

Inoculação com *Azospirillum* e doses de N em cobertura do milho segunda safra

Raffael José Paetzold¹ e Augustinho Borsoi¹

¹Centro Universitário Assis Gurgacz, Colegiado de Agronomia, Cascavel, Paraná.

^{1*}paetzoldraffael@gmail.com

Resumo: A produtividade do milho segunda safra depende muito da adubação nitrogenada, com isso a inoculação da semente do milho com *Azospirillum* pode ajudar no fornecimento de nitrogênio e no desenvolvimento da planta. Este trabalho teve como objetivo avaliar a aplicação de *Azospirillum* e doses de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Está sendo realizado na região de Cascavel-PR a campo e iniciou-se no dia 26 de janeiro de 2019 e teve a colheita dia 19 de junho de 2019. O delineamento experimental utilizado foi em parcela subdividida (2 x 4), sendo que nas parcelas foram distribuídos o inoculante (ausência e presença) e nas sub parcelas as doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), com três repetições. Os parâmetros avaliados foram o diâmetro do colmo, número de fileiras, número de grãos por fileira, produtividade e massa de mil grãos. Não verificou-se diferença mínima estatística significativa para inoculação, nem para doses de N, exceto para diâmetro de colmo. Devido à ausência da inoculação obteve-se maior diâmetro do colmo, e nas doses de N com (0 kg ha⁻¹) teve maior diâmetro do colmo do que as doses de (40, 80 e 120 kg ha⁻¹). A produtividade média foi de 11608,93 kg ha⁻¹. Conclui-se que a ausência da inoculação e a dose de N (0 kg ha⁻¹) interferiu no diâmetro do colmo, e o número de fileira por espiga, número de grãos por fileira, massa de mil grãos e produtividade não houve interferência da inoculação e da aplicação de N.

Palavras-chave: fixação biológica de nitrogênio; adubação nitrogenada; *Zea mays*.

Azospirillum inoculation and N rates in maize second crop cover

Abstract: Productivity of second crop maize depends greatly on nitrogen fertilization, so inoculation of maize seed with *Azospirillum* may aid in nitrogen supply and plant development. This work aimed to evaluate the application of *Azospirillum* and nitrogen doses in maize crop. It is being carried out in the region Cascavel-PR in the field and began on January 26, 2019 and had the harvest on June 19, 2019. The experimental design was a split plot (2 x 4), and in the plots were distributed inoculant (absence and presence) and in the subplots nitrogen doses (0, 40, 80 and 120 kg ha⁻¹), with three replications. The parameters evaluated were stem diameter, number of rows, number of grains per row, yield and mass of one thousand grains. No statistically significant minimum difference was found for inoculation, nor for N rates, except for stem diameter. That with the absence of inoculation had larger stem diameter, and at N doses with (0 kg ha⁻¹) had larger stem diameter than the doses of (40, 80 and 120 kg ha⁻¹). The average yield was 11608.93 kg ha⁻¹. It was concluded that the absence of inoculation and the N dose (0 kg ha⁻¹) interfered with the stem diameter, and the number of row per ear, number of grain per row, mass of one thousand grains and productivity do not hear. interference.

Keywords: biological nitrogen fixation; nitrogen fertilization; *Zea mays*.

Introdução

O milho (*Zea mays*), é um dos cereais mais produzidos no mundo, e com grande importância econômica no Brasil, com uma produção cerca de 73 milhões de toneladas de milho na chamada safra 2019 (CONAB, 2019). O milho tem alto valor nutricional de seus grãos, pela grande destinação dos grãos para alimentação humana e animal e com destinação como matéria-prima para as indústrias em todo o país (GALVÃO *et al.*, 2014).

De acordo com Ragagnin *et al.*, (2010) o milho segunda safra semeado em sistema de plantio direto, tem boa resposta relacionado a adubação nitrogenada, com a palhada deixada da cultura anterior, como a umidade, teor de matéria orgânica do solo, sendo importante para se adquirir boas condições para as plantas. Com climas favoráveis para o cultivo do milho segunda safra, a aplicação de nitrogênio se torna viável e importante para o ganho de qualidade e produção da cultura (COELHO *et al.*, 2006).

Segundo Fornasiere Filho (2007) o potencial de produção da cultura do milho será satisfatório com a extração de nutrientes do solo, o nitrogênio (N) é o nutriente mais exigido na cultura do milho, com função nos processos bioquímicos das plantas, assim o nitrogênio pode limitar a produtividade da cultura.

Em cereais como o milho para se obter uma produtividade elevada, é necessária uma grande demanda de fertilizantes nitrogenados, capazes de suprir a disponibilidade que o solo tem de atender as exigências fisiológicas da planta, com a deficiência de nitrogênio na cultura do milho pode reduzir a produtividade de grãos em até 80% (FANCELLI, 2013).

O uso de fertilizantes nitrogenados na cobertura na cultura do milho é cada vez mais comum, onde vem mostrando bons resultados já que a cultura do milho necessita de grandes quantidades de nitrogênio, e com a aplicação vem sendo minimizados as perdas ambientais, assim tendo bons resultados com a produtividade da cultura (BREDA *et al.*, 2010).

Segundo Huergo *et al.*, (2018) os estudos do melhoramento genético mostram que a inoculação de bactérias do gênero *Azospirillum*, vem sendo uma das alternativas que suprem parcialmente a exigência de nitrogênio no milho, essas bactérias são vistas como estimulantes de crescimento, apresentando benefícios como a fixação biológica de nitrogênio.

Para Araújo, Mercante, Vitorino.,(2015) a inoculação das sementes de milho com *Azospirillum* é uma alternativa que pode complementar a disponibilidade de nitrogênio para a cultura. Com tudo essa alternativa reduz o custo da produção, além de ajudar a reduzir a contaminação dos lençóis freáticos por conta de resíduos nitrogenados (BASHAN e DE-BASHAN, 2010).

A inoculação cada vez vem sendo utilizada pelos produtores, se tornando muito importante para o cultivo do milho, com isso vem comprovando que é importante para ganhos de rendimento da cultura do milho, proporcionando mais lucro para os produtores em todo mundo (MARTINEZ *et al.*, 2016).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a aplicação de *Azospirillum* e doses de nitrogênio em cobertura na produtividade e componentes de rendimento da cultura do milho.

Material e Métodos

O experimento foi realizado numa propriedade rural, localizada no município de Cascavel-PR, com latitude 24°80'0994"S e longitude 53°42'2248"O, iniciando-se o trabalho no dia 26 de janeiro de 2019 e a colheita no dia 19 de junho de 2019.

O clima da região conforme o sistema de classificação climática de Köppen caracteriza-se como Cfa - Clima subtropical, temperatura média no mês mais frio inferior a 18 °C (mesotérmico) e temperatura média no mês mais quente acima de 22 °C, com verões quentes, geadas pouco frequentes e tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, contudo sem estação seca definida. A precipitação anual está entre 1800 a 2000 mm, com temperatura média entre 21 a 22°C (NITSCHKE *et al.*, 2019).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico, textura muito argilosa (EMBRAPA, 2018), vem sendo manejado com plantio direto sendo soja, milho e aveia, com as seguintes características químicas: Cálcio: 4,51 Cmol_c/dm³; Magnésio: 1,47 Cmol_c/dm³; Potássio: 0,59 Cmol_c/dm³; Alumínio: 0,21 Cmol_c/dm³; CTC: 14,93 Cmol_c/dm³; M.O: 25,16 g/dm³; Saturação de base: 44,01%; PH cacl₂: 4,70 mg/dm³. Granulometria; Areia: 20%; Silte: 18,75%; Argila: 61,25%.

Antes de realizar a semeadura foi coletada uma amostra de solo para fazer a análise, sendo composta por seis sub amostras aleatórias de 0 á 20 cm de profundidade na área experimental, logo após foi homogeneizado a amostra e enviado para análise.

O delineamento experimental utilizado foi em parcela subdividida (2 x 4), sendo que nas parcelas foram distribuídos o inoculante (ausência e presença) e nas sub parcelas as doses de nitrogênio (0, 40, 80 e 120 kg ha⁻¹), com três repetições, totalizando 24 parcelas. Cada parcela foi composta de 4,2 m de largura e 5 m de comprimento, totalizando 21 m².

A semeadura foi mecanizada regulada para jogar 247 kg ha⁻¹ de fertilizante NPK 10-15-15. Foi semeado 4,2 sementes por metro, buscando uma população de 62000 mil plantas por ha⁻¹ do híbrido Forseed FS500, havendo em cada parcela 7 linhas com o espaçamento de 70 cm. Primeiramente foram semeadas as parcelas sem inocular a semente, após foram retiradas

as sementes e inoculadas com o produto Grap Nad^R, utilizando 100 mL para 25 kg de semente e misturado em um saco para melhor homogeneização do produto na semente, e assim foram plantadas as parcelas com as sementes inoculadas.

A aplicação do fertilizante nitrogenado YARA BELLA^R (23% de N) foi feita manualmente em forma de lanço aos 30 dias após a semeadura, ocorrendo chuva logo após a aplicação.

Todos os manejos culturais realizados com agroquímicos no experimento foram produtos registrados na ADAPAR (Agência de Defesa Agropecuária do Paraná).

As variáveis analisadas foram o diâmetro do colmo, no primeiro nó acima do solo, com um paquímetro em 10 plantas por parcela. Para número de fileira e número de grão por fileira foram coletadas cinco espigas por parcela.

Para a produtividade foram colhidos duas linhas centrais em três metros de cada parcela, após debulhados pesados numa balança digital. Para massa de mil grãos foram pesadas quatro repetições de 100 grãos por parcela, após extrapolados para mil grãos.

Para verificar a normalidade dos dados foi utilizado o teste de Shapiro Wilk, constatando que os resultados foram normais. Após, os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%, para o inoculante e as doses de N foram realizada a análise de regressão, com o auxílio do programa estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussões

Os resultados encontrados na análise de variância podem ser observados na Tabela 1. As variáveis número de fileira por espiga, número de grão por fileira, massa de mil grãos e produtividade não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, indicando não haver efeito da inoculação, associada ou não a adubação nitrogenada, nestes parâmetros. Já para o diâmetro do colmo observa-se que houve uma diferença significativa a inoculação e a adubação nitrogenada, sem interação entre os fatores.

As condições climáticas durante o experimento foram favoráveis, não ocorrendo déficit hídrico e nem períodos de precipitação excessiva. Logo após a aplicação da adubação nitrogenada, ocorreu precipitação de 20 mm favorecendo a solubilização do nitrogênio. Rochette *et al.* (2009), explica que a umidade do solo é um fator exclusivo para a hidrólise da ureia, pois quando o solo está sem umidade (seco) a atividade da uréase é baixa, já quando o

solo tem umidade, há um aumento da atividade enzimática, com o aumento da água promove a difusão da ureia, consequentemente o contato da uréase com o solo será maior.

Tabela 1- Resumo da análise de variância com o quadrado médio para diâmetro do colmo, número de fileira por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e produtividade, em função da inoculação das sementes e adubação nitrogenada em cobertura.

Fonte de variação	Quadrado médio				
	Diâmetro	NFE	NGF	MMG	PROD
Bloco	0,02	0,01	1,62	2181,50	14941802,46
Inoculante	0,09*	0,04 ns	0,2 ns	2440,16 ns	9851121,3 ns
Dose	0,02*	0,45 ns	0,72 ns	804,61 ns	3962803,01 ns
Inoculante x Dose	0,01 ns	0,25 ns	2,57 ns	1673,94 ns	4163000,74 ns
CV%	2,78	4,58	3,84	8,29	18,85

*, significativo a 0,05 de probabilidade de erro pelo teste F. ns, não significativo a 0,05 de probabilidade de erro pelo teste F. CV: coeficiente de variação.

Para variável diâmetro do colmo Tabela 2, observa-se que o tratamento sem inoculação teve maior diâmetro do colmo comparado com a inoculação. Já para número de fileira por espiga, número de grão por fileira, massa de mil grãos e produtividade não houve diferença com ou sem inoculação.

A variável diâmetro do colmo foi influenciado pela inoculação, tendo o maior diâmetro do colmo 28,7 mm. Com os resultados de Nakao *et al.* (2014), que não verificou diferença significativa com ou sem inoculação de *A. brasiliense* no diâmetro do colmo em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do sorgo granífero. Já para Moraes (2012), observou que, com ou sem a inoculação de *A. brasiliense* das sementes teve diferença no diâmetro do colmo avaliado no fim do ciclo reprodutivo do milho. Conforme Dartora *et al* (2013), também verificou que com ou sem a inoculação de *A. brasiliense* teve diferença no diâmetro do colmo nas fases vegetativas e reprodutivas da cultura do milho. A colonização das bactérias diazotróficas *Azospirillum* pode ser pelo sistema radicular, e também pelo colmo das gramíneas, (SIQUEIRA e FRANCO, 1988). São observados que as bactérias se localizam com mais frequência nas raízes, em seguida, pelos colmos e folhas de milho, (MENDONÇA *et al.*, (2006). Portanto, nas condições experimentais deste presente trabalho, tenha ocorrido a colonização das plantas com níveis de alterar significativamente a morfologia.

Já na variável massa de mil grãos, não observou diferença significativa entre os tratamentos, observando média de 377 g. Francisco *et al.* (2012), não obteve diferença na massa de mil grãos com ou sem inoculação de *A. brasiliense*, seguido com aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho. Seguindo com os resultados de Kaminski *et al.*

(2011), que não observou diferença estatisticamente com a inoculação de *A. brasiliense* nas sementes da cultura do milho.

Para a produtividade, não obteve diferença significativa, porém, os resultados mostram que a inoculação com *A. brasiliense* obteve um acréscimo no rendimento da produtividade de 2000 kg a mais, do que sem a inoculação com *A. brasiliense*. Conforme apresentado que os componentes de rendimento não foram estatisticamente significativos ao fator da inoculação com *A. brasiliense*, podendo ter influenciado por diversos fatores de interação entre a planta e a bactéria, exemplo: estado de nutrição da planta, condições edafoclimáticas, acides do solo, (QUADROS, 2009).

Tabela 2- Médias para diâmetro do colmo (DC), número de fileira por espiga (NFE), número de grão por fileira (NGF), massa de mil grãos (MMG) e produtividade, em função da inoculação das sementes e adubação nitrogenada em cobertura. Cascavel, 2019.

	DC (cm)	NFE	NGF	MMG (g)	PROD (kg ha ⁻¹)
Inoculação					
COM I	2,73b	16,96	33,88	367,16	12249,6
SEM I	2,86 a	17,05	33,7	387,33	10968,25
Dose de N (kg ha⁻¹)					
0	2,87	17,13	33,33	394	11940,47
40	2,73	16,83	33,9	379	12317,46
80	2,77	16,73	33,76	367,33	11732,53
120	2,82	17,33	34,16	372,66	10445,23

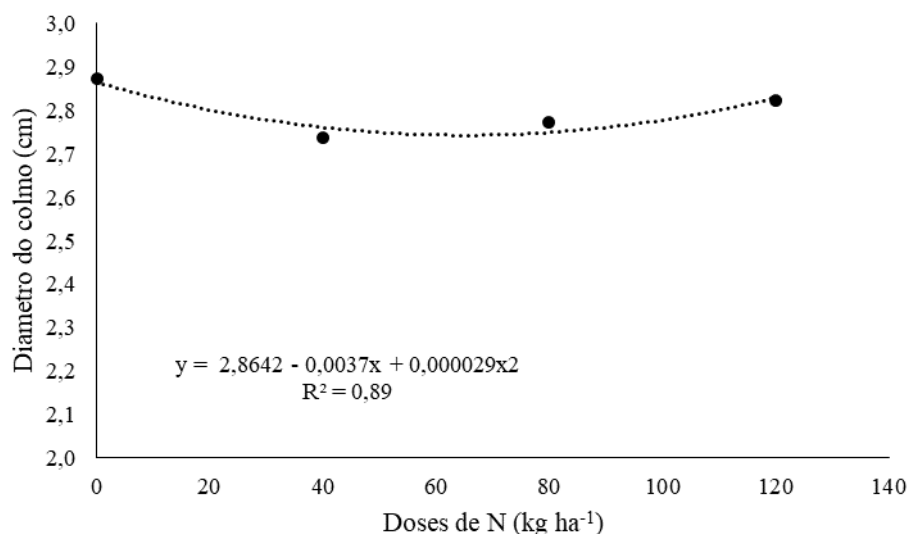
Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p > 0,05$).

Podemos observar na Figura 1 que as diferentes doses de nitrogênio influenciaram no diâmetro do colmo do milho, ajustando-se ao modelo de regressão polinomial com ponto de mínima sendo 63,80 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Observa-se que a dose 0 kg ha⁻¹ de nitrogênio teve o maior diâmetro do colmo, conforme foram aumentando as doses 40 e 80 kg ha⁻¹ de nitrogênio diminuiu o diâmetro do colmo, e com a dose de 120 kg ha⁻¹ já se encontra com um diâmetro um pouco maior.

Farinelli e Lemos (2010), relatam que as morfologias das plantas de milho não foram influenciadas estatisticamente com a adubação nitrogenada em cobertura de milho em seu trabalho.

Com os resultados observados na área realizada, pode ter ocorrido algum distúrbio no experimento, entre a inoculação e o nitrogênio, na análise do solo consta a presença de alumínio, que pode ter interferido no desenvolvimento das plantas de milho, tendo parcelas com mais alumínio e parcelas com menos alumínio.

Figura 1. Análise de regressão do diâmetro do colmo em função da adubação nitrogenada em cobertura.



Para obter um resultado específico na área realizada, o presente trabalho, seria necessário repetir este experimento por mais dois anos, assim conseguiria observar se os resultados seriam os mesmos ou se teriam alguma diferença em questão dos resultados obtidos.

Conclusões

A inoculação com *A. brasilense* não proporcionou acréscimo nos componentes de rendimento da massa de mil grãos, número de fileira por espiga, número de grão por fileira e produtividade, nas condições estudadas.

Para o diâmetro do colmo, a ausência da inoculação com *A. brasilense*, proporcionou um maior diâmetro, bem como para o tratamento sem N.

Referências

ARAÚJO, E. O.; MERCANTE, F. M.; VITORINO, A. C. T. Effect of nitrogen fertilization associated with inoculation of *Azospirillum brasilense* and *Herbaspirillum seropedicae* on corn. **African Journal of Agricultural Research**, Nairobi, v. 10, n. 3, p. 137-145, 2015.

BASHAN, Y.; DE-BASHAN, L. E. How the plant growth-promoting bacteria *Azospirillum* promotes plant growth: a critical assessment. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 108, p. 77-136, 2010.

BASI, S.; LOPES, E.C.P.; KAMINSKI, T.H.; PIVATTO, R.A.D.; CHENG, N.C.; SANDINI, I.E.; **Azospirillum brasilense nas sementes e no sulco de semeadura da cultura do milho**. In.: Semana de Integração, Ensino, Pesquisa e Extensão, 2. Resumos... Guarapuava: Anais da IISIEPE, 4p. ISSN-2236-7098, 2011.

BREDA, F. A. DA F.; WERNECK, C. G.; ALTOE, A.; LIMA, E. S. A.; POLIDORO, J. C.; ZONTA, E.; LIMA, E. **Perdas por volatilização de n-ureia revestida com polímero**. In: FERTBIO, 34, Guarapari. Anais... Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010.

CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1 CD-ROM, 2000.

COELHO, A. M.; FRANCA, G. E.; PITTA, G. V. E.; ALVES, V. M. C. **Cultivo do milho: Fertilidade do solo diagnose foliar**, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Milho safrinha 2019: estimativas do mercado e condições climáticas**. Disponível em < <https://blog.aegro.com.br/milho-safrinha-2019/>>. Acesso em: abril, 2019.

Dartora J.; Guimarães V.; Marini D.; Sander G.; Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho **Rev. bras. eng. agríc. ambient.** vol.17 no.10 Campina Grande Oct. 2013.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solo. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 5. ed. Brasília, 353p, 2018.

FANCELLI, A. L. **Fenologia, fisiologia da produção e implicações práticas de manejo**. In: FANCELLI, A. L. Milho: produção e produtividade, Piracicaba: ESALQ/USP, p.1-34, 2013.

FARINELLI, R.; LEMOS, B. L.; Produtividade e eficiência agrônômica do milho em função da adubação nitrogenada e manejos do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.2, p.135-146, 2010.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência Agrotecnologia**, v. 38, n. 2, 2014.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 2007.

FRANCISCO, E.A.B.; KAPPES, C.; DOMINGUES, L.; FELIPPI, C.L. **Inoculação de Sementes de Milho Com *Azospirillum brasilense* e Aplicação de Nitrogênio em Cobertura**. In.: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 29, Águas de Lindóia. Resumos... In.: Anais do Congresso Nacional de milho e Sorgo, Águas de Lindóia, p. 1285-1291, 2012.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, M.; FRITSCHÉ, N. R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 819-828, 2014.

HUERGO, L. F.; MONTEIRO, R. A.; BONATTO, A. C.; RIGO, L. U.; STEFFENS, M. B. R.; CRUZ, L. M.; CHUBATSU, L. S.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Regulation of nitrogen fixation in *Azospirillum brasilense*. **Asociación Argentina de Microbiología**, p. 17-35, 2018.

MARTINEZ, S. B.; POMÉS, J.; MASI, M. A.; CHALE, W.; BENEDETTO, J. P.; GARBI, M. Production and response to *Azospirillum brasilense* inoculation in two globe artichoke hybrids. **Acta Horticulturae**, v. 1147, p. 213-216, 2016.

MENDONÇA, M. M.; URQUIAGA, S. S.; REIS, V. M. **Variabilidade genotípica de milho para acumulação de nitrogênio e contribuição da fixação biológica de nitrogênio**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 41, n. 11, p. 1681-1685, 2006.

MORAIS, T.P. **Adubação nitrogenada e inoculação com *Azospirillum brasilense* em híbridos de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 83p, 2012.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Editora UFLA, 729 p, 2006.

NAKAO, A. H.; SOUZA, M. F. P.; DICKMANN, L.; CENTENO, D. C.; RODRIGUES, R. A. F. **Resposta do sorgo granífero à aplicação de diferentes doses e épocas de inoculante (*Azospirillum brasilense*) via foliar**. Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2702- 2714, 2014.

NITSCHKE, P. R.; CARAMORI, P. H.; RICCE, W.S.; PINTO, L. F. D. **Atlas Climático do Estado do Paraná**. Londrina, PR: IAPAR, 2019.

QUADROS, P. D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 74 p 2009.

RAGAGNIN, V. A.; SENA JUNIOR, D. G.; KLEIN, V.; LIMA, R. S.; COSTA, M. M.; OLIVEIRA NETO, O. V. Adubação nitrogenada em milho safrinha sobre plantio direto em Jataí-GO.] **Global science and Technology**, v. 03, n. 02, p. 70-77, 2010.

ROCHETTE, P.; MacDONALD, J.D.; ANGERS, D.; CHANTINI, M.H.; GASSER, M. & BERTRAND, N. **Banding urea increased ammonia volatilization in a dry acidic soil**. **J. Environ. Qual.**, 38:1383-1390, 2009.