

MANOBRAS DE SEMEADURA COM SISTEMA DE NAVEGAÇÃODoi:<http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n2p361-366/2016>**LUIZ C. GARCIA¹, RODERIK W. VAN DER MEER², NÁTALI M. DE SOUZA³,
ALTAIR JUSTINO⁴, PEDRO H. WEIRICH NETO⁵**

RESUMO: Os sistemas de navegação por posicionamento global (GPS) estão cada vez mais presentes no campo, prometendo diminuir os custos operacionais do agricultor. O objetivo deste trabalho foi avaliar o tempo de manobra durante a operação de semeadura da soja sem e com sistema de navegação. O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado, com dois tratamentos e doze repetições. Os tratamentos consistiram no tempo das manobras feitas de modo convencional e utilizando-se do sistema de navegação por GPS acoplado num piloto automático. Avaliaram-se o tempo de manobra e o retorno econômico. As manobras realizadas com auxílio do sistema de navegação foram, em média, 49% mais rápidas do que as manobras realizadas de forma convencional. Houve economia de R\$ 4,15 por hectare, em áreas com comprimento médio das passadas de 800 metros. No caso de áreas menores, com comprimento de 50 metros, esta economia chegou a R\$ 19,90 por hectare. Concluiu-se que o uso de sistema de navegação por satélites, em conjunto com piloto automático, pode gerar economia significativa de tempo e no custo operacional da semeadura.

PALAVRAS-CHAVE: agricultura de precisão, piloto automático, viabilidade econômica.

SEEDING MANEUVERS USING NAVIGATION SYSTEM

ABSTRACT: GPS navigation systems have been increasingly found in farming activities, promising lower farmer operational costs. Therefore, this research focused to evaluate the maneuvering time during soybean sowing. The experiment was set in an entirely randomized design with two treatments and twelve replications. The treatments consisted of recording maneuver time spent in conventional sowing and with a GPS navigation system coupled to an autopilot. We evaluated the operation time and the economic return. The maneuvers performed with the aid of navigation system were, on average, 49% faster than those carried by conventional system. We observed a cost saving of R\$ 4.15 per hectare in areas with 800-m long lines. Moreover, areas with shorter lines (50 meters), such saving reached a value of R\$ 19.90 per hectare. Thus, the use of satellite navigation system combined with an autopilot device can generate significant saving in time and operational costs in soybean cropping.

KEY WORDS: precision farming, autopilot, economic viability.

¹Engenheiro Agrônomo, Doutor. Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campus Uvaranas - Av. General Carlos Cavalcanti, 4748, 84030-900, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, Fone (42) 3220-3090, lcgarcia@uepg.br

²Engenheiro Agrônomo. Fazenda Vale do Jotuva, Carambeí, Paraná, Brasil, rik_meer@hotmail.com e ptvink@hotmail.com

³Engenheira Agrônoma, Doutoranda. Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campus Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, nina_maidl@yahoo.com.br

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutor. Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campus Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, Fone (42) 3220 3090, ajustino@uepg.br

⁵Engenheiro Agrícola, Doutor, Departamento de Ciências do Solo e Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Campus Uvaranas, Ponta Grossa, Paraná, Brasil, lama1@uepg.br

Recebido pelo Conselho Editorial em: 10-6-2015

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 19-1-2016

INTRODUÇÃO

A mecanização representa o segundo componente no custo de produção, na atividade rural, perdendo apenas para os insumos, e em termos de potencial para redução pode ser considerado como o fator principal (SICHONANY et al., 2011). Assim, há a necessidade de medir o próprio desempenho de modo sistêmico e utilizar as informações para elevar a eficiência no processo (PELOIA & MILAN, 2010).

Dentre as inovações tecnológicas que auxiliam no monitoramento das operações agrícolas mecanizadas, destaca-se o Sistema de Posicionamento Global (GPS), que possibilitou a expansão da agricultura de precisão. A agricultura de precisão é o gerenciamento da variabilidade espacial da produção e dos fatores nela envolvidos (CIRANI & MORAES, 2010).

O piloto automático é utilizado com auxílio de receptores de sinais do sistema GPS, sendo o posicionamento do veículo corrigido automaticamente por atuadores no volante ou diretamente em seu rodado. No entanto, as manobras de cabeceira são feitas manualmente, bastando o operador retomar o controle (OLIVEIRA & MOLIN, 2011). Dessa forma, pode-se elevar a qualidade da operação pela redução de agroquímicos, combustível e o tempo durante a atividade (SHARDA et al., 2010).

Dentre as operações agrícolas em que se pode empregar o piloto automático está a semeadura. O processo almeja a adequada distribuição longitudinal das sementes no solo aliada à correta profundidade de deposição das mesmas para se obter estande apropriado e uniformidade de distribuição (ALMEIDA et al., 2010).

Segundo a Fundação ABC (2011), o custo da semeadura de soja é de R\$ 135,30 por hora, resultante da soma de R\$ 55,60 da semeadora de precisão de 11 linhas, R\$ 69,50 do trator de 140 cv e R\$ 10,20 da mão de obra. A tecnologia embarcada com piloto automático tem o custo de R\$ 0,44 por hora.

A semeadura de soja foi avaliada em relação a espaçamentos entre sementes e densidade populacional (COX & CHERNEY, 2011), velocidade de deslocamento do conjunto mecanizado (JASPER et al., 2011) e linhas cruzadas (LIMA et al., 2012); entretanto, os autores não encontraram artigos referentes à semeadura com sistema de navegação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o tempo de manobra durante a semeadura de soja sem e com auxílio de piloto automático.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido dia 12 de outubro de 2011, nos 16 ha da Granja Casa Branca, em Carambeí – PR, latitude 24° 55' 52" S e longitude 50° 8' 2" O. O sistema empregado é o de semeadura sob a palha e clima Cfb, conforme classificação climática de Köppen.

O delineamento experimental foi inteiramente aleatorizado, com dois tratamentos e doze repetições. Os tratamentos consistiram no tempo das manobras feitas de modo convencional e utilizando-se do sistema de navegação por GPS acoplado num piloto automático.

Os tempos de manobra foram obtidos com auxílio de um cronômetro. Iniciava-se a marcação do tempo no momento em que o operador suspendia a semeadora-adubadora para começar a manobra na extremidade da área e encerrava-se o registro do tempo quando a máquina tocava o solo para iniciar a semeadura.

O trabalho foi realizado na semeadura da cultura da soja. Durante a manobra, com auxílio do sistema de navegação e piloto automático, ao chegar ao término da área, o operador desativava o piloto automático e fazia apenas uma curva de 180°, pulando uma faixa de semeadura e iniciando somente então a próxima passada. No sistema convencional a manobra foi feita para que a semeadura fosse iniciada exatamente ao lado da última faixa semeada (Figura 1).

O trator utilizado no experimento foi da marca New Holland®, modelo TM 150, com potência nominal de 150 cv, traçado e lastro dianteiro de 600 kg. A semeadora-adubadora utilizada foi SSM 27, de arrasto, marca Semeato®, equipada com 11 linhas de semeadura, espaçadas entre si em

0,45 m, pneu com 3,45 m de circunferência, disco de corte da palha com 13 ondas e 0,45 m de diâmetro, e mecanismo de abertura e fechamento do sulco de adubo e sementes com discos desencontrados de 0,40 m de diâmetro e fechamento do sulco com roda duplo-angulada em “V”, de 0,30 m de diâmetro.

O sistema de navegação utilizado foi o de guia por piloto automático AgGPS EZ-Guide 500, da marca Trimble Navigation Limited®. O sistema de guia possui display colorido de sete polegadas (171 mm) e 31 LEDs, indicativos para visualização rápida e orientação, uma entrada USB para transferência dos arquivos de registro das operações, conexão para o sistema de piloto automático e um receptor de sinais de satélites artificiais do sistema de posicionamento global GPS integrado. A antena de GPS, fixada no teto da cabine e conectada ao sistema de guia por piloto automático, tinha capacidade de recebimento de sinal de GPS normal e sinal corrigido XP.

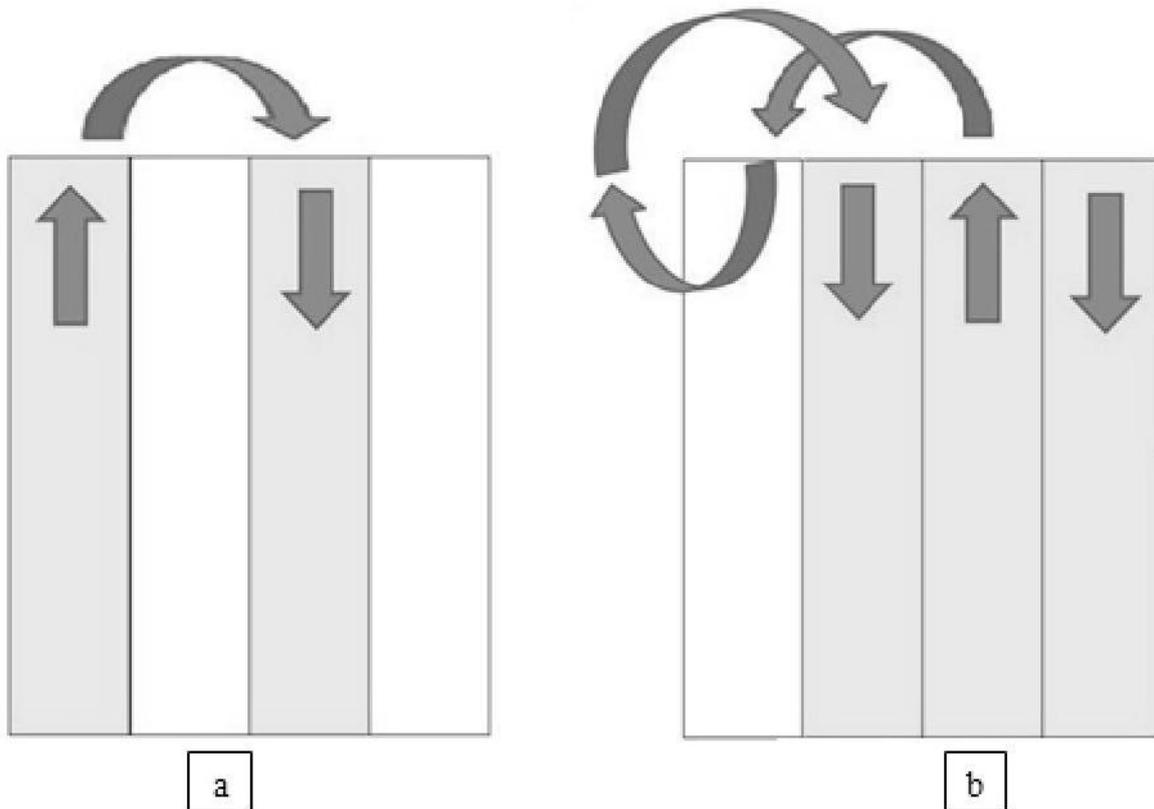


FIGURA 1. Manobra com piloto automático em faixas de semeadura alternadas (a); e manobra convencional, com semeadura em faixas sequenciais (b). **Maneuver with the aid of an autopilot device in alternating rows (a) and conventional maneuvers in sequential rows (b).**

As variáveis analisadas, com e sem auxílio do piloto automático na semeadura, foram: tempo de manobra, economia percentual das manobras em diferentes comprimentos de trabalho e viabilidade econômica do piloto automático (R\$ ha⁻¹ e R\$ hora⁻¹) em distintas distâncias, na distribuição de sementes.

Para a simulação econômica em R\$ ha⁻¹ calculou-se o tempo de manobra - com e sem auxílio de sistemas de navegação - somado ao tempo que o conjunto mecanizado-semeadora gastou para percorrer uma passada, com velocidade média de 5,0 km h⁻¹. Foram feitas simulações para passadas de 50, 100, 200, 400 e 800 metros de comprimento.

Aplicou-se o teste de Hartley para a verificação da homocedasticidade das variâncias. As variáveis mensuradas foram submetidas à análise de variância, pelo teste "F", com um grau de confiança superior a 95% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O teste de Hartley apontou a homocedasticidade das variâncias para todas as variáveis estudadas. Portanto, não houve necessidade de transformação das médias para aplicação da análise de variância pelo teste "F".

Nota-se que o tempo de manobra com piloto automático foi significativamente menor do que o tempo de manobra convencional (Tabela 1). O menor tempo de manobra deve-se ao fato de o trator precisar percorrer uma distância menor para realizar toda a manobra e iniciar outra passada, em relação à manobra convencional, na qual o tracionador percorre um caminho muito maior.

Com a redução na perda de tempo durante as manobras, a eficiência de campo da operação de semeadura tende a aumentar. Os resultados corroboram as afirmações de SHARDA et al. (2010).

TABELA 1. Tempo de manobra na semeadura de soja, na extremidade da área, com piloto automático e da maneira convencional. **Maneuver time of soybean sowing operation on the edge of the area, with autopilot aid and in conventional way.**

Tratamentos	Tempo manobra (segundos) ¹
Piloto automático	27,1 b ²
Convencional	52,9 a

¹ - Coeficiente de variação 7,6 %.

² - Médias seguidas de distintas letras diferem, significativamente, pelo teste F (P < 0,01).

Os resultados obtidos ressaltam o tempo médio de 27,1 segundos por manobra no sistema com auxílio de GPS e piloto automático. Já no sistema convencional, sem auxílio do sistema de navegação, o tempo médio foi de 52,9 segundos por manobra. Assim, a economia média foi de 48,7%, por manobra, com o auxílio do sistema de navegação e pilotagem.

Demonstra-se a eficiência do piloto automático no auxílio de manobras e na delimitação de faixas de semeadura; processo este de suma importância para o sucesso da atividade agrícola, conforme ressaltam ALMEIDA et al. (2010).

Com os valores médios dos tempos de manobra, determinou-se que as manobras com auxílio do sistema de navegação são, em média, 25,8 segundos mais rápidas do que as manobras convencionais. Com base nesses valores, estimou-se em porcentagem a eficácia das manobras em linhas de semeadura com diferentes comprimentos (Tabela 2).

Quanto menor a faixa de cultivo, maior será o número de manobras na extremidade da área de semeadura, elevando a economia de tempo com a adoção do piloto automático. Portanto, a tecnologia pode ser adotada em pequenas áreas de lavoura ou em regiões cujo relevo delimita os talhões de produção em áreas menores e irregulares. Os resultados reforçam as afirmações de CIRANI & MORAES (2010).

TABELA 2. Tempos para a realização da linha de semeadura, mais duas manobras, com e sem auxílio do piloto automático, em diferentes comprimentos das passadas a 5,0 km h⁻¹. **Time spent for sowing one row plus two maneuvers, with and without the aid of an autopilot device in different pace lengths at 5.0 km h⁻¹.**

Linha de semeadura (m)	Tempo de passada + 2 manobras (s)		Economia (%)
	piloto automático	convencional	
50	90,2	141,8	36,4
100	126,2	177,8	29,0
200	198,2	249,8	20,7
400	342,2	393,8	13,1
800	630,2	681,8	7,6

Em áreas com linha de semeadura de maior comprimento, o tempo de manobra nas extremidades de semeadura tem influência reduzida; entretanto, mesmo na faixa de semeadura de 800 metros, a economia de tempo de 7,6% não deve ser considerada desprezível. Assim, ao se medir o próprio desempenho de modo sistêmico, busca-se elevar a eficiência no processo, conforme recomendam PELOIA & MILAN (2010).

A partir da economia relativa de tempo e de custos na semeadura (Fundação ABC, 2011), calcularam-se os custos por hora de semeadura. Com os resultados de contenção dos custos em R\$ h⁻¹, também pode-se estimar a economia em R\$ ha⁻¹.

A estimativa foi embasada na capacidade operacional da máquina semear 2,5 ha h⁻¹, obtida pela faixa de semeadura de 4,95 m (11 linhas espaçadas em 0,45 m); com velocidade de 5,0 km h⁻¹. Então, dividiu-se o valor de economia em R\$ h⁻¹ por 2,5 ha h⁻¹ e obteve-se a economia em R\$ ha⁻¹ (Tabela 3).

TABELA 3. Economia com o sistema de piloto automático empregado na semeadura, em passadas, de diferentes comprimentos a 5,0 km h⁻¹. **Cost savings with the aid of an autopilot device at sowing in different pace lengths at 5.0 km h⁻¹.**

Comprimento da passada (m)	Custo total (R\$ h ⁻¹)	Economia (%)	Economia (R\$ h ⁻¹)	Economia (R\$ ha ⁻¹)
50	135,30	36,4	49,25	19,90
100	135,30	29,0	39,24	15,85
200	135,30	20,7	28,01	11,32
400	135,30	13,1	17,72	7,16
800	135,30	7,6	10,28	4,15

Com base nos valores obtidos, pode-se afirmar que quanto maior o tamanho da passada, menor é a economia gerada pelo sistema de navegação. Isso porque, quanto maior a distância, menos representativo torna-se o tempo despendido durante a manobra na extremidade da área.

Na passada de 50 m, por exemplo, a máquina leva em torno de 25 segundos para percorrer esta distância; com velocidade média de 5,0 km h⁻¹. Entretanto, somente o tempo de manobra convencional - sem ajuda do equipamento de navegação - gira em torno dos 50 segundos. A modernização do sistema de mecanização reduziu o custo, como asseguraram SICHONANY et al. (2011).

No caso da passada de 800 metros a máquina leva em torno de 400 segundos para percorrer a distância; sendo que o tempo de manobra - sem a ajuda do sistema de pilotagem e navegação - continua em torno de 50 segundos. Dessa forma, o tempo de manobra tem menor representação no tempo total. A mensuração do desempenho da mecanização segue o conceito recomendado por PELOIA & MILAN (2010).

Mesmo adotando o comprimento de passada com 800 metros se tem um resultado positivo com o uso de sistema de navegação; proporcionando a economia de 7,6%, o que gera em torno de 4,15 R\$ ha⁻¹. Como o custo da tecnologia embarcada é de 0,20 R\$ ha⁻¹, conforme a Fundação ABC (2011), a adoção do piloto automático é economicamente viável mesmo em áreas com reduzido tempo de manobra.

Comprovam-se as afirmações de SHARDA et al. (2010) que a utilização de piloto automático resulta em maior rendimento operacional; devido à redução dos esforços mentais do operador, diminuição da sua fadiga e aumento da qualidade de trabalho.

CONCLUSÕES

A agricultura de precisão com piloto automático pode gerar uma economia significativa no tempo e custo operacional da semeadura pela elevação da eficiência no processo.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.A.S.; SILVA, C.A.T.; SILVA, S.L. Desempenho energético de um conjunto trator-semeadora em função do escalonamento de marchas e rotações do motor. **Agrarian**, Dourados, v.3, n.7, p.63-70, 2010.
- CIRANI, C.B.S.; MORAES, M.A.F.D. Inovação na indústria sucroalcooleira paulista: os determinantes da adoção das tecnologias de agricultura de precisão. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba, v.48, n.4, p.543-565, 2010. doi: 10.1590/S0103-20032010000400003.
- COX W.J.; CHERNEY, J.H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, Madison, v.103, n.1, p.123-128, 2011. doi: 10.2134/agronj2010.0316.
- Fundação ABC. **Planilha de custos de mecanização agrícola**. Castro: Fundação ABC, 2011. p.1.
- JASPER, R.; JASPER, M.; ASSUMPCÃO, P.S.M.; ROCIL, J.; GARCIA, L.C. Velocidade de semeadura da soja. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.1, p.102-110, 2011. doi: 10.1590/S0100-69162011000100010.
- LIMA, S.F.; ALVAREZ, R.C.F.; THEODORO, G.F.; BAVARESCO, M.; SILVA, K.S. Efeito da semeadura em linhas cruzadas sobre a produtividade de grãos e a severidade da ferrugem asiática da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.28, n.6, p.954-962, nov./dez. 2012.
- OLIVEIRA, T.C.A.; MOLIN, J.P. Uso de piloto automático na implantação de pomares de citros. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n.2, p.334-342, 2011. doi: 10.1590/S0100-69162011000200013.
- PELOIA, P.R.; MILAN, M. Proposta de um sistema de medição de desempenho aplicado à mecanização agrícola. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.4, p.681-691, jul/ago. 2010. doi: 10.1590/S0100-69162010000400012.
- SHARDA, A.; FULTON, J.P.; MCDONALD, T.P.; ZECH, W.C.; DARR, M.J.; BRODBECK, C.J. Real-time pressure and flow dynamics due to boom section and individual nozzle control on agricultural sprayers. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v.53, n.5, 2010. doi: 10.13031/2013.34891.
- SICHONANY, O.R.A.O.; SCHLOSSER, J.F.; MEDINA, R.D.; ROGGIA, I.B.; LÔBO, J.S.; SANTO F.B. Sistema computacional de gerenciamento para acompanhamento de desempenho de máquinas agrícolas instrumentadas com sensores. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.10, p.1773-1776, 2011. doi: 10.1590/S0103-84782011001000016.