VARIABILIDADE ESPACIAL DA QUALIDADE DA SEMEADURA E DESEMPENHO OPERACIONAL NA IMPLANTAÇÃO DO MILHO DE SEGUNDA SAFRA

Allan Henrique Pereira – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
allan14ms@gmail.com
Leidy Zulys Leyva Rafull – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
leidyrafull@ufgd.edu.br
Cristiano Márcio Alves de Souza – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
csouza@ufgd.edu.br
Roberto Carlos Orlando – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
robertoorlando@ufgd.edu.br
Boneze Nhampoca Jaime Joaquim – Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD)
nhampoface@gmail.com

RESUMO

A qualidade da semeadura e o desempenho operacional das máquinas influenciam a implantação do milho de segunda safra. Objetivou-se avaliar a variabilidade espacial da qualidade da semeadura e o desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora em uma propriedade rural de Dourados, MS. A semeadura foi realizada com um trator Valmet 1580 e uma semeadora-adubadora Valtra Hi-tech BP 1106 L, de seis linhas espaçadas em 0,9 m. Em 49 pontos georreferenciados, foram quantificados o estande e as porcentagens de espaçamentos normais, falhos e duplos entre plântulas. A dependência espacial desses indicadores foi examinada por semivariogramas, e foram elaborados mapas do estande e dos espaçamentos normais e falhos. Também foram determinadas as capacidades de campo efetiva e operacional, o rendimento de campo e o consumo de combustível nos três talhões. O estande médio foi de 4,79 plantas m^{-1}, equivalente a aproximadamente 53.222 plantas ha^{-1}. Os espaçamentos normais representaram 75,5% do total, os falhos, 18,0%, e os duplos, 6,5%. O estande e os espaçamentos falhos apresentaram dependência espacial moderada; os normais, fraca. O ajuste para os espaçamentos duplos não permitiu caracterizar sua dependência espacial de forma confiável. A maior capacidade de campo operacional ocorreu no talhão semeado a 5,3 km h^{-1}, enquanto o menor consumo de combustível por hectare foi observado no talhão semeado a 6,3 km h^{-1}. A proporção de espaçamentos normais superou a referência adotada, embora o estande tenha ficado abaixo do planejado.

Palavras-chave: milho safrinha; distribuição longitudinal; geoestatística; capacidade de campo; consumo de combustível.

ABSTRACT

Sowing quality and machine performance affect the establishment of second-crop maize. This study evaluated the spatial variability of sowing quality and the operational performance of a tractor–seed-fertilizer drill on a farm in Dourados, Mato Grosso do Sul, Brazil. Sowing was carried out using a Valmet 1580 tractor and a six-row Valtra Hi-tech BP 1106 L seed-fertilizer drill, with 0.9 m row spacing. Plant stand and the percentages of acceptable, skip, and multiple spacings between emerged seedlings were measured at 49 georeferenced points. Spatial dependence was examined using semivariograms, and thematic maps were produced for plant stand and acceptable and skip spacings. Effective and operational field capacities, field efficiency, and fuel consumption were also determined for three fields. Mean plant stand was 4.79 plants m^{-1}, equivalent to approximately 53,222 plants ha^{-1}. Acceptable spacings accounted for 75.5% of observations, skip spacings for 18.0%, and multiple spacings for 6.5%. Plant stand and skip spacings showed moderate spatial dependence, whereas acceptable spacings showed weak dependence. The fitted model did not allow reliable characterization of spatial dependence for multiple spacings. The highest operational field capacity was observed in the field sown at 5.3 km h^{-1}, while the lowest fuel consumption per hectare was recorded in the field sown at 6.3 km h^{-1}. The proportion of acceptable spacings exceeded the adopted benchmark, although plant stand remained below the planned population.

Keywords: second-crop maize; longitudinal distribution; geostatistics; field capacity; fuel consumption.

1. Introdução

O milho de segunda safra é cultivado em uma janela de tempo condicionada, entre outros fatores, pela colheita da cultura anterior e pelas condições climáticas. Nesse contexto, a operação de semeadura precisa conciliar rapidez e qualidade, pois a distribuição das sementes e o estabelecimento das plantas influenciam o aproveitamento da área e o desenvolvimento da cultura.

A qualidade da semeadura pode ser avaliada pelo estande de plantas e pela distribuição longitudinal das plântulas. A ocorrência de espaçamentos falhos e duplos indica desvios em relação à distribuição planejada e pode produzir diferenças na competição entre plantas. Além das médias obtidas na área, a localização desses desvios permite identificar regiões que exigem maior atenção durante o monitoramento da operação. Em estudo com milho de segunda safra, Arcoverde et al. (2017) utilizaram indicadores de estande e de espaçamento entre plântulas para avaliar a qualidade e a variabilidade espacial da semeadura.

O desempenho do conjunto trator-semeadora-adubadora também deve ser considerado. A largura de trabalho, a velocidade de deslocamento e o tempo gasto em manobras e interrupções afetam a capacidade operacional e o tempo necessário para concluir a semeadura. A velocidade pode ainda interferir no estabelecimento da cultura. Souza et al. (2019), ao avaliarem a semeadura do milho de segunda safra na região da Grande Dourados, observaram redução em indicadores de emergência e população de plântulas nas condições de maior velocidade estudadas. Assim, a avaliação conjunta da qualidade da semeadura, da capacidade de campo e do consumo de combustível oferece uma visão mais completa da operação em condições de produção.

Diante disso, objetivou-se avaliar a variabilidade espacial do estande de plantas e dos espaçamentos entre plântulas de milho de segunda safra, bem como caracterizar o desempenho operacional e o consumo de combustível de um conjunto trator-semeadora-adubadora em uma propriedade rural de Dourados, Mato Grosso do Sul.

2. Referencial teórico

2.1 Qualidade da semeadura do milho

A qualidade da semeadura do milho depende da deposição das sementes em quantidade e posição adequadas para estabelecer a população planejada. O estande de plantas e a distribuição longitudinal das plântulas são indicadores dessa qualidade, pois permitem verificar tanto a

quantidade de plantas emergidas quanto a regularidade de sua disposição na linha. Variações na densidade e no espaçamento podem alterar a competição entre plantas e seu desenvolvimento (ARGENTA et al., 2001).

A distribuição longitudinal é usualmente expressa pela proporção de espaçamentos normais, falhos e duplos, classificados em relação ao espaçamento de referência definido pela regulagem da semeadora (KURACHI et al., 1989). Os espaçamentos falhos indicam trechos com distância excessiva entre plântulas; os duplos, a proximidade excessiva entre elas. Esses indicadores complementam a avaliação do estande, uma vez que uma população próxima da planejada não assegura, por si só, distribuição uniforme na linha. Na semeadura do milho de segunda safra, Arcoverde et al. (2016) observaram que o acompanhamento desses indicadores permite identificar desvios de qualidade durante a operação.

2.2 Variabilidade espacial da qualidade da semeadura

As médias de estande e de espaçamento descrevem o comportamento geral de uma área, mas não mostram onde ocorrem os desvios. A coleta de dados em pontos georreferenciados permite examinar a distribuição espacial dos indicadores e representar sua variação por meio de mapas temáticos. Quando há dependência espacial demonstrada pela análise geoestatística, valores observados em pontos próximos podem ser utilizados para estimar os indicadores em locais não amostrados.

Ao avaliarem a semeadura do milho de segunda safra em uma área comercial, Arcoverde et al. (2017) combinaram indicadores de estande e distribuição longitudinal com análise da variabilidade espacial. Essa abordagem contribui para localizar regiões com maior frequência de falhas ou menor estande e para orientar a investigação das condições em que a semeadura foi realizada. A interpretação dos mapas, contudo, deve considerar a malha amostral e o ajuste dos modelos espaciais empregados ao estudo de variogramas, pressupondo a estacionaridade da hipótese intrínseca, definida pela Equação 1.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2 \quad (1)$$

em que, $\hat{\gamma}(h)$ - Semivariância em função da distância de separação entre pares de pontos; h - Distância de separação entre pares de pontos, m; N(h) - Número de pares experimentais de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separados por uma distância h.

2.3 Desempenho operacional do conjunto mecanizado

O desempenho de um conjunto trator-semeadora-adubadora pode ser caracterizado pela área semeada por unidade de tempo e pelo consumo de combustível. A capacidade de campo efetiva

considera o tempo em que a máquina realiza a semeadura (Equação 2); a capacidade de campo operacional incorpora também as interrupções necessárias à execução do trabalho (Equação 3). A relação entre essas capacidades expressa o rendimento de campo (Equação 4) e ajuda a identificar o efeito dos tempos não produtivos na operação (SILVA, 2005).

$$\mathrm{Cce} = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{T}} \quad (2)$$

$$\mathrm{Cco} = \frac{\mathrm{A}}{\mathrm{Tm}} \quad (3)$$

$$\mathrm{Rc} = 100\frac{\mathrm{Cco}}{\mathrm{Cce}} \quad (4)$$

em que, Cce - Capacidade de campo efetiva, ha h^{-1}; A - Área trabalhada, ha; T - Tempo de produção, h; Cco - Capacidade de campo operacional, ha h^{-1}; Tm - Horas de trabalho da máquina, h; Rc - Rendimento de campo, %.

A largura de trabalho e a velocidade de deslocamento influenciam a capacidade de campo, enquanto manobras, abastecimento e outras interrupções afetam o tempo total necessário para semear uma área. A escolha da velocidade deve considerar também a qualidade da implantação. Em estudo conduzido na região da Grande Dourados, Souza et al. (2019) observaram alterações em indicadores de emergência e população de plântulas associadas à velocidade de semeadura. A velocidade de operação média de sistemas comerciais é determinada por meio de medições nos talhões da área, tempo da operação, largura efetiva de trabalho da máquina e de seu rendimento de campo (Equação 5). O consumo horário de combustível é determinado usando diretamente os dados de gastos e do tempo (Equação 6), enquanto o consumo operacional de combustível é determinado em função da área trabalhada (Equação 7).

$$\mathrm{V} = 1000\frac{\mathrm{Cco}}{\mathrm{L}\cdot\mathrm{Rc}} \quad (5)$$

$$\mathrm{Chc} = \frac{\mathrm{Cgd}}{\mathrm{T}} \quad (6)$$

$$\mathrm{Coc} = \frac{\mathrm{T}\cdot\mathrm{Chc}}{\mathrm{A}} \quad (7)$$

em que, V - Velocidade, km h^{-1}; L - Largura de trabalho, m; Chc - litros por hora, L h^{-1}; Cgd - combustivel gasto diariamente, L; T - tempo diário trabalhado, h; Coc - consumo operacional de combustível, L ha^{-1}.

Por isso, a avaliação operacional deve ser interpretada em conjunto com o estande, a distribuição longitudinal das plântulas e o consumo de combustível.

3. Método de pesquisa

3.1. Local e condições da semeadura

O estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Dourados, Mato Grosso do Sul, localizada a 22°20′03″ S e 54°48′34″ W, com altitude média de 393 m (Figura 1a). O solo

da área foi descrito como Latossolo Vermelho distroférrico de textura argilosa. Antes da semeadura, a umidade gravimétrica do solo na camada de 0 a 10 cm era de 17,69%.

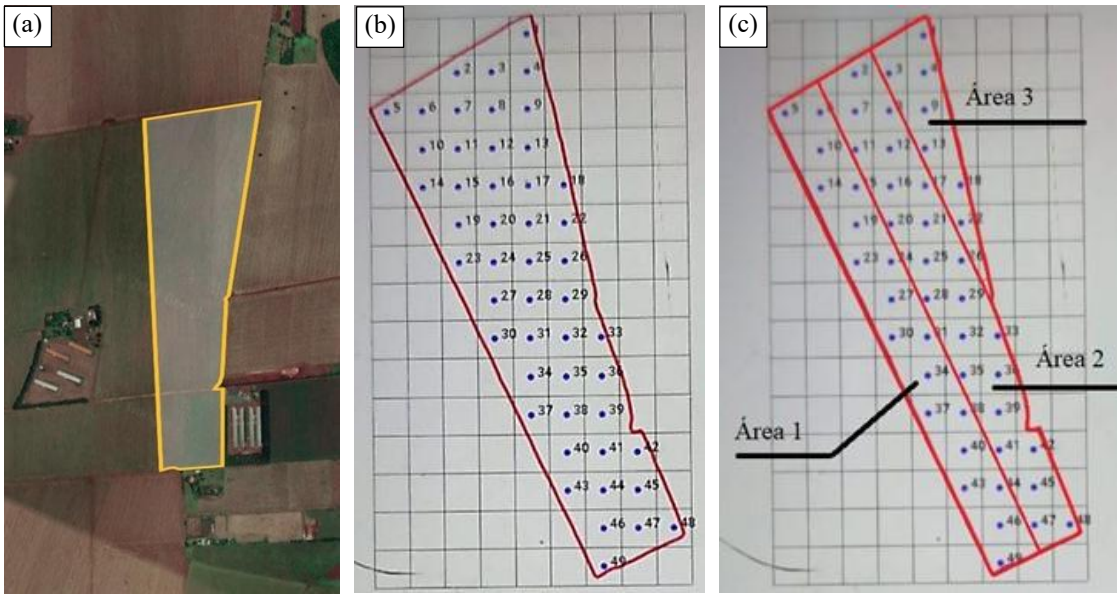


Figura 1 – Área de estudo em Dourados, MS: (a) imagem aérea; (b) malha de 49 pontos amostrais; e (c) divisão da área em três talhões de semeadura
Fonte: (a) Google Earth (2021); (b) e (c) Pereira (2021).

A semeadura do milho de segunda safra ocorreu em 20, 21 e 22 de fevereiro de 2021. Para acompanhar a operação, a área foi dividida em três talhões correspondentes às áreas semeadas em cada um desses dias.

3.2. Conjunto mecanizado e regulagem

O conjunto mecanizado foi composto por um trator Valmet 1580, com tração dianteira auxiliar e potência nominal de 145 cv, e uma semeadora-adubadora Valtra Hi-tech BP 1106 L. A semeadora possuía seis linhas espaçadas em 0,9 m, hastes sulcadoras para deposição do fertilizante, discos duplos defasados para deposição das sementes e dosador mecânico de sementes.

Foi utilizado o híbrido de milho DKB255 PRO3. A semeadora foi regulada para distribuir 5,4 sementes por metro de linha e 300 kg ha^{-1} de fertilizante. O abastecimento inicial foi realizado antes da jornada de trabalho, com reabastecimentos na área durante a operação.

3.3. Amostragem e indicadores da qualidade da semeadura

Para avaliar a qualidade da semeadura, foi estabelecida uma malha com 49 pontos georreferenciados, distribuídos aproximadamente à razão de um ponto por hectare (Figura 1b).

Aos 21 dias após a semeadura, foram avaliados dois metros consecutivos de uma linha em cada ponto. Registraram-se o número de plântulas emergidas e as distâncias entre plântulas consecutivas, medidas com uma trena de resolução de 0,005 m.

O estande foi expresso em plantas por metro e estimado em plantas por hectare a partir do espaçamento entre linhas. Os espaçamentos entre plântulas foram classificados, conforme Kurachi et al. (1989), em duplos, quando menores ou iguais a 0,5 vez o espaçamento de referência; normais, quando maiores que 0,5 e menores ou iguais a 1,5 vez esse espaçamento; e falhos, quando maiores que 1,5 vez o espaçamento de referência. Com a regulagem de 5,4 sementes m^{-1}, adotou-se espaçamento de referência de 0,185 m. Calculou-se, em cada ponto, a porcentagem de espaçamentos de cada classe.

3.4. Avaliação do desempenho operacional

O desempenho do conjunto foi avaliado separadamente para as três áreas (talhões) de semeadura (Figura 1c). Foram determinadas a capacidade de campo efetiva, pela relação entre a área semeada e o tempo de trabalho efetivo; a capacidade de campo operacional, pela relação entre a área semeada e o tempo total de operação; e o rendimento de campo, pela relação percentual entre as duas capacidades.

O consumo horário de combustível foi obtido pela razão entre o volume consumido e o tempo de operação. O consumo operacional foi expresso em litros por hectare, considerando o volume consumido e a área semeada em cada dia. O caminhamento da semeadora foi no sentido do eixo maior.

3.5. Análise dos dados

Os indicadores de qualidade da semeadura foram submetidos à análise estatística descritiva, incluindo medidas de tendência central, dispersão e valores extremos. A variabilidade espacial do estande e das porcentagens de espaçamentos normais, falhos e duplos foi examinada por meio de semivariogramas. Os dados georreferenciados foram utilizados na elaboração de mapas temáticos no QGIS 3.18.3, com o complemento Smart-Map.

Os indicadores de desempenho operacional e consumo de combustível foram apresentados por talhão, correspondente a cada dia de semeadura. Sua interpretação foi descritiva, considerando as condições observadas durante a operação.

4. Resultados e discussão

4.1. Qualidade de semeadura

O estande médio foi de 4,79 plantas m^{-1}, equivalente a aproximadamente 53.222 plantas ha^{-1} (Quadro 1). Esse valor corresponde a 92,4% da população planejada de 57.600 plantas ha^{-1} informada para a operação. A distribuição longitudinal apresentou, em média, 75,5% de espaçamentos normais, 18,0% de falhos e 6,5% de duplos.

Quadro 1 – Estande de plantas e distribuição longitudinal das plântulas de milho nos talhões e na área total

Parâmetros	Estande (plantas m^{-1})	Distribuição longitudinal		
		Normal (%)	Duplo (%)	Falho (%)
Médias por talhão				
Média da Área 1	4,34	74,1	4,3	21,6
Média da Área 2	4,68	75,2	8,1	16,7
Média da Área 3	5,04	80,3	6,7	13,0
Estatísticas dos pontos amostrais				
Média geral	4,79	75,5	6,5	18,0
Mediana	4,87	77,8	0,0	12,5
Desvio padrão	0,7	18,08	7,57	16,43
Mínimo	2,73	16,7	0,0	0,0
Máximo	5,93	100,0	25,0	83,3

Fonte: Adaptado de Pereira (2021).

A proporção média de espaçamentos normais foi de 75,5%, superior à referência de 60% citada por Mialhe (1996) para semeadoras com dosador mecânico. Entretanto, os espaçamentos falhos corresponderam a 18,0% do total e o estande permaneceu abaixo da população planejada. Em outra área de milho de segunda safra, Mendieta (2022) registrou 94,12% de espaçamentos normais, 4,85% de falhos e 1,02% de duplos com uma semeadora pneumática. A comparação evidencia que o atendimento à referência adotada para espaçamentos normais não elimina a necessidade de avaliar separadamente as falhas e o estande. As diferenças entre estudos devem ser interpretadas considerando os equipamentos e as condições de campo distintos.

Entre os talhões, o estande médio aumentou de 4,34 plantas m^{-1} no talhão 1 para 4,68 no talhão 2 e 5,04 no talhão 3. As porcentagens de espaçamentos normais foram, respectivamente, 74,1%, 75,2% e 80,3%, enquanto as de espaçamentos falhos diminuíram de 21,6% para 16,7% e 13,0%. Os espaçamentos duplos não seguiram essa tendência, com médias de 4,3%, 8,1% e 6,7% nos três talhões. Portanto, a melhora observada no estande e na proporção de espaçamentos normais não correspondeu a uma redução contínua dos espaçamentos duplos.

A distribuição das plântulas pode ser afetada pela dosagem e deposição das sementes, pelas condições de contato entre semente e solo e pelo estabelecimento das plantas após a semeadura. Os talhões foram semeados em dias distintos, de modo que as diferenças observadas também podem refletir mudanças nas condições da operação e das áreas avaliadas. Os dados disponíveis não permitem atribuir a evolução das médias à experiência do operador, à velocidade ou a uma falha específica da semeadora.

4.2 Variabilidade espacial da qualidade da semeadura

Os parâmetros dos ajustes registrados para o estande de plantas e para as porcentagens de espaçamentos normais, falhos e duplos são apresentados no Quadro 2. A razão entre efeito pepita e patamar foi de 0,67 para o estande, 0,83 para os espaçamentos normais e 0,72 para os falhos. Pelo critério de Cambardella et al. (1994), esses valores indicam dependência espacial moderada, fraca e moderada, respectivamente. Os coeficientes de determinação foram baixos, especialmente para os espaçamentos normais ($R^2 = 0{,}080$), o que limita a interpretação dos padrões interpolados.

Quadro 2 – Parâmetros dos modelos de semivariograma ajustados aos indicadores de qualidade da semeadura

Indicador	Modelo	C_0	$C_0 + C$	Alcance (m)	R^2	$C_0/(C_0 + C)$
Estande	Gaussiano	0,379	0,562	844,44	0,405	0,67
Espaçamentos normais	Linear com patamar	302,398	364,524	798,59	0,080	0,83
Espaçamentos falhos	Linear com patamar	227,084	313,770	798,59	0,231	0,72
Espaçamentos duplos	Linear decrescente	67,207	—	—	0,154	—

***Nota**: C_0*: efeito pepita; $C_0 + C$: patamar. A razão $C_0/(C_0 + C)$ representa a proporção do efeito pepita em relação ao patamar, conforme Cambardella et al. (1994). Para os espaçamentos duplos, o ajuste decrescente não forneceu patamar e alcance interpretáveis; os valores originalmente registrados nessas colunas não foram usados para classificar a dependência espacial.

A porcentagem de espaçamentos duplos apresentou variação entre os pontos amostrais, mas o modelo de semivariograma selecionado mostrou semivariância decrescente com a distância e baixo coeficiente de determinação ($R^2 = 0{,}154$). Assim, não foi possível caracterizar de forma confiável sua dependência espacial nem justificar a interpolação por krigagem. Por esse motivo, o mapa de espaçamentos duplos foi retirado, enquanto os valores observados permanecem apresentados na análise descritiva.

A inspeção visual dos mapas sugere que as regiões com maior estande também apresentam maiores porcentagens estimadas de espaçamentos normais, enquanto áreas de menor estande

coincidem com maiores porcentagens estimadas de espaçamentos falhos (Figura 2). Esses padrões indicam regiões que merecem atenção no monitoramento da semeadura. Diante da qualidade dos ajustes, os limites dessas regiões e as causas das diferenças observadas não podem ser definidos com segurança.

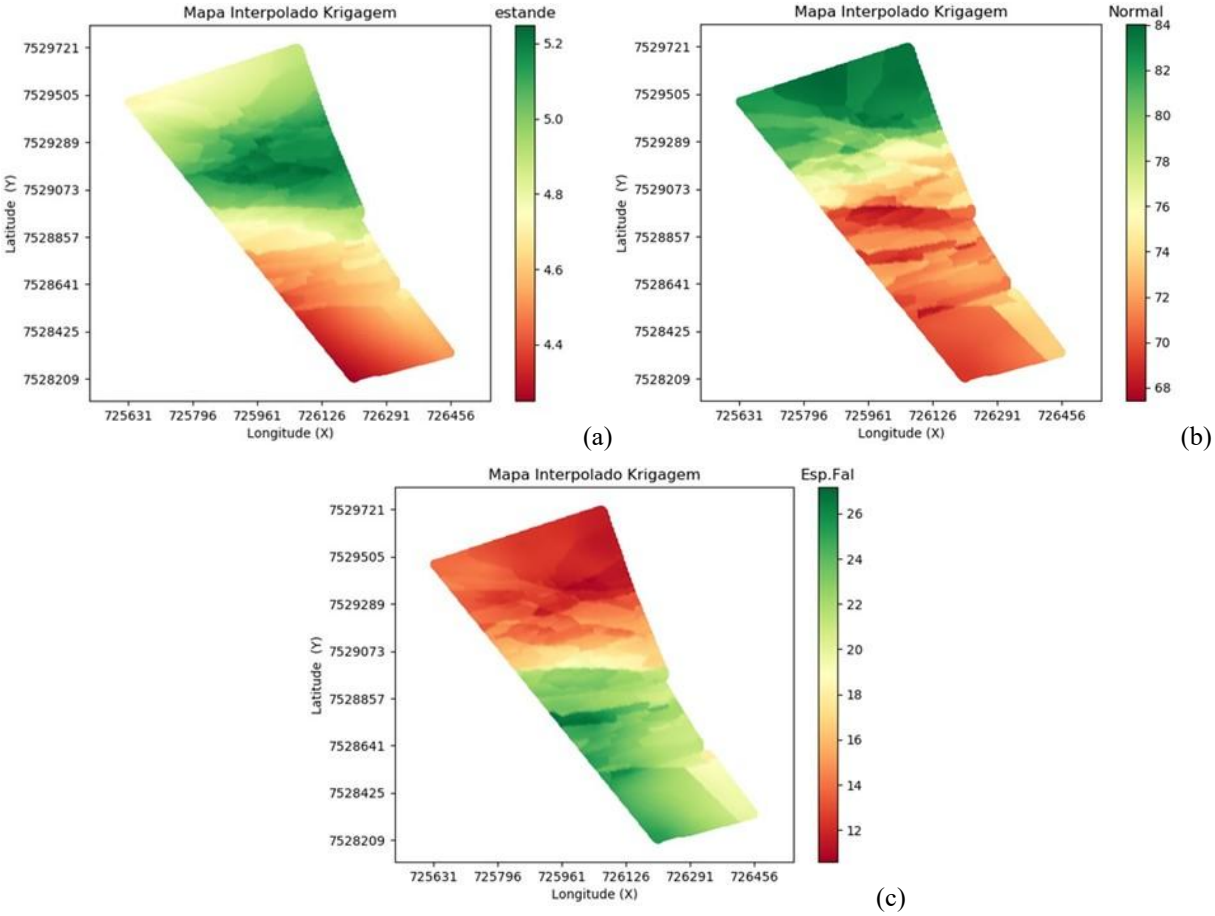


Figura 2 – Mapas temáticos do estande de plantas, em plantas m^{-1} (a), e das porcentagens de espaçamentos normais (b) e falhos (c) na semeadura do milho de segunda safra
Fonte: adaptado de Pereira (2021).

Embora o estande e a porcentagem de espaçamentos normais apresentem médias gerais satisfatórias em relação às referências adotadas, os mapas sugerem que a qualidade da implantação variou dentro da área. A coincidência visual entre menor estande e maior proporção de espaçamentos falhos é esperada, pois trechos sem plântulas aumentam a distância entre as plantas remanescentes. Essa leitura conjunta é mais informativa que a análise isolada de cada mapa e pode orientar a escolha de locais para verificar a regulagem da semeadora e as condições de estabelecimento em operações futuras. Como os ajustes geoestatísticos apresentaram baixos coeficientes de determinação, essas regiões devem ser tratadas como indicações exploratórias, e não como limites precisos de zonas de manejo.

4.3. Desempenho da semeadora-adubadora

A capacidade de campo efetiva e a capacidade de campo operacional variaram entre os três talhões (Figura 3a). A maior capacidade efetiva, de 2,83 ha h^{-1}, foi registrada no talhão 2, enquanto a maior capacidade operacional, de 2,05 ha h^{-1}, ocorreu no talhão 1. Como a capacidade operacional considera também o tempo gasto em manobras, abastecimento e interrupções, os talhões não mantiveram a mesma posição quando avaliados pelos dois indicadores. Essa diferença mostra a importância de considerar o tempo total da operação, além do tempo em que a semeadora esteve efetivamente trabalhando.

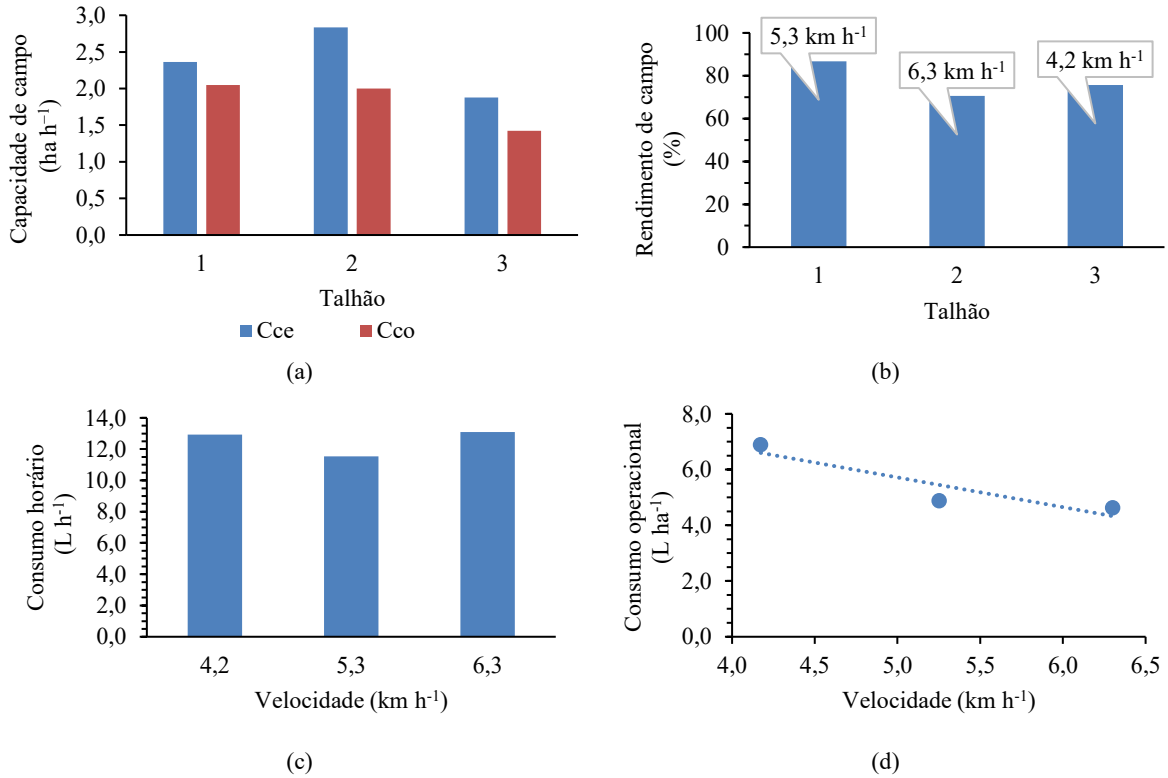


Figura 3 – Capacidade de campo efetiva (Cce) e operacional (Cco) nos três talhões (a); rendimento de campo e velocidade de operação por talhão (b); consumo horário de combustível por velocidade (c); e consumo operacional de combustível por velocidade (d)
Fonte: adaptado de Pereira (2021).

O rendimento de campo também variou entre os talhões (Figura 3b). O maior valor ocorreu no talhão 1, embora esse talhão não tenha apresentado a maior capacidade efetiva. As condições de deslocamento, o formato dos talhões e as paradas para abastecimento são fatores que podem afetar o rendimento, mas os dados disponíveis não permitem quantificar a contribuição individual de cada um. Os rendimentos observados foram considerados compatíveis com as faixas indicadas para operações com semeadoras-adubadoras por Ortiz-Cañavate e Hernanz (1989) e Pacheco (2000).

O consumo horário de combustível foi menor na velocidade de 5,3 km h^{-1} e maior a 6,3 km h^{-1} (Figura 3c). Quando o consumo foi expresso por área trabalhada, entretanto, o menor valor foi de 4,33 L ha^{-1}, registrado a 6,3 km h^{-1} (Figura 3d). Isso evidencia que a condição de menor consumo por hora não correspondeu à de menor consumo por hectare neste estudo. A comparação entre velocidades é descritiva, pois cada valor foi obtido em um talhão e dia diferentes; não é possível atribuir a variação do consumo exclusivamente à velocidade.

5. Considerações finais

A porcentagem média de espaçamentos normais superou a referência de 60% adotada para a semeadora mecânica, mas o estande obtido ficou abaixo do planejado. O estande e os espaçamentos falhos apresentaram dependência espacial moderada, enquanto a dos espaçamentos normais foi fraca. Para os espaçamentos duplos, o ajuste do semivariograma não permitiu caracterizar a dependência espacial de forma confiável.

O talhão semeado a 5,3 km h^{-1} apresentou a maior capacidade de campo operacional e o maior rendimento de campo. O menor consumo operacional de combustível ocorreu no talhão semeado a 6,3 km h^{-1}.

Agradecimentos

Às proprietárias da Fazenda Corneli, pelo apoio à pesquisa.

Referências

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A. de; CORTEZ, J. W.; GUAZINA, R. A.; MACIAK, P. A. G. Qualidade do processo de semeadura da cultura do milho de segunda safra. **Engenharia na Agricultura**, v. 24, n. 5, p. 383–392, 2016. DOI: 10.13083/reveng.v24i5.709.

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A. de; CORTEZ, J. W.; MACIAK, P. A. G.; NAGAHAMA, H. J. Qualidade e variabilidade espacial na semeadura do milho de segunda safra. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 4, p. 386-392, 2017.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. da; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, 2001.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PARKIN, T. B.; KARLEN, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPKA, A. E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994. DOI: 10.2136/sssaj1994.03615995005800050033x.

KURACHI, S. A. H.; COSTA, J. A. S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Bragantia**, v. 48, n. 2, p. 249–262, 1989. DOI: 10.1590/S0006-87051989000200011.

MENDIETA, F. M. P. **Variabilidade espacial dos componentes de produção do milho e a correlação com a produtividade**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2022.

MIALHE, L. G. **Máquinas agrícolas: ensaios e certificação**. Piracicaba: FEALQ, 1996.

ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HERNANZ, J. L. **Técnica de la mecanización agraria**. 3. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1989.

PACHECO, E. P. **Seleção e custo operacional de máquinas agrícolas**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2000. 21 p.

PEREIRA, A. H. **Análise técnica da semeadura da cultura do milho de segunda safra**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2021.

SILVA, S. L. **Máquinas e mecanização agrícolas: desempenho operacional**. Cascavel: Faculdade Assis Gurgacz, 2005.

SOUZA, C. M. A. de; RAFULL, L. Z. L.; ARCOVERDE, S. N. S.; BOTTEGA, E. L.; ORLANDO, R. C. Desempenho de semeadora-adubadora de milho de segunda safra em semeadura direta. **Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 346–353, 2019. DOI: 10.30612/agrarian.v12i45.7965.