

BENEFÍCIOS DO MILHO CONSORCIADO COM GRAMÍNEA E LEGUMINOSAS E SEUS EFEITOS NA PRODUTIVIDADE EM SISTEMA PLANTIO DIRETO

ORIVALDO ARF¹, FLÁVIA CONSTANTINO MEIRELLES¹, JOSÉ ROBERTO PORTUGAL¹,
SALATIÉR BUZETTI¹, MARCO EUSTÁQUIO DE SÁ¹
e RICARDO ANTÔNIO FERREIRA RODRIGUES¹

¹Universidade Estadual Paulista - Unesp, campus de Ilha Solteira-SP, arf@agr.feis.unesp.br; flavia.meirelles1905@gmail.com; jrp.agr.unesp@gmail.com; sbuzetti@agr.feis.unesp.br; marcosa@agr.feis.unesp.br; ricardo@agr.feis.unesp.br

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.3, p. 431-444, 2018

RESUMO - O consórcio de culturas econômicas com plantas de cobertura tem se tornado cada vez mais importante por proporcionar a cobertura do solo, além de disponibilizar nutrientes. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi avaliar as características agrônômicas, produção de massa e a produtividade do milho consorciado com quatro diferentes plantas de cobertura. O experimento foi realizado na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão da UNESP, no município de Selvíria-MS, nos anos agrícolas 2013/2014 e 2015/2016. O delineamento foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos utilizados foram milho, milho + *Crotalaria spectabilis*, milho + guandu, milho + feijão-de-porco, e milho + *Urochloa ruziziensis*. Com base nos resultados obtidos, concluiu-se que a utilização do consórcio entre milho e leguminosas e/ou gramínea promoveu aumento da massa seca sobre o solo e da quantidade acumulada de N, P e K, comparado ao cultivo de milho exclusivo; o consórcio do milho com *Crotalaria spectabilis*, guandu, feijão-de-porco e *Urochloa ruziziensis* reduziu a produtividade de grãos de milho em aproximadamente 10, 11, 14 e 9%, respectivamente, na média de dois anos de cultivo.

Palavras-chave: *Zea mays* L., adubo verde, fixação biológica de N, cobertura do solo.

BENEFITS OF INTERCROPPING CORN WITH GRASSY AND LEGUMES AND THEIR EFFECTS ON YIELD IN NO TILLAGE SYSTEM

ABSTRACT – The intercropping of economically important crops with cover plants has become very significant for providing soil cover as well as nutrients. Thus, the objective of this work was to evaluate the morphological characteristics and yield of corn intercropped with four different cover crops. The experiment was conducted at the Experimental Station of UNESP, Selvíria county (MS), in the growing seasons 2013/14 and 2015/16. The experimental design was randomized blocks with five treatments and four replications. The treatments used were: corn, corn + *Crotalaria spectabilis*, corn + pigeon pea, corn + jack beans, and corn + *Urochloa ruziziensis*. The results showed that the use of intercropping between corn and legumes and / or grass promoted increase of the dry mass over the soil and the accumulated amount of N, P and K, compared to the exclusive corn crop; the corn intercropped with *Crotalaria spectabilis*, guandu, jack beans and *Urochloa ruziziensis* presented reduced grain yield by approximately 10, 11, 14, and 9%, respectively, in the two growing seasons.

Keywords: *Zea mays* L., green manure, biological N fixation, soil cover.

O milho é um dos cereais mais importantes cultivados no mundo em razão da sua importância principalmente na alimentação animal. Nos últimos anos, esta cultura ganhou destaque no cenário agrícola brasileiro principalmente pelo aumento da produtividade e volume de grãos produzidos. A área ocupada com a cultura na primeira e segunda safra foi de 17,08 milhões de hectares na safra 2017/2018, 3% inferior à safra passada. Com relação à produtividade de grãos, a média das duas épocas de cultivo na safra 2017/2018 foi de 5.405 kg ha⁻¹, sendo 2,8% inferior em relação à safra anterior. Entre os principais fatores que contribuíram para o aumento da produtividade do milho destacam-se o clima e o uso de tecnologia na condução da cultura (Acompanhamento da Safra Brasileira [de] Grãos, 2018).

Uma forma de diminuir os impactos da agricultura é a utilização da adubação verde, que permite sustentabilidade aos sistemas agrícolas (Kumar et al., 2014). É importante a utilização de distintas espécies de plantas de cobertura para que se possa favorecer a melhor conservação do solo, por proporcionarem quantidade considerável de matéria orgânica e pela melhoria na estrutura do solo por causa do sistema radicular agressivo que algumas espécies possuem (Cunha et al., 2011). Além disso, contribuem para o aumento da produtividade da cultura subsequente (Andreola et al., 2000), podendo reduzir a quantidade de adubo nitrogenado utilizado na cultura (Lázaro et al., 2013). E ainda muitas espécies podem influenciar para que ocorra diminuição de infestação de pragas (Patel & Dhillon, 2017).

Esses adubos verdes, ou plantas de cobertura, também são utilizados no sistema plantio direto para que seja formada a palhada, sendo importantes na ciclagem de nutrientes, que é realizada tanto pela mineralização da matéria orgânica presente no solo

como dos fertilizantes que são aplicados; porém nem todos os nutrientes são absorvidos pela cultura principal (Torres et al., 2008). Essa prática permite melhora nas propriedades físicas do solo, aumenta a infiltração de água no solo, reduz a resistência à penetração (Alvarez et al., 2017), além de proporcionar incremento na fertilidade do solo (Carvalho et al., 2015).

Porém, a adoção do cultivo de adubos verdes, principalmente no verão, é pequena por parte dos agricultores, sendo afirmado que por ocupar o espaço de uma cultura comercial, o retorno econômico não é imediato (Dourado et al., 2001). Por isso a prática do consórcio entre o milho e as plantas de cobertura torna-se uma alternativa interessante de maneira que haja maior produção de biomassa e a cultura econômica possa ser beneficiada, mantendo ou até mesmo incrementando a produtividade (Mhlanga et al., 2016), principalmente com o consórcio de leguminosas que irá contribuir na fixação biológica de nitrogênio (Kermah et al., 2017).

Um exemplo de sucesso na consorciação entre milho e adubos verdes, especificamente com guan-du-anão (*Cajanus cajan*) ou crotalária (*Crotalaria spectabilis*), é o Sistema Santa Brígida, com o propósito de validar e transferir tecnologias relacionadas à Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (Oliveira et al., 2010). Além disso, pode-se citar como vantagens desse sistema a melhoria na qualidade das pastagens, quando no consórcio também se cultivam braquiárias, e a diversificação das palhadas para o SPD, principalmente por causa do consórcio triplo (contendo milho, leguminosas e braquiária). A inserção de adubos verdes em sistemas integrados de produção, além de permitir aumento do aporte de nitrogênio no solo via fixação biológica de nitrogênio (FBN), promove efeitos benéficos na cultura subsequente, reduzindo a necessidade de aplicação de nitrogênio mineral.

Deste modo, estudos que recomendem coberturas vegetais que tragam resultados satisfatórios, tanto para a produtividade como para a estrutura e fertilidade do solo, são de extrema relevância para a melhoria dos sistemas de produção. Dessa maneira, para a viabilidade de um agroecossistema faz-se necessário o emprego de um sistema de produção que contribua para a melhoria da capacidade produtiva do solo, conservando e/ou melhorando o ambiente. Entre os vários sistemas de produção destaca-se o plantio direto, que se fundamenta no mínimo revolvimento do solo, na formação de cobertura morta ou palhada no solo e na rotação de culturas.

Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar as características agronômicas, a produção de massa e a produtividade do milho consorciado com plantas de cobertura (gramínea e leguminosas), bem como a persistência da palhada dos consórcios no solo e a ciclagem de nutrientes em sistema plantio direto.

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Fazenda de Ensino Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, localizada no município de Selvíria-MS, com as coordenadas geográficas 51° 22' O, 20° 22' S e 335 m acima do nível do mar. O solo do local é um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso. A temperatura mínima anual da região é 19 °C e a temperatura máxima anual é 31 °C, com precipitação anual de 1.330 mm (Portugal et al., 2015). Os valores diários da precipitação pluvial, umidade relativa e temperatura máxima e mínima registrados durante o período de manejo do experimento estão expressos nas Figuras 1 e 2.

Antes da instalação do experimento foi realizada a caracterização da fertilidade do solo na área

experimental, na camada de 0-0,20 m. A análise da fertilidade do solo apresentou os seguintes valores: $P_{\text{resina}} = 20 \text{ mg dm}^{-3}$, $MO = 21 \text{ g dm}^{-3}$, K, Ca, Mg e SB = 3,0; 28; 21 e 52 $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente, pH, Al e $H+Al = 5,4; 0 \text{ e } 24,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ respectivamente, CTC = 77% e V = 67%.

No mês de setembro (09/09) de 2013, foi semeada em toda a área experimental a cultura do milho, sem adubação, utilizando 20 kg ha^{-1} de sementes. A emergência ocorreu em 14 de setembro e a dessecação foi realizada em 31 de outubro de 2013, utilizando o herbicida glifosato (1.560 g ha^{-1} do ingrediente ativo). Em 07/11/2013, foi realizada a passagem de um rolo-faca na área, e a avaliação de massa seca foi realizada em 12/11/2013 com estimativa de 5,6 t ha^{-1} de massa seca de plantas de milho.

O experimento envolvendo consórcio de milho com leguminosas e *Urochloa* foi instalado em 18 de novembro de 2013 e 9 de novembro de 2015, utilizando delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições e 5 tratamentos assim constituídos: 1-Milho exclusivo; 2-Milho + *Crotalaria spectabilis*; 3-Milho + guandu; 4-Milho + feijão-de-porco e, 5-Milho + *Urochloa ruziziensis*. *Crotalaria spectabilis*, guandu, feijão-de-porco e *Urochloa ruziziensis* foram semeados nas entrelinhas do milho por ocasião da implantação da cultura em campo.

O fornecimento de água, quando necessário, foi realizado por sistema fixo de irrigação por aspersão, com precipitação média de 15 mm hora^{-1} nos aspersores. A precipitação pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris, instalado nas proximidades da área experimental.

O milho em cultivo exclusivo foi implantado com espaçamento de 0,90 m entrelinhas. *Crotalaria spectabilis* (*C. spectabilis*), guandu, feijão-de-porco e *Urochloa ruziziensis* (*U. ruziziensis*) em consórcio

com o milho foram semeados em sulcos abertos nas entrelinhas distantes 0,45 m das linhas de milho, utilizando-se 30 sementes viáveis m⁻¹, 15 sementes viáveis m⁻¹, 7 sementes viáveis m⁻¹ e 8 kg ha⁻¹, respectivamente.

As parcelas foram constituídas por 8 linhas de milho com 15 m de comprimento, considerando-se como bordadura as linhas laterais da parcela e mais 1,00 m em ambas as extremidades de cada linha. Entre as parcelas foi mantido um espaço livre de 1,00 m.

A adubação mineral nos sulcos de semeadura da cultura do milho nos dois anos de cultivo foi de 250 kg ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 3,8% de Ca, 2,4% enxofre e 0,3% de zinco. Para crotalária, guandu, feijão-de-porco e *Urochloa* não foi realizada adubação.

Na semeadura do milho, nos dois anos de cultivo, utilizou-se o híbrido simples e precoce Dow 2B710 PW recomendado para a região e considerando um alto nível de tecnologia, utilizando sementes necessárias para uma população de 65 mil plantas ha⁻¹. As sementes já estavam com o seguinte tratamento: fluodioxonil (0,0375 g kg⁻¹ de sementes), metala-xil (0,0150 g kg⁻¹ de sementes), pirimifós - metílico (0,008 g kg⁻¹ de sementes) e deltametrina (0,002 g kg⁻¹ de sementes). Antes da semeadura foi realizada a inoculação das sementes à sombra, com as estirpes Ab-V₅ e Ab-V₆ de *Azospirillum brasilense*. O inoculante utilizado apresentava 2x10⁸ células viáveis por grama do produto comercial, utilizando-se a dose de 100 mL ha⁻¹ do inoculante.

A emergência de milho, *C. spectabilis*, guandu e feijão-de-porco ocorreu em 23/11/2013, e de *U. ruziziensis*, em 24/11/2013. No segundo ano de cultivo, a emergência de milho, *Crotalaria spectabilis*, guandu e feijão-de-porco ocorreu em 14/11/2015, e de *Urochloa ruziziensis*, em 18/11/2015.

O controle de plantas daninhas foi realizado utilizando-se o herbicida bentazon (720 g ha⁻¹ do i.a.) aplicado aos 10 dias após a emergência do milho em área total. O herbicida mostrou boa seletividade para milho, leguminosas e *Urochloa ruziziensis* (três dias antes da aplicação foi realizado um pré-teste em cada tratamento, aplicando-se o herbicida em 1 m de linha da bordadura das parcelas no primeiro ano de cultivo).

A adubação nitrogenada em cobertura no milho foi realizada aos 16 e 15 dias após a emergência das plantas no primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente, com as plantas apresentando 5 folhas completamente formadas, utilizando-se 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio na forma de ureia. Logo após a aplicação, foi realizada irrigação com lâmina de água de aproximadamente 15 mm.

Avaliou-se a massa seca de plantas de milho, por ocasião do florescimento feminino das plantas de milho (aos 46 e 49 dias após a emergência das plantas, para o primeiro e segundo ano de cultivo, respectivamente). Foram coletadas 8 plantas em local pré-determinado, na área útil de cada parcela. As plantas foram levadas ao laboratório, acondicionadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir massa em equilíbrio. A massa seca de plantas de cobertura foi determinada por ocasião da colheita do milho. Nas plantas de cobertura *C. spectabilis* e guandu foi coletado 1 m de plantas em dois locais, na área útil de cada parcela. Já para *U. ruziziensis* e feijão-de-porco foi utilizado um quadro de ferro com dimensões de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) e a coleta das plantas foi realizada em dois pontos de cada parcela nas entrelinhas da cultura do milho. As plantas foram levadas ao laboratório, acondicionadas para secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura média de 60-70 °C até atingir massa em equilíbrio. Essa avaliação foi realizada em

23/03/2014 e 11/03/2016, no mesmo dia da colheita do milho, aos 126 (2013/14) e 118 (2015/16) dias após a emergência do milho e das culturas em consórcio.

Determinou-se a massa seca de milho por área (kg ha^{-1}) coletando plantas por ocasião do florescimento feminino e pelo levantamento da população através da contagem do número de plantas em 5 m de linha, em quatro pontos ao acaso, na área útil de cada parcela. A população final de plantas de milho foi determinada pela contagem do número de plantas em duas linhas de 5 m na área útil de cada parcela, no final do desenvolvimento da cultura. Os componentes de produção do milho foram determinados no período da colheita, pela coleta de espigas de 10 plantas em local pré-estabelecido, na área útil de cada parcela para determinação dos seguintes parâmetros: a) massa da espiga despalhada: determinada pela relação massa total das espigas/número de espigas; b) massa do sabugo: determinada pela relação massa total dos sabugos/número de sabugos; c) massa de grãos espiga⁻¹: determinada pela diferença de massa entre as espigas e os sabugos; e d) massa de 100 grãos: obtida pela separação e pesagem de duas amostras de 100 grãos por parcela.

Obteve-se a produtividade de grãos (kg ha^{-1}) colhendo-se as espigas das plantas de três linhas de 5 m de comprimento, da área útil de cada parcela, e posteriormente realizou-se a trilha mecânica. Os grãos obtidos foram pesados e os dados foram transformados em kg ha^{-1} (13% base úmida).

A concentração de nitrogênio, fósforo e potássio nas coberturas vegetais foi determinada após a avaliação de produção de massa seca de parte aérea, coletando-se, uma subamostra de aproximadamente 30 g de cada parcela, com os resultados expressos em g kg^{-1} de N, P e K. Os macronutrientes primários acumulados pelas coberturas vegetais foram obtidos pelo produto da concentração dos respectivos nutrientes

determinados na avaliação anterior (g kg^{-1}) e a produção de massa seca de parte aérea do milho ou milho + coberturas vegetais (kg ha^{-1}), com os resultados estimados em kg ha^{-1} de N, P e K. A persistência dos resíduos vegetais foi realizada pelo método do ponto quadrado, constituído por um quadro de madeira com dimensões de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,25 \times 1,0 \text{ m}$) com linhas fixadas a cada 5 cm em todos os lados, formando uma grade de 100 pontos nos locais de intersecção das linhas. Foram amostrados dois pontos representativos em cada parcela aos 41, 89 e 170 dias após o manejo das coberturas. Desta maneira, a persistência dos resíduos vegetais foi obtida pela média aritmética entre os dois pontos amostrados, com os valores médios expressos em porcentagem.

Na análise estatística das variáveis avaliadas os dados foram submetidos à análise de variância (ANAVA). Na ocorrência de significância pelo teste F ($p \leq 0,01$ e $p \leq 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade para as coberturas vegetais. As análises estatísticas foram processadas utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (Ferreira, 2014).

Resultados e Discussão

O florescimento feminino das plantas de milho no primeiro ano de cultivo ocorreu em 08/01/2014, aos 46 dias após a emergência das plantas (DAE). A colheita foi realizada em 23/03/2014, aos 120 DAE. Já no segundo ano de cultivo, o florescimento feminino ocorreu em 02/01/2016, aos 49 DAE. A colheita foi realizada em 11/03/2016, aos 118 DAE.

A distribuição de chuvas no período de cultivo do milho solteiro ou consorciado foi diferente nos dois anos de cultivo. No primeiro ano de cultivo, safra agrícola 2013/14 (Figura 1), a distribuição

foi mais irregular, sendo necessário complementar o fornecimento de água com maior frequência. Já no segundo ano de cultivo, safra agrícola 2015/16 (Figura 2), a distribuição de chuvas durante o desenvolvimento das plantas (outubro a março) foi mais uniforme, com menor necessidade de complementação no fornecimento de água via irrigação. As temperaturas mínimas e máximas estiveram entre 20 e 35 °C, respectivamente. No primeiro ano, após as plantas de milho terem atingido o ponto de maturidade fisiológica, foi suspenso o uso de irrigação, e o fornecimento de água por chuva foi menor em relação à safra de milho seguinte. Já no segundo ano de cultivo ocorreu o fornecimento de água por chuva após o ponto de maturidade fisiológica, o que proporcionou ainda uma boa condição para continuidade do desenvolvimento das plantas de cobertura até o momento de colheita do milho, com destaque para guandu e *U. ruziziensis*.

Para a massa seca de plantas de milho e massa seca de plantas de cobertura não houve diferença entre os tratamentos no primeiro ano de cultivo (Tabela 1). No segundo ano, os tratamentos com guandu e *U. ruziziensis* apresentaram maior valor de massa seca em relação ao tratamento com feijão-de-porco e *C. spectabilis*.

Para a massa seca total observou-se menor valor para o tratamento com milho exclusivo, uma vez que para os demais tratamentos havia plantas consorciadas, que influenciaram positivamente nessa avaliação, variando de 11,27 t ha⁻¹ a 13,68 t ha⁻¹. Os tratamentos consorciados, na média, proporcionaram aumento de 45% e 69% na massa seca total para o primeiro e segundo ano, respectivamente. Almeida e Camara (2011), trabalhando com cultivos de milho solteiro e consorciados com leguminosas, verificaram que o maior acúmulo de massa seca foi obtido pelo milho + feijão-de-porco, seguido pelo consórcio milho

+ mucuna preta e, com menor massa seca, o consórcio milho + guandu juntamente com o milho solteiro.

A população final de plantas de milho não foi influenciada pelos tratamentos (Tabela 2), ou seja, os consórcios não reduziram a população final de plantas de milho no primeiro ano de cultivo. No segundo ano, o consórcio com guandu proporcionou menor população de plantas de milho comparativamente ao cultivo de milho solteiro e milho + *C. spectabilis*. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de ter ocorrido maior desenvolvimento das plantas de guandu, evidenciado pela maior massa seca dessas plantas (Tabela 1). Consequentemente, culminou em maior competição interespecífica e reduziu a população de plantas do milho. Os tratamentos utilizados não influenciaram na massa de espiga despalhada. Também Gitti et al. (2012) não verificaram influência na população de plantas de milho e na massa da espiga despalhada, com o uso do consórcio. Já a massa de sabugo do tratamento com milho solteiro foi superior ao milho + feijão-de-porco no primeiro ano de cultivo.

Verifica-se que não houve diferenças entre os tratamentos para a massa de grãos por espiga nos dois anos de cultivo (Tabela 3). Para a massa de 100 grãos houve apenas diferenças entre o tratamento com milho + guandu, que apresentou maior valor em relação ao tratamento milho + *U. ruziziensis* no primeiro ano de cultivo. Esse fato pode ter ocorrido porque o guandu é uma leguminosa, capaz de fixar nitrogênio que é disponibilizado para a cultura. Além disso, o guandu possui sistema radicular profundo e ramificado, possibilitando o rompimento de camadas mais adensadas (Azevedo et al., 2007), contribuindo para o desenvolvimento radicular do milho, que poderá absorver maior quantidade de água e nutrientes, auxiliando no incremento da massa de 100 grãos. Já *U. ruziziensis* não contribui com a fixação biológica de nitrogênio,

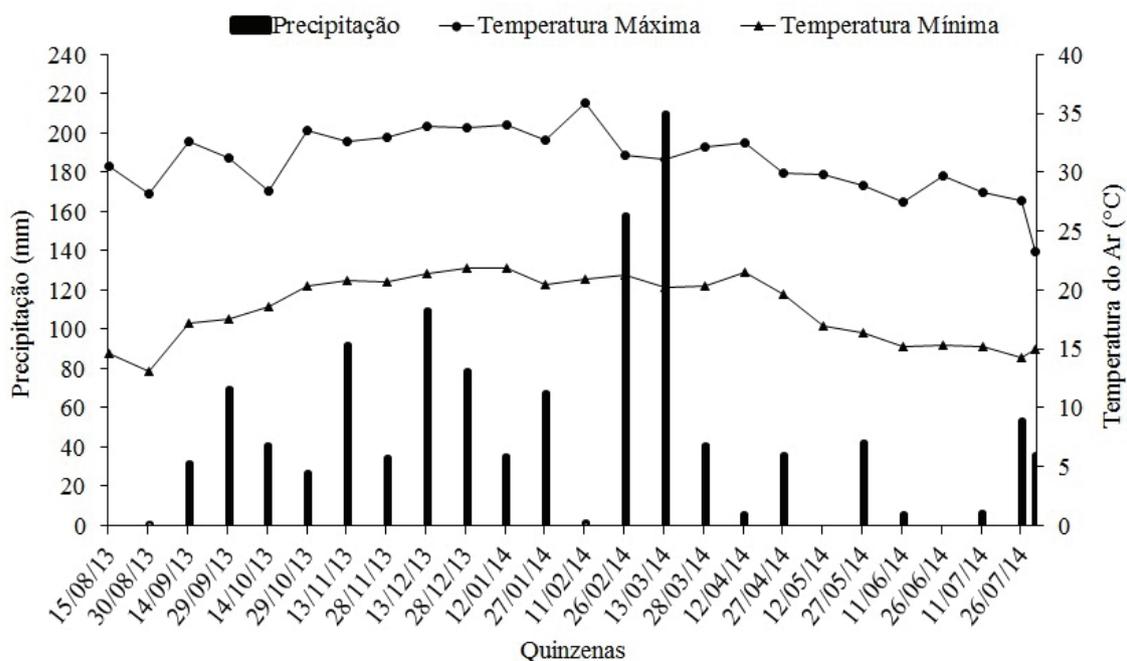


Figura 1. Valores quinzenais de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) coletados no período de agosto de 2013 a julho de 2014, referentes ao primeiro ano agrícola. Selvíria-MS, 2013/14.

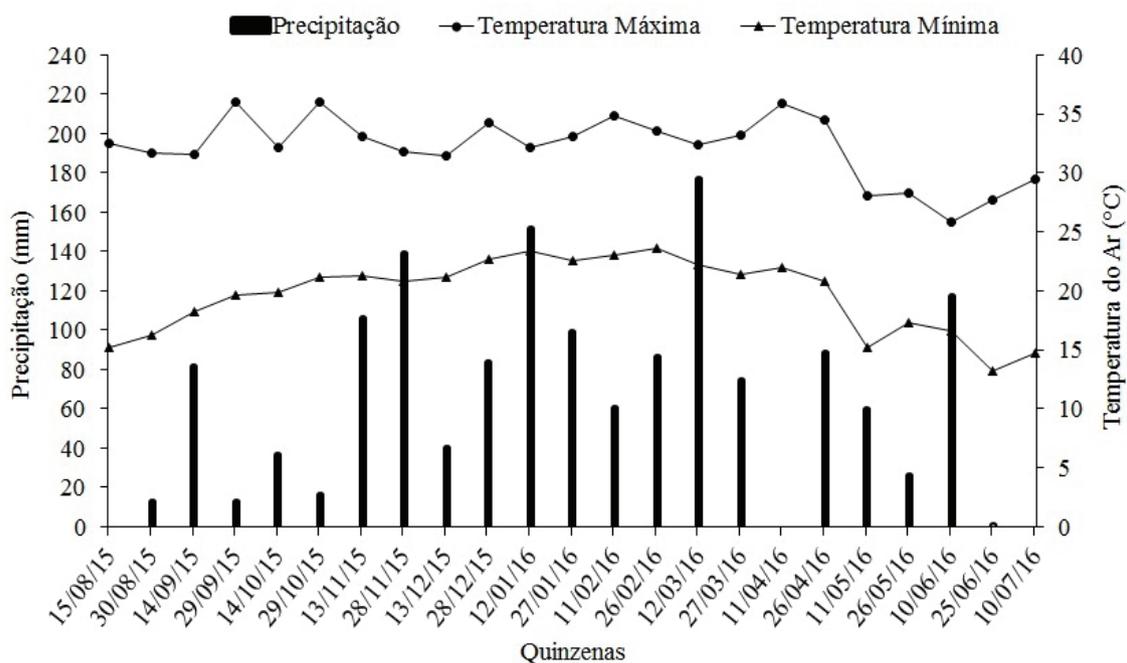


Figura 2. Valores quinzenais de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima do ar (°C) coletados no período de agosto de 2015 a julho de 2016, referentes ao segundo ano agrícola. Selvíria-MS, 2015/16.

Tabela 1. Massa seca das plantas de milho por ocasião do florescimento feminino, massa seca das plantas de cobertura no dia da colheita do milho e massa seca total obtida em milho solteiro ou consorciado com gramínea e leguminosas. Selvíria-MS, 2013/14 e 2015/16.

Tratamentos ¹	Massa seca de plantas de milho (kg ha ⁻¹)		Massa seca das plantas de cobertura (kg ha ⁻¹)		Massa seca total (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Milho	8.157	7.384	-	-	8.157 b	7.384 c
Milho+C sp	7.652	6.739	4.364	4.974 b	12.016 a	11.712 b
Milho+Gua	7.605	6.937	4.468	6.750 a	11.998 a	13.688 a
Milho+F p	8.000	6.991	3.335	4.278 b	11.335 a	11.269 b
Milho+Uroch	8.130	7.189	4.022	6.124 a	12.152 a	13.301 a
F	1,46 ^{ns}	0,74 ^{ns}	3,46 ^{ns}	39,63**	24,29**	58,47**
DMS	-	-	-	781,05	1.549	1.476
CV	5,52	8,15	13,60	6,39	6,17	5,71

¹ Milho+C sp: milho + *Crotalaria spectabilis*; Milho+Gua: milho + guandu; Milho+F p: milho + feijão-de-porco; Milho+Uroch: milho + *Urochloa ruziziensis*.

** e ns – significativo a 1% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. - diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação.

Tabela 2. População final, massa seca de espiga despalhada e massa seca de sabugo obtida em milho solteiro ou consorciado com gramínea e leguminosas. Selvíria-MS, 2013/14 e 2015/16.

Tratamentos ¹	População final de milho (plantas ha ⁻¹)		Massa de espiga despalhada (g)		Massa seca de sabugo (g)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Milho	61.231	63.888 a	220,6	181,9	33,2 a	25,4
Milho+C sp	60.172	61.666 a	203,6	171,3	27,5 ab	23,8
Milho+Gua	60.367	55.555 b	203,5	171,8	27,8 ab	22,5
Milho+F p	58.515	58.889 ab	202,3	175,6	25,4 b	24,6
Milho+Uroch	59.256	60.185 ab	193,5	177,4	27,9 ab	24,7
F	0,62 ^{ns}	5,90*	2,63 ^{ns}	0,65 ^{ns}	3,74*	1,32 ^{ns}
DMS	-	5.791	-	-	6,73	-
CV	4,44	4,28	5,94	6,11	10,52	7,97

¹ Milho+C sp: milho + *Crotalaria spectabilis*; Milho+Gua: milho + guandu; Milho+F p: milho + feijão-de-porco; Milho+Uroch: milho + *Urochloa ruziziensis*.

* e ns – significativo a 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. - diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação.

e, segundo Pariz et al. (2011), compete também com a cultura em relação a água, luz e nutrientes. No tratamento com milho solteiro no segundo ano de cultivo, a massa de 100 grãos apresentou maior valor em re-

lação ao tratamento milho + guandu, podendo ser por causa da maior competição dessa planta de cobertura com o milho, uma vez que houve maior produção de massa seca nesse tratamento.

Tabela 3. Massa de grãos por espiga, massa de 100 grãos e produtividade de grãos obtidos em milho solteiro ou consorciado com gramínea e leguminosas. Selvíria-MS, 2013/14 e 2015/16.

Tratamentos ¹	Massa de grãos por espiga (g)		Massa de 100 grãos (g)		Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)		
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	Média
Milho	187,4	156,5	30,01 ab	28,62 a	10.023 a	9.544 a	9.783 a
Milho+C sp	176,1	147,6	29,97 ab	27,69 ab	9.133 ab	8.475 abc	8.804 b
Milho+Gua	175,7	149,3	30,44 a	26,23 b	9.902 ab	8.169 bc	8.678 b
Milho+F p	174,4	151,0	28,87 ab	27,59 ab	8.785 b	7.454 c	8.365 b
Milho+Uroch	166,0	152,7	28,34 b	27,91 ab	8.751 b	9.045 ab	8.899 b
F	2,32 ^{ns}	0,56 ^{ns}	4,36*	5,42*	5,30**	10,89**	10,97**
DMS	-	-	1,89	1,68	1.190	1.098	721
CV	5,69	6,00	2,84	2,70	5,67	5,71	3,59

¹ Milho+C sp: milho + *Crotalaria spectabilis*; Milho+Gua: milho + guandu; Milho+F p: milho + feijão-de-porco; Milho+Uroch: milho + *Urochloa ruziziensis*.

**, * e ns – significativo a 1%, 5 % de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. - diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação.

Na avaliação da produtividade, observa-se que o tratamento milho exclusivo foi superior aos tratamentos com milho + feijão-de-porco e milho + *U. ruziziensis* no primeiro ano de cultivo, e milho + guandu e milho + feijão-de-porco no segundo ano (Tabela 3). Para o tratamento milho exclusivo, o valor de produtividade foi maior, havendo relação com a massa de 100 grãos, além de não haver nenhuma planta de cobertura competindo por espaço, luz, água e nutrientes. O feijão-de-porco possui um rápido desenvolvimento inicial comparado com outras plantas de cobertura (Castro et al., 2011), fato que pode ter prejudicado a disponibilidade de nutrientes para a cultura do milho, uma vez que em plantas com essa maior taxa de crescimento inicial priorizando a absorção dos nutrientes (Gustafson et al., 2004) pode interferir negativamente na produtividade. O tratamento milho + *U. ruziziensis* proporcionou menor produtividade pela possibilidade de ter ocorrido competição entre essa forrageira e a cultura do milho, além de ter apresentado menor valor de massa de 100 grãos. Richart et al. (2010) tam-

bém observaram menores valores para milho + *Urochloa* comparado ao milho exclusivo. Já no segundo ano de cultivo, o desenvolvimento inicial da *U. ruziziensis* foi mais demorado na fase inicial, talvez pela semeadura ter sido realizada em maior profundidade quando comparada ao primeiro ano.

Na média dos dois anos de cultivo, os consórcios proporcionaram redução de 11,2% na produtividade de grãos de milho e individualmente a redução foi de 10,0; 11,3; 14,5 e 9,0% nos tratamentos com consórcio de *C. spectabilis*, guandu, feijão-de-porco e *U. ruziziensis*, respectivamente.

Também no município de Selvíria-MS, Gerlach (2014) avaliou o consórcio de adubos verdes (*Crotalaria spectabilis*, guandu e estilosantes semeados por ocasião da semeadura do milho ou na fase de 4 a 5 folhas desdobradas, nas entrelinhas) com a cultura do milho. Os autores concluíram que a associação do milho com crotalaria, guandu e estilosantes, independentemente da época de semeadura, não afeta os componentes de produção e a produtividade

do milho; o consórcio entre milho e os adubos verdes, independentemente da época de semeadura, produziram maior matéria seca comparativamente ao milho solteiro.

Para o nitrogênio obtido na massa seca do milho ou milho consorciado (Tabela 4), o valor no tratamento milho + feijão-de-porco foi superior ao cultivo do milho solteiro, no primeiro ano de cultivo. Já no segundo ano, os tratamentos de milho consorciado com *C. spectabilis*, guandu e feijão-de-porco destacaram-se em relação ao milho solteiro. Oliveira et al. (2010) observaram que o teor de N foi superior nos resíduos envolvendo o consórcio de milho com leguminosas e nos casos que o cultivo de milho foi deficitário no fornecimento de N em cobertura. Observando os valores de nitrogênio, fósforo e potássio, de maneira geral, o comportamento é semelhante e o tratamento com milho solteiro apresentou valores menores em relação aos tratamentos com milho em consórcio para os três nutrientes nos dois anos de cultivo, com exceção do potássio no ano de cultivo 2015/16, em que o consórcio de milho + feijão-de-porco foi inferior ao milho + *Urochloa*.

Em relação ao nitrogênio acumulado na massa seca (Tabela 5), o tratamento com milho solteiro apresentou menor valor em relação aos demais nos dois anos de cultivo. Almeida e Camara (2011) observaram que apenas o tratamento com milho solteiro apresentou menor quantidade de N acumulado, quando comparado aos tratamentos com o milho em consórcio com leguminosas. Já para o fósforo e potássio acumulado praticamente todos os tratamentos com milho em consórcio apresentaram valores superiores ao com milho solteiro. Ainda os dados obtidos por Almeida e Camara (2011) mostram que fósforo e potássio acumulados na palhada de milho + feijão-de-porco apresentaram maior valor, e o tratamento com

milho + guandu foi semelhante ao milho solteiro. Apesar de haver redução de produtividade de grãos de milho, no cultivo consorciado, a adoção dessa prática é importante para maior qualidade do SPD, proporcionando maior acúmulo de massa seca e maior aporte de nutrientes. Houve substancial retorno de N, P e K nos restos vegetais, sendo que o consórcio propiciou o retorno de mais de 100 kg ha⁻¹ de N e de K, assim como 18 kg ha⁻¹ de P, ao passo que no milho exclusivo o retorno foi de 56 kg ha⁻¹ de N, 7,2 kg ha⁻¹ de P e 55 kg ha⁻¹ de K.

Pelos resultados dos valores médios de persistência dos restos culturais (Tabela 6), verifica-se que aos 41 dias após o manejo a porcentagem de cobertura do solo variou de 89% (tratamento com milho solteiro no primeiro ano de cultivo) a 99% no tratamento milho + *U. ruziziensis* no segundo ano de cultivo. No segundo ano, o consórcio milho + *U. ruziziensis* teve maior persistência de palha em relação ao milho solteiro e milho + feijão-de-porco, resultado da maior produção de massa seca no tratamento milho + *U. ruziziensis* em relação a esses dois tratamentos. Vale ressaltar também que de maneira geral os valores de persistência dos restos culturais são maiores no segundo ano (2015/16) o que pode ser atribuído à ocorrência de temperaturas menores no período em relação à safra anterior.

Aos 89 dias após o manejo das coberturas vegetais, o tratamento com milho solteiro apresentou menores valores de cobertura de solo comparativamente ao tratamento com milho + *U. ruziziensis*, sendo que esta produziu maior quantidade de massa seca em relação ao milho solteiro, demandando maior tempo para sua decomposição. Os demais tratamentos com consórcio de milho e leguminosas apresentaram valores intermediários variando de 82 a 93%, considerando os dois anos de cultivo.

Tabela 4. Teores de nitrogênio, fósforo e potássio obtidos na massa seca do milho e/ou milho + coberturas vegetais logo após a colheita do milho solteiro ou consorciado com gramínea e leguminosas. Selvíria-MS, 2013/14 e 2015/16.

Tratamentos ¹	Nitrogênio (g kg ⁻¹)		Fósforo (g kg ⁻¹)		Potássio (g kg ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Milho	6,05 b	8,85 b	0,78 b	1,00 c	6,25 b	8,18 ab
Milho+C sp	8,36 ab	12,68 a	1,60 a	2,08 a	10,25 a	8,13 ab
Milho+Gua	8,85 ab	13,80 a	1,70 a	1,60 ab	9,50 a	8,50 ab
Milho+F p	9,37 a	12,73 a	1,55 a	1,25 bc	9,63 a	7,90 b
Milho+Uroch	7,47 ab	10,70 ab	1,45 a	1,60 ab	10,50 a	10,88 a
F	3,26*	7,18**	8,19**	14,41**	7,45**	3,42*
DMS	3,25	3,31	0,58	0,48	2,83	2,89
CV	18,01	12,51	18,22	14,25	13,62	15,22

¹ Milho+C sp: milho + *Crotalaria spectabilis*; Milho+Gua: milho + guandu; Milho+F p: milho + feijão-de-porco; Milho+Uroch: milho + *Urochloa ruziziensis*.

**, * e ns – significativo a 1%, 5% de probabilidade e não significativo pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. - diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação.

Tabela 5. Nitrogênio, fósforo e potássio acumulado na massa seca do milho e/ou milho+coberturas vegetais logo após a colheita do milho solteiro ou consorciado com gramínea e leguminosas. Selvíria-MS, 2013/14 e 2015/16.

Tratamentos ¹	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)		Fósforo (kg ha ⁻¹)		Potássio (kg ha ⁻¹)	
	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16	2013/14	2015/16
Milho	53 b	59 c	7,5 b	6,8 b	54 b	56 c
Milho+C sp	92 a	107 b	17,7 a	17,5 a	116 a	68 bc
Milho+Gua	111 a	164 a	21,3 a	18,9 a	119 a	102 ab
Milho+F p	102 a	106 b	16,8 a	10,5 b	106 a	66 bc
Milho+Uroch	93 a	115 b	18,2 a	17,2 a	133 a	117 a
F	10,83**	18,95**	16,47**	23,38**	9,19**	10,23**
DMS	30,61	38,38	5,82	4,89	45,18	37,01
CV	15,1	15,44	15,82	15,31	19,00	20,06

¹ Milho+C sp: milho + *Crotalaria spectabilis*; Milho+Gua: milho + guandu; Milho+F p: milho + feijão-de-porco; Milho+Uroch: milho + *Urochloa ruziziensis*.

** e * – significativo a 1%, 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente. Médias seguidas por mesma letra nas colunas não diferem pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade; D.M.S. - diferença mínima significativa; C.V. - coeficiente de variação.

Na avaliação realizada aos 170 dias após o manejo percebe-se, pelos dados, que a cobertura do solo atingiu valores entre 16% (milho solteiro) e 21% (milho + *U. ruziziensis*). Já os demais tratamentos atingiram valores intermediários, variando entre 17 e 20%, considerando os dois anos de cultivo. A maior persistência dos resíduos no tratamento milho + *U. ruziziensis* pode estar relacionada com

a maior quantidade de massa seca produzida e com a relação C/N superior aos demais tratamentos. O maior acúmulo de massa seca pode diminuir a superfície de contato da palhada com o solo (Costa et al., 2015) e, conseqüentemente, com a microbiota do solo, que age na decomposição dos resíduos. Por isso, a taxa de decomposição pode ser mais lenta. Torres et al. (2005), estudando o rendimento de massa seca e a taxa de decomposição e de liberação de N de resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura em solos de cerrado em Uberaba-MG, concluíram que o milho apresentou a maior produção de massa seca. Dentre as leguminosas, a maior produção de massa seca foi verificada para a crotalária; as leguminosas (crotalária e guandu) apresentaram maior velocidade de decomposição quando comparadas às gramíneas; a maior taxa de liberação de N, para todas as coberturas, ocorreu 42 dias após a dessecação; a velocidade de decomposição dos resíduos culturais ocorreu mais rapidamente nos tratamentos em que foi cultivado milho, resultado esse semelhante ao que ocorreu no presente trabalho.

Conclusões

O consórcio de milho com gramínea e leguminosas promove uma maior produção de massa seca para o sistema plantio direto, e, conseqüentemente, maior cobertura do solo, principalmente quando a gramínea é utilizada no consórcio.

O acúmulo de N, P e K na palhada do milho consorciado com gramínea e leguminosas é aproximadamente o dobro do milho exclusivo.

A produtividade do milho pode ser afetada negativamente quando cultivado em consórcio.

Agradecimentos

À Fapesp e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Referências

- ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA [DE] GRÃOS: safra 2017/18: quarto levantamento. Brasília, DF: Conab, 2018.
- ALMEIDA, K.; CAMARA, F. L. A. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n. 2, p. 55-62, 2011.
- ALVAREZ, R.; STEINBACH, H. S.; PAEPE, J. L. de. Cover crop effects on soils and subsequent crops in the pampas: a meta-analysis. **Soil & Tillage Research**, v. 170, p. 53-65, 2017. DOI: [10.1016/j.still.2017.03.005](https://doi.org/10.1016/j.still.2017.03.005).
- ANDREOLA, F.; COSTA, L. M.; OLSZEWSKI, N.; JUCKSCH, I. A cobertura vegetal de inverno e a adubação orgânica e, ou, mineral influenciando a sucessão feijão/milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 4, p. 867-874, 2000. DOI: [10.1590/S0100-06832000000400018](https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000400018).
- AZEVEDO, R. L.; RIBEIRO, G. T.; AZEVEDO, C. L. L. Feijão guandu: uma planta multiuso. **Revista da Fapese**, São Cristóvão, v. 3, n. 2, p. 81-86, 2007.
- CARVALHO, N. S.; OLIVEIRA, A. B. B.; PESSOA, M. M. C.; COSTA NETO, V. P. C.; SOUSA, R. S. de; CUNHA, J. R. da; COUTINHO, A. G.; SANTOS, V. M. dos; ARAÚJO, A. S. F. de. Short-term effect of different green manure on soil chemical and biological properties. **African Journal of Agricultural Research**, Nigeria, v. 10, n. 43, p. 4076-4081, 2015. DOI: [10.5897/AJAR2015.9885](https://doi.org/10.5897/AJAR2015.9885).
- CASTRO, N. E. A. de; SILVA, M. L. N.; FREITAS, D. A. F. de; CARVALHO, G. J. de; MARQUES, R. M.; CONTIJO NETO, G. F. Plantas de cobertura no controle da erosão hídrica sob chuvas naturais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 5, p. 775-785, 2011.

- COSTA, N. R.; ANDREOTTI, M.; ULIAN, N. de A.; COSTA, B. S.; PARIZ, C. M.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M. Acúmulo de nutrientes e tempo de decomposição da palhada de espécies forrageiras em função de épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 818-829, 2015. DOI: [10.14393/BJ-v31n3a2015-22434](https://doi.org/10.14393/BJ-v31n3a2015-22434).
- CUNHA, E. de Q.; STONE, L. F.; MOREIRA, J. A. A.; FERREIRA, E. P. de B.; DIDONET, A. D.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho. I - Atributos físicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 589-602, 2011. DOI: [10.1590/S0100-06832011000200028](https://doi.org/10.1590/S0100-06832011000200028).
- DOURADO, M. C.; SILVA, T. R. B.; BOLONHEZI, A. C. Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 287-293, 2001. DOI: [10.1590/S0103-90162001000200011](https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000200011).
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: [10.1590/S1413-70542014000200001](https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001).
- GERLACH, G. A. X. **Consórcio entre milho e leguminosas, produção de palha e manejo do nitrogênio no feijão “de inverno” em região com verão chuvoso e inverno seco**. 2014. 80 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2014.
- GITTI, D. C.; ARF, O.; VILELA, R. G.; PORTUGAL, J. R.; KANEKO, F. H.; RODRIGUES, R. A. F. Épocas de semeadura de crotalária em consórcio com milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, p. 156-168, 2012. DOI: [10.18512/1980-6477/rbms.v11n2p156-168](https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v11n2p156-168).
- GUSTAFSON, D. J.; GIBSON, D. J.; NICKRENT, D. L. Competitive relationships of *Andropogon gerardii* (Big Bluestem) from remnant and restored native populations and select cultivated varieties. **Functional Ecology**, London, v. 18, n. 3, p. 451-457, 2004. DOI: [10.1111/j.0269-8463.2004.00850.x](https://doi.org/10.1111/j.0269-8463.2004.00850.x).
- KERMAH, M.; FRANKE, A. C.; ADJEI-NSIAH, S.; AHIABOR, B. D. K.; ABAIDOO, R. C.; GILLER, K. E. Maize-grain legume intercropping for enhanced resource use efficiency and crop productivity in the Guinea savanna of northern Ghana. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 213, p. 38-50, 2017. DOI: [10.1016/j.fcr.2017.07.008](https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.07.008).
- KUMAR, R.; MAHAJAN, G.; SRIVASTAVA, S.; SINHA, A. Green manuring: a boon for sustainable agriculture and pest management: a review. **Agricultural Review**, Haryana, v. 35, n. 3, p. 196-206, 2014. DOI: [10.5958/0976-0741.2014.00906.4](https://doi.org/10.5958/0976-0741.2014.00906.4).
- LÁZARO, R. de L.; COSTA, A. C. T. da; SILVA, K. de F. da; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013. DOI: [10.1590/S1983-40632013000100008](https://doi.org/10.1590/S1983-40632013000100008).
- MHLANGA, B.; CHEESMAN, S.; MAASDORP, B.; MUPANGWA, W.; MUNYORO, C.; SITHOLE, C.; THIERFELDEER, C. Effects of relay cover crop planting date on their biomass and maize productivity in a sub-humid region of Zimbabwe under conservation agriculture. **NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences**, Amsterdam, v. 78, p. 93-101, 2016. DOI: [10.1016/j.njas.2016.05.001](https://doi.org/10.1016/j.njas.2016.05.001).
- OLIVEIRA, P.; KLUTHCOUSKI, J.; FAVARIN, J. L.; SANTOS, D. C. **Sistema Santa Brígida - Tecnologia Embrapa**: consorciação de milho com leguminosas. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 16 p. (Embrapa Arroz e Feijão. Circular Técnica, 88).
- PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; AZENHA, M. V.; BERGAMASCHINE, A. F.; MELLO, L. M. M. de; LIMA, R. C. Produtividade de grãos de milho e massa seca de braquiárias em consórcio no sistema de integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 5, p. 875-882, 2011. DOI: [10.1590/S0103-84782011000500023](https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000500023).
- PATEL, S.; DHILLON, N. K. Evaluation of sunnhemp (*Crotalaria juncea*) as green manure /amendment and its biomass content on root knot nematode (*Meloidogyne incognita*) in successive crop brinjal. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, San Jose, v. 5, n. 6, p. 716-720, 2017.

- PORTUGAL, J. R.; PERES, A. R.; RODRIGUES, R. A. F. Aspectos climáticos no feijoeiro. In: ARF, O.; LEMOS, L. B.; SORATTO, R. P.; FERRARI, S. (Ed.). **Aspectos gerais da cultura do feijão *Phaseolus vulgaris* L.** Botucatu: FEPAF, 2015. cap. 4, p. 65-75.
- RICHART, A.; PASLAUSKI, T.; NOZAKI, M. H.; RODRIGUES, C. M.; FEY, R. Desempenho do milho safrinha e da *Brachiaria ruziziensis* cv. Comum em consórcio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 4, p. 497-502, 2010.
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; ANDRIOLI, I.; POLIDORO, J. C.; FABIAN, A. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 609-618, 2005. DOI: [10.1590/S0100-06832005000400013](https://doi.org/10.1590/S0100-06832005000400013).
- TORRES, J. L. R.; PEREIRA, M. G.; FABIAN, A. J. Produção de fitomassa por plantas de cobertura e mineralização de seus resíduos em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 421-428, 2008. DOI: [10.1590/S0100-204X2008000300018](https://doi.org/10.1590/S0100-204X2008000300018).