



INOCULAÇÃO E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA SOJA CULTIVADA EM ÁREA PÓS PASTAGEM DEGRADADA E PÓS CULTIVO DE SOJA

Carlos Felipe dos Santos Cordeiro e Fábio Rafael Echer

PROBLEMÁTICA

A incorporação de áreas de pastagem degradada e solos arenosos para produção de grãos vem aumentando nos últimos anos em todo o Brasil, sendo a soja a principal cultura implantada nessas áreas. Nesses ambientes a eficiência da fixação biológica de nitrogênio (FBN) é baixa, associado a isso o teor de matéria orgânica normalmente é em torno de 1%, o que pode limitar o fornecimento de nitrogênio à soja e conseqüentemente a produtividade, havendo necessidade do aumento das doses de inoculante e/ou utilização de adubação mineral.

CONHECIMENTO PRÉVIO

Na safra 2019/2020 a área de cultivo de soja no Brasil foi de 36 milhões de hectares, com produção de 120 milhões de toneladas de grãos, 4,7% maior que na safra 2018/2019. O crescimento de área e produção se deve principalmente ao aumento de produtividade, e incorporação de novas áreas de cultivo, principalmente nos estados da Bahia, Maranhão, Tocantins e Piauí (Conab, 2020). Sendo que nesses estados os solos de textura arenosa ocupam cerca de 20% do território (Donagemma et al., 2016), similar ao Oeste Paulista. Estudos da soja nesses ambientes de cultivo ainda são poucos, principalmente sobre FBN e adubação nitrogenada.

Estudos prévios em áreas sem histórico de soja relataram baixa nodulação da soja, mesmo com altas concentrações de inoculante (Hungria et al., 2017; Pavanelli e Araújo 2009). Isso ocorre devido a ausência de estirpes nativas de bactérias no solo que colonizam as raízes da soja. Adicionalmente, em ambientes de solos arenosos, altas temperaturas e restrição hídrica a eficiência das bactérias fixadoras de nitrogênio é menor (Heithot et al., 2007; Hungria e Kaschuk, 2014), podendo ocorrer respostas à altas doses de inoculante e adubação nitrogenada.

Nos EUA há relatos de incremento de produtividade da soja com aplicação de nitrogênio mineral em até 16% (Ray et al., 2006), mas isso depende das condições de solo e clima (Mourtzinis et al., 2018). No Brasil, a maioria dos estudos científicos não reportam aumento da produtividade de grãos com aplicação de nitrogênio mineral (Kaschuk et al., 2016; Saturno et al., 2017). Entretanto esses estudos, como a maioria na literatura até o momento, foram realizados em ambientes edafoclimáticos com melhores condições (solo de textura média e argilosa com alta fertilidade, precipitação regular e com histórico de cultivo de soja), sendo necessários estudos em áreas de solos arenosos, após pastagem degradada e com instabilidade climática.



DESCRIÇÃO DA PESQUISA

Foram conduzidos seis experimentos entre 2015 e 2018 (safras 2015/2016; 2016/2017 e 2017/2018) na Fazenda Experimental da UNOESTE, em Presidente Bernardes-SP, em um Argissolo Vermelho Distroférico de textura arenosa (14% de argila (0-20 cm)). Em cada safra foram conduzidos dois experimentos simultaneamente, um em área ocupada previamente por pastagem degradada com *Urochloa brizantha* cv. Marandu (área pós-pastagem) e outro em área anteriormente cultivada com soja no verão anterior, e na entressafra com cultivo de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, estabelecida com o próprio banco de sementes do solo (área pós-soja). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema de parcelas sub-divididas, com quatro repetições. Nas parcelas foram alocadas as doses de inoculante (0, 4, 8 e 12 doses ha⁻¹), e nas subparcelas as doses de nitrogênio mineral (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹). As unidades experimentais foram de 7,00 × 3,15 m, totalizando 22,05 m².

A semeadura foi em Sistema de Semeadura Direta (SSD) e ocorreu em 21/11/2015, 05/12/2016 e 28/12/2017, nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018, respectivamente. Foi utilizada a cultivar TMG 7062 IPRO (três safras). A calagem foi realizada 60 dias antes da semeadura (doses conforme a necessidade das áreas). A dessecação foi realizada 30 dias antes da semeadura. Na linha de semeadura aplicou-se 20 kg ha⁻¹ de N (todos ensaios), mais fósforo e potássio conforme a necessidade de cada área. A inoculação foi realizada no sulco de semeadura (inoculante líquido), *Bradyrhizobium japonicum* (SEMIA 5079 e SEMIA 5080) a 6 × 10⁹ UFC ml⁻¹ (uma dose era igual a 100 ml). A solução foi aplicada com uma vazão de 50 L ha⁻¹. As aplicações foliares de cobalto (8 g ha⁻¹) e molibdênio (40 g ha⁻¹) foram realizadas no estágio V3 da soja. A adubação nitrogenada de cobertura foi realizada no estágio R1 da soja, manualmente (nitrato de amônio 33% N). Em R4 (15 dias após a adubação nitrogenada) foi coletado raízes de seis plantas por parcela para avaliação da nodulação da soja (número e peso seco de nódulos). No final do ciclo foi determinada a produtividade da soja, com colheita manual das três linhas de cada parcela, desprezando um metro de cada bordadura. A umidade de grãos da soja foi corrigida a 13%.

A análise estatística consistiu na análise de variância e análise de regressão. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a um nível de probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas safras 2016/2017 (630 mm) e 2017/2018 (690 mm) faltou chuva durante o enchimento de grãos da soja (R5), limitando a produtividade de grãos, especialmente na área pós soja, devido o maior crescimento vegetativo e maior demanda hídrica, sendo a produtividade inferior a 2500 kg ha⁻¹ de grãos. A produtividade esteve acima da média nacional (3200 kg ha⁻¹) apenas na safra 2015/2016 na área pós soja, devido a precipitação acima da média (1113 mm) durante o ciclo da soja e ausência de veranicos.

Em área pós pastagem degradada, nos três anos de estudo a produtividade da soja aumentou de forma linear crescente com incremento das doses de inoculante e nitrogênio mineral, sendo que na associação de 50 kg ha⁻¹ de N e 12 doses ha⁻¹ a produtividade de grãos foi 22% (439 kg ha⁻¹) superior ao uso exclusivo da inoculação com 12 doses por hectare (Figura 1 a;c;e).

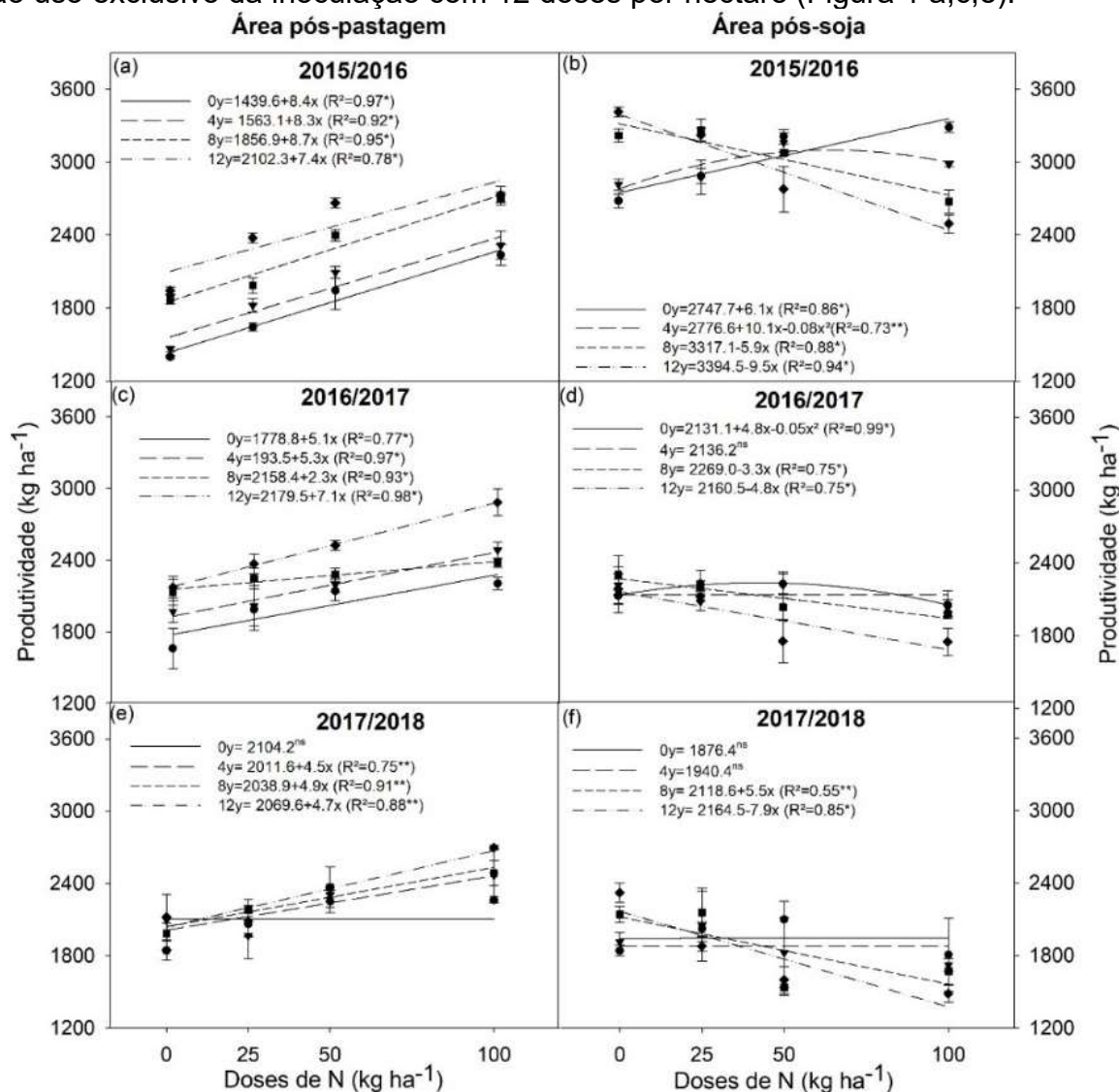


Figura 1. Produtividade de grãos de soja, cultivada em área previamente ocupada por pastagem degradada (área pós-pastagem) e com histórico de soja (área pós-soja), sob diferentes doses de inoculante (0, 4, 8 e 12 doses ha⁻¹) e de nitrogênio mineral (0, 25, 50 e 100 kg ha⁻¹), nas safras 2015/2016, 2016/2017 e 2017/2018. * significativo a 1% e ** significativo a 5%; ns = não significativo.

Nas áreas pós soja, a produtividade máxima foi com apenas a inoculação da soja (12 doses ha⁻¹), que aumentou em 10% (237 kg ha⁻¹) e 15% (336 kg ha⁻¹) a produtividade da soja, comprado a apenas quatro doses e ausência de inoculante, respectivamente. Nessas áreas a resposta da adubação nitrogenada



BOLETIM DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - UNOESTE



ocorreu apenas quando foi associada á quatro doses de inoculante ou na ausência de inoculação. Além disso, a associação de altas doses de inoculante e a aplicação de N mineral reduziu a produtividade da soja (Figura 1 b;d;f).

A resposta positiva a adubação nitrogenada nas áreas pós-pastagem degradada se deve a baixa nodulação da soja nessas áreas, mesmo com altas doses de inoculante (máxima de 14 nódulos por planta com 12 doses ha^{-1} de inoculante) (Figura 2 a;c;e), valor abaixo do adequado, que é de no mínimo 20 nódulos viáveis por planta (Hungria et al., 2017). Na área com histórico de soja o número de nódulos sempre esteve acima de 20 por planta (Figura 2 b;d;f), demonstrando maior eficiência da FBN nesses ambientes devido ás melhores condições de fertilidade do solo, e presença de rizóbios, devido a inoculação da safra anterior.

APLICAÇÃO PRÁTICA

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) tem baixa eficiência quando o cultivo de soja é realizado em área pós-pastagem degradada sem um prévio preparo e correção do solo, sendo recomendado a aplicação de 12 doses ha^{-1} de inoculante no sulco de semeadura associado a 50 kg ha^{-1} de nitrogênio mineral em cobertura para máxima produtividade econômica. Mesmo em área com histórico de soja, mas com condições edafoclimáticas do Oeste Paulista (solos arenosos, altas temperaturas e irregularidade na precipitação), sem faz necessária a aplicação de 12 doses ha^{-1} de inoculante no sulco de semeadura, mas sem necessidade da adubação nitrogenada mineral.

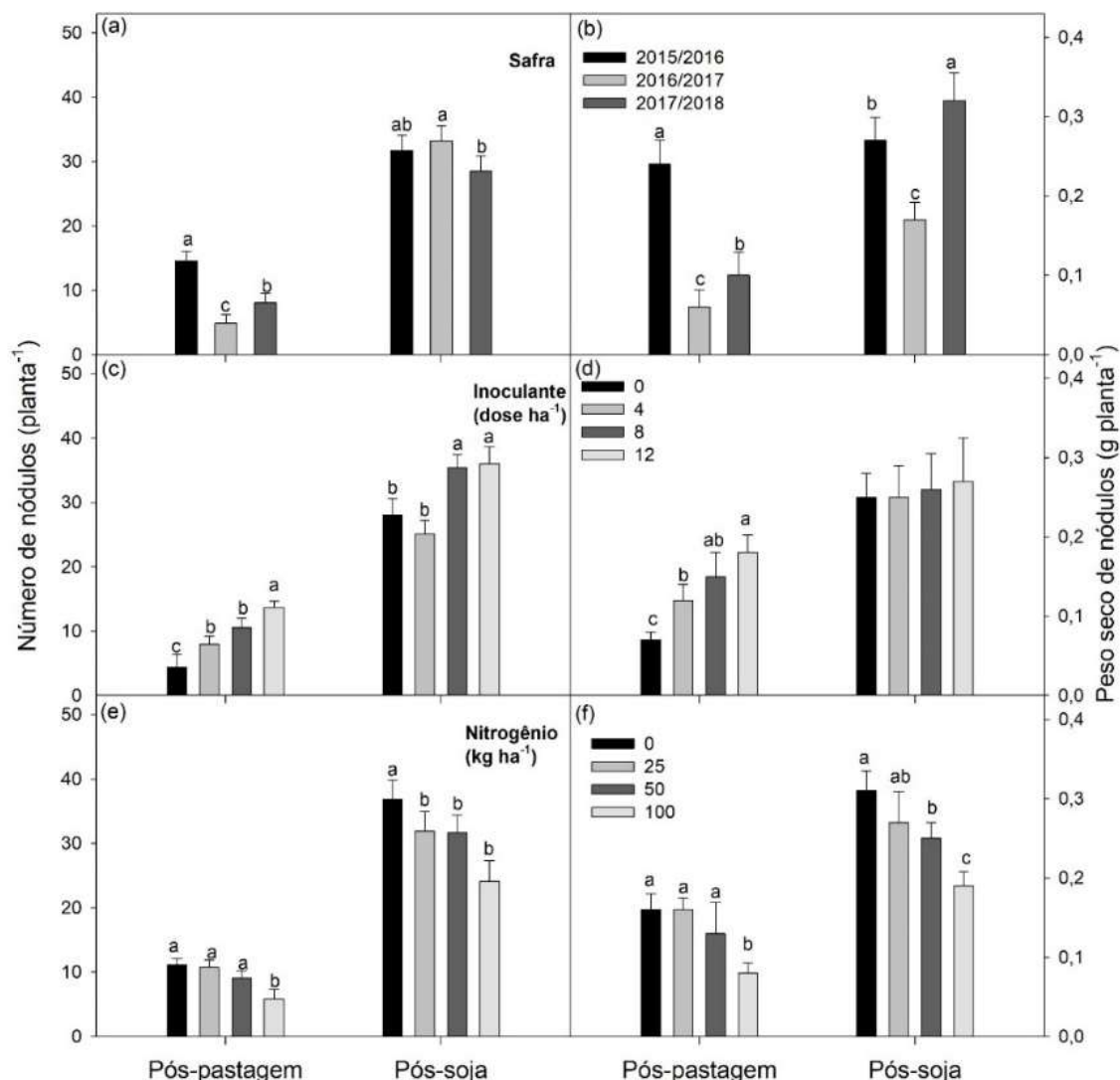


Figura 2. Número e peso seco de nódulos da soja cultivada em área previamente ocupada por pastagem degradada (pós-pastagem) e com histórico de soja (pós-soja), na safra 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, safras (a,b), doses de inoculante (c,d); e doses de nitrogênio mineral (e, f). As médias dos tratamentos seguidos pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Acesse o artigo completo pelo link: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52131-7>

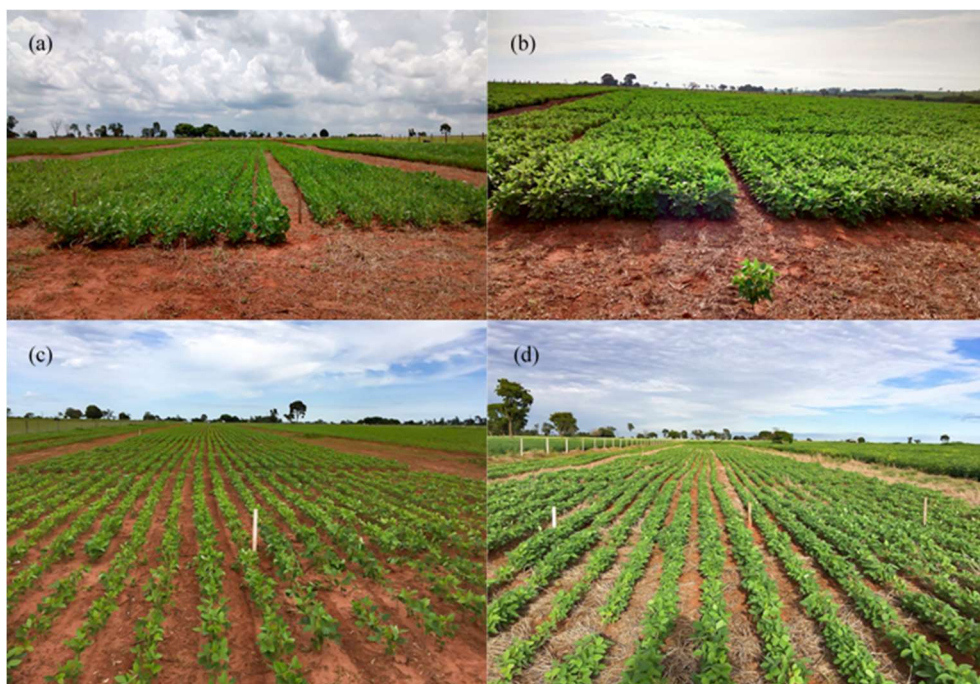


Figure 3. Soja aos 35 dias após a emergência em área pós-pastagem degradada, em 2015/2016 (a) e 2017/2018 (c); e em área pós-soja, em 2015/2016 (b) e 2017/2018 (d).

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio por meio de uma bolsa de iniciação científica concedida ao primeiro autor (Processo 2016/17232-0).

LITERATURA CITADA

- Donagemma, G.K., Freitas, P.L., Balieiro, F.C. Fontana, A., Spera, S.T., Lumberras, J.F., Viana, J.H.M., Araújo Filho, J.C., Santos, F.C., Albuquerque, M.R., Macedo, M.C.M., Teixeira, P.C., Amaral, A.J., Bortolon, E., Bortolon, L. Caracterização, potencial agrícola e perspectivas de manejo de solos leves no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v. 51, p.1003-1020, 2016. <http://dx.1003-1020.10.1590/S0100-204X2016000900001>
- Heithot, J. J., Kee, D., Sloan, J.J., MacKown, C.T., Metz, S., Kee, A.L., Sutton, R.L. Soil-applied Nitrogen And Composted Manure Effects on Soybean Hay Quality and Frains Yield. *Journal of Plant Nutrition*. v.30, p.1717–1726, 2007. <https://doi.org/10.1080/01904160701615566>
- Hungria, M., Kaschuk, G. Regulation of N₂ fixation and NO₃⁻ NH₄⁺ assimilation in nodulated and N-fertilized *Phaseolus vulgaris* L. exposed to high temperature stress. *Environmental and Experimental Botany*. v. 98, p. 32-39, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.10.010>
- Hungria, M., Araújo, R. S., Silva Júnior, E. B., Zilli, J. E. Inoculum Rate Effects on the Soybean Symbiosis in New or Old Fields under Tropical Conditions.



BOLETIM DE PESQUISA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - UNOESTE



- Agronomy Journal, v. 109, p.1106-1112, 2017. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.11.0641>
- Kaschuk, G., Nogueira, M. A., Luca, M. J., Hungria, M. Response of determinate and indeterminate soybean cultivars to basal and topdressing N fertilization compared to sole inoculation with Bradyrhizobium. Field Crops Research. v.195, p.21–27, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.05.010>
- Mourtzinis, S. Kaur, G., Orlowshi, J.M., Shapiro, C.A., Lee, C.D., Wortmann, C., Holshouser, D., Nafziger, E.D., Kandel, H., Niekamp, J., Ross, W.J., Lofton, J., Vonk, J., Roozeboom, K.L., Thelen, K.D., Lindsey, J.E., Staton, M., Naeve, S.L., Casteel, S.N., Wiebold, W.J., Conley, S.P. Soybean response to nitrogen application across the United States: A synthesis-analysis. Field Crops Research. v. 2015, p.74–82, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.035>
- Pavanelli, L. E., Araújo, F. F. Fixação biológica de nitrogênio em soja em solos arenosos cultivados com pastagem e culturas anuais do Oeste Paulista. Bioscience Journal. v.25, p.21–29, 2009.
- Ray, D. K., Gerber, J. S., MacDonald, G. K., West, P. C. Climate variation explains a third of global crop yield variability. Nature Communications. v.6, p.1–9, 2015. <https://doi.org/10.1038/ncomms6989>
- Saturno, D. F., Cerezini, P., Moreira, P.S., Oliveira, A.B., Oliveira, M.C.N., Hungria, M., Nogueira, M.A. Mineral Nitrogen Impairs the Biological Nitrogen Fixation in Soybean of Determinate and Indeterminate Growth Types. Journal of Plant Nutrition. v.40, p.1690–1701, 2017.