

Gabriel Felipe Vogel ¹

Lais Martinkoski ²

Marielli Ruzicki ²

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 12/11/13. Aprovado em 23/03/2014.

¹Departamento de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul-UFFS, Laranjeiras do Sul, PR. CEP:85303-820. E-mail: gfvogel@bol.com.br; gabrielfelipe02@hotmail.com

²Mestranda em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná – UNICENTRO, Guarapuava, PR. CEP: 85015-430. E-mail: martinkoskilais@hotmail.com



*Efeitos da utilização de *Azospirillum brasilense* em poáceas forrageiras: Importâncias e resultados*

RESUMO

A utilização da bactéria *Azospirillum brasilense* para fixação biológica de Nitrogênio em poáceas se destaca como uma alternativa sustentável na redução da aplicação de nitrogênio em lavouras e pastagens, apresentando indiretamente nesta última potencial para a redução dos níveis de degradação e auxiliando na recuperação de pastagens já degradadas. Deste modo, a presente revisão tem como objetivo abordar trabalhos científicos relacionados aos efeitos do uso da inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes espécies forrageiras. São encontrados benefícios da inoculação na maioria dos trabalhos analisados, demonstrando que é possível a substituição de parte da adubação nitrogenada pela inoculação com esta bactéria sem comprometer os principais componentes da produção forrageira como massa seca e altura de plantas, no entanto, alguns componentes importantes como proteína bruta e área foliar são ainda pouco estudados, gerando a necessidade de mais informações a respeito a fim de serem obtidas recomendações acessíveis a produtores do setor.

Palavras-chave: Fixação Biológica, Nitrogênio, Bactérias Promotoras de Crescimento.

Effects of *Azospirillum brasilense* in use of forage grasses: Amounts and results

ABSTRACT

The use of the bacterium *Azospirillum brasilense* for biological nitrogen fixation in grasses, stands as a sustainable alternative in reducing nitrogen application on crops and pastures, presenting indirectly latter potential for reducing levels of degradation and aiding in recovery degraded pastures. Thus, this review aims to address scientific studies related to the effects of the use of inoculation with *Azospirillum brasilense* in different forage species. Benefits of inoculation are found in most of the analyzed studies, demonstrating that it is possible to replace part of the nitrogen fertilizer by inoculation with this bacteria without compromising the main components of forage production and dry weight and plant height, however, some important components like crude protein and leaf area are still poorly studied, creating the need for more information about in

order to be accessible to producers obtained the sector recommendations.

Keywords: Fixation, Nitrogen, Growth Promoting Bacteria

INTRODUÇÃO

O manejo inadequado em áreas sob atividades pecuárias se destaca como uma das principais causas no declínio na fertilidade natural dos solos, sendo que esta prática tem levado inicialmente a degradação das pastagens e como consequência a degradação do próprio solo (CORDEIRO et al., 2004). Dentre os fatores que promovem este quadro de degradação ambiental podemos citar o insuficiente aporte de nutrientes e, consequente queda da matéria orgânica nestas áreas, porém, é possível afirmar que a histórica cultura extrativista adotada pelos pecuaristas é a principal responsável pelos baixos investimentos na produção forrageira, gerando um contexto de áreas degradadas devido à baixa produtividade do sistema (CAMPOS et al., 2003).

Desta forma, o uso deste sistema inadequado durante longos períodos proporciona degradação e consequentemente compromete a atividade pecuária, ocasionando baixos índices zootécnicos e elevado potencial de degradação ambiental, tornando este sistema pouco sustentável (ALVARENAGA e DAVIDE, 1999; RODRIGUES, 2002; PEREIRA et al., 2013).

Segundo Ministério da Agricultura (2014) o Brasil apresenta aproximadamente 30 milhões de hectares de pastagens em algum estágio de degradação ocasionado pelo seu manejo. Dentre as consequências ocasionadas pela degradação da pastagem, Barcellos (1990) relata a queda na produção de forragens, a diminuição na cobertura de solo, o surgimento de plantas espontâneas competitivas, além da erosão ocasionada pelas chuvas.

De acordo com Alcântara et al. (2000) o fato de este processo de degradação estar ocorrendo na maior parte dos solos brasileiros, faz com que o manejo sustentável dos insumos e em especial da adubação se torne uma alternativa viável visando não somente a recuperação de áreas já degradadas, mas especialmente a prevenção da degradação de novas áreas.

Kichel e Kichek (2009) relatam vantagens na adoção de práticas preventivas para a degradação, destacando a redução dos custos, redução de riscos por pragas, aumento na eficiência da mão de obra, melhoria no uso dos recursos de produção, melhor uso da terra e redução da emissão de gases que contribuem para o “efeito estufa” por unidade de produto obtido.

Dentre as alternativas para recuperação da fertilidade das pastagens, o uso de adubação nitrogenada se desponta como uma das práticas de maior importância e dificuldade de manejo, uma vez que a deficiência deste elemento tem sido uma das principais causas na degradação de pastagens cultivadas (SOARES FILHO et al., 1992). Este macronutriente é exigido em maior quantidade pelas plantas, representando cerca de 10 a 40 g kg⁻¹ na massa seca total, sendo responsável pelas características morfológicas de tamanho de folhas e

colmos, desenvolvimento de perfilhos, entre outros (TAIZ e ZEIGER, 2009).

Entretanto, apesar deste nutriente ser indispensável no desenvolvimento das plantas, o uso deste no contexto de pastagens atualmente é bastante reduzido devido ao seu elevado custo associado ao baixo poder aquisitivo da maioria dos produtores, além dos diversos problemas ambientais que estão relacionados com sua utilização, a exemplo da contaminação das águas e do solo com nitratos (CAMPOS et al., 2003).

Reis (2007) destaca o uso da fixação biológica de nitrogênio atmosférico (FBN) realizado por bactérias diazotróficas como uma das alternativas em busca do melhor aproveitamento deste nutriente, devido à possibilidade de redução da aplicação. Segundo Dobbelaere et al. (2003) o uso destas bactérias promotoras de crescimento vem demonstrando resultados satisfatórios na melhora no mecanismo da nutrição nitrogenada, tanto por meio da fixação biológica, como na produção de fitohormônios sobre o sistema radicular, promovendo melhor absorção de minerais e água.

A espécie *Azospirillum brasilense* se destaca por apresentar maior variedade de estudos, uma vez que está bactéria apresenta resultados satisfatórios quando associados a plantas da família poáceae, estudos mostram que o uso desta bactéria associada a pequenas doses de nitrogênio tem demonstrado alta eficácia tanto em relação a aspectos morfológicos quanto em produtividade, com resultados semelhantes a tratamentos com altas doses deste nutriente (VOGEL et al., 2013). Kuss (2006) relata que o uso desta bactéria auxilia em um aumento na produção de 12% a 14% quando comparado à ausência desta bactéria.

Entretanto, apesar de haver estudos e contribuições do uso desta espécie sobre os benefícios para culturas produtoras de grãos agrícolas (milho, trigo, arroz, sorgo), há necessidade de explicar os benefícios desta bactéria de forma específica para forrageiras. Deste modo, a presente revisão tem como objetivo abordar trabalhos científicos relacionados aos efeitos do uso da inoculação com *Azospirillum brasilense* em diferentes espécies forrageiras.

CARACTERÍSTICAS DO GÊNERO *Azospirillum*

O gênero *Azospirillum* apresenta grande distribuição ecológica, podendo ser encontrado em raízes de plantas de clima tropical e temperado, neste grupo são encontradas espécies como *Azospirillum brasilense*, *A. lipoferum*, *A. amazonense*, *A. irakense*, *A. halopraeferans*, *A. largimobile* e *A. dobereinera* (PATRIQUIN et al., 1983; REIS JÚNIOR et al., 2002).

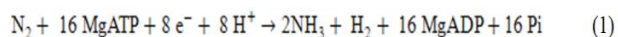
As bactérias *Azospirillum* spp. são gram-negativas de vida livre, com metabolismo de carbono e nitrogênio bastante versáteis, apresentando alta competitividade durante os estágios de colonização, utilizam para seu metabolismo fontes de nitrogênio como amônia, nitrato, nitrito, nitrogênio molecular e aminoácidos e sua temperatura ótima de desenvolvimento varia entre 28 e 41°C (ECKERT et al., 2001; QUADROS, 2009; TRENTINI, 2010).

Dentre as bactérias fixadoras de nitrogênio presentes na rizosfera das gramíneas, o gênero *Azospirillum*, em especial a espécie *Azospirillum brasilense*, constitui uma gama de estudos devido a sua ampla distribuição nos solos tropicais e subtropicais, tais estudos vem demonstrando que o uso desta bactéria tem estimulado o crescimento vegetal, aumentando a produtividade e concentrações de nitrogênio em diversas plantas de interesse agropecuário (REIS et al., 2000; HARTMANN e BALDINI, 2006).

Dentre as contribuições do uso da *Azospirillum brasilense* destacam-se o aumento na taxa de acúmulo de matéria seca, aumento na biomassa e altura, aceleração na taxa de germinação e benefícios no sistema radicular, proporcionando consequente aumento na produtividade final (DALLA SANTA et al., 2004; HUNGRIA, 2010; VOGEL et al., 2013).

EFEITOS DE *Azospirillum brasilense* EM PASTAGEM

Apesar de nas últimas décadas os estudos se voltarem ao uso desta espécie de bactéria, estes ocorrem principalmente sobre plantas de interesse agrícola, poucos foram realizados em poáceas forrageiras. A principal contribuição do uso desta bactéria é relacionada à alta capacidade da mesma em fixar N₂ em forma assimilável pela planta, de preferência em amônia. Entretanto, este mecanismo é muito complexo e não completamente elucidado, sendo geralmente explicado conforme descreve a Equação 1 (FRANCHE et al., 2009).



Segundo Reis Júnior et al. (2008) o uso de bactérias promotoras de crescimento além beneficiar no mecanismo de fixação biológica de nitrogênio, auxiliam na produção de hormônios que estimulam o crescimento vegetal, dentre eles auxina, citocinina e giberilina. A *Azospirillum brasilense* especificamente apresenta uma elevada produção de auxinas, sendo este hormônio responsável por modificações morfológicas nas raízes como, comprimento, ramificações e aumento de pêlos radiculares (DOBBELAERE et al., 1999; MIYAUCHI, et al., 2008). De acordo com autores como Dobbelaere et al. (2001) e Bschan et al. (2004) estas modificações implicam em uma série de fatores, dentre eles pode-se citar o aumento na absorção de água e sais minerais e a tolerância a estresses climáticos, o que resulta em plantas saudáveis.

A *Azospirillum brasilense* via FBN em pastagens forneceu um incremento de aproximadamente 40 kg N ha⁻¹ ano⁻¹, em estudos realizados nas espécies *Pennisetum americanum* e *Panicum maximum* (LABANDERA-GONZALES 1994). Franche et al. (2009) observa que a FBN contribui de 7 a 10 kg ha⁻¹ mês⁻¹ durante a época de verão, o que varia conforme o genótipo, sendo que 39% do N necessário poderia ser obtido via fixação biológica.

Avaliando os estudos realizados com o uso de *Azospirillum brasilense* em pastagens forrageiras, pode-se verificar a promoção de vários benefícios. Fallik e Okon (1996) e Itzigsohn et al. (2000) destacam aumentos

significativos no crescimento da panícula e na matéria seca (MS) na associação das bactérias com a forrageira. Okon e Labandera-Gonzales (1994) relatam aumento na MS com uso desta bactéria em poáceas forrageiras, dentre elas a *Penisetum americanum*, *P. purpureum*, *Panicum maximum* e *Digitaria decumbens*. Em estudos buscando o efeito desta bactéria sobre pastagem de *Panicum maximum*, Bouton e Zuberer (1979) relatam que aos 24 dias após a inoculação as plantas apresentaram maior quantidade de massa seca, sendo esta de 4,18 g planta⁻¹, demonstrando este valor ser superior quando comparado aos 3,04 g planta⁻¹ do tratamento controle.

Zaady et al. (1994) avaliando o efeito de *A. brasilense* sobre o aumento na produtividade vegetal de diferentes espécies de pastagens em Israel, encontrou resultados demonstrando que o tratamento somente com inoculação proporcionou aumento significativo nos valores de MS quando comparado aos tratamentos com ausência da bactéria e somente com fertilizante, sendo que no pico de crescimento, cerca de 1350 kg de MS ha⁻¹ foram obtidos em áreas com somente inoculação e com inoculação aliada a fertilizantes, tal valor foi superior à área sem a bactéria e sem adubação que produziu 350 kg de MS ha⁻¹, gerando assim um aumento significativo de 350%. Estes mesmos autores relatam que a taxa de acúmulo de MS nas parcelas inoculadas foi de 15 kg ha⁻¹ dia⁻¹, sendo superior à ausência de inoculação e adubação, o qual obteve valores de 4 kg ha⁻¹ dia⁻¹.

Oliveira et al. (2007) estudando *Brachiaria brizantha* cv. Marandu verificaram o tratamento com somente inoculação apresentou desempenho superior quando comparado à ausência de inoculante e de N, proporcionando aumento prolongado no pastoreio e elevando o perfilhamento nos estágios iniciais da forrageira, sem necessidade de recorrer a altas taxas de fertilizantes.

Com o uso de diferentes doses de *A. brasilense* em pastagens de Tifton 85 sob diferentes épocas de corte, sendo estas: 20, 40 e 60 dias, Ficagna e Gai (2012) relatam que a mesma não apresentou diferença significativa para as variáveis massa seca e proteína bruta quando comparado ao tratamento com fertilizante químico, neste caso, o uso da bactéria pode ser uma alternativa na substituição do fertilizante nitrogenado em busca de redução dos custos.

Segundo Brasil et al. (2005) plantas de capim Braquiária quando inoculadas com esta bactéria, apresentaram produção de massa seca, principalmente do sistema radicular, superior aos tratamentos sem inoculação durante as coletas de 60 e 90 dias. Magalhães et al. (2011b) relata benefícios similares em pastagens *Brachiaria brizantha*, onde esta apresentou maior produção de massa seca raiz se comparada a plantas com a ausência da bactéria, este aumento pode estar relacionado à produção de fitormônios pelas bactérias inoculadas, auxiliando o crescimento da raiz, consequentemente beneficiando o aumento na absorção de água e sais minerais (STEENHOUDT e VANDERLEYDEN, 2000).

Avaliando o desempenho sobre o número de folhas e perfilhos de plantas inoculadas com *Azospirillum*, são observados uma série de benefícios em

diversos trabalhos, dentre estes se destaca o realizado por Guimarães et al. (2011b) o qual verificaram um aumento de aproximadamente 8% no número de folhas e de 7% no número de perfilhos dos tratamentos inoculados em relação à ausência da bactéria em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. Oliveira et al. (2007) apresenta resultados semelhantes com a mesma forrageira, mostrando que o tratamento ausência de N com presença da bactéria demonstra desempenho superior quando comparado a testemunha com ausência de N e de inoculação. Segundo Guimarães et al. (2011a) o uso de *Azospirillum* demonstra um aumento de 10% sobre os valores de número de folhas em pastagem de *Brachiaria decumbens* quando em comparação à ausência do inoculante.

Apesar de haver influência da bactéria sobre as características da planta, Guimarães et al. (2011a e 2011b) em seus trabalhos verificam que as plantas inoculadas não apresentaram desempenho superior para as variáveis número de folhas e teores de N foliar quando comparados aos tratamentos onde somente receberam fertilizante nitrogenado na dose 200 mg N dm⁻³.

Boddey e Döbereiner (1988) relatam que a ocorrência de alta disponibilidade de N no solo ocasiona baixa contribuição ou desempenho da FBN em poáceas. Dartora et al. (2013) verificam que plantas de milho inoculadas com *Azospirillum brasilense* responderam a sua máxima produção em massa seca da parte aérea até a dose 118 kg ha⁻¹ de N em cobertura, sendo que, em doses superiores ocorrem decréscimos na produção de massa seca. Entretanto, há necessidade de mais estudos para analisar a que ponto o nitrogênio pode influenciar negativamente a *Azospirillum*.

Analisando a influência de *Azospirillum brasilense* em relação à área foliar, Freitas et al. (2011) relata que o uso do inoculante não proporcionou aumento significativo, sendo que a área foliar foi influenciada apenas pelas doses de nitrogênio, isto é, quanto maior a dose maior o índice de área foliar apresentado. Outros estudos têm demonstrado resultados semelhantes, tanto na cultura do milho (DARTORA et al., 2013) como para algumas variedades de café (PIMENTEL et al., 2008). Entretanto, ocorre a necessidade de mais estudos no que se refere a está variável em espécies forrageiras.

Em trabalho realizado por Magalhães et al. (2011b) apesar de não ser verificada influência sobre a área foliar, o uso da bactéria diazotrófica promoveu aumentos significativos na altura das pastagens quando comparado a plantas com a ausência da bactéria, sendo que, houve desempenho similar ou superior em comparação a plantas com somente adubação nitrogenada, demonstrando que a inoculação se destaca como uma alternativa promissora na substituição parcial ou total da adubação nitrogenada.

Quanto aos efeitos da inoculação sobre os níveis de N nas folhas, há relatos de aumentos em torno de 10% em plantas de *Brachiaria decumbens* quando comparados à forrageira sem a presença do inoculante, o que gerou uma aproximação de 82% com os tratamentos com a dose ideal de fertilizante nitrogenado (GUIMARÃES et al., 2011a). Plantas de *Panicum maximum* quando inoculadas

com *Azospirillum brasilense*, apresentaram aproximadamente 30,10 mg N total planta⁻¹, sendo estes valores superiores quando comparados aos 22,5 mg N total planta⁻¹ da testemunha (BOUTON e ZUBERER, 1979).

CONCLUSÕES

Verifica-se que o uso de *Azospirillum brasilense* associado à produção de forrageiras apresenta resultados promissores, promovendo uma contribuição significativa sobre a variável massa seca, número de panículas, teores de nitrogênio e altura da planta, podendo a inoculação ser uma alternativa viável em substituição a parte da adubação nitrogenada. Entretanto, são necessários mais estudos sobre os mecanismos e efeitos da inoculação sobre todas estas variáveis, em especial no que se refere à área foliar e proteína bruta a fim de que possam ser realizadas recomendações a respeito de sua utilização aliada a adubação nitrogenada visando diminuição de aporte externo deste nutriente e garantindo maior sustentabilidade na produção forrageira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F. A. de.; NETO, A. E. F.; PAULA, M. B. de.; MESQUITA, H. A. de.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, pp. 277-288, 2000.
- ALVARENGA, M.I.N.; DAVIDE, A.C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agrossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.933-942, 1999.
- BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi-intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8. Brasília, DF, 1996. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA / CPAC, pp.130-136, 1996.
- BASHAN, Y.; HOLGUIN, G.; DE-BASHAN, L. E. Azospirillum-plant relations physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). **Canadian Journal of Microbiology**, v.50, n. 8, p.521-577, 2004.
- BRASIL, M. da S.; BALDANI, V. L. D.; MANHÃES SOUTO, S. Efeitos da inoculação de bactérias diazotróficas em gramíneas forrageiras do Pantanal. **Pasturas Tropicais**, v. 27, n. 3, pp. 22-33, 2005.
- BODDEY, R. M.; DÖBEREINER, J. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals: Recent results and perspectives for future research. **Plant and Soil**, v.108, n.1, pp. 53-65, 1988.
- BOUTON, J.H.; ZUBERER, D.A. Response of *Panicum maximum* Jacq. to inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Plant and Soil**, v.52, n. 1, pp. 585-590, 1979.

- DALLA SANTA, O. R.; HERNÁNDEZ, R. F.; ALVAREZ, G. L. M.; JUNIOR, P. R.; SCCOL, C. R. *Azospirillum* sp. inoculation in wheat, barley and oats seeds greenhouse experiments. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba, v.47, n.6, pp.843-850, 2004.
- DARTORA, J.; GUIMARAES, V. F.; MARINI, D.; SANDER, G. Adubação nitrogenada associada à inoculação com *Azospirillum brasilense* e *Herbaspirillum seropedicae* na cultura do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, pp. 1023-1029, 2013.
- DOBBELAERE, S.; CROONENBORGH, A.; THYS, A.; BROEK, A.V.; VANDERLEYDEN, J. Phytostimulatory effect of *Azospirillum brasilense* wild type and mutant strains altered in IAA production on wheat. **Plant Soil**, v. 212, n. 1, pp. 155-164, 1999.
- DOBBELAERE, S.; C, A.; THYS, A.; PTACEK, D.; VANDERLEYDEN, J.; D, P.; LABANDERA-GONZALEZ, C.; CABALLE ROMELLADO, J.; AGUIRRE, J. F.; KAPULNIK, Y.; BRENER, S.; BURDMAN, S.; KADOURI, D.; SARIG, S.; OKON, Y. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.28, n.9, p.871- 879, 2001.
- DOBBELAERE, S.; VANDERLEYDEN, J.; OKON, Y. Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 22, n. 2, p. 107-149, 2003.
- ECKERT, B.; WEBER, O.B.; KIRCHHOF, G.; HALBRITTER, A.; STOFFELS, M.; HARTMANN, A. *Azospirillum doebereineriae* sp. nov., a nitrogen-fixing bacterium associated with the C4-grass *Miscanthus*. **Int J Syst Evol Microbiol**. v. 51, p.17-26, 2001.
- FALLIK, J. e OKON, Y. Inoculants of *Azospirillum brasilense*: biomass production, survival and growth promotion of *Setaria italica* and *Zea Mays*. **Soil. Biol. Biochem**. v. 28, n., pp. 123-126, 1996.
- FICAGNA, T.; GAI, T. Adubação nitrogenada e inoculante de gramínea em tifton 85. **Cultivando o Saber**, v.5, n.2, p.113-119, 2012.
- FRANCHE, C.; LINDSTROM, K.; ELMERICH, C. Nitrogen-fixing bacteria associated with leguminous and non-leguminous plants. **Plant and soil**, v. 321, n. 1-2, p. 35-59, 2009.
- FREITAS, A. M. ; GARCEZ, T. B. ; MONTEIRO, F.A. . Nitrogênio e Masterfix gramíneas para a área foliar do capim-marandu. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 19, Piracicaba, SP, 2011.
- Anais...** Piracicaba: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, p.1.
- GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; KROTH, B. E.; MOREIRA, J. C. F.; REZENDE, D. Crescimento e desenvolvimento inicial de *Brachiaria decumbens* inoculada com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n. 13, pp.286-296, 2011a.
- GUIMARÃES, S. L.; BONFIM-SILVA, E. M.; POLIZEL, A. C.; CAMPOS, D. T. da S. Produção de Capim-Marandu inoculado com *Azospirillum* spp. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, pp.816-826, 2011b.
- HARTMANN, A.; BALDAM, J.I. The genus *Azospirillum*. In: DWORKIN, M. et al. (eds.) *The Prokaryotes*. New York: Springer, 2006. p.115-140.
- HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; SOUZA, E. M.; PEDROSA, F. O. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A. lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. **Plant and Soil**. v.331, n.1, pp.413-425, 2010.
- ITZIGSOHN, R.; BURDMAN, S.; OKON, Y.; ZAADY, E.; YONATAN, R.; E PEREVOLOTSKY, A. 2000. Plant-growth promotion in natural pastures by inoculation with *Azospirillum brasilense* under suboptimal growth conditions. **Arid Soil Research and Rehabilitation**, v. 14, n. 2, pp. 151-158, 2000.
- KICHEL, A.N., KICHEL, A.G. **Requisitos básicos para boa formação e persistência de pastagens**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2001. (Embrapa Gado de Corte. Gado de Corte Divulga 52.).
- KUSS, A. V. **Fixação de nitrogênio por bactérias diazotróficas em cultivares de arroz irrigado**. 2006. 109f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2006.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Recuperação de áreas degradadas**. Disponível em:< <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/recuperacao-areas-degradadas>>. Acesso em 27 de fevereiro de 2014.
- MIYAUCHI, M. Y. H.; LIMA, D. S.; NOGUEIRA, M. A.; LOVATO, G. M.; MURATE, L. S.; CRUZ, M. F.; FERREIRA, J. M.; ZANGARO, W.; ANDRADE, G. Interactions between diazotrophic bacteria and mycorrhizal fungus in maize genotypes. **Scientia Agrícola**, v.65, n.5, p.525-531, 2008.
- OLIVEIRA, P. P. A.; OLIVEIRA, W. S.; BARIONI, W. J.; **Produção de forragem e qualidade de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu com *Azospirillum brasilense* e fertilizada com nitrogênio**. São Carlos: Embrapa pecuária sudeste, 2007, 4p. (Circular Técnico, 54).

- OKON, Y.; LABANDERA-GONZALEZ, C. A. Agronomic applications of *Azospirillum*: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. **Soil Biol. Biochem.**, v.12, n.26, pp.1591-1601, 1994.
- PATRIQUIN, D. G.; DÖBEREINER, J., JAIN, D. K. Sites and processes of association between diazotrophs and grasses. **Canadian Journal of Microbiology**, v. 29, n. 8, p. 900-915. 1983.
- PEREIRA, D. N. et al. Diagnóstico e recuperação de áreas de pastagens degradadas. **Revista Agrogeoambiental**, v. Ed. Especial, n. 1, p. 49-53, 2013.
- PIMENTEL, M. S.; RICCI, M. dos S. F.; COSTA, J. R.; SANTOS, S.; SILVA, F. da. Desenvolvimento e nutrição de mudas de cafeeiro inoculadas com bactérias promotoras de crescimento. **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v.14, n.2, p.221-230, 2008.
- QUADROS, P.D. **Inoculação de *Azospirillum* spp. em sementes de genótipos de milho cultivados no Rio Grande do Sul**. 2009. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2009.
- REIS, V. M. **Uso de bactérias fixadoras de nitrogênio como inoculante para aplicação em gramíneas**. Seropédica, RJ: Embrapa Agrobiologia, 2007. 22p. (Documentos, 232).
- REIS JÚNIOR, F. B. dos; TEIXEIRA, K. R. dos S.; REIS, V. M. **Fixação Biológica de nitrogênio associada a pastagens de braquiária e outras gramíneas forrageiras**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. 27 p. (Documentos, 52).
- REIS JÚNIOR, F. B.; MACHADO, C. T. T.; MACHADO, A. T.; SODEK, L. Inoculação de *Azospirillum amazonense* em dois genótipos de milho sob diferentes regimes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 32, n. 3, p. 1139-1146, 2008.
- REIS, V.M; BALDINI, J.I; BALDINI, V.L.D; DOBEREINER, J. Biological dinitrogen fixation in gramineae and palm Trees. **CRC Critical Review in Plant Science**, v.19, p.227-247, 2000.
- RODRIGUES, R. C. **Cálcario, Nitrogênio e Enxofre Para a Recuperação do Capim-Braquiária Cultivado em um Solo Proveniente de uma Pastagem Degradada**. Piracicaba, 2002, 141 p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- STEENHOUDT, O.; VANDERLEYDEN, J. *Azospirillum*, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects. **Microbiology Reviews**, v. 24, n. 4, p.487 - 506, 2000.
- SOARES FILHO, C. V.; MONTEIRO, F. A.; CORSI, M. Recuperação de pastagem degradada de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, v. 14, n.2, pp.1-6, 1992.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.
- TRENTINI, D.B. **Identificação dos alvos celulares das proteínas de transdução de sinal PII do diazotrófico de vida livre *Azospirillum amazonense***. 2010. 122p. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.
- VOGEL; G. F.; MARTINKOSKI, L.; MARTINS, P. J.; BICHEL, A. Desempenho agrônomo de *azospirillum* brasileiro na cultura do arroz: uma revisão. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**, v.6, n.3, p. 567-578, 2013.
- ZAADY, E.; OKON, Y.; PEREVOLOTSKY, A. Growth response of Mediterranean herbaceous swards to inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Journal of Range Management**, v. 47, n.1, pp. 12-15, 1994.