DESEMPENHO DA CULTURA DA SOJA EM SISTEMA AGROFLORESTAL COM EUCALIPTO

Alvadi Antonio Balbinot Junior[1], Julio Cezar Franchini[1], Henrique Debiasi[1], Fernando Sichieri[2]

[1]Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Embraba Soja, Londrina, PR. Pesquisador da Embrapa Soja.
[2]Engenheiro Agrônomo. E-mail: alvadi.balbinot@embrapa.br

RESUMO

O sistema agroflorestal com eucalipto e soja é uma opção de uso do solo em regiões com solo arenoso e clima quente. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da cultura da soja associada a renques simples de eucalipto maculata na região Noroeste do Paraná. O sistema agroflorestal foi implantado em outubro de 2009, usando a sucessão soja/braquiária nos entre renques de eucalipto. O desempenho da cultura da soja foi avaliado na safra 2015/16, em dois experimentos, um com espaçamento entre renques de 14 m e outro com 28 m. Como testemunha, foi considerada uma área contígua, sem a presença de árvores. O crescimento e o acúmulo de nitrogênio na massa seca da soja, avaliados no pleno florescimento, foram reduzidos em função da interferência do eucalipto, com maior intensidade no menor espaçamento entre os renques. A redução de produtividade de grãos de soja causada pelas árvores foi de 65 e 44% em relação à testemunha, nos espaçamentos de 14 e 28 m entre renques, respectivamente. Os teores de nitrogênio na massa seca e de proteína e óleo nos grãos de soja não foram alterados pela interferência das árvores.

Palavras-chave: *Glycine max*; *Corymbia maculata*; sistemas integrados de produção; N na massa seca da soja; óleo e proteína nos grãos.

PERFORMANCE OF SOYBEAN CROP IN AGROFORESTRY SYSTEM WITH EUCALYPTUS

ABSTRACT

Agroforestry system with eucalyptus and soybean crop is an option for soil use under sandy soils and warm climates. The objective of this work was to evaluate the performance of the soybean crop associated to simple rows of eucalyptus maculata in the Northwest region of Paraná, Brazil. The experiment was established in October 2009; since then, eucalyptus maculata interrows has been yearly grown with a double crop of soybean (summer) and *U. ruziziensis* (winter). The soybean performance was evaluated in the 2015/16 cropping season, at two eucalyptus row spacings, 14 and 28 m. A contiguous, treeless area, grown yearly with soybean (summer)/*U. ruziziensis* (winter) double crop, was used as a control. The soybean growth and shoot nitrogen accumulation at full blooming were reduced as a function of eucalyptus interference, in a greater intensity at 14-m eucalyptus row spacing. Soybean yield reductions caused by eucalyptus trees were 65 and 44% in relation to the control, at 14 and 28-m row spacings, respectively. The contents of nitrogen in soybean shoots, and protein and oil in soybean grains, were not altered by the interference of the trees.

Key words: *Glycine max*; *Corymbia maculate*; integrated systems; nitrogen in soybean shoots; oil and protein in soybean grains.

INTRODUÇÃO

Atualmente, novos sistemas de produção estão sendo avaliados com intuito de aumentar a produção de bens para a humanidade, tais como alimentos, fibra e agroenergia, com reduzido impacto no meio ambiente (NAIR, 2011). Para tal, é relevante o uso de sistemas que utilizem os recursos do ambiente de forma eficaz, concomitante à melhoria da qualidade do solo, da água e do ar, redução do consumo de insumos e geração de maior renda por área (FRANCHINI et al., 2014). Sistemas agroflorestais podem ser

usados para atingir esses objetivos, sobretudo em ambientes que apresentam restrições à agricultura baseada em monocultivo, como é o caso de regiões que apresentam solos muito arenosos e clima tropical (SVOMA et al., 2016).

O componente arbóreo de sistemas agroflorestais pode proporcionar benefícios ambientais, especialmente em termos de conservação do solo e da água (NASIELSKI et al., 2015), sequestro de carbono (LORENZ; LAL, 2014) e redução da velocidade do vento e da evapotranspiração (SVOMA et al., 2016). Adicionalmente, pode gerar benefícios econômicos, pela diversificação de atividades nas propriedades e aumento da renda por área, em função da geração de produtos florestais. Contudo, é necessário avaliar os efeitos do componente arbóreo sobre as culturas anuais que compõem o sistema, uma vez que existe competição por água, luz e nutrientes (ROZADOS-LORENZO et al., 2007; ISAAC et al., 2014; VISHWANATH et al., 2014). O conhecimento sobre as respostas biológicas de culturas anuais associadas com florestas é fundamental para subsidiar análises de viabilidade técnica e econômica de sistemas agroflorestais (FRANCHINI et al., 2014).

Os sistemas agroflorestais podem ser uma opção viável de uso da terra na região Noroeste do Paraná, a qual representa 16% da área total do Estado, correspondendo a 3,2 milhões de hectares. Os solos dessa região, originários do arenito Caiuá, apresentam textura média a arenosa e, consequentemente, alta suscetibilidade à erosão e baixa capacidade de armazenamento de água (FIDALSKI et al., 2013). Além disso, a região apresenta clima do tipo Cfa, segundo a classificação climática de Koppen, com altas temperaturas, especialmente no verão. Essas características de solo e de clima tornam essa região bastante vulnerável a estresses abióticos, aumentando a necessidade de identificação de sistemas de produção específicos para esse ambiente.

O objetivo desse trabalho foi avaliar o desempenho da cultura da soja associada a renques simples de eucalipto maculata (*Corymbia maculata*) na região Noroeste do Paraná, após seis anos de sua implantação.

MATERIAL E MÉTODOS

O sistema agroflorestal foi implantado em outubro de 2009, em uma área de dez hectares, localizada no município de Santo Inácio, região Noroeste do Paraná, cujas coordenadas geográficas da área experimental são 22°45'56" S, 51°50'30" O e 386 m de altitude. O solo da área foi identificado como Latossolo Vermelho distrófico (EMBRAPA, 2006). Algumas características físicas e químicas do solo na área de estudo, determinadas no momento de implantação do experimento, foram: 101, 18 e 881 g kg^{-1} de argila, silte e areia, respectivamente; 4,7 de pH ($CaCl_2$), 10,6 g kg^{-1} de C; 10,0 mg dm^{-3} de P; e 0,07, 1,25 e 0,34 cmolc dm^{-3} de K, Ca e Mg trocáveis.

Antes da implantação da espécie florestal, a área era utilizada com pastagem perene de *Urochloa brizantha* cv. Marandu. O sistema agroflorestal foi implantado com a cultura de soja e a espécie de eucalipto *Corymbia maculata* Hill & Johnson (*Eucalyptus maculata* Hook), plantada em renques com fileiras simples, distanciados em 14 m, com espaçamento entre plantas de 4,2 m, o que equivale a uma densidade de 170 árvores por hectare, sendo as mudas obtidas a partir de sementes. Na implantação, um renque mestre foi alocado em nível, aproximadamente na direção leste-oeste e, a partir deste, foram alocados os demais, sempre mantendo a distância de 14 m entre renques, para promover adequada conservação do solo e da água e facilitar a mecanização pela uniformidade na largura entre os renques. O eucalipto foi plantado em outubro de 2009, utilizando adubação com 0,25 kg do formulado 08-24-18 (N-P_2O_5-K_2O) por cova, alocado a 0,25 m da planta e a 0,10 m de profundidade. Nas linhas de plantio o solo foi previamente preparado com subsolador. O controle de plantas daninhas nos renques de eucalipto foi realizado com capina manual (coroamento) no primeiro ano e com aplicação de herbicida glifosato no segundo, evitando a deriva nas folhas do mesmo.

Da safra 2009/10 a 2013/14 a área foi cultivada com soja na primavera/verão e *Urochloa ruziziensis* no outono/inverno. Em junho de 2014 foram retirados renques alternados de eucalipto em metade da área experimental, formando dois sistemas agroflorestais, um com espaçamento de 14 m e outro com 28 m entre renques. Na mesma oportunidade, nos renques restantes o eucalipto foi desramado até 5 m de altura em toda a área experimental. Na safra 2015/16 foram implantados dois experimentos, um em cada espaçamento entre renque, sendo cultivada soja cultivar AS 3610IPRO, implantada no mês de

novembro, em espaçamento entre fileiras de 0,5 m e com população de 250 mil plantas ha^{-1}. A adubação de base, utilizada na semeadura da soja, foi de 400 kg ha^{-1} do adubo formulado 05-20-20 ($N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$). O controle de plantas daninhas foi realizado com uma aplicação do herbicida glifosato (720 g e.a ha^{-1}). As demais práticas de manejo empregadas na soja seguiram as indicações técnicas para a cultura na região.

Nos dois experimentos, foram coletadas amostras de plantas de soja para determinação das variáveis, em cinco posições entre renques de eucalipto: próximo ao renque na face norte, posição intermediária na face norte, posição central, posição intermediária na face sul e próximo ao renque na face sul. Nos dois experimentos as avaliações foram realizadas em cinco transectos, totalizando 25 amostras em cada experimento. Como testemunha, foram coletadas cinco amostras de soja em área contígua, sem a presença de árvores, e que apresentou o mesmo histórico de manejo nas últimas duas décadas.

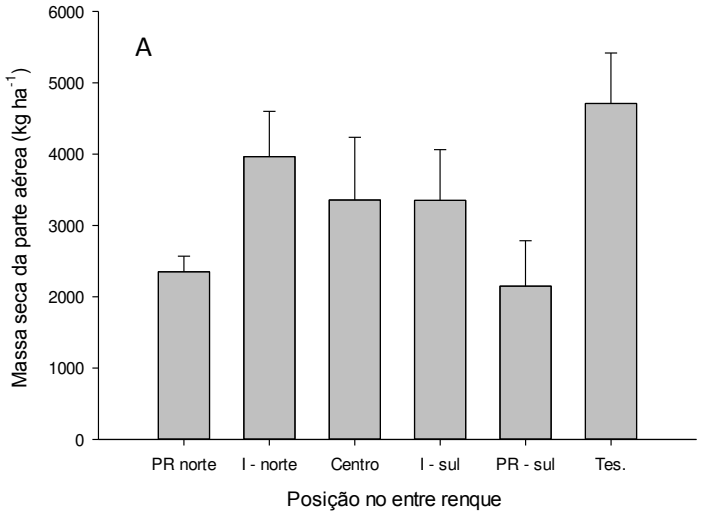
Foram avaliadas as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea no pleno florescimento (R2), determinada em amostras de duas linhas por três metros de comprimento; teor de N na massa seca da parte aérea, determinado pelo método Kjeldahl; acúmulo de N na massa seca, determinado pela multiplicação da massa seca da parte aérea pelo teor de N; produtividade de grãos, também determinada em amostras de duas linhas por três metros de comprimento, sendo os dados corrigidos para 13% de umidade; e teores de proteína e óleo nos grãos, pela técnica da Espectroscopia do Infravermelho Próximo (NIR), segundo HEIL (2010).

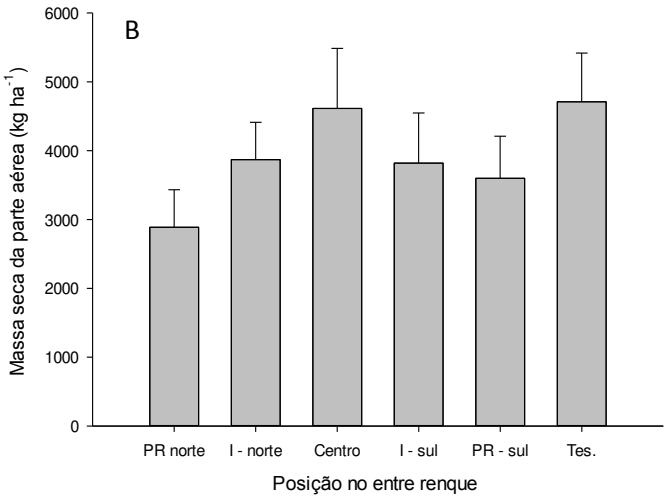
Em cada posição do entre renque foram calculados as médias e os desvios-padrão dos cinco transectos avaliados. As médias e os desvios-padrão no tratamento testemunha também foram determinados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No espaçamento entre renques de 14 m, houve redução expressiva da massa seca da parte aérea da soja no estádio R2, em função da interferência das árvores (Figura 1A). Nos dois espaçamentos entre renques, a soja próxima às árvores cresceu menos do que na posição central, demonstrando o grande efeito da competição exercida pelo eucalipto sobre a oleaginosa (Figura 1).

Figura 1. Massa seca da parte aérea acumulada pelas plantas de soja no estádio R2, em diferentes posições do entre renque, distanciados em 14 m (A) e 28 m (B). PR=próximo aos renques. I=posição intermediária. Tes. Testemunha, sem a presença de árvores.



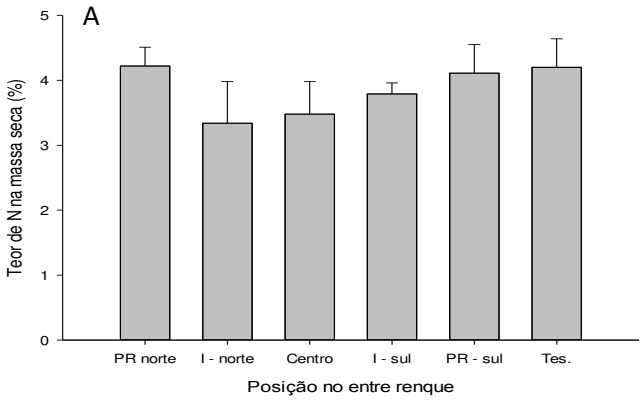


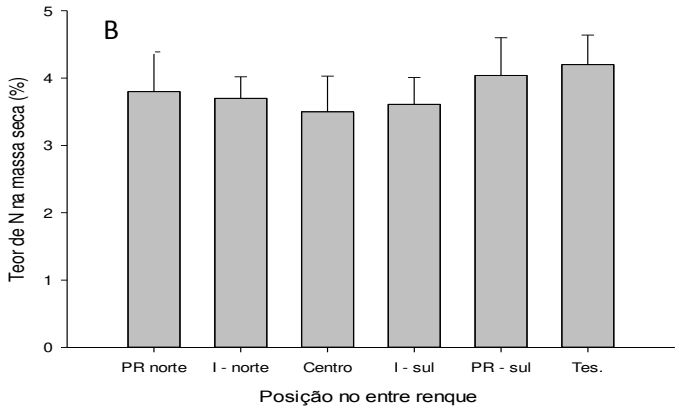
No espaçamento de 14 m, a redução de crescimento decorrente da competição do eucalipto foi de 36% em relação à testemunha, na média das cinco posições do entre renque. No espaçamento de 28 m, essa redução foi de 18%. Adicionalmente, o crescimento da soja na posição central foi similar à testemunha no espaçamento de 28 m, mas cerca de 28% inferior no entre renque de 14 m. Esses resultados indicam o elevado impacto da distância entre os renques sobre o crescimento vegetativo da soja, como também constatado por Franchini et al. (2014).

As plantas de soja em competição com as árvores são submetidas à baixa disponibilidade de radiação solar fotossinteticamente ativa, reduzindo a abertura estomática, o que promove redução da transpiração e da fixação de CO_2. Assim, há aumento da razão entre a concentração interna de CO_2 e a do ar (DING; SU, 2010). Com a diminuição da absorção de luz, a fase fotoquímica da fotossíntese, a cadeia de transporte de elétrons e a fase bioquímica, na qual há conversão de CO_2 em açúcares, são prejudicadas (MENDES et al., 2013). Frente à redução da produção dos fotoassimilados, há comprometimento no crescimento, causando diminuição da formação de folhas, vagens e grãos. Além disso, as árvores exercem competição por água e nutrientes, privando as plantas de soja desses recursos fundamentais ao crescimento e formação das estruturas reprodutivas (SVOMA et al., 2016).

O teor de N na massa seca da soja não foi alterado expressivamente pela interferência do componente florestal (Figura 2). A posição entre renques também não influenciou essa variável. Em geral, os teores de N na parte aérea da soja são pouco variáveis frente a mudanças no ambiente de produção, o qual altera em maior magnitude a produção de massa seca e não o teor desse nutriente (FRANCHINI et al., 2015).

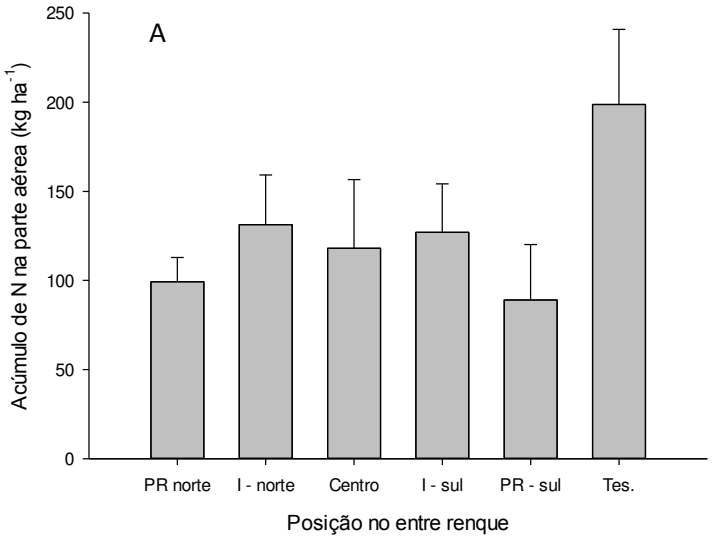
Figura 2. Teor de nitrogênio na parte aérea da soja no estádio R2 em diferentes posições do entre renque distanciados em 14 m (A) e 28 m (B). PR=próximo aos renques. I=posição intermediária. Tes. Testemunha, sem a presença de árvores.

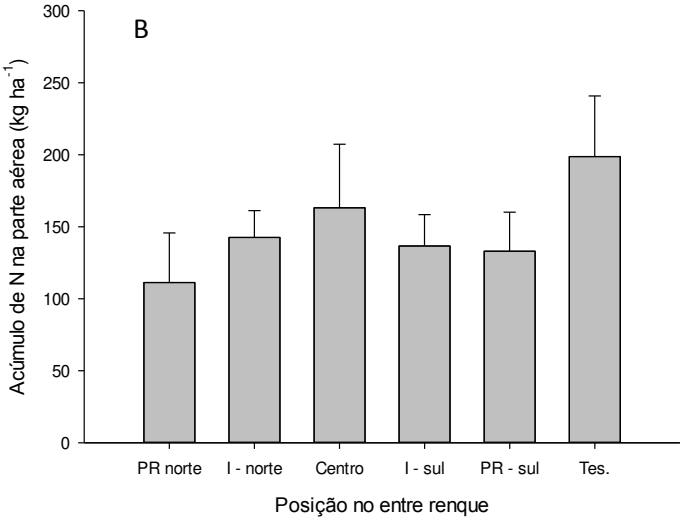




A quantidade de N acumulada na massa da soja foi menor na presença de árvores em relação à ausência destas, nos dois espaçamentos entre renques (Figura 3), em função, principalmente, das variações de massa seca da parte aérea (Figura 2). No espaçamento de 14 m, a redução média de acúmulo de N na massa da soja em razão da presença do eucalipto foi de 43%, enquanto no espaçamento de 28 m foi de 28%. Essa variável é relevante porque pode apresentar correlação positiva com a produtividade de grãos, uma vez que a soja necessita de altas quantidades assimiladas de N para formação de elevadas produtividades de grãos (FRANCHINI et al., 2015).

Figura 3. Acúmulo de nitrogênio na parte aérea da soja no estádio R2 em diferentes posições do entre renque, distanciados em 14 m (A) e 28 m (B). PR=próximo aos renques. I=posição intermediária. Tes. Testemunha, sem a presença de árvores.

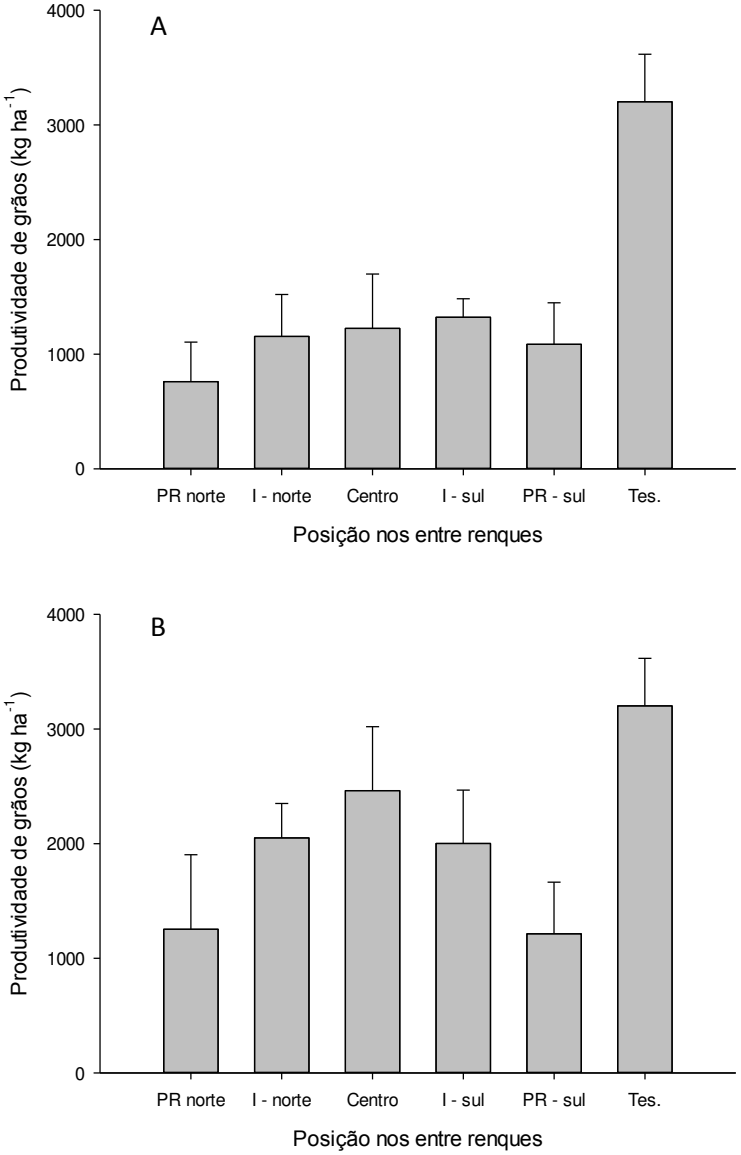




Nos dois espaçamentos entre renques, a produtividade de grãos foi fortemente afetada pelas árvores. No menor espaçamento, a redução foi de 65% e no maior espaçamento de 44% (Figura 4). Em ambos os espaçamentos, também verificou-se o grande efeito da proximidade dos renques sobre a produtividade de grãos. Em solo arenoso e clima quente, Franchini et al. (2014) também constataram elevado impacto negativo de renques de eucalipto sobre a produtividade de grãos de soja. Vishwanath et al. (2014) observaram que as perdas de produtividade da soja em associação com sete espécies florestais variaram de 57,6 a 90,0%, comparativamente à ausência do componente florestal.

A planta de soja fixa o carbono através do ciclo C3, apresentando baixa eficiência luminosa e ponto de compensação alto em comparação com demais plantas de mesmo ciclo, portanto, necessita de quantidades relativamente altas de luz para produzir fotoassimilados (VAN ROEKEL; PURCELL, 2014). Quando a luminosidade se apresenta inferior ao ponto de compensação, a planta oxida mais carbono do que fixa, diminuindo a produção de matéria seca e a produtividade. Por outro lado, a soja é relativamente tolerante a condições atmosféricas adversas, sobretudo durante seu período vegetativo, apresentando alta capacidade de recuperação. No entanto, a obtenção de elevadas produtividades só é possível se ocorrerem condições ideais de disponibilidade hídrica, luz e temperatura na fase de formação de vagens e de grãos (REYNOLDS et al., 2007). Em função disso, percebe-se claramente nessa pesquisa que a interferência negativa das árvores sobre a produtividade de grãos da soja foi muito superior do que sobre a massa seca acumulada até o final do período vegetativo. No entanto, ainda é necessário elucidar a relevância relativa da competição por luz ou água e nutrientes na redução do crescimento e produtividade da soja cultivada em sub-bosque.

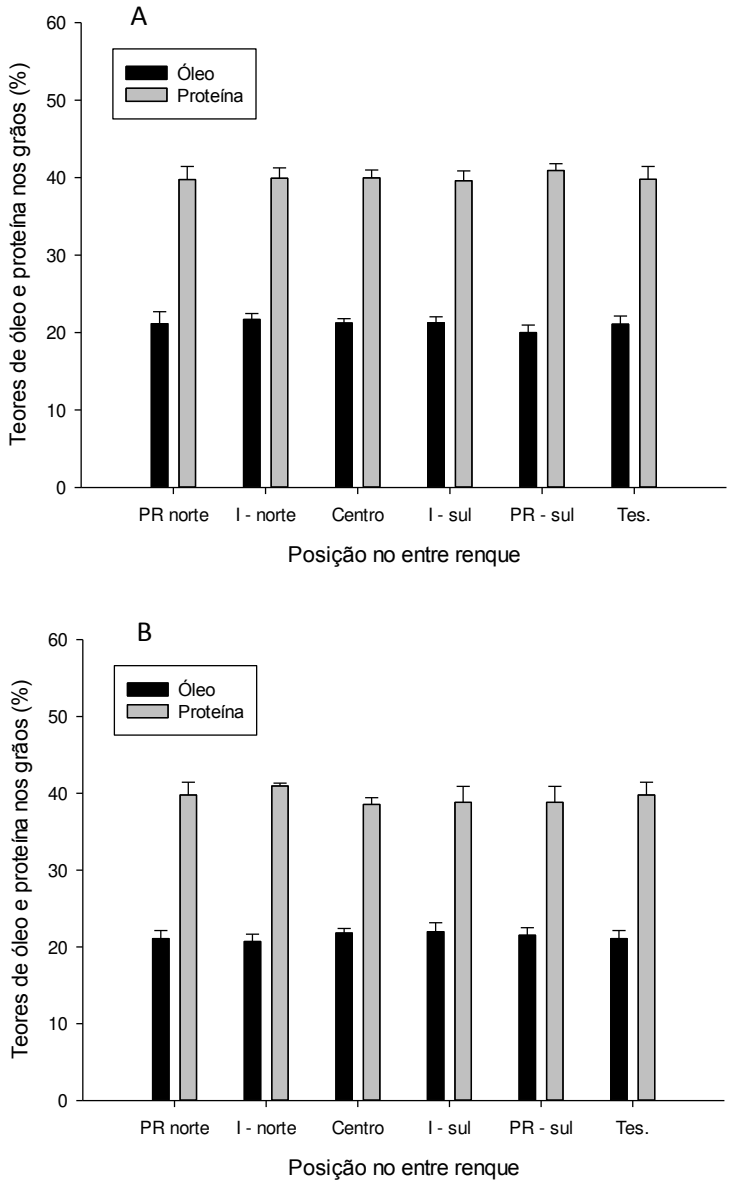
Figura 4. Produtividade de grãos de soja em diferentes posições do entre renque, distanciados em 14 m (A) e 28 m (B). PR=próximo aos renques. I=posição intermediária. Tes. Testemunha, sem a presença de árvores.



Os resultados obtidos permitem inferir que, nas condições edafoclimáticas e de manejo deste trabalho, o efeito negativo da competição do eucalipto pelos recursos do meio sobre a soja apresentou maior relevância do que os possíveis benefícios microclimáticos observados em sub-bosque, como redução de temperaturas máximas, aumento da umidade relativa do ar e diminuição da evapotranspiração, corroborando resultados obtidos por FRANCHINI et al. (2014). Nesse contexto, há necessidade de pesquisas com maiores espaçamentos entre renques de eucalipto para definir aquele que determina efeitos positivos das árvores na paisagem e, ao mesmo tempo, não interfira negativamente no desempenho da soja. Adicionalmente, ainda há carências de pesquisas que indiquem cultivares de soja com maior tolerância à interferência exercida pelo componente florestal, o que poderia viabilizar a associação dessa cultura com o eucalipto.

Os teores de óleo e proteína nos grãos não foram influenciados pela presença do eucalipto no sistema de produção, nem tampouco pela proximidade dos renques (Figura 5). Os teores de óleo e proteína dos grãos de soja são governados geneticamente, porém podem ser influenciados pelo ambiente, principalmente durante o período de enchimento dos grãos (BUENO et al., 2013; POETA et al., 2014). No entanto, na presente pesquisa, as alterações expressivas no ambiente de produção decorrentes da presença do componente arbóreo não influenciaram os teores de óleo e proteína nos grãos.

Figura 5. Teores de óleo e proteína nos grãos de soja em diferentes posições do entre renque, distanciados em 14 m (A) e 28 m (B). PR=próximo aos renques. I=posição intermediária. Tes. Testemunha, sem a presença de árvores.



CONCLUSÕES

A presença de renques simples de eucalipto reduz o crescimento, o acúmulo de nitrogênio na massa seca e a produtividade de grãos da soja, com maior intensidade no menor espaçamento entre os renques.

Quanto maior a proximidade dos renques de eucalipto, menor é o crescimento e a produtividade de grãos da soja, em função da competição pelos recursos do meio.

Os teores de nitrogênio na massa seca e de proteína e óleo nos grãos de soja não são alterados pela presença de renques de eucalipto.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela concessão de bolsa de Produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

BUENO, R.D.; BORGES, L.L.; ARRUDA, K.M.A.; BHERING, L.L.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic parameters and genotype x environment interaction for productivity, oil and protein content in soybean. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 38, p. 48-53-4859, 2013. http://dx.doi.org/ 10.5897/AJAR2013.6924.

DING, S.; SU, P. Effects of tree shading on maize crop within a Poplar-maize compound system in Hexi Corridor oasis, northwestern China. **Agroforestry Systems**, v. 80, n. 1, p. 117-129, 2010. https://doi.org/10.1007/s10457-010-9287-x.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa em Solos - Embrapa-Solos, 2006. 306p.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C.A.; ALVES, S.J.; AULER, P.A.M. Influência das frações de areia na retenção e disponibilidade de água em solos das formações Caiuá e Paranavaí. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 3, p. 613-621, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832013000300007 .

FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; SICHIERI, F.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Yield of soybean, pasture and wood in integrated crop-livestock-forest system in Northwestern Paraná state, Brazil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n. 5, p. 1006-1013, 2014. http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902014000500016 .

FRANCHINI, J.C.; BALBINOT JR., A.A.; DEBIASI, H.; CONTE, O. Crescimento da soja influenciado pela adubação nitrogenada na cultura, pressão de pastejo e épocas de dessecação de *Urochloa ruziziensis*. **Agro@mbiente On-line**, v. 9, n. 2, p. 129-135, 2015. http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i2.2611 .

HEIL, C. **Rapid, multi-component analysis of soybeans by FT-NIR Spectroscopy**. Madison: Thermo Fisher Scientific, 2010. 3 p. (Application note: 51954). Disponível em: <https://www.thermoscientific.com/content/dam/tfs/ATG/CMD/CMD%20Documents/Application%20&%20Technical%20Notes/AN-51954-Rapid-Multi-Component-Analysis-Soybeans-AN51954-EN.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2016.

ISAAC, M.E.; CARLSSON, G.; GHOULAM, C.; MAKHANI, M.; THEVATHASAN, N.V.; GORDON, A. Legume performance and nitrogen acquisition strategies in a tree-based agroecosystem. **Agroecology and Sustainable Food Systems**, v. 38, n. 6, p. 686-703, 2014. http://dx.doi.org/10.1080/21683565.2013.870630 .

LORENZ, K.; LAL, R. Soil organic carbon sequestration in agroforestry systems. A review. **Agronomy *for* Sustainable Development**, v. 34, n. 2, p. 443-454, 2014. http://dx.doi.org/10.1007/s13593-014-0212-y

MENDES, M.M.S.; LACERDA, C.F.; CAVALCANTE, A.C.R.; FERNANDES, F.E.P.; OLIVEIRA, T.S. Desenvolvimento do milho sob influência de árvores de pau-branco em sistema agrossilvipastoril. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 10, p. 1342-1350, 2013. http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013001000005 .

NAIR, P.K.R. Agroforestry systems and environmental quality: introduction. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, n. 3, p. 784-790, 2011. http://dx.doi.org/10.2134/jeq2011.0076 .

NASIELSKI, J.; FURZE, J.R.; TAN, J.; BARGAZ, A.; THEVATHASAN, N.V.; ISAAC, M.E. Agroforestry promotes soybean yield stability and N2-fixation under water stress. ***Agronomy* for *Sustainable* Development**, v. 35, n. 4, p. 1541-1549, 2015. http://dx.doi.org/10.1007/s13593-015-0330-1 .

POETA, F.B.; ROTUNDO, J.L.; BORRÁS, L.; WESTGATE, M.E. Seed water concentration and accumulation of protein and oil in soybean seeds. **Crop Science**, v. 54, n. 6, p. 2752-2759, 2014. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2014.03.0204 .

REYNOLDS, P.E.; SIMPSON, J.A.; THEVATHASAN, N.V.; GORDON, A.M. Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in Southern Ontario, Canada. **Ecological Engineering**, v. 29, n. 4, p. 362-371, 2007. http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.024

ROZADOS-LORENZO, M.J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M.P.; SILVA-PANDO, F.J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry System**, v. 70, n. 1, p. 53-62, 2007. http://dx.doi.org/10.1007/s10457-007-9032-2 .

SVOMA, B.M.; FOX, N.; PALLARDY, Q.; UDAWATTA, R.P. Evapotranspiration differences between agroforestry and grass buffer systems. **Agricultural Water Management**, v. 176, p. 214-

221, 2016. http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2016.06.018 .

VAN ROEKEL, R.J.; PURCELL, L.C. Soybean Biomass and Nitrogen Accumulation Rates and Radiation Use Efficiency in a Maximum Yield Environment. **Crop Science**, v. 54, n. 3, p. 1189-1196, 2014. http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2013.08.0546 .

VISHWANATH, B.R.; NAGARJAIAH, C.; RAGHAVENDRA, S.R.; JAYASHREE, M.K. Evaluation of soybean yield under biofuel based agroforestry system. **Environment & Ecology**, v. 32, n. 3, p. 1194-1199, 2014.

Recebido para publicação em 30/04/2018
Revisado em 17/08/2018
Aceito em 22/08/2018