

Desempenho e dimensionamento amostral para avaliação de uma semeadora-adubadora em plantio direto e convencional

Wellington Gonzaga do Vale^{1*}, Ricardo Ferreira Garcia¹, José Tarcísio Lima Thiebaut¹, Reynaldo Tancredo Amim¹ e Maria Cristina Cavalheiro Tourino²

¹Laboratório de Engenharia Agrícola, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Av. Alberto Lamego, 2000, 28013-602, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil.

²Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brasil. Autor para correspondência. E-mail: valewg@bol.com.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho e o tamanho amostral ideal (n) da patinagem e a capacidade de campo de uma semeadora em plantio direto (PD) e convencional (PC). Foi utilizado o método de amostragem ao acaso para determinação de n, considerando populações infinitas. Para estimar a patinagem no PC, com $\alpha = 5\%$ e precisão igual a 5, 10, 15 e 20%, é necessário um número de repetição igual a 115, 29, 13 e 8, respectivamente. Já no PD, observou-se 422, 106, 47 e 27, respectivamente. Para a capacidade de campo teórica (Ct) no PC, é necessário um número de repetição igual a 27, 7, 3 e 2, respectivamente. Já no PD, observou-se 45, 12, 5 e 3, respectivamente. Para a capacidade de campo efetiva (Ce) da semeadora no PC, é necessário um número de repetição igual a 33, 8, 4 e 2, respectivamente. Já no PD, observou-se 36, 9, 4 e 3, respectivamente. A patinagem para o PC foi 10,7%, e no PD, 7,2%. A Ct foi $2,67 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ no PC, e $3,19 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ no PD. A Ce foi $1,72 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ no PC, e $2,08 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ no PD.

Palavras-chave: amostragem, capacidade de campo, patinagem.

ABSTRACT. Analysis of performance and sample dimension to evaluate a sowing-fertilizer machine under direct and conventional planting. The objective was to analyze the performance and ideal size of sample (n) of the slip and the capacity of row a crop planter under no-till (NS) and prepared seedbed (PS). A random sample method was used to determine "n", considering infinite populations. To estimate the slip on PS, using $\alpha = 5\%$ and precisions equal to 5, 10, 15, and 20%, it is necessary to perform a number of repetitions equal to 115, 29, 13, and 8, respectively. For the NS, 422, 106, 47, and 27 were observed, respectively. For the theoretical field capacity (tC) on PS, it is necessary to perform a number of repetitions equal to 27, 7, 3, and 2, respectively. For NS, 45, 12, 5, and 3 were observed, respectively. For the effective field capacity (eC) in PS, it is necessary to perform a number of repetitions equal to 33, 8, 4, and 2, respectively. For NS, 36, 9, 4, and 3 were observed, respectively. The slip for PS was 10.7%, and for NS it was 7.2%. The tC was $2.67 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ on PS, and $3.19 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ on NS. The eC was $1.72 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ on PS, and $2.08 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ on NS.

Key words: sampling, field capacity, slip.

Introdução

No Norte Fluminense, grande parte do relevo é plana, favorecendo a utilização de máquinas em todas etapas da produção agrícola. Com o uso intenso de máquinas na cultura da cana-de-açúcar, principal produto da região, e a ocorrência de chuvas de grande intensidade no verão verificam-se, com frequência, problemas pertinentes à conservação do solo e da água, resultando na desagregação e exposição do solo aos agentes intempéricos.

Os métodos convencionais de produção compostos por aração e gradagem caracterizam-se

pelo excessivo revolvimento do solo e, como consequência, ausência de cobertura na superfície do terreno. Por esse motivo, são questionados pelos crescentes e graves problemas de erosão, perda da fertilidade e umidade do solo, além de sua compactação.

O sistema de plantio direto está cada vez mais presente na agricultura brasileira. O método visa à maior conservação do solo e à redução do tráfego de máquinas, tendo como princípio o plantio direto em solo não-revolvido. Os aspectos mais relevantes para o sucesso da lavoura, no plantio direto, estão relacionados ao desempenho da semeadora, no que

se refere ao corte eficiente dos restos culturais, à abertura do sulco e colocação da semente e adubo em profundidades corretas e em contato com o solo. Também, é importante que as máquinas apresentem adequada regularidade, com distribuição precisa de insumos (Embrapa, 1994).

Avaliar máquinas agrícolas é, fundamentalmente, obter informações para uma tomada de decisão, que está se tornando tarefa cada vez mais complexa, especializada e altamente exigente em dados e informações técnicas em mecanização agrícola.

A avaliação de máquinas agrícolas é muito importante, principalmente das semeadoras, pois um dos grandes entraves para a adoção plena do plantio direto é a dificuldade em se obter semeadoras versáteis e resistentes, que sirvam para culturas e solos distintos, abram o sulco, removendo pouca terra e palha, tenham penetração e controle de profundidade aceitáveis e cubram, adequadamente, a semente, fatores esses que garantiriam o sucesso da exploração (Gassen e Gassen, 1996 *apud* Reis et al., 2002).

A determinação do tamanho amostral ideal de experimentos é um dos principais problemas com o qual se depara o pesquisador no seu planejamento e implantação. Entre os vários fatores que podem ser considerados na fixação do número de amostras do parâmetro estudado, destacam-se a forma e o tamanho da parcela, a precisão experimental e a representatividade desta amostra, pois, independentemente do objetivo da pesquisa, o pesquisador está interessado na obtenção de diferenças estatísticas entre os tratamentos, o que depende, essencialmente, da precisão com que os dados são obtidos.

A execução de experimentos é, muitas vezes, limitada pelo grande número de mensurações obtidas na unidade experimental. A amostragem é uma alternativa, porém, ao dimensionar uma amostra aleatória simples, necessita-se do conhecimento prévio da variância da população e do grau de precisão desejado. Quando não se dispõem de informações sobre a variabilidade da população, deve-se realizar uma pré-amostragem, em pequena escala, a fim de que se possam obter estimativas dos parâmetros populacionais que serão usados na obtenção do melhor tamanho da amostra (Silveira Júnior et al., 1980 *apud* Martin et al., 2005).

A diferença entre o valor estimado, na amostra, e o valor do parâmetro, na população, denomina-se erro amostral ou de amostragem (Gomez e Gomez, 1984), e obviamente o erro de amostragem diminui à medida que o tamanho da amostra aumenta.

A recomendação mais frequente em relação ao

tamanho e forma de parcelas experimentais, indica o uso de parcelas retangulares e pequenas, em detrimento das parcelas quadradas e grandes (Bakke, 1988). No entanto, o tamanho adequado da parcela depende da natureza dos tratamentos, disponibilidade de área e recursos e dos aspectos referentes ao grau de precisão estatística requerida para os testes e estimações (Chaves, 1985 *apud* Neto et al., 2004).

A literatura pode orientar sobre qual tamanho empregar, mas alguns critérios devem ser avaliados pelo pesquisador, tais como heterogeneidade do solo, natureza do material experimental, número de tratamentos, repetições, competições interculturais, questões práticas e custo do experimento (Storck, 1979; Chaves, 1985; Bertolucci, 1990; Alves, 2004).

A recomendação mais frequente em relação ao número de repetição é que seja, no mínimo, de três. Isso leva a obtenção de três dados para cada tratamento e, dependendo do parâmetro estudado e do nível de precisão, não é suficiente, pois quanto maior o grau de variação do parâmetro e quanto maior o nível de precisão, maior deve ser a amostra, ou seja, deve-se repetir mais vezes.

A repetição objetiva propiciar estimativas do erro experimental, tão importante nos testes dos efeitos dos tratamentos e dos parâmetros dos modelos usados nas pesquisas realizadas por experimentos. A repetição permite, também, a distribuição dos tratamentos em maior espaço do ambiente, com vistas a adequar a extrapolação dos resultados obtidos. Dagnelie (1977) *apud* Rossetti (2002), demonstrou que quanto maior for o número de repetições, mais fidedigna será a estimativa do erro experimental, portanto, haverá mais segurança na aplicação dos testes estatísticos e maior confiabilidade nos resultados. Por outro lado, dependendo do número de tratamentos, do tamanho da parcela e do delineamento experimental utilizado, o experimento pode crescer tanto que, às vezes, torna-se impraticável. É exatamente por isso que muitos experimentos utilizam parcelas grandes, com longas distâncias percorridas, em detrimento do número de repetições, o que é bastante grave quanto à estimativa do erro experimental e, em última análise, aos resultados obtidos nesses experimentos, uma vez que, em geral, as parcelas grandes tem maior variância (Rossetti et al., 1996), e conseqüentemente aumentam a variância da média de cada tratamento.

A determinação prévia do número mínimo de repetições necessárias para se obter o melhor resultado tem grande importância e deve ser avaliada antes da instalação do experimento definitivo. O

ideal é que esta avaliação seja feita na área onde vai ser realizado o experimento ou em condições semelhantes. O uso de parcelas de tamanho ótimo contribui para que se ajuste um razoável número de repetições para obtenção de resultados satisfatórios. Os experimentos dessa área com grande número de tratamentos, em que as interações máquina *versus* solo e velocidade *versus* cobertura vegetal tem particular importância e tem sido os mais atingidos. No outro extremo, estão os experimentos com poucos tratamentos, sendo que a literatura preconiza que se faça mais de uma repetição no bloco, no caso dos delineamentos de blocos ao acaso, para que se tenha, conforme Banzatto e Kronka (1995), maior número de graus de liberdade para estimar o erro experimental. Mas, quanto ao aspecto da distribuição dos tratamentos em espaço maior para estabelecer a validade de extrapolação dos resultados, esta fica prejudicada, pois a área experimental, normalmente pequena, restringe os resultados àquelas condições. Isso indica a necessidade de estudo intensivo na relação entre tamanho de parcelas e número de repetições.

É muito importante que o parâmetro estudado tenha distribuição normal. Para populações grandes ($N \geq 30$), a distribuição amostral das médias é aproximadamente normal, independentemente da população.

O aumento no número de repetições parece ser mais eficiente do que o aumento no tamanho da parcela, no sentido de melhor aproveitamento da área experimental. Além disso, parcelas experimentais, excessivamente grandes, tornam o trabalho mais difícil e oneroso (Storck, 1979; Vieira, 1996).

Atualmente, os trabalhos realizados, na área de estudo, tem utilizado delineamento em bloco, ao acaso ou inteiramente ao acaso, em esquema fatorial para estimar e analisar os parâmetros estudados, diferente do método utilizado neste trabalho.

Mantovani *et al.* (1999), avaliando o desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes, utilizados em semeadoras de milho; Oliveira *et al.* (2000), avaliando o desempenho de uma semeadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal, em parcelas com comprimento de 50 m; e Cepik *et al.* (2005), avaliando a força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em parcelas de 20 m, repetiram três vezes cada tratamento.

Casão Júnior *et al.* (2000), avaliando o desempenho da semeadora Magnum 2850, em plantio direto, no basalto paranaense, em parcelas com comprimento de 30 m; Reis *et al.* (2002),

avaliando o desempenho de duas semeadoras de plantio direto, em diferentes teores de água, em um solo argiloso, em parcelas de 40 m; e Sato (2002), avaliando o desempenho de semeadoras, no plantio direto, das culturas de milho e do feijoeiro, em parcelas de 100 m, repetiram quatro vezes cada tratamento.

Branquinho *et al.* (2004), avaliando o desempenho de uma semeadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo; Furlani *et al.* (2005a), avaliando uma semeadora de precisão, trabalhando em três sistemas de preparo do solo; e Furlani *et al.* (2005b), avaliando as exigências de uma semeadora de precisão, variando a velocidade e a condição da superfície do solo, em parcelas com comprimento de 25 m, repetiram quatro vezes cada tratamento.

Modolo *et al.* (2005), avaliando a força de tração necessária, em função do número de linhas de semeadura utilizadas por uma semeadora de precisão, em parcelas com comprimento de 17 m, e Bortolotto *et al.* (2006), avaliando a demanda energética de uma semeadora para soja em diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo, em parcelas de cinco metros, repetiram quatro vezes cada tratamento.

Mello *et al.* (2003), avaliando a distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho, em função da velocidade de semeadura, usando parcelas com comprimento de 50 m, repetiram seis vezes cada tratamento.

Mahl *et al.* (2004), avaliando a demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho, em variação de velocidade e condição de solo, usando parcelas com comprimento de 20 m, repetiram oito vezes cada tratamento.

Pacheco *et al.* (1996), avaliando uma semeadora de precisão, repetiram 16 vezes cada tratamento.

O objetivo deste trabalho foi analisar o desempenho e dimensionar o tamanho amostral ideal (n) para estimar a patinagem e a capacidade de campo de uma semeadora, em plantio direto (PD) e convencional (PC).

Material e métodos

Dois experimentos foram realizados, no período de novembro a dezembro de 2005, em áreas experimentais da Unidade Experimental da UENF, localizadas na Escola Estadual Agrícola Antônio Sarlo e da Fazenda Barra Seca, em Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro. O solo da primeira localidade é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo (LV), plano. Na segunda

localidade, o solo é do tipo Cambissolo (C), plano (Prado, 2005).

Na Fazenda Barra Seca, semeou-se milho em sistema de plantio convencional (PC), e, na Escola Estadual Agrícola, semeou-se sorgo, em sistema de plantio direto (PD). Trabalhou-se com três linhas de semeadura, no milho e no sorgo, com 0,90 m de espaçamento. No experimento em PC, foi utilizado um trator New Holland TL 100 4x2 TODA, com potência máxima de 68,70 kW (93,4 cv) no motor. No experimento em PD, foi utilizado um trator Massey Ferguson MF 275 4x2 TODA, com potência máxima de 55,16 kW (75 cv) no motor.

Os equipamentos utilizados, no preparo do solo no PC, foram grades aradora e niveladora. Para dessecar a cobertura vegetal, no PD, utilizou-se um pulverizador de barras montado.

Nas semeaduras, foi utilizada a semeadora-adubadora de plantio direto MAX Seed-Max PCR 2226, equipada com quatro linhas espaçadas de 0,90 m, com capacidade total de 500 kg de adubo e 40 kg por linha de sementes – durante os experimentos, mantiveram-se os depósitos completos. A semeadora possui pneu motriz, tipo militar 6,50-16, disco de corte de palhada de 0,41 m de diâmetro, sulcadores do tipo discos duplos defasados para abertura do solo para fertilizantes e sementes e rodas de controle de profundidade/compactador do tipo roda dupla cônica angulada em V.

Foi utilizado o método de amostragem simples ao acaso para determinação do número ótimo de amostras, utilizando o nível de significância de 5% e o desvio variando de 5 a 20% em torno da média amostral, considerando populações infinitas. Os experimentos foram configurados na mesma estrutura, sendo que, no PC, ocupou uma área total de 4063 m², e, no PD, 1192 m², sendo cada parcela formada por distâncias percorridas pelas rodas da semeadora para completar cinco voltas, com largura de trabalho de 1,80 m, repetido 190 e 58 vezes, respectivamente. Em cada ensaio, foi registrado o tempo gasto em cada percurso, os quais foram obtidos com um cronômetro digital.

A patinagem das rodas motrizes da semeadora foi calculada pela Equação 1. Cada dado de patinagem foi obtido deslocando-se a semeadora para suas rodas completarem cinco voltas.

$$S = \left(\frac{A_n - A_1}{A_n} \right) 100 \quad (1)$$

em que:

S = patinagem rodados motrizes da semeadora, %;
 A_n = avanço com carga por número de voltas, m; e

A_1 = avanço sem carga por número de voltas, m.

A condição de avanço, com carga, foi calculada pela relação entre a distância percorrida durante a semeadura e o número de voltas percorridas. A condição de avanço, sem carga, foi calculada pela relação entre a distância percorrida pela semeadora em pista asfaltada, condição considerada sem patinagem, e o número de voltas percorridas.

A capacidade de campo teórica foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora e sua velocidade de deslocamento medida no campo. A capacidade de campo teórica foi calculada pela Equação 2.

$$Ct = L v \quad (2)$$

em que:

Ct = capacidade de campo teórica, m² s⁻¹;
 L = largura útil de trabalho da semeadora, m; e
 v = velocidade real de deslocamento do conjunto, m s⁻¹.

A capacidade de campo efetiva foi determinada por meio da largura útil de trabalho da semeadora e sua velocidade de deslocamento medida no campo, considerando-se, segundo a ASAE (2003), uma eficiência de campo de 65%. A capacidade de campo efetiva foi calculada pela Equação 3.

$$Ce = C_t E_f \quad (3)$$

em que:

Ce = capacidade de campo efetiva, m² s⁻¹; e
 E_f = eficiência de campo, decimal.

Foi utilizado o método de amostragem simples ao acaso para determinação do número ótimo de amostras, utilizando o nível de significância de 5% e os desvios de 5 a 20% em torno da média amostral, considerando populações infinitas.

A estimativa do tamanho da amostra ideal (n) pode ser obtida pela Equação 4.

$$n = \left(\frac{t^2 s^2}{d^2} \right) \quad (4)$$

em que:

n = tamanho da amostra ideal;
 t = $t_{(\alpha/2)}$ ($n-1$) da distribuição de Student para testes de significância (bilateral a 5%);
 s = estimativa do desvio-padrão da amostra; e
 d = Semi-amplitude do intervalo de confiança (em decimal) para a média.

O intervalo de confiança, para a média por meio da teoria normal, foi obtido pela Equação 5, no caso

da amostragem de uma população infinita, ou tirada, com reposição, de uma população finita.

$$IC_{95\%} = \hat{y} \pm t_{\frac{\alpha}{2}} \left(\frac{s}{\sqrt{n}} \right) \quad (5)$$

em que:

$IC_{95\%}$ = intervalo de confiança com 95% de probabilidade; e

\hat{y} = estimativa da média amostral.

Resultados e discussão

A Tabela 1 apresenta os resultados das estimativas dos parâmetros média, variância e coeficiente de variação (CV) das amostras para patinagem da semeadora, capacidades de campo teórica e efetiva e velocidade real dos conjuntos dos dois experimentos.

É possível observar que o PC proporciona valores menores para os parâmetros variância, e CV, porém, maior patinagem das rodas da semeadora do que no PD. Isso pode ser explicado pelo fato de que, no PC, a área é toda sistematizada por meio de gradagens pesadas e leves que tem por objetivo deixar a área uniforme para a semeadura; isso foi observado por Reis *et al.* (2002) e por Oliveira *et al.* (2000).

Tabela 1. Estimativas da média, variância e coeficiente de variação para patinagem, capacidade de campo e velocidade.

Patinagem do rodado motriz (%)			
Sistema de Preparo	Média	Variância	CV (%)
PC	10,74	2,07	13,42
PD	7,18	3,34	25,37
Capacidade de Campo Teórica (m ² s ⁻¹)			
Sistema de Preparo	Média	Variância	CV (%)
PC	2,67	0,004	6,38
PD	3,19	0,007	7,28
Capacidade de Campo Efetiva (m ² s ⁻¹)			
Sistema de Preparo	Média	Variância	CV (%)
PC	1,72	0,002	6,38
PD	2,08	0,003	7,28
Velocidade de Deslocamento do Conjunto (m s ⁻¹)			
Sistema de Preparo	Média	Variância	CV (%)
PC	1,48	0,133	6,38
PD	1,77	0,279	7,28

No PC, o solo encontra-se mais solto, reduzindo a capacidade de aderência entre o pneu e o solo, ocorrendo maior patinagem. No PD, como o solo não foi mobilizado, pode-se considerá-lo firme e isso ajuda a diminuir a patinagem por favorecer a aderência entre o pneu e o solo. Os valores de patinagem obtidos no PC e PD não estão de acordo com os propostos por Balastreire (1990), isto é, 8% para roda de borracha lisa e 4% para borracha

ranhurada. Os valores de patinagem obtidos no PC diferem dos propostos por Weber *et al.* (2001), que determinam uma faixa de 3,2 a 8,8%. Os valores da patinagem, obtidos no PC, estão acima dos observados por Balastreire (1990), Oliveira *et al.* (2000), Casão Júnior *et al.* (2000) e Weber *et al.* (2001). Já, os obtidos no PD estão de acordo com os observados por Reis *et al.* (2002), Weber *et al.* (2001), Arend *et al.* (2005) e Bortolotto *et al.* (2006).

As capacidades de campo teórica e efetiva apresentam comportamento igual a velocidade, pois a largura útil de trabalho foi igual em todas as parcelas. Os valores das capacidades de campo teórica e efetiva foram menores que os encontrados por Chaplin *et al.* (1988), Levien *et al.* (1999), Marques *et al.* (1999), Furlani *et al.* (2004), Mahl *et al.* (2004), Furlani *et al.* (2005a) e Furlani *et al.* (2005b), e foram maiores que os encontrados por Silveira *et al.* (2006) e muito próximo dos encontrados por Branquinho *et al.* (2004). Foram observadas maiores capacidades de campo teórica e efetiva na velocidade de 1,77 m s⁻¹ no PD.

A Tabela 2 apresenta os intervalos de confiança, com 95% de probabilidade, com 5% de significância e com níveis de precisão de 5% para a patinagem no PC e 14% no PD, e 5% para as capacidades de campo teórica e efetiva no PC e PD, em torno da média.

Tabela 2. Intervalos de confiança para os parâmetros patinagem, capacidades de campo teórica e efetiva.

Intervalos de Confiança	PC	PD
Patinagem (%)	10,5 – 10,9	6,7 – 7,7
Capacidade de Campo Teórica (m ² s ⁻¹)	2,66 – 2,70	3,13 – 3,25
Capacidade de Campo Efetiva (m ² s ⁻¹)	1,72 – 1,76	2,04 – 2,12

Pode-se dizer que há uma probabilidade fiducial de 95% de que a verdadeira patinagem dos rodados da semeadora esteja entre 10,5 e 10,9% no PC e entre 6,7 a 7,7% no PD. E que a verdadeira capacidade de campo teórica esteja entre 2,66 e 2,70 m² s⁻¹ no PC e entre 3,13 e 3,25 m² s⁻¹ no PD. Enquanto que a verdadeira capacidade de campo efetiva esteja entre 1,72 e 1,76 m² s⁻¹ no PC e entre 2,04 e 2,12 m² s⁻¹ no PD. Pode-se concluir, com isso, que, num grande número de experimentos semelhantes, intervalos análogos ao de extremos determinados anteriormente encerrarão os verdadeiros valores em 95% dos casos.

Pode-se dizer que há uma probabilidade fiducial de 95% de que a verdadeira patinagem dos rodados da semeadora esteja entre 10,5 e 10,9% no PC e entre 6,7 a 7,7% no PD. E que a verdadeira capacidade de campo teórica esteja entre 2,66 e 2,70

$m^2 s^{-1}$ no PC e entre 3,13 e $3,25 m^2 s^{-1}$ no PD. Enquanto que a verdadeira capacidade de campo efetiva esteja entre 1,72 e $1,76 m^2 s^{-1}$ no PC e entre 2,04 e $2,12 m^2 s^{-1}$ no PD. Pode-se concluir, com isso, que, num grande número de experimentos semelhantes, intervalos análogos ao de extremos determinados anteriormente encerrarão os verdadeiros valores em 95% dos casos.

A Figura 1 apresenta as relações entre o espaço percorrido pelas rodas da semeadora para completar cinco voltas e a área da parcela trabalhada em função da patinagem.

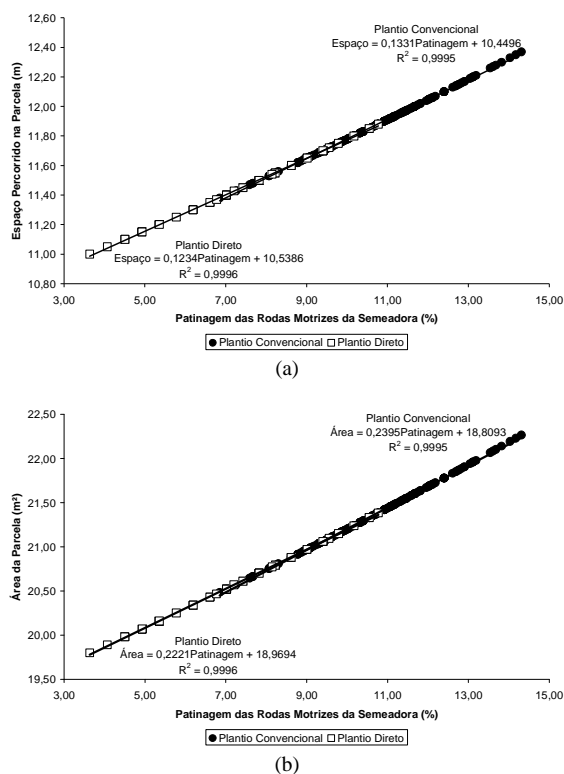


Figura 1. a) Relação entre o espaço percorrido e a patinagem, e b) relação entre a área da parcela trabalhada e a patinagem.

Pode-se observar que, no PC, a distância percorrida para completar as cinco voltas do rodado da semeadora foi em média 11,88 m e a área trabalhada de $21,38 m^2$ para estimar o parâmetro patinagem. No PD, a distância foi de 11,43 m e a área de $20,57 m^2$ para um mesmo nível de precisão, isso devido à diferença de condição do solo nos dois tipos de sistemas.

A Figura 2 apresenta as relações entre tamanho amostral ideal para estimar patinagem, as capacidades de campo teórica e efetiva e os níveis de precisão. Pode-se observar que os tamanhos ideais cresceram continuamente com o aumento do nível de precisão, confirmando a existência de relação diretamente proporcional entre esses parâmetros (Figura 2a, b e c).

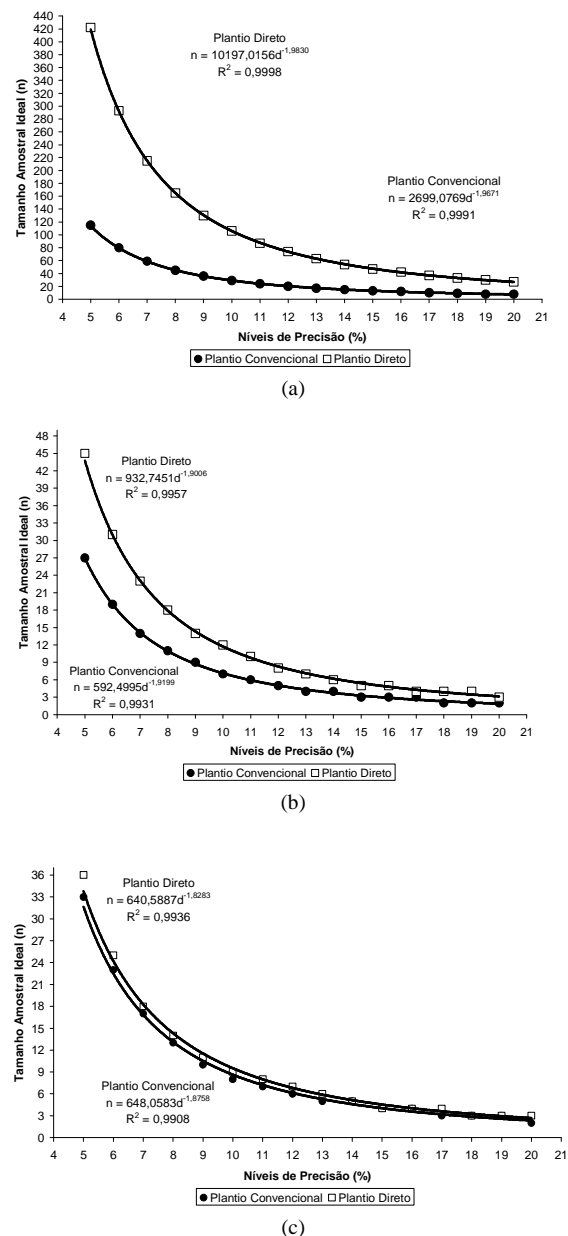


Figura 2. Relação entre o tamanho ideal amostral e o nível de precisão em torno da média para estimar os parâmetros: a) patinagem (%), b) capacidade de campo teórica ($m^2 s^{-1}$), c) capacidade de campo efetiva ($m^2 s^{-1}$).

Trabalhos, na área de solos, confirmam a existência de maior variabilidade no PD, em relação ao PC (Souza et al., 1998; Schlindwein e Anghinoni, 2000 apud Neto et al., 2004), o que indica a necessidade de maior tamanho de parcela ou aumento no número de repetições no PD (Neto et al., 2004). Para estimar a patinagem no PC, com 5% de significância aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 115, 29, 13 e 8, respectivamente. Enquanto que no PD, são necessárias 422, 106, 47 e 27, respectivamente.

Para estimar a Ct, no PC, com 5% de significância aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 27, 7, 3 e 2, respectivamente. Enquanto que, no PD, são necessárias 45, 12, 5 e 3, respectivamente.

Para estimar a Ce no PC, com 5% de significância aos níveis de 5, 10, 15 e 20% de precisão em torno da média, são necessárias repetições iguais a 33, 8, 4 e 2, respectivamente. Enquanto que, no PD, são necessárias 36, 9, 4 e 3, respectivamente.

Ocorreram reduções acentuadas nos tamanhos ideais das amostras, com a diminuição do nível de precisão em torno da média (Figura 2a, b e c), confirmando o marcante efeito desse fator no dimensionamento do experimento. Experimentos com um nível de precisão muito alto tornam o trabalho mais difícil e oneroso. Embora, para estabelecer a validade de extrapolação dos resultados, esta fique prejudicada, pois a área experimental, normalmente pequena, restringe os resultados àquelas condições.

A eficiência de uso da área experimental também é maior no PC, uma vez que, para um dado número de voltas da roda da semeadora e uma mesma precisão experimental, pode-se obter a estimativa da patinagem e as capacidades de campo teórica e efetiva, com um número menor de repetições em relação ao PD.

Conclusão

A patinagem dos rodados da semeadora foi maior no PC.

As capacidades de campo teórica e efetiva foram maiores no PD, onde o conjunto se deslocou com maior velocidade.

O PD exige menor tamanho de parcela, em relação ao PC, para determinar a patinagem.

Um mesmo nível de precisão pode ser obtido, utilizando-se números maiores de repetição no PD, para estimar patinagem dos rodados da semeadora e as capacidades de campo teórica e efetiva, em relação ao PC.

A eficiência de uso da área experimental é maior no PC, uma vez que, para um dado número de voltas da roda da semeadora e uma mesma precisão experimental, pode-se obter a estimativa da patinagem dos rodados da semeadora e as capacidades de campo teórica e efetiva, com um número menor de repetições em relação ao PD.

Referências

ASAE-American Society of Agricultural Engineers. *Terminology and definitions for agricultural tillage implements*. St. Joseph: ASAE Standards, 2003. p. 373-380.

ALVES, S.M.F. Coeficiente de heterogeneidade do solo e tamanho de parcela. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 39, n. 2, p. 105-111, 2004.

AREND, L. *et al.* Desenvolvimento e testes de uma semeadora-adubadora modular para pequenas propriedades. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 25, n. 3, p. 801-808, 2005.

BAKKE, O.A. *Tamanho e forma ótimos de parcelas em delineamentos experimentais*. 1988. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1988.

BALASTREIRE, L.A. *Máquinas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1990.

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. *Experimentação agrícola*. 3. ed. Jaboticabal: Funep/Unesp, 1995.

BERTOLUCCI, F.L.G. *Novas alternativas de tamanho e forma da parcela experimental para avaliação de progêneses do feijoeiro*. 1990. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1990.

BORTOLOTTI, V.C. *et al.* Demanda energética de uma semeadora-adubadora para soja sob diferentes velocidades de deslocamento e coberturas do solo. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 26, n. 1, p. 122-130, 2006.

BRANQUINHO, K.B. *et al.* Desempenho de uma semeadora-adubadora direta, em função da velocidade de deslocamento e do tipo de manejo da biomassa da cultura de cobertura do solo. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 24, n. 2, p. 374-380, 2004.

CASÃO JÚNIOR, R. *et al.* Desempenho da semeadora-adubadora Magnum 2850 em plantio direto no basalto paranaense. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 3, p. 523-532, 2000.

CHAPLIN, J. *et al.* Drawbar energy use for tillage operations on Loamy sand. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 6, p. 1692-1694, 1988.

CEPIK, C.T.C. *et al.* Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 25, n. 2, p. 447-457, 2005.

CHAVES, L.J. *Tamanho de parcela para seleção de progêneses de milho (Zea mays L.)*. 1985. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1985.

EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Avaliação do desempenho de plantadoras diretas para culturas de verão*. Passo Fundo: Centro Nacional de Pesquisa de Trigo, 1994.

FURLANI, C.E.A. *et al.* Desempenho operacional de uma semeadora-adubadora de precisão, em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 24, n. 2, p. 388-395, 2004.

FURLANI, C.E.A. *et al.* Avaliação de semeadora-adubadora de precisão trabalhando em três sistemas de preparo do solo. *Eng. Agric.*, Sorocaba, v. 25, n. 2, p. 458-464, 2005a.

FURLANI, C.E.A. *et al.* Exigências de uma semeadora-adubadora de precisão variando a velocidade e a condição da superfície do solo. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35,

- n. 4, p. 920-923, 2005b.
- GOMEZ, K.A.; GOMEZ, A.A. *Statistical procedures for agricultural research*. 2. ed. New York: John Wiley, 1984.
- LEVIEN, R. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão, em semeadura de milho (*Zea mays* L.), sob diferentes formas de manejo do solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999. 1 CD-ROM.
- MAHL, D. et al. Demanda energética e eficiência da distribuição de sementes de milho sob variação de velocidade e condição de solo. *Eng. Agríc.*, Sorocaba, v. 24, n. 1, p. 150-157, 2004.
- MANTOVANI, E.C. et al. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 34, n. 1, p. 93-98, 1999.
- MARQUES, J.P. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora de precisão na semeadura de milho (*Zea mays* L.) em preparo convencional do solo e em semeadura direta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. *Anais...* Pelotas: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1999.
- MARTIN, T.N. et al. Plano amostral em parcelas de milho para avaliação de atributos de espigas. *Cienc. Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1257-1262, 2005.
- MELLO, L.M.M. et al. Distribuição de sementes e produtividade de grãos da cultura do milho em função da velocidade de semeadura. *Eng. Agríc.*, Sorocaba, v. 23, n. 3, p. 563-567, 2003.
- MODOLO, A.J. et al. Força de tração necessária em função do número de linhas de semeadura utilizadas por uma semeadora-adubadora de precisão. *Eng. Agríc.*, Sorocaba, v. 25, n. 2, p. 465-473, 2005.
- NETO, D.H. et al. Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 39, n. 6, p. 517-524, 2004.
- OLIVEIRA, M.L. et al. Desempenho de uma semeadora-adubadora para plantio direto, em dois solos com diferentes tipos de cobertura vegetal. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1455-1463, 2000.
- PACHECO, E.P. et al. Avaliação de uma semeadora-adubadora de precisão. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 31, n. 3, p. 209-214, 1996.
- PRADO, H. *Solos do Brasil: gênese, morfologia, classificação, levantamento, manejo*. 4. ed. Piracicaba: O Autor, 2005.
- REIS, E.F. et al. Avaliação do desempenho de duas semeadoras-adubadoras de plantio direto em diferentes teores de água em um solo argiloso. *Eng. Agríc.*, Viçosa, v. 10, n. 1-4, p. 61-68, 2002.
- ROSSETTI, A.G. Influência da área da parcela e do número de repetições na precisão de experimentos com arbóreas. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 37, n. 4, p. 433-438, 2002.
- ROSSETTI, A.G. et al. Tamanho ótimo de parcelas experimentos de campo com cajueiro anão precoce. *Pesq. Agropecu. Bras.*, Brasília, v. 31, n. 12, p. 843-852, 1996.
- SATO, R.H. *Desempenho de semeadoras-adubadoras no plantio direto das culturas de milho e do feijoeiro*. 2002. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- SILVEIRA, G.M. et al. Determinação da eficiência de campo de conjuntos de máquinas convencionais de preparo do solo, semeadura e cultivo. *Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.*, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 220-224, 2006.
- SOUZA, L.S. et al. Variabilidade de fósforo, potássio e matéria orgânica no solo em relação a sistemas de manejo. *Rev. Bras. Cienc. Solo*, Viçosa, v. 22, p. 77-86, 1998.
- STORCK, L. *Estimativa do tamanho e forma de parcela e número de repetições para experimentos com milho (*Zea mays* L.)*. 1979. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1979.
- VIEIRA, N.E. *Tamanho e forma de parcela experimental para avaliação de genótipos de arroz (*Oryza sativa* L.) de sequeiro*. 1996. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 1996.
- WEBER, C.J. et al. Modelamento e simulação dos erros da cadeia cinemática de acionamento e do disco dosador em semeadoras de precisão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30., 2001, Foz do Iguaçu. *Anais...* Cascavel: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001.

Received on March 27, 2007.

Accepted on November 12, 2007.