

**Importância da adubação
nitrogenada no consórcio
de milho com braquiária no
oeste baiano**



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Pesca e Aquicultura
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 21

**Importância da adubação
nitrogenada no consórcio de
milho com braquiária no oeste
baiano**

Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

José Laércio Favarin

Rafael Otto

Clovis Pierozan Junior

Silas Maciel de Oliveira

Tiago Tezotto

Bruno Cocco Lago

Jones Simon

Embrapa Pesca e Aquicultura
Palmas, TO
2017

Embrapa Pesca e Aquicultura

Avenida NS 10, Loteamento Água Fria,
Palmas, TO Caixa Postal nº 90,
CEP 77008-900

Fone: (63) 3229-7800/ 3229-7850

www.embrapa.br

www.embrapa.br/fale-conosco/sac/

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Pesca e Aquicultura

Comitê de Publicações**Presidente**

Eric Arthur Bastos Routledge

Secretária-Executiva

Marta Eichemberger Ummus

Membros

Andrea Elena Pizarro Muñoz, Ernandes Barboza Belchior, Hellen Christina G. de Almeida, Jefferson Christofolletti, Luciana Cristine Vasques Villela, Luciana Nakaghi Ganeco, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida e Rodrigo Veras da Costa.

Unidade responsável pela edição

Embrapa Pesca e Aquicultura

Coordenação editorial

Embrapa Pesca e Aquicultura

Supervisão editorial

Embrapa Pesca e Aquicultura

Normalização bibliográfica

Embrapa Pesca e Aquicultura

Editoração eletrônica e

tratamento das ilustrações

Jefferson Christofolletti

Daniel Arrais de Carvalho

Foto da capa

Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida

1ª edição

Versão eletrônica (2017)

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Importância da adubação nitrogenada no consórcio de milho com braquiária no oeste baiano / autores, Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida [et al.]. Palmas, TO: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017.

28p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Pesca e Aquicultura, ISSN 2358-6273; 21).

1. *Urochloa ruziziensis*. 2. Ureia. 3. ILP. 4. Sistema plantio direto; Oeste da Bahia I. Almeida, Rodrigo Estevam Munhoz de. II. Favarin, José Laércio. III. Otto, Rafael. IV. Junior, Clovis Pierozan. V. Oliveira, Silas Maciel de. VI. Tezotto, Tiago. VII. Lago, Bruno Cocco. VIII. Simon, Jones. IX. Embrapa Pesca e Aquicultura. X. Série.

CDD 664.942

© Embrapa 2017

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	14
Conclusões	23
Agradecimentos	23
Referências	24

Importância da adubação nitrogenada no consórcio de milho com braquiária no oeste baiano

Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida¹

José Laércio Favarin²

Rafael Otto³

Clovis Pierozan Junior⁴

Silas Maciel de Oliveira⁵

Tiago Tezotto⁶

Bruno Cocco Lago⁷

Jones Simon⁸

Resumo

O consórcio de culturas produtoras de grãos com plantas forrageiras é uma alternativa para produção de biomassa tanto para a integração lavoura pecuária como para a formação de palhada para a implantação do sistema plantio direto da safra seguinte. Esta pesquisa avaliou a adubação nitrogenada no consórcio de milho com braquiária para produção de grãos e biomassa de capim. O estudo foi realizado em São Desidério-BA na safra 2006/2007 em esquema fatorial 5x2 com cinco doses de nitrogênio (N) (controle, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹) e dois sistemas de cultivo (milho solteiro e consorciado com braquiária). A semeadura do milho e da braquiária foram feitas de forma simultânea com as doses de N aplicadas na semeadura. Avaliaram-se a biomassa produzida de milho e braquiária no dia da colheita, o acúmulo de N no milho e a produtividade de grãos. Adicionalmente foi avaliado o acúmulo de massa de braquiária após a colheita do milho até a dessecação para o plantio da safra seguinte. Houve interação significativa entre doses de N e sistemas de cultivo. A braquiária reduziu a produção de milho quando o consórcio foi adubado com menos de 100 kg ha⁻¹ de N, mas

com doses acima desta, a produção de milho foi de 10.000 kg ha⁻¹ para ambos os sistemas de cultivo. Não há efeito residual do N feito no consórcio na produção de massa de braquiária após a colheita do milho uma vez que a maior produção de braquiária ocorreu nas parcelas sem adubação nitrogenada. A produção de biomassa de braquiária aumentou durante a entressafra com produção final de 5.000 kg ha⁻¹ de massa seca. Conclui-se que não há redução do potencial produtivo do milho quando consorciado com braquiária desde que se faça adubação nitrogenada com mínimo de 100 kg ha⁻¹.

Palavras chave: *Urochloa ruziziensis*; ureia; integração lavoura pecuária; sistema plantio direto; Oeste da Bahia.

1 Eng. Agrônomo, Dr. em Fitotecnia, Pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

2 Eng. Agrônomo, Dr. em Fitotecnia, Professor da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

3 Eng. Agrônomo, Dr. em Ciência do Solo, Professor da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

4 Eng. Agrônomo, Dr. em Fitotecnia, Professor do Instituto Federal do Paraná, colegiado de Engenharia Agrônômica, Palmas, PR.

5 Eng. Agrônomo, MSc. em Fitotecnia, Pós graduando da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

6 Eng. Agrônomo, Dr. em Fitotecnia, Pesquisador da Stoller do Brasil, Campinas, SP.

7 Eng. Agrônomo, MSc. em Fitotecnia, Pós graduando da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP.

8 Eng. Agrônomo, Dr. em Física do Ambiente Agrícola, pesquisador da Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO.

Effects of nitrogen fertilization in a corn-palisadegrass intercropping system in western Bahia

Abstract

Grain crop-pasture intercropping is an alternative to produce biomass during the winter (dry period) in crop-livestock systems or for the establishment of no-till systems. We studied nitrogen (N) fertilization rates in a corn-palisade grass intercropping system aiming to produce both corn grain and forage biomass. A field trial was carried out in São Desidério Bahia - Brazil during 2006/2007 growing season, using a complete block experimental design with a 5 x 2 factorial layout with two factors: N rate (control, 50, 100, 150, and 200 kg ha⁻¹ N) and two cropping systems (corn with or without palisade grass). Both corn and palisade grass were sown simultaneously with N fertilizer applied at sowing. Measurements included corn biomass, grain yield and N uptake. In addition, palisade grass biomass was assessed at corn harvest and at three consecutive times during the winter. A significant interaction between N rates and the intercropping system was observed. Grain yield was affected by intercropping when N fertilization rates were lower than 100 kg ha⁻¹, but above that rate, corn grain yield reached 10,000 kg ha⁻¹ and was similar with or without palisade grass. Residual effect of N fertilization on palisade grass biomass production was not detected after corn harvest. However, palisade grass biomass increased during the winter, reaching 5,000 kg ha⁻¹ of dry matter by the following

season. There was no corn yield reduction when corn was intercropped with palisade grass using nitrogen rates above 100 kg ha⁻¹

Key words: *Urochloa ruziziensis*; urea, crop-livestock integration; no-till system; western Bahia.

Introdução

A consorciação de plantas é uma técnica importante no sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), seja para implantação de pastagens, para produção de forragem na entressafra ou obtenção de resíduos para a semeadura direta na safra seguinte. Com esta técnica consegue-se maior produção de massa vegetal para a cobertura do solo (CRUSCIOL et al., 2013; ALMEIDA et al., 2017b), além de permitir o estabelecimento de pastagens para criação de animais (BORGHI et al., 2013). Diversos benefícios ao sistema solo-planta podem ser obtidos, como redução da perda de solo no processo erosivo (MONTENEGRO et al., 2013; LIMA et al., 2014), redução na ocorrência de plantas daninhas (AMOSSÉ et al., 2013; SCOPEL et al., 2013) e manutenção da área vegetada, permitindo maior ciclagem de nutrientes e redução das perdas de nutrientes nos períodos de entressafra (FRASER et al., 2013; HASHEMI et al., 2013).

A técnica de ILP permite aumentar a eficiência de uso da terra e dos recursos naturais água, luz e nitrogênio (N) (BALDÉ et al., 2011; MAO et al., 2012; JANNOURA et al., 2014), permitindo estabelecer um manejo sustentável de produção agropecuária (FRANZLUEBBERS et al., 2014; PEYRAUD et al., 2014; SALTON et al., 2014; SULC and FRANZLUEBBERS, 2014).

Em sistemas consorciados deve-se garantir vantagem competitiva à planta principal produtora de grãos, e a manutenção da espécie forrageira sombreada durante o ciclo de produção do cereal. As interações de competição e sinergismo entre plantas consorciadas são simultâneas, e para o sucesso do sistema, as interações interespecíficas devem promover o crescimento, absorção de nutrientes e produção de grãos da planta dominante e, ao mesmo tempo, reduzir estes parâmetros para a planta subordinada no período de coexistência (Zhang e Li, 2003). Assim, consegue-se produzir grãos e gerar renda com a planta principal, e produzir forragem, uma vez que após a colheita da planta principal, a planta secundária (forrageiras) tem condições de recuperar seu crescimento e atingir situação semelhante ao seu cultivo exclusivo.

O consórcio entre milho (*Zea mays L.*) (planta dominante) e braquiária (*Urochloa spp.*) (planta subordinada), é uma tecnologia muito utilizada no sistema de ILP no Brasil. Com uso de técnicas de manejo adequadas, o consórcio das duas espécies não compromete a produção do milho (BALDÉ et al., 2011; BORGHI et al., 2012; BORGHI et al., 2013; CECCON et al., 2013). Durante o período de convivência, a braquiária tem seus parâmetros fisiológicos alterados com prejuízos ao seu desenvolvimento quando comparado ao cultivo exclusivo (ARAUJO et al., 2011; BALDÉ et al., 2011). Mesmo assim, é um sistema eficiente para formação e renovação de pastagens, pois após 70 dias da colheita do milho a rebrotação da braquiária promove estabelecimento semelhante ao da braquiária cultivada de forma exclusiva (PORTES et al., 2000).

Um dos entraves para adoção da ILP em larga escala no Brasil é o receio dos produtores de que o consórcio do milho com outra espécie irá limitar seu crescimento e produtividade, por competição por água, luz e nutrientes. Para garantir a nutrição do milho e sua vantagem competitiva em relação à braquiária a adubação nitrogenada deve ser feita em quantidade que potencialize o crescimento do milho para sombrear rapidamente a planta subordinada (nesse caso a braquiária).

O milho é uma cultura altamente responsiva ao N e a deficiência temporária do nutriente nos estádios iniciais da cultura poderia comprometer seu rendimento e a dominância sobre a braquiária durante seu crescimento. Por isso, torna-se necessário conhecer a dinâmica do N em sistemas de consórcio entre milho e braquiária para adequado estabelecimento da ILP. Ao mesmo tempo, pouco se conhece sobre os efeitos residuais da adubação nitrogenada no desenvolvimento e estabelecimento da pastagem após a colheita da cultura principal.

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da adubação nitrogenada na interação entre milho e braquiária cultivados em consórcio e o efeito residual do N no desenvolvimento da braquiária após a colheita do milho.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na safra 2006/2007, no município de São Desidério-BA. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (EMBRAPA, 1999), com 140, 210, 200, 210 e 220 g kg⁻¹ de argila nas camadas de 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, respectivamente. As análises químicas foram realizadas conforme Raji et al. (2001) e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Resultados da análise química do solo da área experimental.

Prof.	pH	MO	P _{resina}	K	Ca	Mg	H + Al	Al	CTC	V
cm	CaCl ₂	g dm ⁻³	mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³						%
0-10	6,2	15	19	2,2	19	6	8	0	35,2	77,3
10-20	6,3	14	8	1,8	17	6	8	0	32,8	75,6
20-30	6,2	10	6	0,9	15	5	9	0	29,9	69,9
30-40	6,0	9	3	0,8	8	4	10	0	22,8	56,4

O clima regional é classificado como Aw segundo Köppen, o qual se caracteriza como quente e úmido na estação chuvosa e estação seca definida no inverno. A área experimental está localizada a 840 m de altitude, com temperatura média anual de 20 °C e precipitação pluvial média de 1.500 mm anuais. Os dados mensais referentes à precipitação pluvial durante a condução da pesquisa estão apresentados na Figura 1.

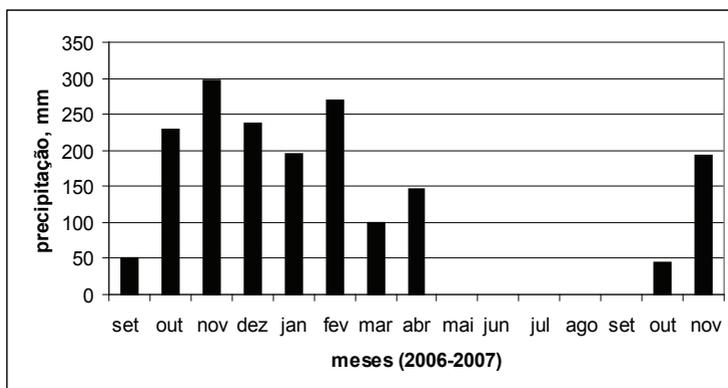


Figura 1. Dados da precipitação pluvial mensal na área experimental durante a condução da pesquisa. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a).

O solo foi corrigido previamente à instalação do experimento. Em outubro, aos 37 dias antes da semeadura do milho, foram aplicados a lanço 90 kg ha⁻¹ S e 102 kg ha⁻¹ de Ca via gesso agrícola, e em novembro, sete dias antes da semeadura, foram aplicados 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ via e 200 kg ha⁻¹ K₂O (formulado 00-10-20). O híbrido Impacto (Syngenta) foi semeado no dia 19 de novembro com espaçamento 0,76 m entre linhas e 5,0 plantas por metro, com o objetivo de população final de 60.000 plantas por hectare. Cada parcela era composta por 6 linhas de milho de 10 m de comprimento (45,6 m²).

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 5x2 com cinco doses de N (controle, 50, 100, 150 e 200 kg ha⁻¹ de N) e dois sistemas de cultivo (milho solteiro e consorciado com braquiária). A fonte de N foi ureia, aplicada unicamente na semeadura, manualmente e em sulco lateral a dez centímetros das linhas de milho e a oito centímetros de profundidade.

A braquiária utilizada foi a da espécie ruzizensis (*Urochloa ruzizensis*) syn. *Brachiaria ruzizensis*, semeada à 0,03 m de profundidade no centro das entrelinhas do milho, por meio de semeadora com linhas adicionais intercaladas às linhas que semearam milho (Figura 2), ambos no mesmo dia. A emergência do milho ocorreu aos 5 dias após o plantio, e a braquiária com 9 dias. No perfilhamento da braquiária foi aplicada subdose de nicosulfuron (6 g ha⁻¹) aos 25 dias após o plantio, para limitar o crescimento inicial da braquiária, além de 1.760 g ha⁻¹ de atrazine para controle de plantas daninhas.



Figura 2. Consórcio de milho com *Urochloa ruziziensis* implantada no centro das entrelinhas do milho, ambos semeados no mesmo dia.

A colheita foi realizada no dia 10 de maio de 2007 após a maturidade fisiológica do milho, com as avaliações feitas na área central de cada parcela, em quatro linhas de milho por cinco metros de comprimento. Foram determinadas a massa seca da parte aérea das plantas de milho e a massa de grãos. Também foram retiradas amostras para determinação da concentração de nutrientes para posterior cálculo da extração de N no tecido vegetal da parte aérea (NPA), nos grãos (NG) e total pelas plantas de milho (NTOT). Para o cálculo da produtividade, foi determinada a umidade dos grãos para fazer a correção para 130 g de água kg⁻¹ de milho.

A primeira avaliação da braquiária ocorreu na colheita do milho (10 de maio) coletando-se todo o material vegetal de uma área de 0,5 x 1,52 m (0,76 m²), localizada no centro de cada parcela, de forma que a área avaliada continha duas linhas de milho em suas extremidades, com duas linhas de braquiária e uma de milho no interior da área avaliada. As plantas de braquiária contidas na área avaliada foram cortadas rente ao solo, e o material vegetal foi submetido à determinação da massa fresca. Coletou-se uma subamostra para determinar a matéria seca, após secagem em estufa a 65°C durante 72 horas e foram encaminhadas

para análise de nutrientes no tecido vegetal. Este procedimento repetiu-se nos dias 11 de junho, 25 de julho e 13 de novembro (aos 32, 76 e 187 dias após a colheita do milho).

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade das variâncias (Box Cox) e, posteriormente, à análise de variância por meio do programa Statistical Analysis System versão Windows 9.2 (SAS Inst., 2009). Quando o valor de F foi significativo, procedeu-se a análise de regressão para os fatores quantitativos, e testes de comparação de médias (LSD) para os qualitativos, bem como os desdobramentos necessários quando houve interações entre os fatores.

Resultados e Discussão

Produtividade de milho

Houve interação entre doses de N e sistemas de cultivo para produtividade de grãos e produção total de massa seca de milho avaliada no dia da colheita (Tabela 2). Para estas duas variáveis, a interação ocorreu devido à braquiária prejudicar o desempenho das plantas de milho nas situações sem N, ou com pouco fornecimento deste, porém sem prejuízos para o milho nas situações de fornecimento acima de 100 a 150 kg ha⁻¹ ao sistema (Figura 3 a, b).

Tabela 2. Análise de variância entre doses de N (Dose) e sistemas de cultivo (Sistema) para produtividade e massa seca de milho.

	Produtividade de milho	Massa seca total
Dose (D)	<0.0001 ***	<0.0001 ***
Sistema (S)	0.0018 **	0.0124 *
D x S	0.0064 **	0.0322 *
CV %	4.93	7.21

ns: não significativo, * significativo a 5%, ** significativo a 1%, *** significativo a menos de 0.1% de probabilidade de erro pelo teste F. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a)

A produtividade de milho com braquiária sem aplicação de N foi de 7.090 kg ha⁻¹, quantidade 19% menor do que a produzida em cultivo solteiro,

que foi 8.770 kg ha⁻¹. Com adubação de 50 kg ha⁻¹ de N, a produtividade de milho com braquiária foi de 9.000 kg ha⁻¹, produtividade 7% menor do que o milho solteiro, que produziu 9.730 kg ha⁻¹. No caso da adubação com 100 kg ha⁻¹ de N, o milho consorciado produziu 10.240 kg ha⁻¹ quantidade 1,5% menor que o sistema de cultivo solteiro (10.390 kg ha⁻¹). A adubação de 150 kg ha⁻¹ de N proporcionou produtividade semelhante entre os sistemas de cultivo, com produtividade 0,4% maior para o sistema de milho consorciado com braquiária (Figura 3 a). Desta forma, as produtividades de milho com doses acima de 100 kg ha⁻¹ de N foram praticamente as mesmas entre os dois sistemas, caracterizando que não houve prejuízos ao milho quando consorciado com braquiária e adequado fornecimento de N.

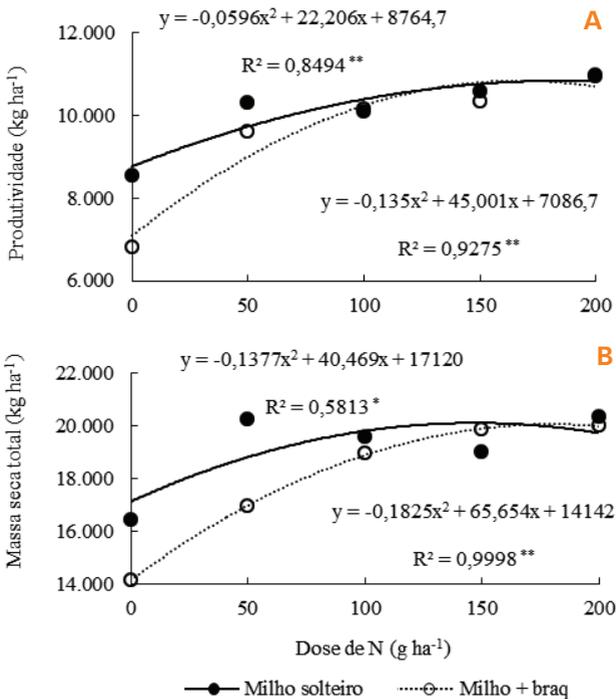


Figura 3. Produtividade de milho (A) e massa seca total de milho (B) em relação às doses de nitrogênio e sistemas de cultivo. ** significante a menos de 0.1% de probabilidade de erro pelo teste F. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a).

Da mesma maneira, o acúmulo de massa seca total (grãos mais parte aérea) do milho seguiu o mesmo padrão da produtividade de grãos (Figura 3b). O milho consorciado com braquiária sem fornecimento de N e com 50 kg ha⁻¹ de N produziram 17% e 9,7% menos massa seca do que o milho solteiro, respectivamente. Nas doses acima de 100 kg ha⁻¹ de N a produção de massa seca foram semelhantes, em torno de 20.000 kg ha⁻¹.

Esses resultados comprovam a necessidade de adubação nitrogenada em época e dose adequada. O N potencializou o crescimento inicial do milho e o sombreamento da braquiária o mais rápido possível, e assim, a braquiária teve o comportamento de planta subordinada, essencial para o sucesso de sistemas consorciados (ZHANG & LI 2003). Gava et al. (2010) demonstraram a influência do N no acúmulo de biomassa no início do desenvolvimento da planta de milho. Segundo estes autores a máxima taxa de produção de massa seca ocorreu próximo aos 46 dias após a emergência do milho, que foi de 86 kg ha⁻¹ dia⁻¹, acumulando nesse período 233 kg ha⁻¹ de massa seca para o milho sem fornecimento de N. Entretanto com o fornecimento de 200 kg ha⁻¹ de N no mesmo período de 46 dias após a emergência, a taxa máxima de crescimento foi de 108 kg ha⁻¹ dia⁻¹ com acúmulo de 374 kg ha⁻¹ de massa seca. Isso demonstra o efeito favorável do N no crescimento inicial da cultura, que contribui para a vantagem competitiva ao milho sobre a braquiária.

O consórcio entre milho e braquiária sem o fornecimento de N ou com pouca quantidade deste nutriente atrasou o crescimento inicial do milho, com isso houve incidência de luz solar na braquiária por mais tempo, fato que aumentou a taxa fotossintética e absorção de água e nutrientes pela braquiária. Com isso, aumentou-se o potencial competitivo entre as espécies, reduzindo a produção e o crescimento do milho.

De acordo com a análise de regressão a produtividade de milho apresentou resposta quadrática, altamente significativa em função das doses de N, em ambos os sistemas de produção (Figura 3a). Os pontos

de máxima indicam que a maior produtividade para o milho solteiro foi de 10.805 kg ha⁻¹ com a dose de 186 kg ha⁻¹ de N. No consórcio de milho com braquiária a máxima produtividade foi de 10.836 kg ha⁻¹, na dose de maior resposta, que foi 167 kg ha⁻¹ de N (Figura 3a).

Com o fornecimento de N a produtividade do milho não foi alterada pela presença da braquiária, o que corrobora dados de outros trabalhos (BALDÉ et al., 2011; BORGHI et al., 2012; COSTA et al., 2012; BORGHI et al., 2013; CECCON et al., 2013). A produtividade máxima obtida foi semelhante entre os sistemas de cultivo, porém, no caso do milho consorciado com braquiária, esta produtividade máxima foi obtida com 20 kg ha⁻¹ de N a menos do que o sistema de milho solteiro. Recentemente alguns autores relataram a capacidade da braquiária em manter o N na forma amoniacal no solo, por meio da inibição de bactérias atuantes no processo de nitrificação, funcionando assim, como um inibidor natural de nitrificação (SUBBARAO et al., 2006; GOPALAKRISHNAN et al., 2007; SUBBARAO et al., 2007; SUBBARAO et al., 2013). Este fato pode explicar a produtividade máxima obtida com menor dose no consórcio de milho com braquiária em relação ao cultivo de milho solteiro, uma vez que a absorção do N na forma amoniacal exerce menor gasto de energia para sua assimilação em relação à forma nítrica (BLOOM et al., 1992), e promove acidificação da rizosfera ao ser absorvido (HINSINGER et al., 2003), fato que favorece crescimento radicular e absorção de outros nutrientes (BLOOM et al., 2003; JING et al., 2010), além de aumentar atividade de microrganismos na rizosfera (MAHMOOD et al., 2005).

Extração de N pelo milho

Não houve diferença na extração de NPA do milho de acordo com as doses aplicadas ou com o sistema de produção (Tabela 3). Entretanto o NG e NTOT responderam significativamente e de forma semelhante às doses e aos sistemas de produção, sem que houvesse interação significativa entre esses fatores (Tabela 3). Entre os dois sistemas de produção, a maior extração de N foi no sistema sem braquiária, com 8% a mais para o NG e 7% para o NTOT (Tabela 3).

Esta diferença entre sistemas ocorreu, pois o sistema solteiro sem aplicação de N apresentou 30% e 21% mais NG e NTOT do que o sistema consorciado sem N, que contribuiu para maior média de extração entre os sistemas (Tabela 3). Por outro lado, comparando a dose 200 kg ha⁻¹ de N esta diferença foi de 5% e 1% a mais de extração no sistema consorciado do que para o sistema solteiro para NG e NTOT respectivamente, comprovando a necessidade da adubação nitrogenada para o sucesso do consórcio, embora a interação dose x sistema não significativa.

Tabela 3. Extração de N nos grãos de milho (NG), na parte aérea do milho (NPA) e na planta toda de milho (NTOT) em relação às doses de N e sistemas de cultivo.

Sistema de cultivo	Dose	NG	NPA	NTOT
----- kg ha ⁻¹ -----				
Milho solteiro	0	95	61	156
	50	119	79	197
	100	119	79	198
	150	121	72	193
	200	141	75	216
Média		119 A	73	192 A
Milho com Braquiária	0	67	55	122
	50	113	59	172
	100	116	63	180
	150	120	85	205
	200	134	79	213
Média		110 B	68	178 B
Pr > F	Dose (D)	<0.0001 ***	0.0799 ns	<0.0001 ***
	Sistema (S)	0.0276 *	0.2198 ns	0.0323 *
	D x S	0.4096 ns	0.3171 ns	0.1546 ns
	CV %	18.27	5.29	10.48

ns: não significativo, * significativo a 5%, *** significativo a menos de 0.1% de probabilidade de erro pelo teste F. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a).

A extração de N apresentou aumento linear conforme a dose de N para o NG e NTOT (Figura 4 a, c), esses resultados são reflexos da produtividade, uma vez que, a extração de N depende desse fator.

Como a produtividade foi maior no sistema solteiro do que no consorciado sem aplicação de N, a extração de N segue o mesmo comportamento. Já no sistema adubado, a produtividade entre os sistemas foi semelhante, ocasionando extração semelhante de N.

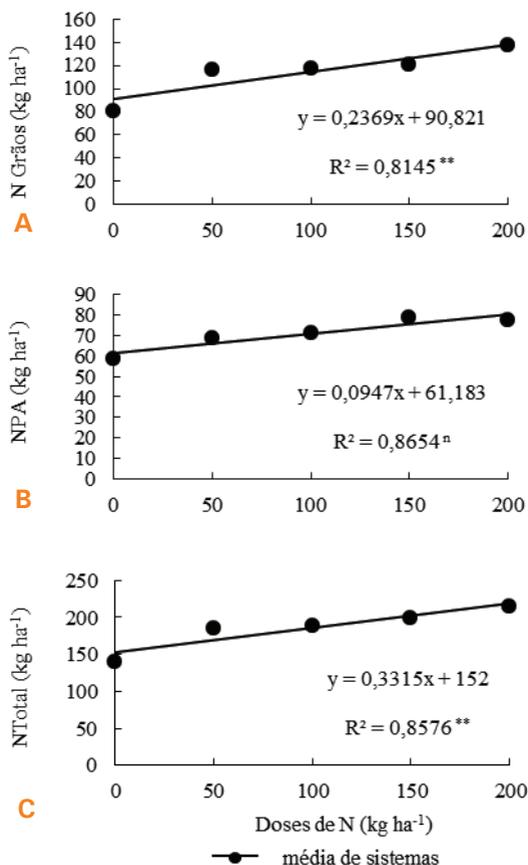


Figura 4. Extração de nitrogênio pelos grãos de milho (A), Parte aérea de milho (B) e total da planta de milho (C) em relação às doses de N, na média dos sistemas de cultivo. n não significativo, ** significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a).

A partir desses resultados pode-se inferir que o consórcio entre milho e braquiária não comprometeu a nutrição e produtividade do milho quando o N foi fornecido em dose acima de 100 kg ha⁻¹. Esta dose está

próximo ao recomendado para a cultura do milho na produtividade obtida (CANTARELLA et al., 1997). Ou seja, se o N for fornecido em quantidade adequada para a lavoura de milho, o nutriente irá potencializar seu desenvolvimento inicial e promover o sombreamento da braquiária e evitar competição.

Braquiária após colheita do milho

A produção de massa seca da braquiária foi influenciada pela dose de N e pela época de coleta, sem interação entre esses fatores (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância para massa seca de braquiária entre doses de N e períodos de avaliação da braquiária após a colheita do milho.

		Massa seca de braquiária
Pr>F	Dose	0.0315 *
	Data	<0.0001 ***
	Dose x Data	0.9659 ^{ns}
	CV %	8.03

ns: não significativo, * significativo a 5%, *** significativo a menos de 0.1% de probabilidade de erro pelo teste F. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a).

A massa seca da braquiária foi maior na situação sem aplicação de N no consórcio. O N residual em qualquer dose avaliada não potencializou o crescimento da braquiária após a colheita do milho (Figura 5a). Na ausência de N o milho tem seu crescimento inicial reduzido, e demora mais tempo para sombrear a área e assim suprimir o crescimento da braquiária. Nesta situação a braquiária acumula mais massa durante o desenvolvimento do milho, situação não desejada no consórcio uma vez que desencadeia a competição interespecífica com redução na produtividade e massa seca total de milho (Figura 3a e b). A braquiária produziu 4.447 kg ha⁻¹ de massa seca sem aplicação de N na média das avaliações, com redução no crescimento de 5,16 kg ha⁻¹ de massa seca para cada quilograma de N aplicado.

Após a colheita do milho a braquiária se torna a única espécie no sistema e retoma seu crescimento com o passar dos dias (Figura 5 b) por ter acesso à radiação fotossinteticamente ativa. Na média das

doses de N, a braquiária acumulou 2.721 kg ha⁻¹ de massa seca no dia da colheita do milho, com acréscimo de 837 kg ha⁻¹ nos primeiros 32 dias após a colheita. Dos 32 aos 76 dias após a colheita do milho, a braquiária acumulou mais 853 kg ha⁻¹ de massa seca, e dos 76 aos 187 dias acumulou mais 622 kg ha⁻¹. No dia da dessecação da área para instalação da safra seguinte, ou seja, 200 dias após colheita do milho, a braquiária acumulou 5.034 kg ha⁻¹ de massa seca (Figura 5b). Se considerado o período de seca ocorrido na área durante o experimento (Figura 1), esta quantidade de biomassa pode ser considerada elevada e semelhante ao relatado em outros trabalhos (PORTES et al., 2000; PACHECO et al., 2011).

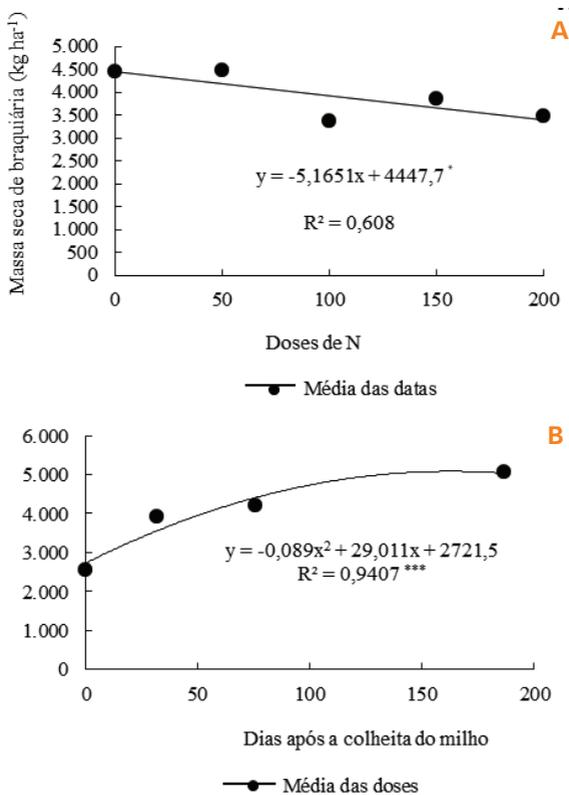


Figura 5. Biomassa de braquiária em relação às doses de N na média das datas de coletas (A) e em relação aos dias após a colheita do milho na média das doses de N (B). * significativo a 5%, *** significativo a menos de 0.1% de probabilidade de erro pelo teste F. Fonte: Adaptado de Almeida et al. (2017a).

O efeito residual do N aplicado no milho não favoreceu o crescimento da braquiária após a colheita do milho uma vez que a maior produção de braquiária foi na situação sem N, sem alteração no crescimento da braquiária em todas as avaliações posteriores à colheita do milho (Figura 5). Isto é um indicativo de que o N aplicado no início do ciclo do milho foi aproveitado em sua grande parte pela própria cultura do milho, que extraiu quantidades da ordem de 180 a 200 kg ha⁻¹ de N nas maiores doses aplicadas (Tabela 3). Este resultado está de acordo com observações de outros autores de que, para uma resposta ao N pela braquiária deve-se realizar nova adubação nitrogenada após a colheita do milho (BARDUCCI et al., 2009; PARIZ et al., 2011; BORGHI et al., 2014).

Esta observação constata que o efeito cultural promovido pelo sombreamento das plantas de milho, ou seja, a falta de incidência de radiação na braquiária é um fator importante para se evitar a competição interespecífica. Após a colheita do milho, quando a braquiária tem acesso a radiação solar, seu crescimento é potencializado, independentemente da dose de N aplicada anteriormente. A adubação nitrogenada é importante para produção de grãos, mas no caso do sistema consorciado, é fundamental para promover o crescimento do milho e favorecer o sombreamento da braquiária da forma mais rápida possível, evitando queda na produção do milho pela competição com a braquiária.

A falta de competição entre a braquiária e o milho quando é realizada adubação nitrogenada adequada, como observado nesta pesquisa, é de que a braquiária absorve muito pouco N quando cultivada em consórcio. Os resultados de Almeida et al. (2017c) comprovaram que a braquiária cultivada em consórcio absorve no máximo 5% do fertilizante nitrogenado, enquanto a maior parte do N é absorvido pelo milho.

Fernandes et al. (2008) demonstraram que o aproveitamento do N em cultivos subsequentes ao que recebeu o fertilizante é pequeno, sendo de no máximo 3,7%. Estes resultados corroboram os resultados

desta pesquisa uma vez que o N foi fundamental para o aumento da produtividade de milho e não afetou o crescimento da braquiária após a colheita da cultura. O consórcio de milho com braquiária mostrou-se, portanto, uma estratégia interessante que permitiu elevadas produtividades do milho associado à produção de biomassa vegetal da ordem de 5.000 kg ha⁻¹ de massa seca.

Conclusões

1. Com doses inferiores a 100 kg ha⁻¹ de N, há competição da braquiária consorciada com o milho, resultando em queda na produtividade do milho em consórcio, sendo indicadas doses superiores a essa para plantios simultâneos do consórcio milho-braquiária;
2. Em plantio consorciado de milho com braquiária, não há efeito residual da adubação nitrogenada de semeadura do consórcio no crescimento da braquiária após a colheita do milho.

Agradecimentos

Ao Sr. Wilson Hideki Horita pela disponibilidade da área experimental e apoio financeiro em parte do projeto, assim como a sua equipe técnica pelos esforços na condução da pesquisa. Ao Eng. Agr. Leonardo Shigeyuki Sugimoto pela contribuição e dedicação. À Fundação Agrisus pelo apoio financeiro em parte do projeto e a CAPES pela bolsa de estudos.

Referências

- ALMEIDA, R.E.M. et al. Effects of nitrogen fertilization on yield components in a corn-palisadegrass intercropping system. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n.3, p. 352-359, Mar. 2017a
- ALMEIDA, R.E.M. et al. Corn yield, forage production and quality affected by methods of intercropping corn and *Panicum maximum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 3, p. 170-176, 2017b.
- ALMEIDA R.E.M. et al. Palisadegrass effects on N fertilizer dynamic in intercropping systems with corn. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** v.89 n.3, p. 1917-1923. 2017c
- AMOSSÉ, C. et al. Relay-intercropped forage legumes help to control weeds in organic grain production. **European Journal of Agronomy, Montpellier**, v. 49, p. 158-167, Aug. 2013.
- ARAUJO, L.C. et al. Development of maize and palisadegrass plants cultivated in intercrop under water deficit. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 7, p. 1397-1404, July 2011.
- BALDÉ, A.B. et al. Agronomic performance of no-tillage relay intercropping with maize under smallholder conditions in Central Brazil. **Field Crops Research, Amsterdam**, v. 124, n. 2, p. 240-251, Nov. 2011.
- BARDUCCI, R.S. et al. Produção de *Brachiaria brizantha* e *Panicum maximum* com milho e adubação nitrogenada. **Arch. Zootec.** V. 58 n.222. p. 211-222. 2009.
- BLOOM, A.J.; SUKRAPANNA, S.S.; WARNER, R.L. **Root Respiration Associated with Ammonium and Nitrate Absorption and Assimilation by Barley**. *Plant Physiology*, 99, p. 1294-1301, Aug. 1992.
- BLOOM, A.J. et al. Root Development and Absorption of Ammonium and Nitrate from the Rhizosphere. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 21, n.4, p. 416-431, Apr. 2003.

BORGHI, E. et al. Effects of row spacing and intercrop on maize grain yield and forage production of palisade grass. **Crop & Pasture Science**, Melbourne, v. 63, n. 11/12, p. 1106-1113, Dec. 2012.

BORGHI, E. et al. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, Madison, v. 53, n. 2, p. 629-636, Jan. 2013.

BORGHI, E. et al. Nitrogen fertilization ($15\text{NH}_4\text{NO}_3$) of palisadegrass and residual effect on subsequent no-tillage corn. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p.1457-1468, 2014.

CANTARELLA, H. et al. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Bol. Téc. 100. Campinas: IAC, 1997, cap 13, p. 43-71. (Boletim Técnico, 100)

CECCON, G. et al. Legumes and forage species sole or intercropped with corn in soybean-corn succession in Midwestern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 37, n. 1, p. 204-212, Jan. 2013.

COSTA, P.M. et al. Intercropping of corn, brachiaria grass and leguminous plants: productivity, quality and composition of silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, v. 41, n. 10, p. 2144-2149, Oct. 2012.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Effect of intercropping on yields of corn with different relative maturities and palisadegrass. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 3, p. 599-606, May. 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos: Embrapa Produção de Informação**; Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1999. 412 p.

FERNANDES, F.C.S.; LIBARDI, P.L.; TRIVELIN, P.C.O. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho e utilização do N residual pela sucessão aveia preta-milho. **Ciência rural**, 38: 1138-1141, 2008.

FISHER, J.; TOZER, P.; ABRECHT, D. Livestock in no-till cropping systems – a story of trade-offs. **Animal Production Science**, Melbourne, v. 52, n. 4, p. 197-214, Mar. 2012.

FRANZLUEBBERS, A.J.; SAWCHIK, J.; TABOADA, M.A. Agronomic and environmental impacts of pasture–crop rotations in temperate North and South America Agriculture, **Ecosystems and Environment**, v. 190, p.18-26, June 2014b.

FRASER, P.M. et al. Winter nitrate leaching under different tillage and winter cover crop management practices. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 77, n. 4, p. 1391-1401, June 2013.

GAVA, G.J.C. et al. Produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio em milho cultivado com diferentes doses de 15N-uréia. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n. 4, p. 851-862, out./dez. 2010.

GOPALAKRISHNAN, S. et al. Nitrification Inhibitors from the Root Tissues of *Brachiaria humidicola*, a Tropical Grass. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Davis, v. 55, n. 4, p. 1385-1388, Jan. 2007. DOI: 10.1021/jf062593o

HASHEMI, M. et al. Cover-crop seeding-date influence on fall nitrogen recovery. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, Weinheim, v. 176, n. 1, p. 69-75, Feb. 2013.

HINSINGER, P. et al. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 248, n. 1, p. 43-59, Jan. 2003.

JANNOURA, R. et al. Organic fertilizer effects on growth, crop yield, and soil microbial biomass indices in sole and intercropped peas and oats under organic farming conditions. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 52, n. B, p. 259-270, Jan. 2014.

JING, J. et al. Localized application of phosphorus and ammonium improves growth of maize seedlings by stimulating root proliferation

and rhizosphere acidification. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.119, n.2, p. 355-364, Nov. 2010.

LIMA, P.L.T. et al. Soil loss by water erosion in areas under maize and jack beans intercropped and monocultures. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 129-139, Mar. 2014.

MAHMOOD, T. et al. Ammonium versus nitrate nutrition of plants stimulates microbial activity in the rhizosphere. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.277, n.1, p. 233-243, Dec. 2005.

MAO, L.; ZHANG, L. et al. Yield advantage and water saving in maize/pea intercrop. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 138, p. 11-20, Oct. 2012.

MONTENEGRO, A.A.A. et al. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, Amsterdam, v. 109, p. 139-149, Oct. 2013.

PACHECO, L.P. et al. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 46, n.1, p. 17-25, Jan. 2011.

PARIZ, C.M. et al. Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho. **Arch. Zootec.** V. 60 n. 232. P. 1041-1052. 2011.

PEYRAUD, J.L. et al. Integrated crop and livestock systems in Western Europe and South America: A review. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v.57, p. 31-42, July 2014.

PORTES, T.A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1349-1358, jul. 2000.

RAIJ, B. van. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2001. 285 p.

SALTON, J.C. et al. Integrated crop-livestock system in tropical Brazil: Toward a sustainable production system *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 190, p.70-79, June 2014.

SAS INSTITUTE. **The SAS system for windows**: v. 9.2. Cary, 2009.

SCOPEL, E. et al. Conservation agriculture cropping systems in temperate and tropical conditions, performances and impacts; a review. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, v. 33, n. 1, p. 113-130, Jan. 2013.

SUBBARAO, G.V.; et al. A bioluminescence assay to detect nitrification inhibitors released from plant roots: a case study with *Brachiaria humidicola*. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 288, n. 1, p. 101-112, Oct. 2006. DOI 10.1007/s11104-006-9094-3.

SUBBARAO, G.V.; et al. NH₄⁺ triggers the synthesis and release of biological nitrification inhibition compounds in *Brachiaria humidicola* roots. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 290, n.1, p. 245-257, Jan. 2007. DOI 10.1007/s11104-006-9156-6.

SUBBARAO, G.V.; et al. A paradigm shift towards low-nitrifying production systems: the role of biological nitrification inhibition (BNI). **Annals of Botany**, Oxford, v. 112, n. 2, p. 297-316, July, 2013. DOI:10.1093/aob/mcs230.

SULC, R.M.; FRANZLUEBBERS, A.J. Exploring integrated crop–livestock systems in different ecoregions of the United States. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v.57, p. 21-30, July 2014.

ZHANG, F.; LI, L. Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 248, n. 1-2, p. 305-312, Jan. 2003.



Pesca e Aquicultura

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



CGPE 13994