

Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada

Cristiano Márcio Alves de Souza^{1*}, Eduardo Leonel Bottega², Fábio Velloso Vilela³, Leidy Zulys Leyva Rafull¹ e Daniel Marçal de Queiroz²

¹Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Rod. Dourados a Ithaum, km 12, 79804-970, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. ²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais, Brasil. ³Fundação MS, Maracaju, Mato Grosso do Sul, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: cristianosouza@ufgd.edu.br

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito da distribuição espacial do teor de água dos grãos e da produtividade do feijoeiro sobre as perdas e a qualidade do produto durante o processo de arranquio, recolhimento, trilha e separação em uma recolhadora-trilhadora. O trabalho foi realizado em uma área de 35 ha sob pivô central. Foi determinado o teor de água dos grãos no arranquio e no recolhimento, a produtividade total e líquida da lavoura, a velocidade de trabalho da máquina, a quantidade de grãos perdidos no arranquio, no recolhimento e na trilha e separação e a porcentagem de matéria estranha e própria do feijoeiro presente no produto. As perdas de grãos e a qualidade do produto colhido apresentaram elevada variação de seus valores na área, indicando a necessidade de regulação específica da recolhadora-trilhadora em cada caso durante a colheita, em função do teor de água e da produtividade.

Palavras-chave: grãos, impurezas, agricultura de precisão.

ABSTRACT. Spatial distribution of losses and of the quality of bean harvested semi-mechanized. The objective of this work was to analyze the effect of grain moisture and crop yield spatial distribution on grain losses and quality during bean uprooting, collecting, threshing and separating process on a retirement-threshing machine. The work was performed in a 35 ha area under a central pivot irrigation system. Grain moisture on the uprooting and collecting process, the crop yield, the machine work speed, the grain losses during uprooting, collecting, threshing and separating process and the material-other-than-grain were measured. Grain losses and product quality displayed high variation over the area, showing the need for a specific regulation of the retirement-threshing machine on each case during the harvest, in function of the grain moisture and crop yield.

Key words: grain, impurity, precision agriculture.

Introdução

Dentre as etapas do ciclo operacional da cultura do feijão, a colheita destaca-se em razão das dificuldades e dos altos custos envolvidos, seja ela realizada de forma manual, mecanizada ou pela combinação de ambas.

A colheita que utiliza processos manuais e mecânicos é realizada com, pelo menos, três operações de campo em um período de dois a 12 dias. Consiste em arrancar as plantas inteiras, quando estas se encontram quase desprovidas de folhas e as sementes com baixo teor de água. Com as plantas arrancadas, são formadas as leiras, que permanecem na lavoura para completar o processo de secagem e homogeneização natural e, por fim, uma operação na qual uma colhedora, convencional ou específica para feijão,

recolhe o produto e separa as sementes do resto da planta (SOUZA et al., 2006).

As perdas quantitativas e qualitativas ocorridas durante a colheita mecanizada são muitas vezes elevadas e dependem de vários fatores. Souza et al. (2002) estudaram no sistema de colheita semimecanizada o efeito da taxa de alimentação de uma colhedora de fluxo axial e do teor de água do feijão sobre a qualidade do produto colhido, e concluíram que estas variáveis proporcionaram alteração nas impurezas do produto final, enquanto Souza et al. (2001) verificaram alteração nas perdas de grãos.

A produtividade e a qualidade são influenciadas por diversos fatores, incluindo manejo e propriedades intrínsecas do solo e da cultura (PLANT et al., 1999). Conhecer como ocorrem

estas interações em campo torna-se uma informação extremamente importante para encontrar soluções na redução das perdas.

O uso de amostragem aleatória, que utiliza a média para caracterizar determinado fator da produção, é insuficiente para caracterizar como a sua variabilidade espacial pode melhorar a eficiência do sistema de produção das culturas (SOUZA et al., 2008).

Dessa forma, o uso de sistema de informações geográficas (SIG) no contexto de agricultura de precisão é uma poderosa ferramenta na avaliação de fatores quantitativos e qualitativos da colheita mecanizada. Os SIG's são sistemas que tratam computacionalmente dados georreferenciados, podendo ser usados para analisar e otimizar os sistemas de produção (CÂMARA; MEDEIROS, 1998; BAKHSH et al., 2000).

Um sistema agrícola que adote a agricultura de precisão requer três subsistemas: sensoriamento (levantamento dos dados), gerenciamento (tomada de decisão) e controle (manipulação dos dados). Embora todos sejam imprescindíveis, o sensoriamento é o mais importante deles (SCHUELLER, 2000). Dessa forma, o estudo da variabilidade espacial, com a finalidade de sensoriamento da área, torna-se parte essencial da agricultura de precisão (VRINDTS et al., 2003).

Conhecer como ocorrem essas interações em campo é extremamente importante para encontrar soluções para a manutenção da qualidade dos produtos. De acordo com Brooker et al. (1992), entre os principais fatores que determinam a qualidade dos grãos e sementes está o alto percentual de pureza física.

Este trabalho teve por objetivo analisar o efeito da variação espacial do teor de água dos grãos e da produtividade do feijoeiro sobre as perdas e a qualidade de grãos durante a colheita semimecanizada do feijão.

Material e métodos

O trabalho foi realizado na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados e no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, e o experimento de campo foi conduzido em uma fazenda localizada no município de Itacarambi, Estado de Minas Gerais, com latitude de 15°6'59.54"S, longitude 44°5'37.29"W e 480 m de altitude, tipo de clima de transição entre o semiárido e o tropical úmido de cerrado, temperatura média anual de 26,3°C e índice médio pluviométrico anual de 947 mm.

No trabalho, foi feita a colheita comercial de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca, em uma área de 35 ha, correspondente à metade de pivô central. O feijão foi semeado com espaçamento de 0,55 m entre linhas, e durante a colheita foram observadas 12 plantas por metro. A máquina usada na colheita dos grãos foi uma recolhadora-trilhadora de arrasto, modelo *Master Plus*[®]. A largura de trabalho da plataforma de recolhimento apresentava 1.300 mm e a bitola usada foi de 1.820 mm.

A velocidade de deslocamento do conjunto trator-recolhedora-trilhadora durante a colheita foi de $1,9 \pm 0,1$ km h⁻¹ e a rotação do cilindro trilhador da máquina foi de 540 ± 10 rpm. A abertura entre cilindro e côncavo foi de 20 mm. A largura da faixa de colheita foi de $4,34 \pm 0,20$ m, e foram arrancadas as plantas e formadas leiras de oito linhas de plantio. A capacidade de campo do conjunto trator-recolhedora-trilhadora foi de $0,81 \pm 0,09$ ha h⁻¹, determinada em todos os testes pela relação entre a área trabalhada e o tempo consumido na colheita.

Na Figura 1 está apresentada a grade adotada para coleta dos dados de perdas e qualidade dos grãos. Esse esquema de divisão foi escolhido para facilitar a amostragem e coleta de dados de perdas e qualidade dos grãos colhidos. Foi utilizado um teodolito Vasconcelos e trena na localização dos pontos amostrais no pivô central, a fim de avaliar a distribuição espacial das perdas de grãos e da qualidade do produto colhido.

As variáveis investigadas nos testes foram a produtividade da lavoura e o teor de água dos grãos durante o arranquio das plantas e o recolhimento dos grãos.

Na determinação da produtividade foi utilizada uma armação de madeira com área de 2,0 m², colocada próximo aos pontos formados com a divisão da área, e todos os grãos ali presentes foram coletados e pesados. As plantas foram arrancadas manualmente quando suas folhas amarelavam e as vagens mais velhas começavam a secar. Depois, foram determinadas as perdas pelo arranquio e enleiramento do feijão, uma vez que não foram observadas perdas por deiscência natural. Durante a colheita foram determinadas as perdas no recolhimento e nos sistemas de trilha, separação e limpeza, e retiradas amostras de produto para realização da análise da qualidade dos grãos colhidos.

Quando a máquina colheu as leiras que se encontravam próximas aos pontos formados com a divisão da área (Figura 1), interrompeu-se a sua operação; as perdas na plataforma de recolhimento e a perda total foram determinadas conforme metodologia descrita por Souza et al. (2001).

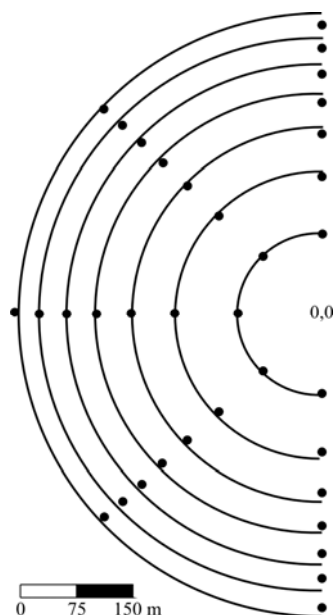


Figura 1. Esquema da grade adotada para coleta dos dados na área do pivô central cultivado com feijão.

As perdas de grãos nos sistemas de trilha, separação e limpeza foram determinadas pela subtração das perdas no recolhimento das perdas totais. A produtividade líquida foi determinada subtraindo da produtividade do feijoeiro as perdas no arranquio e enleiramento e aquelas perdas provocadas pela recolhedor-trilhadora.

Para avaliar a qualidade do produto colhido com a máquina, foram retiradas aleatoriamente da bica de ensaque, próximo aos pontos formados com a divisão da área (Figura 1), subamostras que formaram uma amostra composta de aproximadamente 2,0 kg.

Logo após a colheita, foi realizado o teste de pureza nas amostras compostas. Os testes para determinar a porcentagem de impureza física foram realizados de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992). Para o cálculo das impurezas, pesaram-se todas as partículas presentes na amostra, fragmentos dos grãos que passaram em uma peneira de crivos circulares de 5 mm de diâmetro, detritos vegetais provenientes da própria cultura e corpos estranhos de qualquer natureza não-oriundos da cultivar considerada. A porcentagem de impureza foi determinada pela relação entre a massa das impurezas (matéria estranha e do feijoeiro) e o peso inicial da amostra.

Para determinação do teor de água dos grãos, utilizou-se o método-padrão de estufa, a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ por 24h, conforme recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

A espacialização das perdas e da qualidade dos grãos foi feita utilizando o programa computacional

MapCalc Learner 2.0[®]. Neste, os dados levantados foram referenciados num sistema de coordenadas retangulares, tendo como referência o centro do pivô, e procedeu-se à interpolação para espacialização, utilizando-se o método do inverso do quadrado da distância (MELLO et al., 2003), conforme Equação 1.

$$X_p = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} X_i \right)}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{d_i^2} \right)} \quad (1)$$

em que:

X_p é a variável interpolada; X_i é o valor da variável da i -ésima localidade vizinha; d_i é a distância euclidiana entre o i -ésimo ponto de vizinhança e o ponto amostrado; n é o número de localidades vizinhas empregadas para interpolação do ponto.

Para comprovar estatisticamente a intensidade com que a taxa de alimentação, obtida pela variação da produtividade do feijoeiro na área, e dos teores de água de colheita estão correlacionadas com as perdas e a qualidade dos grãos, foi utilizado o método paramétrico proposto por Pearson (RIBEIRO JÚNIOR, 2001). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o programa computacional SAEG[®], versão 9.

Resultados e discussão

Após a análise dos dados gerados na espacialização, foi observado que existe correlação entre teor de água e produtividade com as perdas de grãos de feijão (Tabelas 1 e 2), e houve diferença significativa. Em quase todos os casos, a correlação foi negativa, indicando que o aumento do teor de água e da produtividade proporcionou diminuição em todas as perdas de grãos de feijão analisadas, exceto a perda nos sistemas de trilha e separação que foi positiva com o teor de água. Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2001), que verificaram aumento das perdas com incremento do teor de água dos grãos.

Tabela 1. Correlação de Pearson (R) entre as respectivas perdas de grãos e o teor de água do feijão durante o arranquio e o recolhimento, trilha e separação.

Perdas de grãos	R
No arranquio	-0,26**
Na plataforma de recolhimento	-0,30**
Nos sistemas de trilha e separação	0,57**

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Tabela 2. Correlação de Pearson (R) entre as respectivas perdas de grãos de feijão e a produtividade do feijoeiro.

Perdas de grãos	R
No arranquio	-0,17**
Na plataforma de recolhimento	-0,06**
Nos sistemas de trilha e separação	-0,22**

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste t.

Souza et al. (2001), estudando o efeito da taxa de alimentação de uma colhedora para feijão com sistema de trilha em fluxo axial, verificaram que o seu aumento proporciona menores valores de perda no sistema de trilha e separação. Isto concorda com o resultado observado na Tabela 2, em que a variação da taxa de alimentação ocorreu em função da oscilação da produtividade do feijoeiro, uma vez que a velocidade de deslocamento da máquina e o número de linhas de plantio na leira foram mantidos constantes. De acordo com Queiroz et al. (2004), cada mecanismo de uma colhedora tem uma capacidade de processamento que depende das suas características mecânicas e das condições do produto durante a colheita; dessa forma, as perdas quantitativas estão associadas ao fluxo de material e às condições do material que entra na máquina.

Durante o arranquio, o teor de água (Figura 2) variou de 16,4 a 22,4% b.u., equivalendo a 48,2% da área total plantada, 40,1% da área total com teores superiores a 22,4% b.u. e 11,7% da área total com teores inferiores a 16,4% b.u. Os altos teores de água no arranquio podem ser consequência da irrigação aplicada no dia anterior à operação, visando facilitar o arranquio das plantas e minimizar as perdas por deiscência, como observado pela correlação negativa entre teor de água e perdas (Tabela 1).

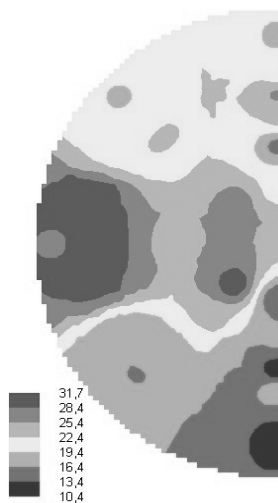


Figura 2. Mapa da distribuição espacial do teor de água (% b.u.) do feijão, durante o arranquio das plantas.

Na Figura 3 pode-se observar que as perdas de sementes de feijão, durante o arranquio e enleiramento das plantas, variaram de 14 a 221 kg ha⁻¹; 20,5% das perdas foram superiores a 104 kg ha⁻¹ e 79,5% inferiores a esse valor. Verificou-se em campo que o valor elevado das perdas de grãos de feijão se deve à ineficiência do arranquio e do enleiramento das plantas, pois foram observadas plantas inteiras não-arrancadas e não-enleiradas, ficando estas últimas perdidas entre as leiras.

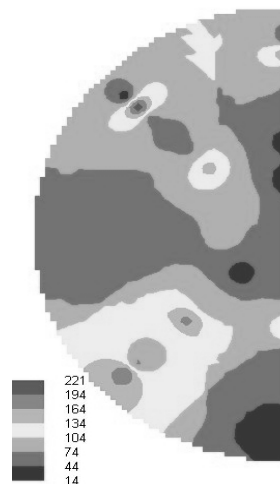


Figura 3. Mapa da distribuição espacial da perda (kg ha⁻¹) do feijão no arranquio e enleiramento das plantas.

Verifica-se na Figura 4 que a produtividade do feijoeiro apresentou uma variação na área de 1.700 a 3.270 kg ha⁻¹, e em 47,63% da área se obteve produtividade na faixa de 2.390 a 2.620 kg ha⁻¹. Valores de produtividade abaixo dessa faixa representaram 23,21% e acima, 29,12% da área plantada. Em geral, a produtividade apresentou valores 30% inferiores e 14% superiores àquela encontrada nos 47,63% da área (2.390 a 2.620 kg ha⁻¹).

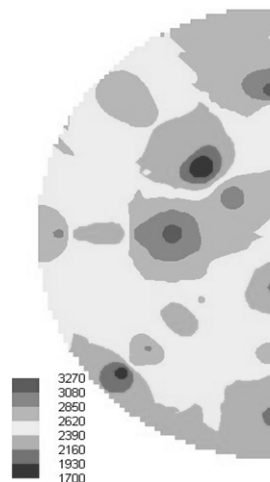


Figura 4. Mapa da distribuição espacial da produtividade do feijoeiro (kg ha⁻¹).

Freddi et al. (2005), estudando a variabilidade espacial da produtividade do feijão, observaram que 86,1% da área sob preparo convencional apresentaram produtividade acima de 2.500 kg ha⁻¹, enquanto sob plantio direto foi de 65,7%, apresentando ainda 2,9% de sua área com produtividade inferior a 2.000 kg ha⁻¹. Para esses autores uma das vantagens do uso de mapas está na exata localização de áreas de baixa produtividade, que podem ser manejadas visando o seu aumento, o que seria impossível de se realizar somente com base em dados médios.

Na Figura 5 é apresentado o mapa de teor de água de recolhimento do feijão, que variou de 10,89 a 16,88% b.u.; em 60,5% da área, o feijão se encontrava com teor de água na faixa de 12,6 a 13,5% b.u., enquanto 11,89 e 27,64% da área apresentaram valores inferiores e superiores a essa faixa, respectivamente. Essa variação indica a necessidade de uma regulagem diferenciada da máquina para cada faixa de teor de água, conforme observado por Souza et al. (2001) e Souza et al. (2002), visando diminuir as perdas e obter um produto de melhor qualidade.

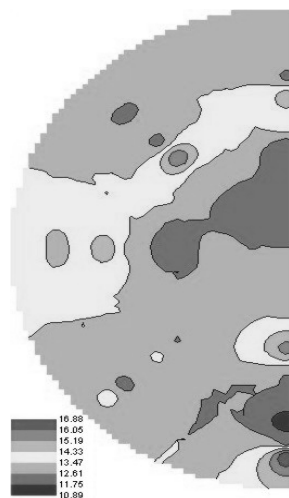


Figura 5. Mapa da distribuição espacial do teor de água (% b.u.) de recolhimento dos grãos do feijão.

Na plataforma de recolhimento, as perdas foram de 1 a 258 kg ha⁻¹ (Figura 6), e 16,07% da área corresponde a valores superiores a 112 kg ha⁻¹ e o restante, inferior a esse valor; 72,46% são inferiores a 75 kg ha⁻¹.

Em geral, as perdas ocorridas na plataforma de recolhimento representaram 53,3% das perdas totais provocadas pela recolhedor-trilhadora. Resultado semelhante foi observado por Souza et al. (2001), que verificaram que as perdas de feijão ocasionadas na plataforma de recolhimento foram superiores

àsquelas provocadas nos sistemas de trilha e separação e de limpeza de uma colhedora com sistema de trilha em fluxo axial.



Figura 6. Mapa da distribuição espacial das perdas (kg ha⁻¹) de grãos de feijão na plataforma de recolhimento da máquina.

Na Figura 7 são apresentados os valores de perdas na trilha e separação, que variaram de 11 a 228 kg ha⁻¹ na área colhida. Foram os menores, apresentando 12,28% superiores a 104 kg ha⁻¹ e o restante inferior, a isso; 74,24% foi inferior a 74 kg ha⁻¹. A média das perdas totais de grãos de feijão na área foi de 8,6% (Figura 8), resultado acima do nível considerado satisfatório por Griffin (1991) e Souza et al. (2001), que deve estar abaixo de 3 a 5%.

A produtividade líquida é apresentada na Figura 9. A variação do teor de água no arranquio e na colheita demonstra a necessidade de uma regulagem apropriada para cada caso, minimizando as perdas que apresentam a variabilidade espacial na mesma proporção.

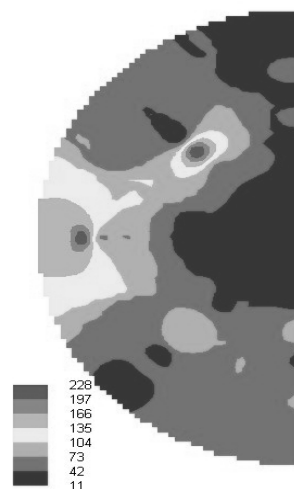


Figura 7. Mapa da distribuição espacial das perdas (kg ha⁻¹) no processo de trilha e separação de grãos de feijão.

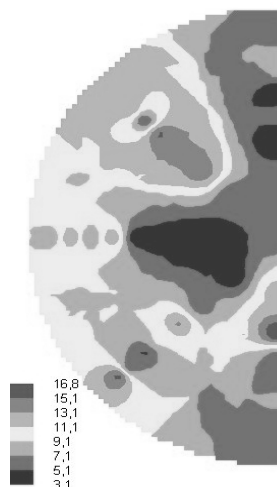


Figura 8. Mapa da distribuição espacial das perdas totais (%) ocasionadas pela máquina.

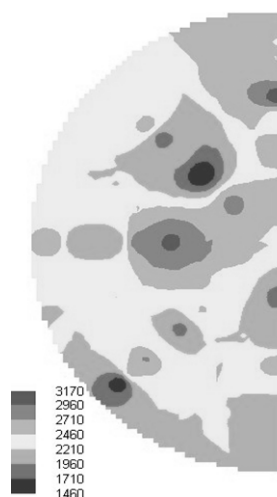


Figura 9. Mapa da distribuição espacial da produtividade líquida (kg ha^{-1}) da colheita dos grãos de feijão.

Analisando a correlação entre os dados gerados na espacialização, foi observada a existência de correlação entre teor de água e produtividade com o grau de impureza do produto colhido (Tabelas 3 e 4). O teor de água apresentou maior influência sobre as impurezas do produto e menor sobre a massa específica.

A correlação do teor de água foi positiva para as impurezas, mostrando que o aumento do teor de água proporcionou aumento dos valores das impurezas do produto, independentemente de sua origem (Tabela 3). Souza et al. (2002) observaram que as sementes de feijão com maior teor de água apresentaram maiores valores de pureza, verificando que, quanto mais seco o produto se encontrava, mais quebrada ficava a palhada, resultando em maior quantidade de material diferente das sementes no sistema de limpeza. Dessa forma, pode-se atribuir à deficiência do sistema de ventilação e separação a causa do aumento das impurezas do produto colhido.

Tabela 3. Correlação de Pearson (R) entre o teor de água durante o recolhimento e os respectivos índices de qualidade dos grãos de feijão.

Qualidade dos grãos	R
Impureza estranha ao feijoeiro	0,14*
Impureza própria do feijoeiro	0,45**
Impureza total do produto	0,42**
Massa específica (kg m^{-3})	-0,10*

** e *Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

Foi observada influência do teor de água no recolhimento sobre a massa específica aparente dos grãos de feijão, identificando redução de 10% a cada incremento no teor de água. Resultados semelhantes foram observados por Resende et al. (2008).

Na Tabela 4 pode ser observado que as correlações entre a produtividade do feijoeiro e as impurezas do produto colhido foram inversamente proporcionais, enquanto a massa específica apresentou correlação direta. Resultados semelhantes foram observados por Souza et al. (2002), que verificaram aumento da pureza de sementes com incremento da taxa de alimentação da máquina.

Tabela 4. Correlação de Pearson (R) entre a produtividade do feijoeiro e os respectivos índices de qualidade dos grãos de feijão.

Qualidade dos grãos	R
Impureza estranha ao feijoeiro	-0,10*
Impureza própria do feijoeiro	-0,10*
Impureza total do produto	-0,12*
Massa específica (kg m^{-3})	0,27**

** e *Significativo a 1 e 5% de probabilidade, pelo teste t.

Na Figura 10 são apresentados os mapas de qualidade representados pela impureza estranha, impureza proveniente da palhada do próprio feijoeiro e impureza total presente no produto final colhido. A porcentagem de matéria estranha variou de 0,2 a 4,9% (Figura 10a), e 89,6% dela foi inferior a 1,5%, representando um desvio-padrão de 0,572. Os valores da porcentagem de impurezas provenientes do próprio feijoeiro apresentaram-se superiores aos valores de porcentagem de impureza estranha, tendo esta última apresentado variação de 0,7 a 9,5% (Figura 10b).

A impureza total no produto final colhido variou de 1,2 a 14,3; 11,1% do total da área apresentou produto colhido com impureza entre 1,2 e 3,1; 57,5% da área com produto apresentando impureza entre 3,1 e 5,0% e acima de 5% de impureza representando 31,4% da área (Figura 10c). De acordo com Brasil (2008), que regulamenta tecnicamente a qualidade do feijão, quando o produto apresentava porcentagem de matérias estranhas e impurezas superior a 4%, o mesmo é desclassificado para comercialização. Dessa forma, cerca de 60% do produto colhido deveria passar por máquinas de separação e limpeza, visando diminuir o percentual de impurezas presentes no produto colhido, aumentando, assim, os custos de produção da cultura.

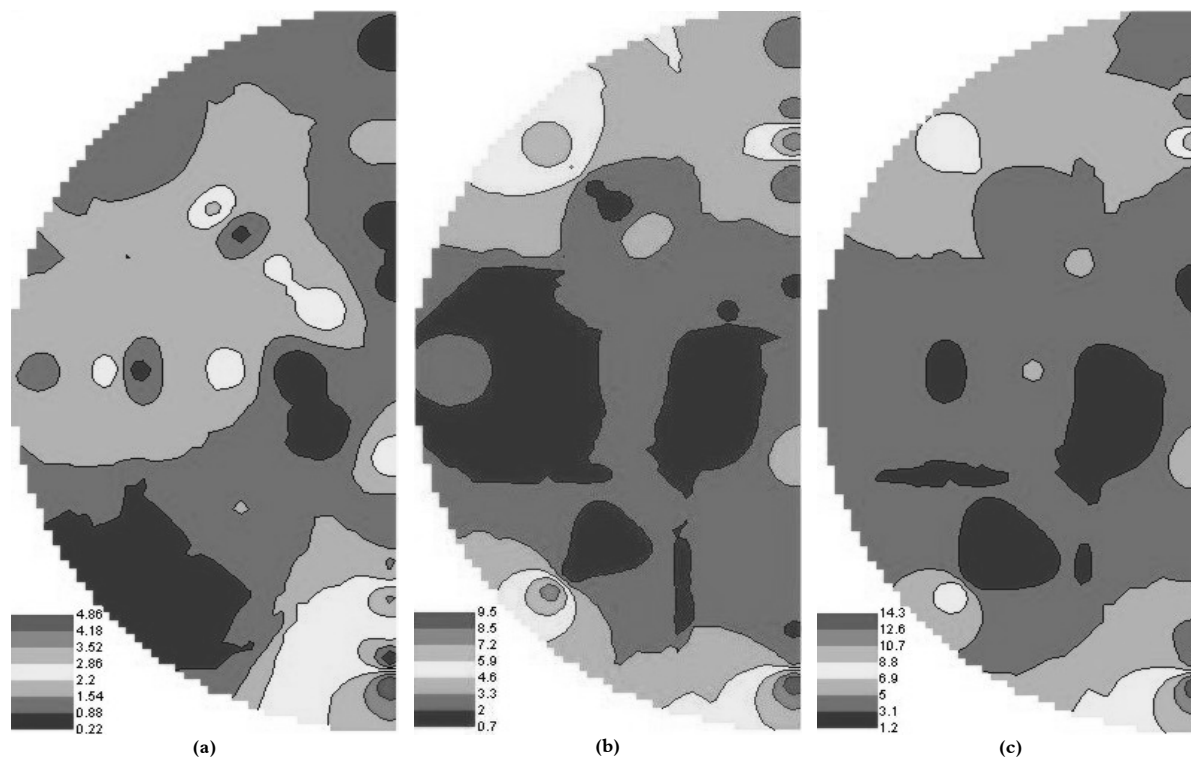


Figura 10. Mapas da distribuição espacial da qualidade dos grãos colhidos: a) impureza estranha ao feijoeiro (%), b) impureza própria do feijoeiro (%), c) impureza total no produto final colhido (%).

Souza et al. (2004) concluíram que o produto colhido no sistema semimecanizado, levando em consideração o seu teor de água de colheita, a velocidade do cilindro trilhador da máquina, o número de linhas de plantio na leira e a velocidade de deslocamento da colhedora, pode apresentar classificação brasileira como do tipo 1 (BRASIL, 2008), praticamente eliminando ou reduzindo consideravelmente a necessidade do processo de beneficiamento posterior à colheita.

Conclusão

As perdas de grãos e a qualidade do produto colhido apresentaram elevada variação de seus valores na área, mostrando a necessidade de regulação específica da recolhedora-trilhadora.

As perdas apresentaram-se correlacionadas na área com o teor de água e a produtividade da lavoura, reforçando a necessidade de utilização de monitores de perda na colheita.

A qualidade do produto na área está diretamente correlacionada com o teor de água de colheita e a produtividade do feijoeiro.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelas bolsas

concedidas. Às Indústrias Reunidas Colombo Ltda., pelo apoio à pesquisa.

Referências

- BAKSH, A.; COLVIN, T. S.; JAYNES, D. B.; KANWAR, R. S.; TIM, U. S. Using soil attributes and GIS for interpretation of spatial variability in yield. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 4, p. 819-828, 2000.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 1992.
- BRASIL. Ministro de Estado da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regulamento Técnico do Feijão**. Instrução Normativa N° 12, de 28 de março de 2008. Publicado no Diário Oficial da União de 31/3/2008, Seção 1, p. 11-14.
- BROOKER, D. B.; BAKKER-ARKEMA, F. W.; HALL, C. M. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992.
- CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. Princípios básicos em geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas aplicações na agricultura**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 1998. p. 3-11.
- FREDDI, O. S.; CARVALHO, M. P.; CENTURION, J. F.; BARBOSA, G. F. Variabilidade espacial da produtividade do feijão em um Latossolo Vermelho distroférrico sob preparo convencional e plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 1, p. 61-67, 2005.
- GRIFFIN, G. A. **Combine harvesting: operating maintaining and improving efficiency of combines**. 4. ed. Illinois: John Deere and Company, 1991.

- MELLO, C. R.; LIMA, J. M.; SILVA, A. M.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.
- PLANT, R. E.; MERMER, A.; PETTYGROVE, G. S.; VAYSSIERES, M. P.; YOUNG, J. A.; MILLER, R. O.; JACKSON, L. F.; DENISON, R. F.; PHELPS, K. Factors underlying grain yield spatial variability in three irrigated wheat fields. **Transactions of the ASAE**, v. 42, n. 5, p. 1187-1202, 1999.
- QUEIROZ, D. M.; SOUZA, C. M. A.; PINTO, F. A. C.; MANTOVANI, E. C. Simulação dos processos de trilha e separação em colhedoras de grãos. **Engenharia na Agricultura**, v. 12, n. 2, p. 105-117, 2004.
- RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Propriedades físicas do feijão durante a secagem: determinação e modelagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 1, p. 225-230, 2008.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 2001.
- SCHUELLER, J. K. O estado-da-arte da agricultura de precisão nos EUA. In: BALASTREIRE, L. A. (Ed.). **O estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba: O Autor, 2000. p. 8-15.
- SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; CECOM, P. R.; MANTOVANI, E. C. Avaliação de perdas em uma colhedora de fluxo axial para feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 530-537. 2001.
- SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; CECOM, P. R. Efeito da colheita mecanizada sobre a qualidade de sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 27, n. 1, p. 21-29, 2002.
- SOUZA, C. M. A.; QUEIROZ, D. M.; PINTO, F. A. C. Colheita de Feijão. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T. J.; BORÉM, A. (Org.). **Feijão**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2006. v. 1, p. 529-571.
- SOUZA, C. M. A.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C. Análisis y clasificación del producto cosechado por una recojedor-trilladora de frijol. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**, v. 13, n. 2, p. 23-28, 2004.
- SOUZA, G. S.; LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; OLIVEIRA, R. B. Variabilidade espacial de atributos químicos em um Argissolo sob pastagem. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 4, p. 589-596, 2008.
- VRINDTS, E.; REYNIERS, M.; DARIUS, P.; FRANKINET, M.; HANQUET, B.; DESTAIN, M.; BAERDEMAEKER, J. **Analysis of spatial soil, crop and yield data in a winter wheat field**. St. Joseph: ASAE, 2003. (Paper n. 031080).

Received on May 2, 2008.

Accepted on September 9, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.