1>.

HEINRICHS, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FANCELLI, A. L. Produção e estado nutricional do milho em cultivo intercalar com adubos verdes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n. 1, p. 225–230, mar. 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832002000100023>.

KORWAR, G. R. Fodder production potential of leucaena hedgerows on an Alfisol and a Vertisol in the semi-arid tropics. In: GILL, A. S.; ROY, R. D.; BAJPAL, C. K. (eds). **Nitrogen fixing trees for fodder production**, Morrilton, USA, p. 146-153. 1998.

LEITE, A. A. L.; FERRAZ JUNIOR, A. S. de. L.; MOURA, E. G. de.; AGUIAR, A. das. C. F. Comportamento de dois genótipos de milho cultivados em sistema de aléias preestabelecido com diferentes leguminosas arbóreas. **Bragantia**, v. 67, n. 4, p. 875–882, dez. 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052008000400009>.

LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; FERREIRA, E. P.; SANTOS, L. L. dos.; BEUTLER, S. J.; FERRAZ JÚNIOR, A. S. de. L. Frações oxidáveis do carbono orgânico em argissolo vermelho-amarelo sob sistema de aleias. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 867–874, ago. 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400011>.

MAKUMBA, W.; JANSSEN, B.; OENEMA, O.; AKINNIFESI, F.; MWETA, D.; KWESIGA, F. The long-term effects of a gliricídia–maize intercropping system in Southern Malawi, on gliricídia and maize yields, and soil properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 116, n. 1–2, p. 85–92, ago. 2006. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2006.03.012>.

MARTINS, J. C. R.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; SANTOS, A. F. dos.; NAGAI, M. A. Produtividade de biomassa em sistemas agroflorestais e tradicionais no Cariri Paraibano. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 581–587, jun. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662013000600002>.

MARTINS, J. C. R.; FREITAS, A. D. S. de.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. de. S. B. Nitrogen symbiotically fixed by cowpea and gliricidia in traditional and agroforestry systems under semiarid conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, n. 2, p. 178–184, fev. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2015000200010>.

MOURA, E. G. de.; ALBUQUERQUE, J. M.; AGUIAR, A. das. C. F. Growth and productivity of corn as affected by mulching and tillage in Alley cropping systems. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 2, p. 204–208, abr. 2008.

MOURA, E. G. de.; SERPA, S. S.; SANTOS, J. G. D. dos.; SOBRINHO, J. R. S. C.; AGUIAR, A. das C. F. Nutrient use efficiency in alley cropping systems in the Amazonian periphery. **Plant and Soil**, v. 335, n. 1–2, p. 363–371, 18 out. 2010. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-010-0424-0>.

MOURA, E. G.; SENA, V. G. L.; SOUSA, C. C. M.; SILVA, F. R.; COELHO, M. J. A.; MACEDO, V. R. A.; AGUIAR, A. C. F. Enhancement of the rootability of a structurally fragile tropical soil using gypsum and leguminous residues to increase the yield of maize. **Soil Use and Management**, v. 32, n. 1, p. 118–126, mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1111/sum.12251>.

MOURA-SILVA, A. G.; AGUIAR, A. das C. F.; JORGE, N.; AGOSTINI-COSTA, T. da S.; MOURA, E. G. de. Food quantity and quality of cassava affected by leguminous residues and inorganic nitrogen application in a soil of low natural fertility of the humid tropics. **Bragantia**, v. 76, n. 3, p. 406–415, 29 maio 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.007>.

MUNDUS, S.; MENEZES, R. S. C.; NEERGAARD, A.; GARRIDO, M. S. Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or gliricidia in semi-arid NE Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 82, n. 1, p. 61–73, 4 set. 2008. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-008-9169-z>.

NDIAYE, M.; GANRY, F.; OLIVER, R. Alley Cropping of Maize and Gliricidia sepium in the Sudanese Sahel Region: Some Technical Feasibility Aspects. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, v. 14, n. 4, p. 317–327, jan. 2000. <http://dx.doi.org/10.1080/08903060050136432>.

NGULUBE, M. R. Evaluation of Gliricidia sepium provenances for alley cropping in Malawi. **Forest Ecology and Management**, v. 64, n. 2–3, p. 191–198, abr. 1994. [http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127\(94\)90293-3](http://dx.doi.org/10.1016/0378-1127(94)90293-3).

OLIVEIRA, L. B. de.; PIRES, A. J. V.; VIANA, A. E. S.; MATSUMOTO, S. N.; CARVALHO, G. G. P. de.; RIBEIRO, L. S. O. Produtividade, composição química e características agronômicas de diferentes forrageiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 12, p. 2604–2610, dez. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001200007>.

OLIVEIRA, V. R. de.; SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N. de.; PONTES, F. S. T.; ANTONIO, R. P.; OLIVEIRA, V. R. de.; SILVA, P. S. L.; PAIVA, H. N. de.; PONTES, F. S. T.; ANTONIO, R. P. Growth of arboreal leguminous plants and maize yield in agroforestry systems. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 679–688, ago. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622016000400011>.

OLIVEIRA, F. R. A. de.; SOUZA, H. A. de.; CARVALHO, M. A. R. de.; COSTA, M. C. G. Green fertilization with residues of leguminous trees for cultivating maize in degraded soil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 4, p. 798–807, out.–dez., 2018. <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-004-1305-1>.

OMARI, R. A.; AUNG, H. P.; HOU, M.; YOKOYAMA, T.; ONWONA-AGYEMAN, S.; OIKAWA, Y.; FUJII, Y.; BELLINGRATH-KIMURA, S. D. Influence of Different Plant Materials in Combination with Chicken Manure on Soil Carbon and Nitrogen Contents and Vegetable Yield. **Pedosphere**, v. 26, n. 4, p. 510–521, ago. 2016. [http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160\(15\)60061-3](http://dx.doi.org/10.1016/S1002-0160(15)60061-3).

PAULA, P. D. de.; CAMPELLO, E. F. C.; GUERRA, J. G. M.; SANTOS, G. de. A.; RESENDE, A. S. de. Decomposição das podas das leguminosas arbóreas *Gliricidia sepium* E *Acacia angustissima* em um sistema agroflorestal. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 3, p. 791–800, 30 set. 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509819696>.

PAULINO, G. M.; BARROSO, D. G.; LAMÔNICA, K. R.; COSTA, G. S.; CARNEIRO, J. G. de. A. Desempenho da gliricídia no cultivo em aleias em pomar orgânico de mangueira e gravioleira. **Revista Árvore**, v. 35, n. 4, p. 781–789, ago. 2011.

PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. D.; AQUINO, M. M. de.; SILVA, T. C. da.; BEZERRA, H. F. C. Características agronômicas e eficiência no uso da chuva de genótipos de sorgo no semiárido. **Ciência Rural**, v. 43, n. 10, p.1771-1776, 2013.

PÉREZ-MARIN, A. M.; MENEZES, R. S. C.; SALCEDO, I. H. Produtividade de milho solteiro ou em aléias de gliricídia adubado com duas fontes orgânicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 669–677, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2007000500009>.

PIMENTEL, M. S.; TOGUN, A. O.; DE-POLLI, H.; COSTA ROUWS, J. R.; MARINHO GUERRA, J. G. Nutrient input on rocket growth and soil microbial activity in alley cropping of pigeon pea. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 1, p. 112–118, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902012000100014>.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; OLIVEIRA, F. F. de.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SAMPAIO, E. V. S. B. Timing and placement of cattle manure and/or gliricidia affects cotton and sunflower nutrient accumulation and biomass productivity. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 1, p. 415–424, mar. 2018a. <http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201820150841>.

PRIMO, D.; MENEZES, R.; FILHO, R.; DUTRA, E.; SILVA, E.; ALVES, R.; SAMPAIO, E.; ANTONINO, A.; LUCENA, E. Characteristics Physico-Chemical and Carbon Balance in Fluvic Entisol after Six Years Fertilization with Manure and Gliricidia. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 23, n. 4, p. 1–11, 4 jun. 2018b. <http://dx.doi.org/10.9734/JEAI/2018/41694>.

PRIMO, D. C.; MENEZES, R. S. C.; DE SÁ BARRETTO SAMPAIO, E. V.; DA SILVA GARRIDO, M.; JÚNIOR, J. C. B. D.; SOUZA, C. S. Recovery of N applied as 15N-manure or 15N-gliricidia biomass by maize, cotton and cowpea. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 100, n. 2, p. 205–214, 12 nov. 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/s10705-014-9638-5>.

QUEIROZ, L. R.; COELHO, F. C.; BARROSO, D. G.; GALVÃO, J. C. C. Cultivo de milho consorciado com leguminosas arbustivas perenes no sistema de aléias com suprimento de fósforo. **Revista Ceres**, Viçosa, v.55, p.409-415, 2008.

SANTOS, A. F. dos.; MENEZES, R. S. C.; FRAGA, V. S.; PÉREZ-MARIN, A. M. Efeito residual da adubação orgânica sobre a produtividade de milho em sistema agroflorestal. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 12, p. 1267–1272, dez. 2010.

SILVA, A. R. da.; COLLIER, L. S.; FLORES, R. A.; SANTOS, V. M. dos.; SILVA, L. L. da.; OLIVEIRA, V. A.; BARBOSA, J. M. Productive Yield of Cowpea and Maize in Single Crop and Mixtures in an Agroforestry System. **American- Eurasian journal of agricultural & environmental sciences**, v. 15, n. 1, p. 85–92, 2015a.

SILVA, P. S. L.; OLIVEIRA, V. R. de.; SILVA, P. I. B.; CHICAS, L. da. S.; TOMAZ, F. L. de. S. Effects of ground cover from branches of arboreal species on weed growth and maize yield. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 809–817, 2015b. <http://dx.doi.org/10.5935/1806-6690.20150069>.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2 ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

WILLIAMS, D. M.; BLANCO-CANQUI, H.; FRANCIS, C. A.; GALUSHA, T. D. Organic Farming and Soil Physical Properties: An Assessment after 40 Years. **Agronomy Journal**, v. 109, n. 2, p. 600-609, 2017. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2016.06.0372>.