

## MANEJO DA ADUBAÇÃO NITROGENADA E DA INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* NO RENDIMENTO DE SILAGEM DO CONSÓRCIO MILHO-SOJA

José Franklin Athayde Oliveira<sup>1</sup>, Dheyne Alves Vieira<sup>2</sup>, Gilberto Gonçalves Leite<sup>3</sup>, Leandro Spíndola Pereira<sup>2</sup>, Jeovane Nascimento Silva<sup>2</sup>, Adriano Jakelaitis<sup>2</sup>

**RESUMO** – O consórcio entre milho e soja pode aumentar o rendimento da silagem, porém, depende do fornecimento de nitrogênio (N) para as culturas consorciadas. Nesta pesquisa, objetivou-se avaliar o consórcio de milho e soja para produção de silagem em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e do manejo da adubação nitrogenada. Foram testados a inoculação de sementes de milho com *A. brasilense* associado ou não a adubação de N na semeadura e em cobertura, aplicados nos estádios  $V_4$  e  $V_7$  do milho. O ensaio foi delineado em blocos casualizados, com quatro repetições. Foram avaliados o índice foliar de clorofila e os teores foliares de nutrientes, a biometria e massa seca das plantas, o rendimento de silagem e índice de equivalência de área (IEA) do consórcio. O fornecimento de N pela inoculação e pela adubação não proporcionaram aumentos no índice foliar de clorofila e nos teores foliares de nutrientes nas plantas de milho e de soja, exceto para o cobre. Plantas de soja consorciadas tornaram-se estioladas, com menor população de plantas e menor massa seca em relação ao monocultivo. Os menores rendimentos de silagem foram do monocultivo da soja e do consórcio desta com plantas de milho inoculadas e adubadas com 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado no estágio  $V_4$ . A inoculação do milho associada ao parcelamento do N em cobertura não proporcionou aumento na produção de silagem mista em relação ao monocultivo de milho, e pelo IEA, o consórcio entre milho e soja não mostrou benefícios quanto ao rendimento forrageiro.

Palavras chave: *Glycine max*, sistemas integrados, *Zea mays*.

## MANAGEMENT OF NITROGEN FERTILIZATION AND *Azospirillum brasilense* INOCULATION IN THE CORN-SOYBEAN INTERCROP TO SILAGE YIELD

**ABSTRACT** – Corn-soybean intercrop can increase silage yield, but it depends on nitrogen (N) supply to intercropped crops. This research evaluated the corn-soybean intercrop for silage production, as a function of inoculation with *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilization management. The inoculation of corn seeds with *A. brasilense* associated or not with N fertilization at sowing and in topdressing, applied in corn stages  $V_4$  and  $V_7$  were tested. The trial was designed in randomized blocks, with four replications. Leaf chlorophyll index and leaves nutrients contents, plant biometrics and dry mass, silage yield and area equivalence index (IEA) of the intercropping were evaluated. The N supply by inoculation and fertilization did not increase the leaf chlorophyll index and leaf nutrient contents in corn and soybean plants, except for copper. Intercropped soybean plants have become etiolate, with smaller plant population and lower dry mass compared to sole crop. The dry masses of the morphological components of the intercropped corn plants were similar to that of the sole crop, except for the leaves in the inoculated treatments and cover fertilization until  $V_7$ , which were lower. Corn inoculation associated with N splitting in coverage did not increase the production of mixed silage in relation to corn monoculture, and according to the IEA, the intercropping between corn and soybean did not show benefits in terms of forage yield.

Keywords: *Glycine max*, integrated systems, *Zea mays*.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, UFG, Avenida Esperança s/n, Campus Samambaia, CEP 74690-900, Goiânia, GO. futurozootecnista@gmail.com

<sup>2</sup> Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rua do Pequi S/N, Bairro Gameleira, CEP: 75906-750, Rio Verde, Goiás, GO. dh08@hotmail.com, leandrop629@gmail.com, jeovaneagro@gmail.com, adriano.jakelaitis@ifgoiano.edu.br

<sup>3</sup> Embrapa Cerrados, CPAC, Rodovia BR-020, Km 18, Caixa Postal: 08223, CEP: 73310-970, Planaltina, DF. leite@cpac.com.br

## INTRODUÇÃO

Atualmente a agricultura passa por constantes mudanças tecnológicas, onde pesquisas estão sendo desenvolvidas para aumentar a produtividade e melhorar a qualidade de solo, principalmente em sistemas integrados de cultivo, que utilizam consórcios e rotação de culturas. O cultivo de duas ou mais culturas em uma mesma área é uma prática difundida nos locais em que a mecanização é difícil, em pequenas propriedades com limitações de área para o cultivo ou na integração lavoura pecuária (Barcellos et al., 2008; Martins et al., 2018).

A associação entre gramíneas e leguminosas nos cultivos é comum pelo fato das plantas apresentarem complementaridade no uso dos fatores de produção (Du et al., 2018). A utilização dos recursos disponíveis como água, nutrientes e luz é otimizada nos consórcios em relação aos monocultivos (Chen et al., 2017; Batista et al., 2019). No caso específico do consórcio de milho e soja, os estudos são extremamente estratégicos visando principalmente o aumento do teor de proteína na silagem de milho, usando a soja como cultura acompanhante (Santos et al., 2017). Assim, na consorciação entre o milho e a soja obtém-se um efeito benéfico sobre a produtividade e a área explorada. Ademais, ocorre um maior aproveitamento do nitrogênio (N) no campo e pode contribuir para o aumento dos teores de proteína bruta na silagem mista (Fidelis et al., 2016; Oliveira et al., 2019).

O milho apresenta alta exigência nutricional em relação ao N, e, para suprir essa demanda é bastante comum a utilização de fertilizantes nitrogenados, principalmente a base de ureia. Este fertilizante disponibiliza facilmente N nos solos em formas que podem ser assimiladas facilmente pelas plantas, porém é pouco aproveitado pelas mesmas devido as perdas para o ambiente que pode ser via lixiviação e volatilização (Faria et al., 2015; Zoz et al., 2019). Uma das formas de reduzir o uso da adubação nitrogenada nos consórcios entre gramíneas e leguminosas é o aproveitamento da fixação biológica de N pelas plantas de soja associado com o complexo de bactérias diazotróficas. Young et al. (2015) afirmam que nos sistemas consorciados entre milho e soja, a eficiência do uso de N foi melhorada pela transferência interespecífica de N da soja para o milho.

As bactérias *Azospirillum brasilense* são capazes de fixar o N atmosférico e disponibilizá-lo em formas lábeis próximo as raízes das plantas (Pandolfo et al., 2015). As pesquisas envolvendo a associação de *Azospirillum* spp. tem relatado efeitos de melhoria no crescimento e produtividade de importantes culturas agrícolas, especialmente

gramíneas, com eficiência em torno de 60 a 70% (Okon e Labandeira-Gonzales, 1994). Especificamente no milho, vários trabalhos têm demonstrado os benefícios do uso de inoculantes do gênero *Azospirillum*, tais como aumentos na produtividade de grãos e no rendimento de matéria seca (Dartora et al., 2013; Quadros et al., 2014). Dessa forma, o uso de *A. brasilense* em milho consorciado com a soja pode ser uma alternativa para melhorar o rendimento e a qualidade da silagem, além de reduzir o uso de insumos nitrogenados.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação de *Azospirillum brasilense* e do manejo da adubação nitrogenada no consórcio entre milho e soja para produção de silagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida na área experimental do Instituto Federal Goiano, em Rio Verde, Goiás, localizado nas coordenadas 17°48'67" S e 50°54'18" W e altitude de 754 m. Segundo a classificação de Koppen o clima é do tipo AW, caracterizado como quente e úmido com precipitação média anual de 1500 a 1800 mm e temperaturas médias anuais variando de 20 a 35° C (Sobrinho et al., 2020).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho (Embrapa, 2013). A análise química e física do solo antes da implantação do ensaio na camada de 0-20 cm foi de pH (em CaCl<sub>2</sub>) = 5,30; P = 13,1 mg dm<sup>-3</sup>; K=181 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 4,64 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 2,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,04 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; MO =3,20 g dm<sup>-3</sup>; V% = 62,80; Cu = 2,3 mg dm<sup>-3</sup>; Fe = 13 mg dm<sup>-3</sup>; Mn = 59,7 mg dm<sup>-3</sup>; Zn = 4,5 mg dm<sup>-3</sup>; CTC = 12,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> e granulometria de 645, 100 e 255 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente.

A área experimental foi cultivada milho para silagem nos cinco anos anteriores à instalação deste ensaio. O ensaio foi delineado em blocos ao acaso com quatro repetições e dez tratamentos (Tabela 1).

O milho foi semeado no espaçamento de 1 m entre fileiras com seis plantas por metro linear, com uma linha de soja conduzida na entrelinha, com 25 plantas por metro linear. A semeadura foi realizada na primeira quinzena de novembro de 2016. Cada unidade experimental continha seis metros de largura por seis metros de comprimento. Foram desprezadas as linhas laterais, bem como 0,50 m de ambos os lados para bordadura.



Tabela 1 - Tratamentos (1 a 8) referentes ao consórcio entre milho e soja em função da inoculação com *Azospirillum brasilense* e da adubação nitrogenada do milho, e os respectivos monocultivos

Tratamentos	Sigla	Inoculação com <i>Azospirillum brasilense</i>	Adubação (kg ha <sup>-1</sup> de N)*		
			Semeadura	V <sub>4</sub>	V <sub>7</sub>
1	IN+20S	Inoculado	20	-	-
2	IN+20S+30V4	Inoculado	20	30	-
3	IN+20S+60V4	Inoculado	20	60	-
4	IN+20S+30V4+30V7	Inoculado	20	30	30
5	IN+20S+120V4	Inoculado	20	120	-
6	20S+120V4	Não inoculado	20	120	-
7	20S+60V4+60V7	Não inoculado	20	60	60
8	20S+120V4	Não inoculado	20	120	-
9	Monocultivo de milho				
10	Monocultivo de soja				

\* Tratamentos de 1 a 7, a adubação nos estádios fenológicos V<sub>4</sub> e V<sub>7</sub>, foram realizados em linha e no tratamento 8, a lanço.

Foi utilizado o híbrido de milho NS90PRO2 RR (Nidera®) e de soja a variedade M7110 IPRO (Monsoy®). A adubação de semeadura nos tratamentos em consórcio foi de 70 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 32 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e em cobertura de 32 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O no estádio de crescimento V<sub>4</sub> do milho. A adubação de semeadura no milho e na soja em monocultivo foi com 400 kg ha<sup>-1</sup> de 4-14-8 (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) e 32 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O em cobertura aplicado no estádio V<sub>4</sub>. As fontes de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O foram ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

O controle de plantas daninhas foi realizado com glyphosate (Roundup Transorb 480®) aplicado aos 20 dias após a emergência (DAE) na dose de 960 g ha<sup>-1</sup> e volume de calda de 120 L ha<sup>-1</sup>. Foram também aplicados os inseticidas clorpirifós (Klorplan 480®) na dose de 0,6 L ha<sup>-1</sup> e deltametrina (Keshet 25 EC®) na dose de 0,2 L ha<sup>-1</sup> e aplicação dos fungicidas trifloxistrobina + tebuconazol (Nativo®) na dose de 0,75 L ha<sup>-1</sup> e azoxistrobina + ciproconazol (Priori Xtra®) na dose de 0,3 L ha<sup>-1</sup>.

No florescimento do milho foi realizada a estimativa do índice de clorofila foliar com a utilização do clorofilômetro portátil ClorofiLOG®, modelo CFL 1030 (Falker Automação Agrícola®) na folha oposta e abaixo da espiga de dez plantas de milho e na última folha trifoliolada em dez plantas de soja por parcela. As folhas foram coletadas e secas em estufa de circulação forçada de ar (65°C) por 72 horas até atingir massa constante, sendo posteriormente moídas para análise do teor de nutrientes.

A composição mineral foi obtida em extrato de digestão sulfúrica pelo método Kjeldahl, o N foi determinado (Tedesco et al., 1995). Em extrato da digestão nitroperclórica foram determinados, colorimetricamente, o fósforo (P), pelo método do molibdato; pela espectrofotometria de emissão atômica foi determinado o potássio (K); por turbidimetria do sulfato, o enxofre (S); magnésio (Mg), ferro (Fe), cobre (Cu), cálcio (Ca), zinco (Zn) e manganês (Mn), por meio da espectrofotometria de absorção atômica e foi determinado utilizando o método colorimétrico o boro (B), pela azomectina H, posteriormente à incineração em mufla (Carmo et al., 2000).

O ponto de corte da silagem foi considerado quando o milho atingiu a linha de leite na metade do grão e a soja consorciada foi colhida conjuntamente. A soja em monocultivo foi ensilada quando atingiu o estádio R<sub>5</sub>. Na colheita foram avaliados, em dez plantas tomadas ao acaso, a altura mensurada da superfície do solo ao ápice da planta (soja) ou inserção da folha bandeira (milho), diâmetro do caule a 5 cm do solo e a população de plantas mensurada em dois metros lineares.

Na área útil de cada parcela foram cortadas dez plantas de soja e três de milho e após colhidas foram fracionadas as diferentes partes (folhas, caules e estruturas reprodutivas) e pesadas separadamente para obtenção da massa fresca. As amostras foram levadas à estufa de ventilação forçada de ar a 65° C por 72 horas para posterior determinação da massa seca. Em dois metros lineares na área útil de cada parcela, as plantas

de milho e de soja foram colhidas, determinadas a massa fresca, e posteriormente foram picadas em ensiladeira estacionária. Amostra de aproximadamente 500 g foi levada a estufa de ventilação forçada de ar a 65° C por 72 horas para determinação da massa seca e posteriormente foram determinadas o rendimento total de massa seca (RTMS) da silagem mista. Dos rendimentos dos consórcios e dos monocultivos foi calculado o índice de equivalência de área (IEA) através da fórmula: IEA = (rendimento do milho no consórcio ÷ rendimento do milho no monocultivo) + (rendimento da soja no consórcio ÷ rendimento da soja no monocultivo).

Os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de normalidade e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott. A taxa de significância adotada foi de 5%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice de clorofila foliar (ICF) e os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn e B das plantas de milho não foram influenciados pela inoculação com *A. brasilense* e pela adubação nitrogenada fornecida no consórcio e no monocultivo do milho (Tabela 2). O ICF é um importante indicador do teor de N e o índice gerado pelo clorofilômetro tem sido usado no monitoramento dos níveis de N nas plantas de milho (Varella et al., 2019), inclusive para indicar a necessidade de adubação nitrogenada (Theago et al., 2014). Vários pesquisadores relatam resultados positivos da inoculação das sementes de milho com *A. brasilense*, em que o ICF foi maior nos tratamentos inoculados em comparação aos tratamentos onde não houve a inoculação em condições de monocultivo ou de consórcio (Quadros et al., 2014; Rosa et al., 2017; Veronezi et al., 2018).

Tabela 2 - Índice de clorofila foliar (ICF) e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn e B em plantas de milho híbrido NS90PRO2 RR (Nidera®) em função dos tratamentos

Tratamentos	ICF	g kg <sup>-1</sup>						mg kg <sup>-1</sup>				
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
IN+20S	60,3 a <sup>1</sup>	34,38 a	3,03 a	12,33 a	3,83 a	2,80 a	0,90 a	77,23 a	65,85 a	8,95 a	11,60 a	27,83 a
IN+20S+30V4	62,3 a	32,70 a	3,00 a	12,23 a	3,80 a	2,70 a	0,93 a	74,25 a	56,50 a	7,85 b	10,78 a	28,08 a
IN+20S+60V4	61,3 a	31,73 a	2,98 a	12,53 a	3,93 a	2,83 a	0,88 a	69,90 a	56,10 a	8,20 b	10,43 a	28,20 a
IN+20S+30V4+30V7	59,4 a	32,70 a	2,98 a	12,28 a	3,75 a	3,03 a	0,93 a	77,85 a	60,58 a	9,60 a	11,50 a	27,38 a
IN+20S+120V4	58,1 a	33,20 a	2,85 a	12,15 a	3,88 a	2,85 a	0,88 a	79,68 a	55,43 a	8,03 b	9,95 a	27,75 a
20S+120V4	61,4 a	34,38 a	3,00 a	11,98 a	3,58 a	2,73 a	0,85 a	79,08 a	59,40 a	8,50 b	11,15 a	28,08 a
20S+60V4+60V7	62,2 a	32,70 a	2,90 a	12,78 a	5,13 a	3,78 a	0,85 a	76,40 a	65,65 a	9,10 a	11,20 a	28,60 a
20S+120V4 <sup>(2)</sup>	60,2 a	34,13 a	2,88 a	12,48 a	3,95 a	3,08 a	0,90 a	71,30 a	55,05 a	8,38 b	10,65 a	27,88 a
Monocultivo	60,2 a	33,68 a	2,95 a	12,78 a	4,53 a	3,73 a	0,90 a	72,68 a	61,85 a	8,83 a	10,28 a	28,30 a
F <sub>5%</sub>	1,22 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	1,98 <sup>ns</sup>	1,62 <sup>ns</sup>	1,16 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	2,52*	1,72 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
CV (%)	4,07	5,22	5,79	6,48	16,97	21,17	5,88	10,35	10,76	8,23	7,95	2,36

<sup>1/</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). ns - não significativo e \* significativo pelo teste F. Na descrição dos tratamentos: IN = inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho; S = adubação nitrogenada na semeadura do milho; V4 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>4</sub> do milho; V7 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>7</sub> do milho; (2) adubação a lanço; e os números 20, 30, 60 e 120 representam a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado.

As plantas de milho consorciadas e em monocultivo apresentaram concentrações foliares adequadas de N, P, Ca, Mg, Fe e Mn, conforme resultados de teores foliares considerados adequados para a cultura, segundo Fornasieri Filho (2007). Os teores foliares de K, S e Zn ficaram abaixo do limite inferior da faixa considerada adequada e o teor de B foi superior ao limite máximo desta faixa para a cultura do milho (Fornasieri Filho, 2007). Em relação ao K, esperava-se encontrar teores foliares

adequados nas plantas de milho, uma vez que, no solo da área experimental os teores estavam acima da faixa adequada de disponibilidade (Coelho, 2006) e também pela adubação com K aplicada, que foi acima de 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O. Da mesma forma, esperava-se maiores teores de Zn em função dos teores deste elemento no solo, que se encontravam bem acima do limite máximo estabelecido para a cultura do milho (Fornasieri Filho, 2007).



O teor foliar de Cu foi influenciado pelos tratamentos, sendo observado respostas em dois grupos de tratamentos, sendo que os maiores valores ocorreram no monocultivo de milho e consorciados em que as sementes de milho foram inoculadas com *A. brasilense* e com adubação de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura (IN+20S), IN + 20S + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em V<sub>4</sub> + 30 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado em V<sub>7</sub> (IN+20S+30V4+30V7) e quando foram aplicados 20+60+60 kg ha<sup>-1</sup> de N na semeadura, em V<sub>4</sub> e em V<sub>7</sub>, respectivamente (Tabela 2). Os valores de Cu encontrados nesta pesquisa encontram-se entre 7,85 a 9,60 mg kg<sup>-1</sup>, faixa considerada adequada por Fornasieri Filho (2007). O teor foliar de Cu depende do equilíbrio químico do solo, principalmente da disponibilidade do elemento no solo (Leite et al., 2003) e a maioria dos solos brasileiros possuem oscilações dos teores de Cu (Tezza Neto et al., 2019), e a presença de fatores distintos no solo em função dos tratamentos pode ter influenciado diferentemente a disponibilidade do elemento para as plantas de milho.

Em relação às plantas de soja, o ICF e os teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn e B não foram influenciados pela inoculação de *A. brasilense* no milho, pelo manejo da adubação nitrogenada e nem pela competição das plantas de milho, quando comparadas aos resultados obtidos para a soja em monocultivo (Tabela 3). As plantas de soja consorciadas ou em monocultivo,

apresentaram teores foliares adequados de P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn conforme resultados de teores foliares considerados suficientes para a cultura da soja em solos de Cerrado (Kurihara et al., 2013). Os teores foliares de N, S e Zn da soja ficaram acima do limite máximo da faixa de suficiência nutricional para a soja e o B abaixo do limite inferior da faixa de suficiência (Kurihara et al., 2013).

Para as variáveis altura de plantas (APM), diâmetro de colmo (DC) e densidade de plantas (DEM) de milho não houve efeitos significativos dos tratamentos e não se verificou influência da convivência da soja sobre estas variáveis (Tabela 4). Porém, Cardoso et al. (2019) observaram redução nas alturas de plantas e de inserção da espiga, quando o milho foi consorciado com a soja em condições de cultivo de safrinha, quando comparado ao monocultivo de milho, mostrando que pode haver, dependendo das condições ambientais, a interferência da soja.

Por outro lado, a presença do milho consorciado com a soja, independente dos tratamentos, proporcionou maior altura de plantas (APS), maior diâmetro da haste (DH) e menor densidade de plantas (DES) de soja (Tabela 4). A maior APS em relação ao monocultivo pode estar relacionado ao sombreamento imposto pelo milho e a menor DES à competição intraespecífica. O fato de ser uma planta C<sub>4</sub> e de maior porte, contribuiu para maior capacidade competitiva do milho (Cardoso et al., 2019).

Tabela 3 - Índice de clorofila foliar (ICF) e teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn e B em plantas de soja variedade M7110 IPRO (Monsoy®) em função dos tratamentos

Tratamentos	ICF	g kg <sup>-1</sup>										
		N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B
IN+20S	26,4 a <sup>1</sup>	58,95 a	5,15 a	12,63 a	5,63 a	4,65 a	4,08 a	93,35 a	74,18 a	8,75 a	29,48 a	11,15 a
IN+20S+30V4	26,3 a	58,95 a	4,80 a	12,48 a	5,68 a	4,40 a	4,15 a	96,90 a	75,48 a	8,25 a	26,63 a	12,08 a
IN+20S+60V4	25,7 a	62,75 a	5,00 a	13,18 a	5,75 a	4,63 a	4,15 a	100,50 a	70,03 a	8,05 a	27,40 a	12,48 a
IN+20S+30V4+30V7	26,1 a	63,48 a	5,25 a	12,98 a	5,75 a	4,58 a	4,08 a	98,65 a	87,90 a	8,88 a	28,70 a	11,50 a
IN+20S+120V4	26,6 a	62,75 a	4,65 a	12,90 a	5,83 a	4,58 a	4,23 a	105,55 a	73,60 a	7,73 a	26,35 a	12,10 a
20S+120V4	26,8 a	64,40 a	4,78 a	12,08 a	6,28 a	4,90 a	4,00 a	100,70 a	80,80 a	8,38 a	26,23 a	11,03 a
20S+60V4+60V7	27,6 a	63,00 a	4,85 a	12,23 a	5,95 a	4,60 a	4,23 a	103,80 a	81,33 a	9,13 a	27,25 a	12,33 a
20S+120V4 <sup>(2)</sup>	26,4 a	62,53 a	4,90 a	12,23 a	5,55 a	4,38 a	4,05 a	100,58 a	90,83 a	7,70 a	26,45 a	11,38 a
Monocultivo	27,4 a	61,10 a	4,83 a	12,90 a	5,78 a	4,55 a	4,08 a	96,13 a	80,95 a	9,10 a	29,63 a	12,95 a
F <sub>5%</sub>	1,29 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	1,48 <sup>ns</sup>	1,26 <sup>ns</sup>	1,00 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	1,72 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>
CV (%)	21,66	8,16	8,67	5,09	6,53	6,64	5,48	12,66	13,12	10,46	10,76	10,05

<sup>1/</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott (p<0,05). ns - não significativo e \* significativo pelo teste F. Na descrição dos tratamentos: IN = inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho; S = adubação nitrogenada na semeadura do milho; V4 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>4</sub> do milho; V7 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>7</sub> do milho; (2) adubação a lanço; e os números 20, 30, 60 e 120 representam a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado.

Tabela 4 - Altura de plantas (APM), diâmetro de colmo (DC), densidade de plantas (DEM) de milho híbrido NS90PRO2 RR (Nidera®) e altura de plantas (APS), diâmetro da haste (DH) e densidade de plantas (DES) de soja variedade M7110 IPRO (Monsoy®) consorciadas e em monocultivo em função dos tratamentos

Tratamentos	Milho			Soja		
	APM	DC	DEM	APS	DH	DES
	cm	mm	pl m <sup>-1</sup>	cm	mm	pl m <sup>-1</sup>
IN+20S	186,60 a <sup>1</sup>	19,81 a	6,83 a	70,78a	4,81 a	14,33 b
IN+20S+30V4	189,10 a	19,02 a	5,50 a	71,50 a	4,78 a	16,17 b
IN+20S+60V4	192,75 a	19,63 a	5,67 a	72,43 a	4,64 a	12,17 b
IN+20S+30V4+30V7	193,70 a	19,24 a	6,50 a	71,15 a	4,79 a	16,00 b
IN+20S+120V4	193,20 a	19,51 a	5,67 a	71,23 a	4,98 a	13,00 b
20S+120V4	191,58 a	19,46 a	6,17 a	70,45 a	4,83 a	12,67 b
20S+60V4+60V7	189,85 a	19,45 a	6,83 a	71,55 a	4,70 a	15,67 b
20S+120V4 <sup>(2)</sup>	187,78 a	19,75 a	6,17 a	73,45 a	4,85 a	15,67 b
Monocultivos	192,03 a	19,23 a	6,42 a	64,35 b	2,42 b	22,63 a
F <sub>5%</sub>	0,61 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	1,28 <sup>ns</sup>	3,28*	32,77*	5,37*
CV (%)	3,35	2,87	14,25	4,00	6,15	17,54

<sup>1/</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). ns - não significativo e \* significativo pelo teste F. Na descrição dos tratamentos: IN = inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho; S = adubação nitrogenada na sementeira do milho; V4 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>4</sub> do milho; V7 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>7</sub> do milho; (2) adubação a lanço; e os números 20, 30, 60 e 120 representam a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado.

A redução da DES por metro linear pode ter contribuído com o aumento da DH em consórcio se comparado ao monocultivo da soja (Tabela 4). A densidade e arranjos de plantas de soja e de milho é determinante para o rendimento de forragem do consórcio, pois o arranjo afeta a arquitetura, o crescimento, o fluxo de fotoassimilados e o rendimento (Kopper et al., 2017; Arriel et al., 2019).

Para a massa seca dos componentes estruturais das plantas de milho: colmo, pendão, palha, grãos e sabugo, não houve diferenças entre tratamentos, apenas efeitos para as folhas (MSF) (Tabela 5).

Menores valores de MSF de milho foram obtidos nos tratamentos consorciados com inoculação de *A. brasilense* no milho + adubação de sementeira + adubação de cobertura feita em V4 nas doses de 30, 60 e 120 kg de N ha<sup>-1</sup> e as maiores MSF foram verificados nos demais tratamentos consorciados e no monocultivo. A maior

participação dos componentes estruturais de milho deveu-se a massa seca de grãos.

Para a massa seca dos componentes estruturais das plantas de soja também foram observados dois grupos de tratamentos representados pelo consórcio, independente dos tratamentos, e pelo monocultivo da soja (Tabela 5). O consórcio resultou em menores valores na produção de componentes morfológicos da soja, inclusive na produção de vagens. Esses resultados demonstram os benefícios no rendimento de silagem do milho quando consorciado, pela menor competição exercida pela soja em relação ao milho. Além da menor competição, pode ter acrescido também os benefícios da fixação biológica de nitrogênio (FBN) da soja para o milho. Segundo Yong et al. (2015) e Du et al. (2018), a soja consorciada com o milho pode contribuir para a quantidade de silagem produzida, em função da FBN.



Tabela 5 - Massas secas de folhas (MSF), de colmo (MSC), de pendão (MSPe), de sabugo (MSS), de grãos (MSG) e de palha (MSP) de plantas de milho híbrido NS90PRO2 RR (Nidera®) e massas secas de folhas (MSFs), de hastes (MSH) e de vagens (MSV) e de soja variedade M7110 IPRO (Monsoy®) oriundas do consórcio e dos monocultivo, rendimento total de massa seca (RTMS) e índice de equivalência de área (IEA), em função dos tratamentos

Tratamentos	Milho						Soja		
	MSF	MSC	MSPe	MSS	MSG	MSP	MSFs	MSH	MSV
	kg ha <sup>-1</sup>								
IN+20S	2.284 a <sup>1</sup>	4.300 a	147 a	1.561 a	6.845 a	2.056 a	72 b	236 b	347 b
IN+20S+30V4	1.800 b	3.315 a	119 a	1.161 a	5.550 a	1.568 a	96 b	335 b	389 b
IN+20S+60V4	1.973 b	3.838 a	122 a	1.271 a	6.674 a	1.620 a	57 b	213 b	296 b
IN+20S+30V4+30V7	2.385 a	3.718 a	122 a	1.508 a	5.849 a	1.905 a	90 b	291 b	350 b
IN+20S+120V4	1.436 b	4.117 a	111 a	1.355 a	7.028 a	1.902 a	119 b	288 b	384 b
20S+120V4	2.190 a	4.097 a	137 a	1.363 a	7.570 a	2.034 a	146 b	315 b	286 b
20S+60V4+60V7	2.457 a	4.553 a	129 a	1.556 a	8.189 a	1.923 a	177 b	258 b	283 b
20S+120V4 <sup>(2)</sup>	2.347 a	4.534 a	123 a	1.520 a	7.703 a	2.084 a	123 b	362 b	342 b
Monocultivos	2.558 a	5.538 a	135 a	1.455 a	7.430 a	1.938 a	2.113 a	2.658 a	4.972 a
F	2,72*	1,50 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	1,33 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	63,57*	54,82*	21,96*
CV (%)	20,21	24,41	20,11	20,27	21,41	24,57	50,41	38,87	72,26

<sup>1/</sup> Médias seguidas pelas mesmas letras são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). ns - não significativo e \* significativo pelo teste F. Na descrição dos tratamentos: IN = inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho; S = adubação nitrogenada na sementeira do milho; V4 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>4</sub> do milho; V7 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>7</sub> do milho; (2) adubação a lanço; e os números 20, 30, 60 e 120 representam a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado.

Para o rendimento total de massa seca de silagem (RTMS) observou-se três grupos de tratamentos representados pelo monocultivo da soja, de menor produção (9,744 t ha<sup>-1</sup>); do consórcio entre milho e soja referente à menor quantidade de N (30 kg ha<sup>-1</sup> em V<sub>4</sub>) aplicado em cobertura (IN+20S+30V4) que produziu 14,333 t ha<sup>-1</sup>; e pelo monocultivo de milho e os demais tratamentos consorciados que foram os mais produtivos, cujo RTMS situaram-se entre 16,064 a 19,526 t ha<sup>-1</sup> (Figura 1A). Ressalta-se que a aplicação de N em cobertura em doses iguais ou superiores a 60 kg ha<sup>-1</sup> de N, independente do milho estar inoculado ou não com *A. brasilense* promoveu RTMS do consórcio similar ao do monocultivo de milho, porém, em dose menor comprometeu os benefícios promovidos pela inoculação de *A. brasilense* no RTMS do consórcio. O RTMS do tratamento com inoculação e com

fornecimento de 20 kg ha<sup>-1</sup> na sementeira (IN+20S) foi semelhante ao do monocultivo de milho.

Batista et al. (2019) não encontraram diferenças estatísticas para a produção total de matéria seca (milho + soja), quando testaram uma fileira de milho alternada com uma fileira de soja ou duas fileiras de milho alternadas com uma fileira de soja, alcançando RTMS entre 22,14 e 24,99 t ha<sup>-1</sup>. Apenas menor produção de massa seca de soja, quando foi testado o arranjo de duplas fileiras de milho com uma de soja, sem, diminuir o rendimento de RMS ensilada. Ao testar duas variedades de soja (TMG7062 e P95R51) e dois híbridos de milho (P1630 e P30F53) em consórcio e monocultivo, Batista et al., (2018) não encontraram diferenças entre consórcio e monocultivo de milho para o RTMS, com valores entre 19,42 e 19,88 t ha<sup>-1</sup>.

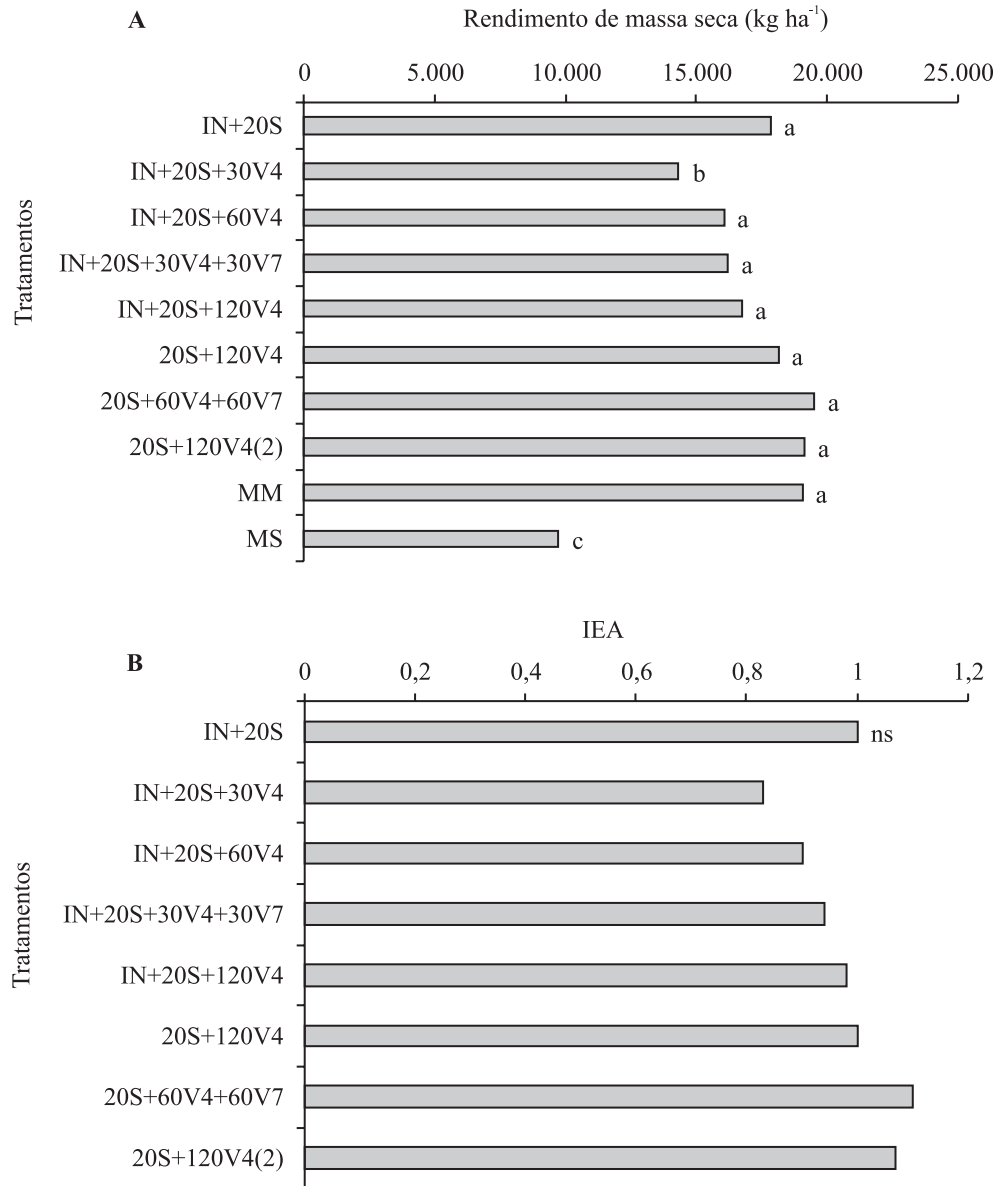


Figura 1 - Rendimento total de massa seca de silagem (A) e índice de equivalência de área (IEA) (B) em função dos tratamentos. Médias seguidas pelas mesmas letras são estatisticamente iguais pelo teste de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ). ns - não significativo. Na descrição dos tratamentos: IN = inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho; S = adubação nitrogenada na semeadura do milho; V4 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>4</sub> do milho; V7 = adubação nitrogenada de cobertura no estágio fenológico V<sub>7</sub> do milho; (2) adubação a lanço; e os números 20, 30, 60 e 120 representam a quantidade em kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado. MM = monocultivo de milho; MS = monocultivo de soja.

Considerando o rendimento de silagem do consórcio e dos monocultivos nota-se que os índices de equivalência de área (IEA) foram semelhantes para todos os

tratamentos e próximos de 1,0 (Figura 1B), demonstrando que o consórcio para o RTMS não foi vantajoso.





## CONCLUSÕES

Consoviada com milho, a produção de massa seca das plantas de soja foi reduzida se comparada ao monocultivo, independente da inoculação com *Azospirillum brasilense* no milho e da adubação com N.

Em relação ao monocultivo de milho, a inoculação com *Azospirillum brasilense* associada a adubação nitrogenada no consórcio não proporcionaram aumentos no índice foliar de clorofila e nos teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Fe, Zn e B das plantas.

Da mesma forma, os tratamentos não proporcionaram incrementos na produção total de silagem mista em relação ao monocultivo de milho, e pelo índice de equivalência de área, o consórcio entre milho e soja não mostrou benefícios quanto ao rendimento total de silagem.

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), sob o código de financiamento 001, do Instituto Federal de Goiano, Campus Rio Verde e da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

## LITERATURA CITADA

ARRIEL, F.H.; COMPAGNON, A.M.; PIMENTA NETO, A.M. et al. Desempenho Agronômico do milho em função do espaçamento entre linhas e estande de plantas. *Cientific@ Multidisciplinary Journal*, v.6, n.1, p.34-48, 2019.

BARCELLOS, A.D.O.; RAMOS, A.K.B.; VILELA, L. et al. Sustentabilidade da produção animal baseada em pastagens consorciadas e no emprego de leguminosas exclusivas, na forma de banco de proteína, nos trópicos brasileiros. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, p.51-67, 2008.

BATISTA, V.V.; ADAMI, P.F.; MORAES, P.V.D. et al. Row arrangements of maize and soybean intercrop on silage quality and grain yield. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.2, p.286-300, 2019.

BATISTA, V.V.; ADAMI, P.F.; SARTOR, L.R. et al. Forage yield and silage quality of intercropped maize+soybean with different relative maturity cycle. *Journal of Agricultural Science*, v.10, n.12, p.249-261, 2018.

CARDOSO, I.S.; CABRAL, P.H.R.; ARAÚJO, V.T. et al. Variedades e formas de adubação no cultivo de soja e milho

em consórcio para produção de silagem. *Ciência Agrícola*, v.17, n.2, p.17-26, 2019.

CARMO, C.D.S.; ARAUJO, W.S.; BERNARDI, A.D.C. et al. *Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos*. Embrapa Solos-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2000.

CHEN, P.; DU, Q.; LIU, X. et al. Effects of reduced nitrogen inputs on crop yield and nitrogen use efficiency in a long term maize-soybean relay strip intercropping system. *Plos One*, v.12, n.9, e0184503, 2017.

COELHO, A.M. *Nutrição e adubação do milho*. Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 2006. 10p.

DARTORA, J.; GUIMARÃES, V.F.; MARINI, D. et al. Nitrogen fertilization associated to inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* in the maize. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.17, n.10, p.1023-1029, 2013.

DU, J.B.; HAN, T.F.; GAI, J.Y. et al. Maize soybean strip intercropping: Achieved a balance between high productivity and sustainability. *Journal of Integrative Agriculture*, v.17, n.4, p.747-754, 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*, Serviço de Produção de Informação, 3 ed. rev. ampl., Brasília: Embrapa, 2013. 353p.

FARIA, L.A.; PELUZIO, J.M.; AFFÉRI, F.S. et al. Path analysis for growth and grain yield of corn genotypes under different nitrogen doses. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v.2, n.1, p.1-11, 2015.

FIDELIS, R.R.; GONZAGA, L.A.M.; SILVA, R.R. et al. Desempenho produtivo e nutricional de sorgo forrageiro consorciado com soja em doses de nitrogênio. *Comunicata Scientiae*, v.7, n.2, p.204-208, 2016.

FORNASIERI FILHO, D. *Manual da cultura do milho*. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

KOPPER, C.V.; MEERT, L.; KRENSKI, A. et al. Características agronômicas e produtividade de milho segunda safra em função de diferentes velocidades de semeadura e densidade de plantas. *Pesquisa Agropecuária de Pernambuco*, v.22, e201701, 2017.

KURIHARA, C.H.; VENEGAS, V.H.A.; NEVES, J.C.L. et al. Faixas de suficiência para teores foliares de nutrientes em algodão e em soja, definidas em função de índices DRIS. *Revista Ceres*, v.60, n.3, p.412-419, 2013.

- LEITE, U.T.; AQUINO, B.F.; ROCHA, R.N.C. et al. Níveis críticos foliares de boro, cobre, manganês e zinco em milho. *Bioscience Journal*, v.19, n.2, p. 115-125, 2003.
- MARQUES, K.O.; JAKELAITIS, A.; GUIMARÃES, K.C. et al. Production, fermentation profile, and nutritional quality of silage from corn and soybean intercropping. *Semina: Ciências Agrárias*, v.40, n.6Supl2, p.3143-3156, 2019.
- MARTINS, D.A.; TAVARES, C.J.; JAKELAITIS, A. et al. Manejo do Consórcio entre milho e *Urochloa brizantha* com subdoses de tembotrione. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)*, v.13, n.2, p.5528, 2018.
- OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. Agronomic application of *Azospirillum*: An evaluation of 20 years worldwide field incubation. *Soil Biology and Biochemistry*, v.26, n.12, p.1591-1601, 1994.
- PANDOLFO, C.M.; VOGT, G.A.; BALBINOT JUNIOR, A.A. et al. Desempenho de milho inoculado com *Azospirillum brasilense* associado a doses de nitrogênio em cobertura. *Agropecuária Catarinense*, v.27, n.3, p.94-99, 2015.
- QUADROS, P.D.; ROESCH, L.F.W.; SILVA, P.R.F. et al. Desempenho agrônômico a campo de híbridos de milho inoculados com *Azospirillum*. *Revista Ceres*, v.61, n.2, p. 209-218, 2014.
- ROSA, P.A.L. *Acúmulo de matéria seca, extração e exportação de nutrientes por híbridos de milho inoculados com Azospirillum brasilense*. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Ilha Solteira, SP, UNESP, 2017. 98p.
- SANTOS, W.F.; AFFÉRI, F.S.; PELÚZIO, J.M. et al. Efficiency of nitrogen and genetic divergence in corn aiming for the production of protein. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v.4, n.4, p.135-144, 2017.
- SOBRINHO, O.P.L., SANTOS, L.N.S.; SANTOS, G.O et al. Balanço hídrico climatológico mensal e classificação climática de Köppen e Thornthwaite para o município de Rio Verde, Goiás. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.27, p. 19-33, 2020.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, G.; BISSANI, C.A. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TEZZA NETO, D.P.M.; FARIA, A.J.G.; RIBEIRO, E.A. et al. Óxidos e óxi-sulfatos como fontes de micronutrientes na construção da fertilidade de solo de cerrado. *Journal of Bionergy and Food Science*, v.6, n.4, p. 09-118, 2019.
- THEAGO, E.Q.; BUZETTI, S.; FILHO, M.C.M.T. et al. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio influenciando teores de clorofila e produtividade do trigo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.38 n.6, p.1826-1835, 2014.
- VARELLA, C.A.A.; CARVALHO PINTO, F.D.A.; COSTA, A.G. et al. Predição de níveis de nitrogênio aplicados à cultura do milho utilizando imagens digitais. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.27, n.3, p.227-236, 2019.
- VERONEZI, S.D.F.; RIBEIRO, L.M.; CECCON, G. Uso de *Azospirillum brasilense* em milho safrinha solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, v.12, n.4, p.349-360, 2018.
- YONG, T.; LIU, X.; YANG, F. et al. Characteristics of nitrogen uptake, use and transfer in a wheat-maize-soybean relay intercropping system. *Plant Production Science*, v.18, n.3, p.388-397, 2015.
- ZOZ, T.; LANA, M. DO C.; STEINER, F. et al. Densidade populacional, espaçamento e adubação nitrogenada na semeadura de milho de segunda safra. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v.12, n.1, p.103-125, 2018.

Recebido para publicação em 30/05/2021, aprovado em 30/09/2021 e publicado em 30/10/2021.

