

Scientific Electronic Archives

Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 14 (9)

September 2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.36560/14920211456>

Article link: <https://sea.ufr.edu.br/SEA/article/view/1456>



Importância de bactérias fixadoras de nitrogênio no cultivo do feijão-caupi *vigna unguiculata* L. (walp)

The importance of nitrogen fixing bacteria in the cultivation of cowpea bean *vigna unguiculata* L. (walp)

Corresponding author

Jardel da Silva Souza

Universidade Estadual Paulista

jardel.souza@unesp.br

Adriana Ferreira Martins

Universidade Federal da Paraíba, Campus Areia

Laura Monteiro Pedrosa

Universidade Federal da Paraíba, Campus Areia

Resumo. O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp. é uma leguminosa de origem africana e disseminada no Brasil através da colonização. É uma das principais culturas de subsistência das regiões Norte e Nordeste do país. A cultura possui uma área cultivada no país de aproximadamente 1 milhão de hectares, produzindo na safra 2018/19 cerca de 643 mil toneladas. A produtividade do feijão-caupi é fortemente influenciada por fatores abióticos, sendo a fixação biológica do nitrogênio uma das alternativas para melhorar a produção. Além de ser de baixo custo é também uma técnica de baixo impacto ambiental, contribui para a proteção e conservação dos solos. Contudo, para ter eficiência da simbiose entre as bactérias fixadoras de nitrogênio e a planta, é necessária uma seleção eficaz de estirpes adaptadas. Além de que a cultura esteja bem nutrida, saudável e em condições edafoclimáticas favoráveis. Assim, o processo de nodulação e fixação do nitrogênio ocorrerá de forma satisfatória. Além disso, fatores como salinidade, acidez, toxidade ao alumínio e teores de nitrogênio mineral, limitam as etapas do processo de simbiose. Com base no apresentado, o feijão-caupi possui uma grande importância para agricultura brasileira. Há necessidade de tecnologias que possam contribuir com redução de custos e aumento da produção. E as bactérias rizóbios são fundamentais neste processo. Para isso é necessário ter condições ambientais favoráveis e estirpes selecionadas adaptadas a diferentes realidades ambientais brasileiras.

Palavras-chaves. Feijão-caupi, rizóbios, FBN.

Abstract. The cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. is a legume of African origin and propagated in Brazil during the colonization period. It is one of the main subsistence crops in the North and Northeast regions of the country. The estimated cultivated area reaches approximately 1 million hectares, and in 2018/19, 643 thousand tons were harvested. Abiotic factors strongly influence the productivity of cowpea, and biological nitrogen fixation is one alternative to improve production. In addition to the low cost, it also has a low environmental impact, contributing to the protection and conservation of soils. However, to be effective, the symbiosis between nitrogen-fixing bacteria and the plant, an adequate selection of adapted strains is necessary. In addition, the crop must be under adequate fertilization, healthy, and in favorable edaphoclimatic conditions to nodulation and nitrogen fixation occur satisfactorily. Factors such as salinity, acidity, aluminum toxicity, and mineral nitrogen levels may limit the symbiosis process. The cowpea has great importance in Brazilian agriculture, and tools that can reduce costs and increase productivity in this crop are necessary. Rhizobial bacteria are fundamental to achieve this goal. However, favorable environmental conditions and selected strains adapted to different Brazilian environmental conditions are necessary.

Keywords: Cowpea, rhizobia, BNF.

Contextualização e análise

O feijão-caupi *Vigna unguiculata* (L.) Walp., popularmente conhecido como de corda ou feijão-macassar, é uma planta leguminosa presente em lavouras da agricultura familiar nordestina. É originária do continente Africano, na colonização portuguesa no XVI foi trazida e introduzida primeiramente no estado da Bahia (Freire Filho, 1988). A partir da Bahia, a cultura foi disseminada por todo o país, e em 2007 o Brasil começou a exportar seus grãos (Freire Filho et al., 2011).

O feijão-caupi integra uma das principais culturas de subsistência das regiões Norte e Nordeste do Brasil (Bezerra et al, 2010). Possui uma área cultivada no país de aproximadamente 1 milhão de hectares, destes cerca de 90% estão situados nas regiões norte e nordeste (Bezerra, et al, 2010). Assim, é uma cultura de extrema importância alimentar para estas populações, um dos principais componentes na dieta alimentar, além de também ser uma geradora de emprego e renda (Lima et al., 2007).

A produção mundial de feijão-caupi em 2014 foi aproximadamente 5,6 milhões de toneladas, produzidas em 12,5 milhões de hectares, conforme registros da FAO (2015). No Brasil, a safra de 2018/19 foi de 643 mil toneladas (Embrapa, 2019). Segundo Freire Filho et al. (2011), periodicamente são realizadas estimativas para sua produção por meio de informações de empresas de assistência, extensionistas, pesquisadores, produtores de grãos, produtores de sementes e comerciantes.

Entretanto, a Embrapa Arroz e Feijão tem obtido estimativas, não oficiais, sobre a produção anual de feijão-caupi no Brasil e nos estados produtores. De acordo com estas estimativas, a produção em 2014 foi de 482.665 mil toneladas colhidas em 1.202.491 hectares (Tabela 1) (Embrapa, 2015). Importante ressaltar que em 2011 o Brasil produziu cerca de 800 mil toneladas colhidas em 1,7 milhões de hectares, esse recorde ocorreu devido às boas condições pluviométricas, especialmente no Nordeste do Brasil (SILVA et al., 2016).

Tabela 1. Área, produção e produtividade de feijão-caupi por estado brasileiro. Fonte de dados: Embrapa, 2015.

| Estado | Área (ha) | Produção (ton) | Produtividade (Kg/ha) |
|--------|-----------|----------------|-----------------------|
| MT | 116.000 | 127.000 | 1.095 |
| CE | 398.002 | 107.291 | 270 |
| PI | 214.224 | 55.278 | 258 |
| PE | 180.338 | 52.406 | 291 |
| MA | 98.152 | 50.314 | 513 |
| PA | 39.169 | 26.442 | 675 |
| BA | 46.200 | 20.890 | 452 |
| PB | 64.551 | 17.604 | 273 |
| RN | 25.420 | 10.407 | 409 |
| AM | 5.295 | 5.364 | 1050 |
| AL | 8.960 | 5.364 | 599 |
| RR | 3.000 | 2.001 | 667 |
| AP | 1.180 | 1.108 | 939 |
| SE | 2.000 | 1.000 | 500 |
| Total | 1.202.491 | 482.665 | 401 |

A baixa fertilidade natural e também dos teores de matéria orgânica dos solos, são alguns dos fatores responsáveis pela produtividade. (Gianluppi, 1997). Além da deficiência hídrica que é uma situação comum e que afeta a produção agrícola, influenciando todos os aspectos relacionados ao desenvolvimento vegetal (Damatta, 2007). Segundo Santos & Carlesso (1998) a deficiência hídrica é um dos fatores mais limitantes na produção agrícola mundial.

Deste modo, a fixação biológica é uma das formas de tentar elevar a produtividade da cultura que possa produzir-se com baixo custo e elevada

renda para o produtor rural. A fixação biológica de nitrogênio é uma tecnologia eficiente e a inoculação de estirpes eficientes de bactérias do grupo rizóbios tem sido muito explorada (Zilli et al., 2009). Segundo Martins et al., (2003) relatam que trabalhos desenvolvidos, especialmente no semiárido nordestino, têm sido promissores, demonstrado a obtenção de rendimentos de grãos significativos com a utilização de inoculantes com estirpes eficientes. Além das vantagens econômicas, também possui vantagens ecológicas, pois é de baixíssimo impacto ambiental, dispensando a utilização de adubos nitrogenados.

Simbiose entre bactérias e leguminosas

O nitrogênio é um macronutriente encontrado em muitos compostos orgânicos, tais como os aminoácidos e os ácidos nucleicos. Desta forma, as plantas necessitam do nitrogênio em maior quantidade, a indisponibilidade deste limita a produtividade das plantas em ecossistemas naturais e agrícolas (Epstein & Bloom, 2006). A sua deficiência ocasiona vários níveis de clorose, além do enfraquecimento, comprometendo o crescimento e conseqüentemente a produção (Melo, 2013).

Por se tratar de um elemento que apresenta mobilidade nas plantas, os primeiros sintomas surgem nas folhas mais velhas e passam para as folhas jovens, tornando-se uma clorose generalizada (Melo, 2013). Alguns trabalhos têm demonstrado que há efeitos positivos do processo de FBN em feijão-caupi (Xavier et al., 2007); (Xavier et al., 2008).

O nitrogênio atmosférico é convertido em amônia por bactérias fixadoras de nitrogênio, através de processos metabólicos deixando o nutriente na forma disponível para as plantas absorverem e assimilarem (Silva et al., 2006). Contudo, para que a fixação biológica de nitrogênio seja efetiva é necessário que ocorra a nodulação nas plantas. O processo de nodulação ocorre durante a associação simbiótica, controlado pela troca de sinais entre os rizóbios e a planta hospedeira (Hirsch et al., 2003).

Devido à diversidade de compostos e metabólitos secundários que compõem os exsudatos radiculares, plantas podem enviar um número bem diverso de sinais (Tonon, 2008). Estes sinais são específicos entre o hospedeiro e o simbiote, diferindo entre Fabaceae, esta especificidade possibilita que os rizóbios simbiotes identifiquem os seus próprios hospedeiros (Bais et al., 2004).

Entretanto, além do reconhecimento entre o simbiote e o hospedeiro por meio de trocas de sinais bioquímicos, para se estabelecer a simbiose também se leva em consideração fatores abióticos (Lieven-Antoniou & Whittan, 1997). Como as condições do solo que são muito importantes e exercem influência sobre hospedeiro-simbiote. Fatores como acidez do solo, salinidade, deficiências ou excesso de minerais, estresse hídrico, variações de temperatura, nitrogênio inorgânico no solo, podem afetar a interação leguminosa x rizóbio, que levará a interferência do fluxo de nitrogênio (Moreira & Siqueira, 2006). Além destes fatores, pode ocorrer de rizóbios nativos ineficientes na fixação biológica de nitrogênio, ocupar os sítios de infecção na planta hospedeira, deixando o rizóbio eficiente sem formar nódulo (Moreira & Siqueira, 2005).

A capacidade diazotrófica, capacidade de transformar o nitrogênio indisponível em disponível para as plantas, está restrita a Bactérias e Archaea, incluindo cianobactérias e bactérias Gram positivas/negativas (Moreira & Siqueira, 2006).

Estes microrganismos são seres aeróbicos não esporulantes, que pertencem ao filo alpha Proteobacteria, geralmente classificados como rizóbio, distribuídos em seis gêneros (*Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Sinorhizobium/Ensifer*, *Allorhizobium* e *Azorhizobium*) (Zakhia & Laujudie, 2001); (Willems, 2007).

O melhor exemplo da utilização desta tecnologia no Brasil é a cultura da soja, a adubação mineral nitrogenada é substituída por inoculantes do gênero *Bradyrhizobium* (Medeiros et al., 2007). A utilização de inoculantes representa uma economia de cerca de US\$ 3 bilhões para o país em fertilizantes nitrogenados (Mercante, 2007 apud Medeiros et al., 2007). Desta forma, a identificação de rizóbio com elevada capacidade de fixação biológica de nitrogênio é importante para a agricultura do país.

Seleção de estirpes nitrificantes para leguminosas

O processo de nodulação e a FBN são influenciadas por fatores edafoclimáticos que podem trazer benefícios ou prejuízos ao processo (Silva et al., 2010). No processo de simbiose, o nódulo representa um abrigo para a bactéria (Hungria et al., 1997). Entretanto, quando rizóbio se torna parte do sistema simbiótico, é afetado por qualquer fator que influencie no vigor da planta, como: deficiências nutricionais, condições ambientais sub-ótimas, entre outros que podem interferir no processo de nodulação e fixação do nitrogênio (Martins, 2003).

A seleção de rizóbios deve ser objetiva quanto a identificação de estirpes que sejam eficientes, adaptadas e competitivas frente à população nativa (Stroschein, 2011). A busca de melhores estirpes deve começar por ampla avaliação do material genético existente já adaptado de preferência às condições ambientais locais (Stroschein, 2011). Também, pode-se trazer estirpes eficientes de outros locais, que apresentem condições ambientais diferentes para testar.

Fatores que influenciam na simbiose

Neste contexto, certas características mais específicas, como: tolerância à baixa ou alta temperatura, baixa umidade, salinidade, acidez e toxicidade ao alumínio e teores de nitrogênio mineral, podem ser selecionadas para obtenção de mutantes ou variantes espontâneas ou adaptação dirigida (Vargas & Hungria, 1997). Segundo Pelegrin et al. (2009) os fatores relacionados a acidez do solo, acidez, concentrações de alumínio tóxico, limitam todas as etapas do processo de infecção das raízes, na formação de nódulos e também na assimilação do N pela planta. No meio ácido ocorre uma diminuição da síntese de proteínas pelas bactérias, conseqüentemente pode afetar o seu crescimento (Hara & Oliveira, 2007).

A salinidade prejudica diretamente os processos fisiológicos e bioquímicos das plantas (Prisco & Gomes Filho, 2010). Não é só as plantas,

mas os rizóbios também são sensíveis à salinidade (Nogales et al., 2002) ;(Freitas et al., 2007). São sensíveis da fase de vida livre até o processo simbiótico (Dominguéz-Ferreras et al., 2009).

A salinidade do solo pode limitar os processos simbióticos, afetar a sobrevivência, proliferação de rizóbios no solo e na rizosfera, inibir processo de infecção, afetar a função do nódulo nas raízes ou reduzir o crescimento das plantas (Singleton et al., 1982); (Singh et al., 2008). A quantidade de sais em excesso pode ter um efeito negativo sobre as populações de rizóbios, toxicidade direta, através de estresse tanto osmótico quanto iônico (Nogales et al., 2002) ;(Mahmood et al., 2008). A salinidade induz efeitos depressivos sobre a nodulação, leghemoglobina e nitrogenase (Manchanda & Garg, 2008).

Assim, o monitoramento de alterações fisiológicas no feijão-caupi pode ser uma das ferramentas adequadas para o diagnóstico de situações de estresse que a planta esteja sofrendo. Prazeres et al (2015) em experimento com salinidade em feijão-caupi, relataram que os efeitos da salinidade influenciaram o crescimento das plantas trocas gasosas, reduzindo a taxa fotossintética das plantas. O maior nível salino ocasionou a redução da condutância estomática nas plantas superior a menor dose de potássio, a taxa de respiração também seguiu a tendência de redução da condutância estomática (Prazeres et al., 2015)

Conclusão

Com base no apresentado, o feijão-caupi possui uma grande importância para agricultura brasileira, principalmente para a região norte e nordeste. Há necessidade de tecnologias que possam contribuir com redução de custos e aumento da produção são. E as bactérias rizóbios são fundamentais neste processo. Para isso é necessário ter condições ambientais favoráveis e estirpes selecionadas adaptadas a diferentes realidades ambientais brasileiras.

Agradecimentos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa que viabilizou a execução desse trabalho e a Universidade Federal da Paraíba.

Referências

BAIS, H.P.; PARK, S.; WEIR, T. L.; CALLAWAY, R.M. E VIVANCO, J.M. How plants communicate using the underground information superhighway. Trends in Plant Science. vol.9, n.1, p.26-32, 2004.

BEZERRA, A.K.P.; LACERDA, C.F.; HERNANDEZ, F.F.F; SILVA, F.B.; GHEYSI, H.G. Rotação cultural feijão-caupi/milho utilizando-se águas de salinidades diferentes. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.5, p.1075-1082, 2010.

DAMATTA, F. M. Ecophysiology of tropical tree crops: an introduction. Brazilian Journal of Plant Physiology, v. 19, n. 4, p. 239-244, 2007.

DOMINGUÉZ-FERRERAS, A.; MUÑOZ, S.; OLIVARES, J.; SOTO, M.J.; SANJUÁN, J. Role of potassium uptake systems in *Sinorhizobium meliloti* osmoadaptation and symbiotic performance. Journal of Bacteriology, v.191, n.7, p.2133-2143, 2009.

EMBRAPA. Dados conjunturais da produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) e caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) no Brasil (1985 a 2014): área, produção e rendimento. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2015. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/socioeconomia/docs/feijao/dadosConjunturais_feijao_santacatarina.htm Acesso em: 29 de abril de 2021.

EMBRAPA. Pulses desenvolvidas na Embrapa MeioNorte. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/documentos/camaras-setoriais/feijao/2019/42a-ro/app_42ro_feijao_pesquisa.pdf Acesso em: 21 de abril de 2021.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 353p. 2013.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina - PR: Editora Planta, 2006.

FAO, 2015. PRODUÇÃO MUNDIAL DE FEIJÃO-CAUPI. Disponível em: (<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>). Acesso em: 07 de jan. 2018.

FREIRE FILHO, F. R. Origem, evolução e domesticação do caupi. In: ARAÚJO, J. P. P. de; WATT, E. E. (Org.). O caupi no Brasil. Brasília, DF: Embrapa, 1988. p. 26-46.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V.Q.; ROCHA, M.M.; SILVA, K.J.D.; NOGUEIRA, M.S.R.; RODRIGUES, E.V. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, C.L.; SANTOS, C.E.R.S.; STAMFORD, N.P.; LYRA, M.C.C.P. Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino do estado de Pernambuco, Brasil. Bragantia. V. 66, n.3, p. 497-504, 2007.

GIANLUPPI, D. Características pedoclimáticas dos cerrados. Boa Vista: Embrapa Roraima, 1997. 2p. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 04).

HARA, F.A. S.; OLIVEIRA, L.A. Características fisiológicas e ecológicas de isolados de rizóbios oriundos de solos ácidos e álicos de Presidente Figueiredo, Amazonas. Acta Amazônica, v.34, p.343-357, 2007.

HIRSCH, A.M.; BAUER, W.D.; BIRD, D.M.; CULLIMORE, J.; TYLER, B. e YODER, J.I. Molecular signals and receptors: controlling rhizosphere interactions between plants and other organisms. Ecology, v.84, n.4, p.858-868, 2003.

HUNGRIA, Mariangela; STACEY, Gary. Molecular signals exchanged between host plants and rhizobia: basic aspects and potential application in agriculture. Soil Biology & Biochemistry, v.29, p.819-830, 1997.

- LIEVEN-ANTONIOU, C.A. e WHITTAM, T.S. Specificity in the symbiotic association of *Lotus corniculatus* and *Rhizobium loti* from natural populations. *Molecular Ecology*, v.6, p.629-639, 1997.
- LIMA, C. J. G. S.; OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS J. F.; OLIVEIRA M. K. T.; ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; Resposta do Feijão Caupi a Salinidade da Água de Irrigação. *Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável*, RN. v.2, n.2, p. 79–86, 2007.
- MAHMOOD, A.; ATHAR, M.; QADRI, R.; MAHMOOD, N. Effect of NaCl salinity on growth, nodulation and total nitrogen content in *Sesbania sesban*. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, Zagreb, v.73, n.3, p.137-141, 2008.
- MANCHANDA, G.; GARG, N. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Acta Physiologica Plantarum*, Berlin, n.30, p.595-618, 2008.
- MARTINS, L. M.; XAVIER, G.R.; RANGEL, F.W.; RIBEIRO, J.R.A.; NEVES, M.C.P.; MORGADO, L.B.; RUMJANE, N.G. Contribution of biological nitrogen fixation to cowpea: a strategy for improving grain yield in the semi-arid region of Brazil. *Biology and Fertility of Soils*, v.38, n. 6, p.333–339, 2003.
- MEDEIROS, E.V.; SILVA, K.J.P.; MARTINS, C.M.; BORGES, W.L. Tolerância de bactérias fixadoras de nitrogênio provenientes de municípios do Rio Grande do Norte à temperatura e salinidade. *Revista de biologia e ciência da terra*. v.7. n.2, 2007.
- MELO, E.B.S. Parâmetros fisiológicos em genótipos de amendoim inoculados com *Bradyrhizobium*. Dissertação (Mestre em Ciência Agrárias), Universidade Estadual da Paraíba, p. 44. 2013.
- MOREIRA, F. M. M.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 726 p. 2006.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Microbiologia e Bioquímica do Solo. In: MOREIRA, F.M.S. e SIQUEIRA, J.O. Fixação biológica de nitrogênio atmosférico. 2 ed. Lavras. Editora UFLA, p.449-541, 2005.
- NOGALES, J.; CAMPOS, R.; ABDELKHALEK, H.B.; OLIVARES, J.; LLUCH, C.; SANJUAN, J. *Rhizobium tropici* genes involved in free-living salt tolerance are required for the establishment of efficient nitrogen-fixing symbiosis with *Phaseolus vulgaris*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, v.15, n.3, p.225-232, 2002.
- PADULOSI, S.; NG, N. Q. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B. et al. (Ed.). *Advances in cowpea research*. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture; Tsukuba: Japan International Research Center for Agricultural Sciences, 1997. p. 1-12.
- PELEGRIN, R.; MERCANTE, F.M.; OTSUBO, I.M.N.; OTSUBO, A.A. Resposta da cultura do feijoeiro à adubação nitrogenada e à inoculação com rizóbio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.33, p.219-226, 2009.
- PRAZERES, S.S.; LACERDA, C.F.; BARBOSA, F.E.L.; AMORIM, A.V.; ARAÚJO, I.C.S.; CAVALCANTE, F.F. Crescimento e trocas gasosas de plantas de feijão-caupi sob irrigação salina e doses de potássio. *Revista Agro@mbiente On-line*, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2015.
- PRISCO, J.T.; GOMES FILHO, G. Fisiologia e bioquímica do estresse salino em plantas. In: GHEYI, H.R.; DIAS, N. da S.; LACERDA, C.F. de (Eds.). *Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados*. Fortaleza: INCTSal, p.143–159. 2010.
- SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 2, n. 3, p. 287-294, 1998.
- SILVA, E.F.L.; ARAÚJO, A.S.F.; SANTOS, V.B.; NUNES, L.A.P.L.; CARNEIRO, R.F.V. Fixação biológica do n₂ em feijão-caupi sob diferentes doses e fontes de fósforo solúvel. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 3, p. 394-402, 2010.
- SILVA, K.J.D.; ROCHA, M.M.; MENEZES JÚNIOR, J.A. Cultura do Feijão-caupi no Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2016. 10p. (Embrapa Meio-norte. Circular Técnica, 01).
- SILVA, V.N.; SILVA, L.E.S.F.; FIGUEIREDO, M.V.B. Atuação de rizóbios com rizobactéria promotora de crescimento em plantas na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* [L.] Walp.). *Acta Scientiarum Agronomy*, v.28, n. 3, 2006, p. 407-412.
- SINGH, B.; KAUR, R.; SINGH, K. Characterization of *Rhizobium* strain isolated from the roots of *Trigonella foenumgraecum* (fenugreek). *African Journal of Biotechnology*, Nairobi, v.7, n.20, p.3671-3676, 2008.
- SINGLETON, P.W.; SWAIFY, S.A.; BOHLOOL, B.B. Effect of salinity on *Rhizobium* growth and survival. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington, v.44, n.4, p.884-890, 1982.
- STROSCHEIN, M.R.D. Seleção de rizóbios e efeito do nitrogênio na simbiose com alfafa e cornichão. Tese (Doutor em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 140. 2011.
- TONON, B. C. A compatibilidade simbiótica e caracterização de rizóbios de *Lotus* spp., isolados de solos do rio grande do sul. Dissertação (Mestre em Ciência do Solo) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 80. 2008.
- VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. Biologia dos solos do cerrado. Planaltina: EMBRAPACAPAC, 524 p. 1997.
- WILLEMS A. The taxonomy of rhizobia: an overview. In: VELAZQUEZ, E; BARRUECO, C. (Ed.) *First international meeting on microbial phosphate solubilization*. Springer, 2007. p. 314
- XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RIBEIRO, J. R. A.; RUMJANEK, N. G. Especificidade simbiótica entre rizóbios e acessos de feijão-caupi de diferentes nacionalidades. *Caatinga*, v. 19, p. 25-33, 2006.
- XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M.; RUMJANEK, N. G.; NEVES, M. C. P. Tolerância de rizóbio de feijão-caupi à salinidade e à temperatura em condição in vitro. *Caatinga*, v. 20, n. 4, p. 01-09, 2007.
- XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Influência da inoculação e adubação

nitrogenada sobre a nodulação e produtividade de grãos de feijão-caupi. *Ciência Rural*, v. 38, p. 2037-2041, 2008.

XAVIER, T. F.; ARAÚJO, A. S. F.; SANTOS, V. B.; CAMPOS, F. L. Ontogenia da nodulação em duas cultivares de feijão-caupi. *Ciência Rural*, v. 37, p. 572-575, 2007.

ZAKHIA, F.; LAJUDIE, P. Taxonomy of Rhizobia. *Agronomie*, v. 21. n. 6, p. 569-576. 2001.

ZILLI, J. É; MARSON, L. C.; MARSON, B. F; RUMJANEK, N. G; XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. *Revista ACTA Amazônica*. 2009.