

# Comportamento espacial de atributos de planta e de perdas na colheita mecanizada de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

*Spatial behavior of plant attributes and losses in the mechanized harvest of common bean (Phaseolus vulgaris L.)*

Sílvio Luís Rafaeli Neto<sup>1</sup>, Flávio João Dal Pizzol<sup>2</sup>, Paulo Henrique Debastiani<sup>2</sup>, Mauricio Crestani Agostineto<sup>3</sup>

Recebido em 13/08/2007; aprovado em 11/07/2008.

## RESUMO

A colheita mecanizada de feijão vem se constituindo em prática comum nas lavouras tecnificadas de Santa Catarina, especialmente pela diminuição dos custos de produção. Entretanto, este ganho tem sido prejudicado pelas perdas no processo de colheita. Estas perdas têm sido apontadas como uma das causas do baixo rendimento da cultura no Brasil. Um caminho para se minimizar tais prejuízos é conhecer como as perdas se comportam dentro de um sítio de produção e quais são as relações existentes com atributos de plantas e do relevo, de modo que o produtor possa agir sobre o manejo da cultura e a regulação da máquina. Este trabalho objetivou analisar variáveis relacionadas a perdas na colheita mecanizada de feijão e avaliar as relações espaciais entre altura do terreno, incidência de plantas espontâneas, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, produtividade, perdas naturais, perdas na plataforma de corte e perdas totais. A perda total média foi de 14%, sendo 2% devidas às perdas naturais, 6% devidas aos mecanismos internos da máquina e 7% à plataforma de corte. Os coeficientes de variação mostraram-se altos em praticamente todas as variáveis. Obtiveram-se fortes dependências espaciais entre as variáveis, sendo todos os alcances superiores à distância inter-amstral. Os locais mais

altos apresentaram maior produtividade, maior perda na plataforma, menor perda natural e menor perda nos mecanismos internos. As principais causas para ocorrência de perdas por mecanismos internos deveram-se a presença de plantas espontâneas e de grãos mais úmidos no momento da trilha.

**PALAVRAS-CHAVE:** geoprocessamento, geoestatística, banco de dados espaciais, agricultura de precisão.

## SUMMARY

The mechanized harvest of common bean is a growing practice in the farming systems of Santa Catarina State, especially due to the reduction of production costs. However, this advantage has been mitigated for the losses in the process. Harvest losses have been blamed as one of the causes for the crop low productivity in Brazil. One way to minimize such damages is to improve the knowledge about the behavior of these losses inside a production site and to identify their existing relations with plant and soil attributes, so that growers can act on management practices and machine regulation. This work aimed to analyze variable related to the losses in the mechanized common bean harvest and to evaluate the spatial relations between land altitude, plant height, first

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, Dr., Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Ciências Agroveterinárias, Av. Luís de Camões, 2090, CP 281, Lages, SC. E-mail: silvio@cav.udesc.br.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia – CAV/UDESC, bolsista de iniciação científica do PIBIC/UDESC, ROD. SC - 453 Km 52, Videira, SC. E-mail: a6fjp@cav.udesc.br.

<sup>2</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia – CAV/UDESC, bolsista de iniciação científica do PIBIC/UDESC, R. Odari Pucci Ceregatti, 157, Abdon Batista, SC. E-mail: a6phd@cav.udesc.br.

<sup>3</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia – CAV/UDESC, bolsista de iniciação científica do PIBIC/UDESC, R. Benjamin Constant, 394, Lages, SC. E-mail: a6mca@cav.udesc.br.

legume insertion height, weed natural incidence, grain yield, natural harvest losses, harvest losses in the cut platform and total losses. The total average loss was 14%, with 2% losses due to natural causes, 6% due to the machine internal mechanisms and 6% due to the platform cut. The coefficients of variation were high for almost all variables. There were strong spatial dependences among variables, with the entire reaches being higher than the inter-sample distance. Places with higher altitude had greater grain yield, higher loss on the platform cut, lower natural loss and lower loss in the internal mechanisms. The main causes for losses due to internal mechanisms were the presence of weeds and wet grains at the track.

**KEY WORDS:** geoprocessing, geostatistic, spatial database, precision farming.

## INTRODUÇÃO

As colhedoras automotrizes realizam simultaneamente as operações de corte, recolhimento, trilha e limpeza dos grãos (DASILVA e FONSECA, 2004). Estas máquinas vêm se constituindo em prática corrente nas lavouras tecnificadas, especialmente na região de Campo Belo do Sul, SC. Os principais motivos estão na diminuição das perdas na colheita comparada com a colheita semi-mecanizada, a eficiência do processo de colheita possibilitando colher grandes áreas no turno de trabalho e a diminuição de mão-de-obra. Todos estes fatores contribuem para reduzir os custos de produção e aumentar a renda através de uma diminuição das perdas na colheita e melhoria da qualidade do produto colhido.

As perdas na colheita de feijão têm sido apontadas como uma das causas do baixo rendimento da cultura no Brasil, mesmo em situações de alta produtividade (COSTA e PASQUALETTO, 1999). O ganho em produtividade estaria sendo consumido, em boa parte, pelas perdas ocorridas durante o processo de colheita, motivadas especialmente pela máquina. De forma geral, fatores como regulagens incorretas e velocidade excessiva da colhedora, bem como umidade do grão fora das condições ideais, são responsáveis por elevados índices de perdas, podendo atingir de 9 a 10% da produção agrícola nacional (MARCHEZAN e COSTA, 1980).

Pesquisas buscam solucionar este problema nas culturas de forma geral através do melhoramento genético das plantas, adaptando-as à colheita mecanizada com portes mais eretos, resistentes ao acamamento e com maior altura de inserção da primeira vagem (LOPES, 1999). Outro caminho seria entender as principais causas destas perdas incluindo o conhecimento de como se comportam dentro de um sítio de produção e quais possíveis relações existentes com atributos de plantas e do relevo, de modo que o produtor possa agir sobre o manejo da cultura e regulagem da máquina. Esta última abordagem pode ser inserida no conceito de Agricultura de Precisão (AUERNHAMMER, 2001).

Este trabalho objetivou analisar variáveis relacionadas a perdas na colheita mecanizada de feijão e avaliar as relações espaciais entre altura do terreno, altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, incidência de plantas espontâneas, produtividade, perdas naturais, perdas na plataforma de corte e perdas totais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado em uma área comercial de 5,66 ha localizada no Município de Campo Belo do Sul, nas coordenadas 50°47'28" O e 27°51'28" S e altitude média de 980m. Trata-se de área de primeiro cultivo, onde anteriormente predominava campo nativo submetido a pastejo. A critério do produtor, esta área recebeu aração até 20 cm, correção de acidez do solo, duas gradagens e posterior semeadura (cultivar Requite) com espaçamento entre linhas de 0,45m, com 11 plantas por metro linear e adubação de base recomendada de 240 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 9-33-12, realizada dia 22 de Janeiro de 2007.

Durante o ciclo foram aplicados herbicidas, fungicidas, adubação de cobertura (uréia) com enxofre. Aplicou-se dessecante no início de abril, com objetivo de uniformizar a lavoura quanto à umidade da parte aérea de modo à realização da colheita mecanizada.

Os pontos amostrais foram georreferenciados em tempo real com utilização de um receptor DGPS (Differential Global Position System) em computador de mão, com suporte do programa *Farm Site Mate*<sup>®</sup>

e uma antena marca *Raven*. Trata-se de um conjunto tecnológico especificamente projetado para aplicações em Agricultura de Precisão, cujos componentes principais são uma antena GPS, um software receptor de dados em computador de mão e aplicativos integrados. Foram georreferenciados um total de 33 pontos, distribuídos em grade de 40m x 40m (Figura 1).

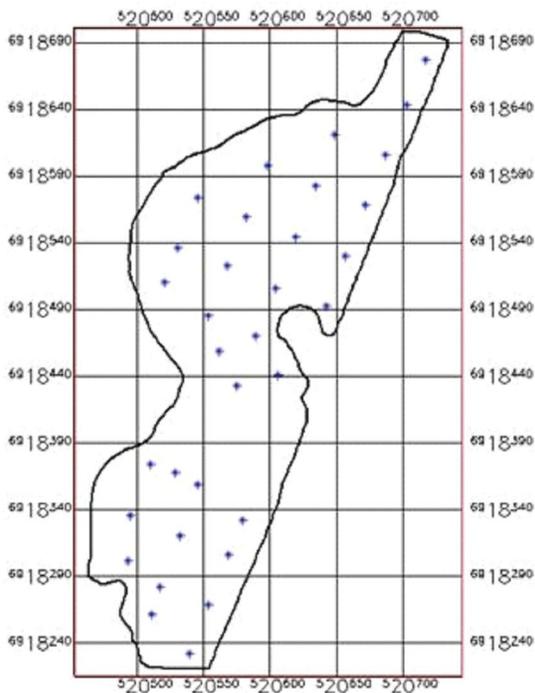


Figura 1 - Distribuição espacial dos pontos amostrais no sítio de produção (sistema UTM, datum horizontal SAD-69, Meridiano Central 51°WGr), Campo Belo do Sul, SC, 2007.

A variável altimétrica da área (ALT) foi obtida com Estação Total, marca Leica modelo TCR 305, devido sua maior precisão em relação a levantamento similar com DGPS.

A colheita foi realizada com colhedora automotriz marca SLC, modelo 6200, com plataforma de corte específica para a cultura, medindo com 3,80 m de largura. A colheita foi realizada no dia 11 de abril de 2007.

As variáveis medidas a campo foram perdas naturais (PN), produtividade (PR), perdas na plataforma (PP), perdas totais (PT), altura de plantas (AP), altura de inserção da primeira vagem (IV) e

incidência de plantas espontâneas (PD). A umidade dos grãos (UM) foi determinada em laboratório pelo método da umidade gravimétrica e realizada a padronização do peso úmido para 15% (MAPA, 2007). As perdas devidas aos mecanismos internos (PMI) foram calculadas pela diferença da variável perdas totais, menos perda na plataforma e perda natural.

A área de amostragem foi delimitada por um retângulo com comprimento igual a da plataforma de corte, por 0,5m de largura, resultando em 1,9m<sup>2</sup>. Devido à baixa produtividade, foi possível utilizar a mesma área de amostragem de PN para amostragem de PR, sendo coletados os grãos presentes na superfície do solo. Procedimento semelhante foi realizado para a amostragem de PP, na respectiva área de amostragem, coletando-se tanto os grãos na superfície do solo como os grãos presos nas plantas restantes. Para PT o retângulo foi colocado de 12 a 15m do ponto georreferenciado, após a passagem da máquina, sendo coletados todos os grãos da superfície do solo.

Os dados foram submetidos à análise de consistência em planilha eletrônica e calculadas estatísticas (média, desvio padrão e coeficiente de variação) e correlações clássicas. Um banco de dados espacial foi implementado em Sistema de Informação Geográfica (SIG) (NETO, 1994; CÂMARA et al., 1996; SPRING, 2006), sendo este um software livre. Os procedimentos geoestatísticos foram realizados no SIG, iniciando-se pela análise do grau de dependência espacial entre as amostras, ou o grau de continuidade espacial da variável medida (CAMARGO, 2001). Os instrumentos utilizados nesta análise foram os semivariogramas experimentais de cada variável, aos quais foram ajustados modelos teóricos, buscando o menor coeficiente de Akaike (AKAIKE, 1974) e efeito pepita próximo a zero. Cada modelo teórico foi submetido a testes de validação com auxílio de diagramas espaciais do erro da estimativa e histograma dos erros.

Para análise do grau da dependência ou continuidade espacial de uma variável, utilizou-se a classificação de Cambardella et al. (1994), pela qual a dependência espacial é forte quando o efeito pepita (C0) é menor ou igual a 25% do patamar (C0 + C1) do semivariograma respectivo; é moderada quando

está entre 25% e 75% e fraca quando é maior ou igual a 75%.

Uma vez aceitos os parâmetros variográficos, os mesmos foram aplicados no processo da krigagem ordinária (KRIEGE, 1951), como método de interpolação espacial das variáveis medidas, produzindo desta forma os Modelos Numéricos de Elevações (MNE) (BURROUGH, 1986). Resultou deste processo uma matriz espacial para cada variável medida, representando uma grade regular, com malha de 4m x 4m, cujas células representam pontos georreferenciados com atributo *z* igual ao valor estimado para aquela variável.

Os MNEs representam superfícies tridimensionais contínuas, eminentemente quantitativas. Devido à complexidade em se analisar dados contínuos, estas superfícies foram discretizadas em classes expressas qualitativamente como “Baixa”, “Média” e “Alta”, numa operação denominada de fatiamento. Resultaram deste processo mapas de classes ou temáticos, sendo os limiares de cada classe calculados equitativamente pela diferença entre os valores máximo e mínimo da variável que ocorreram no MNE respectivo. Na Figura 2 se encontra um exemplo ilustrativo da metodologia de fatiamento do MNE da variável altitude.

Os mapas de classes foram submetidos a tabulações cruzadas, ou seja, operações de intersecções entre dois mapas, capazes de quantificar sobreposições de um par de classes. Com isso, foi possível identificar diferentes relações espaciais de causa-efeito entre algumas variáveis no sítio do ensaio.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade média (PR) foi de 1605,5 kg ha<sup>-1</sup> e a PT média foi de 228,6 kg ha<sup>-1</sup> representando 14% de PR, estando próximo a 15,7% obtidos por Costa e Pasqualetto (1999). Da PT média, 2% ocorreram devidas a PN, 6% devidas a PMI e 7% devidas a PP. As perdas devidas à máquina (PP e PMI) representaram cerca de 93% de PT e o restante devido a PN. Silva et al. (1994), encontraram valores entre 3,93 e 61,19%. Valores elevados também foram observados por Nave et al. (1972) e Dunn et al. (1973). As perdas na plataforma de corte (PP) foram semelhantes às perdas nos mecanismos internos da máquina (PMI) (Tabela 1).

A umidade dos grãos (UM) variou de 16 a 20% sendo a média 18,9%, estando ligeiramente úmidos quando comparados com o valor de 16% recomendado por Costa e Pasqualetto (1999).

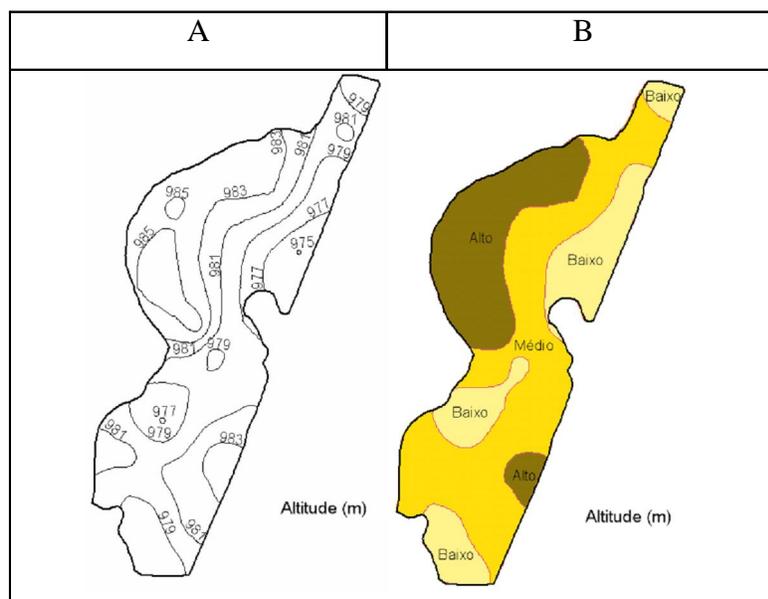


Figura 2 – Mapa de isolinhas da variável altitude gerado a partir de grade regular criada por krigagem ordinária [A], Mapa de classes de fatiamento do MNE (Modelo Numérico de Elevação) indicando as classes Alto, Médio e Baixo da variável altitude [B]. Campo Belo do Sul, SC, 2007.

Os CVs mostraram-se altos em praticamente todas as variáveis (Tabela 1). A variável que apresentou maior CV foi PD com 198,1, devido ao fato de sua ocorrência na lavoura ser pontual, ou em reboleiras, onde deve ter ocorrido menor eficiência do herbicida. As variáveis que apresentaram menores CVs foram UM e AP. O CV de PT foi aproximadamente metade do CV de PMI, indicando que a amostragem de PT pode ser considerada boa. Os CVs de PN e de PMI foram praticamente iguais, provavelmente devido PMI ser uma variável obtida por cálculo, em função de PP e de PN. De um modo geral, se observa altos índices de correlações positivas nas variáveis de perdas, principalmente no que tange a PMI e PT.

Tabela 1 – Médias, desvios padrões (DP) e coeficientes de variação (CV) das variáveis de planta e de perdas na colheita referentes ao conjunto de 33 pontos amostrados no sítio de produção. Campo Belo do Sul, SC, 2007.

Variável	Média	DP	CV
PN* (kg ha <sup>-1</sup> )	24,2	19,8	82,0
PP (kg ha <sup>-1</sup> )	111,1	59,4	53,5
PMI (kg ha <sup>-1</sup> )	102,2	88,2	86,3
PT (kg ha <sup>-1</sup> )	228,6	101,0	44,2
PR (kg ha <sup>-1</sup> )	1605,5	310,1	19,3
UM (%)	18,9	1,7	9,1
PD (pl m <sup>-2</sup> )	0,4	0,8	198,1
AP (cm)	73,1	7,7	10,6
IV (cm)	8,4	1,5	17,4
ALT (m)	980,6	3,2	55,8

\*PN: perda natural; PP: perda na plataforma; PMI: perda por mecanismos internos; PT: perda total; PR: produtividade; UM: umidade dos grãos; PD: incidência de plantas espontâneas; AP: altura da planta; IV: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altitude do terreno.

Com relação à ALT, houve uma tendência de aumento de UM, PN e PMI com uma diminuição de PP e PR, das regiões mais altas para as regiões mais baixas do relevo. PR sofreu efeitos, especialmente, de ALT e AP, podendo indicar condições ambientais mais propícias ao desenvolvimento das plantas nas regiões mais altas do relevo.

As variáveis amostradas apresentaram

alcances superiores à distância inter-amostral (Tabela 2), e dependências espaciais fortes e moderadas, o que sugere que a distância de 40m entre os pontos amostrais foi suficiente para capturar os comportamentos espaciais de todas as variáveis medidas. Caso isto não se concretizasse, seria esperado efeito pepita puro e contribuição próxima a zero, indicando dados aleatórios resultantes do acaso.

Praticamente todas as variáveis apresentaram pequeno ajuste à distribuição normal, o que não limita o uso da Geoestatística; ao contrário, remete à necessidade de uso de ferramentas capazes de lidar com a variabilidade de fenômenos não normalizados. De um modo geral, as variáveis que apresentaram os melhores ajustes dos modelos teóricos foram as que tiveram os menores CVs, ou seja, UM e AP, mostrando que quanto maior a variabilidade espacial do fenômeno, maior a dificuldade em se encontrar um modelo teórico de ajuste ou de representação.

Analisando-se alguns picos negativos nos valores amostrais, observam-se algumas incoerências práticas, como o caso de PMI, que apresentou 2 valores mínimos negativos dos 33 pontos amostrados, em decorrência de serem produtos de cálculo aritmético envolvendo PN e PT. Entretanto, ao analisar valores no mesmo local sobre o modelo de elevação (grade regular) gerado pela krigagem, observa-se uma suavização, ou seja, o método considera os valores vizinhos, dentro de uma realidade local de ocorrência. Portanto, o método da krigagem é válido para espacialização de fenômenos agrícolas, estimando valores coerentes nos locais não amostrados, uma vez que aplica os parâmetros estruturais dos variogramas teóricos. Daí a importância de se contar com um número mínimo de amostras, numa densidade compatível com a variação esperada para o fenômeno de interesse.

Em termos espaciais, ALT classificou-se como média em 48% da área (Tabela 3A). Nesta região, PR apresentou comportamento variável, distribuindo-se igualmente entre baixa, média e alta. Em 54% da área onde ALT mostrou-se baixa, PR também foi baixa. Em 67% da área onde ALT foi alta PR foi média. Portanto, houve uma tendência de maior PR nas regiões mais elevadas e decréscimo de PR nas regiões mais baixas, provavelmente pelo excesso de umidade nestas regiões, haja vista ter havido

Tabela 2 – Estruturas espaciais e dependências espaciais das variáveis PN, PP PMI, PT, PR, UM, PD, AP, IV e ALT. Campo Belo do Sul, SC, 2007.

Variável	Modelo	Efeito Pepita (Co)	Contribuição (C)	Alcance	Co/Co+C	Dependência Espacial
PN*	Esférico	92.6	302.6	158.5	0.23	Forte
PP	Gaussiano	230.4	4322.2	129.9	0.05	Forte
PMI	Esférico	455.3	5552.9	102.7	0.08	Forte
PT	Esférico	190.9	10341.4	95.0	0.02	Forte
PR	Esférico	32810.6	82043.9	134.2	0.29	Moderada
UM	Esférico	0.8	2.6	149.6	0.23	Forte
PD	Esférico	0.2	719.4	444083.2	0.00	Forte
AP	Gaussiano	0.6	67.3	134.6	0.01	Forte
IV	Gaussiano	1.7	1.1	354.0	0.61	Moderada
ALT	Esférico	0.4	14.5	101.4	0.03	Forte

\* PN: perda natural; PP: perda na plataforma; PMI: perda por mecanismos internos; PT: perda total; PR: produtividade; UM: umidade dos grãos; PD: incidência de plantas espontâneas; AP: altura da planta; IV: altura de inserção da primeira vagem; ALT: altitudes do terreno.

chuvas abundantes durante a safra e próximo à data da colheita. A Figura 3 apresenta os mapas de classes das variáveis medidas.

A variável PN apresentou correlação negativa com PP e também com ALT, indicando que nas regiões mais baixas houve tendência de menor PP com maior PN. Em termos espaciais, em 92% da área onde PN mostrou-se alta, PP apresentou-se baixa (Tabela 3B).

Em 67% da área onde PN foi média, PP foi baixa. Em 62% da área onde PN foi baixa, PP foi média. Provavelmente isto se deveu a uma menor quantidade de grãos nestes locais, no momento em que a plataforma de corte realizava a colheita, motivada por uma maior deiscência de grãos. Em outras palavras, menor quantidade de grãos motivada por uma maior perda natural contribuiria para uma menor perda na plataforma. A variável PN praticamente não se relacionou com PT, PMI, PR, UM, AP e IV.

A variável PMI apresentou-se baixa em 46% da área e média em 51% da área e em apenas 3% apresentou-se alta (Tabela 3C). Houve uma correlação positiva de PMI com PD (0,35) e com UM (0,51) e ausência de correlação entre PD e UM. Em termos espaciais, em 48% da área onde PD foi baixa, PMI também se mostrou baixa (Tabela 3D). Em 38% da área onde PD foi média, PMI também foi média. Em 71% da área onde UM foi alta, PMI também foi alta. Em 63% da área onde UM foi baixa,

PMI também foi. Isto sugere que as principais causas de PMI estariam na presença de plantas espontâneas e nos grãos mais úmidos no momento da trilha e limpeza do material colhido.

Dos fatores que podem ter contribuído para PP, descarta-se IV, pois o coeficiente de correlação entre estas variáveis foi de apenas 0,11. Aparentemente, isto contradiz a expectativa de que IV baixa provoca, necessariamente, alta PP, devido às vagens que estão mais próximas ao chão serem seccionadas pela plataforma de corte. Possivelmente, a variável mais adequada para explicar tal fato seja a altura da vagem em relação ao solo e não a altura de inserção da primeira vagem na planta. Isto porque podem ocorrer alturas de inserções da primeira vagem altas, mas as plantas estarem acamadas ou prostradas, fazendo com que a distância das vagens ao solo seja menor, conforme se pode constatar no sítio de produção objeto deste estudo. Esta observação se confirma em Jauer et al. (2003) em que utilizaram a altura de inserção da primeira vagem ao solo e da base da vagem ao solo e constataram que, numa densidade de 400 mil pl ha<sup>-1</sup>, o valor médio da primeira foi 16cm e da segunda de 7,5cm, afirmando que estes valores tornariam possível a colheita mecanizada. De forma análoga, Horn et al. (2000) utilizaram a altura da ponta da vagem mais baixa até o solo para avaliar efeitos da variação de espaçamento entre linhas de semeadura.

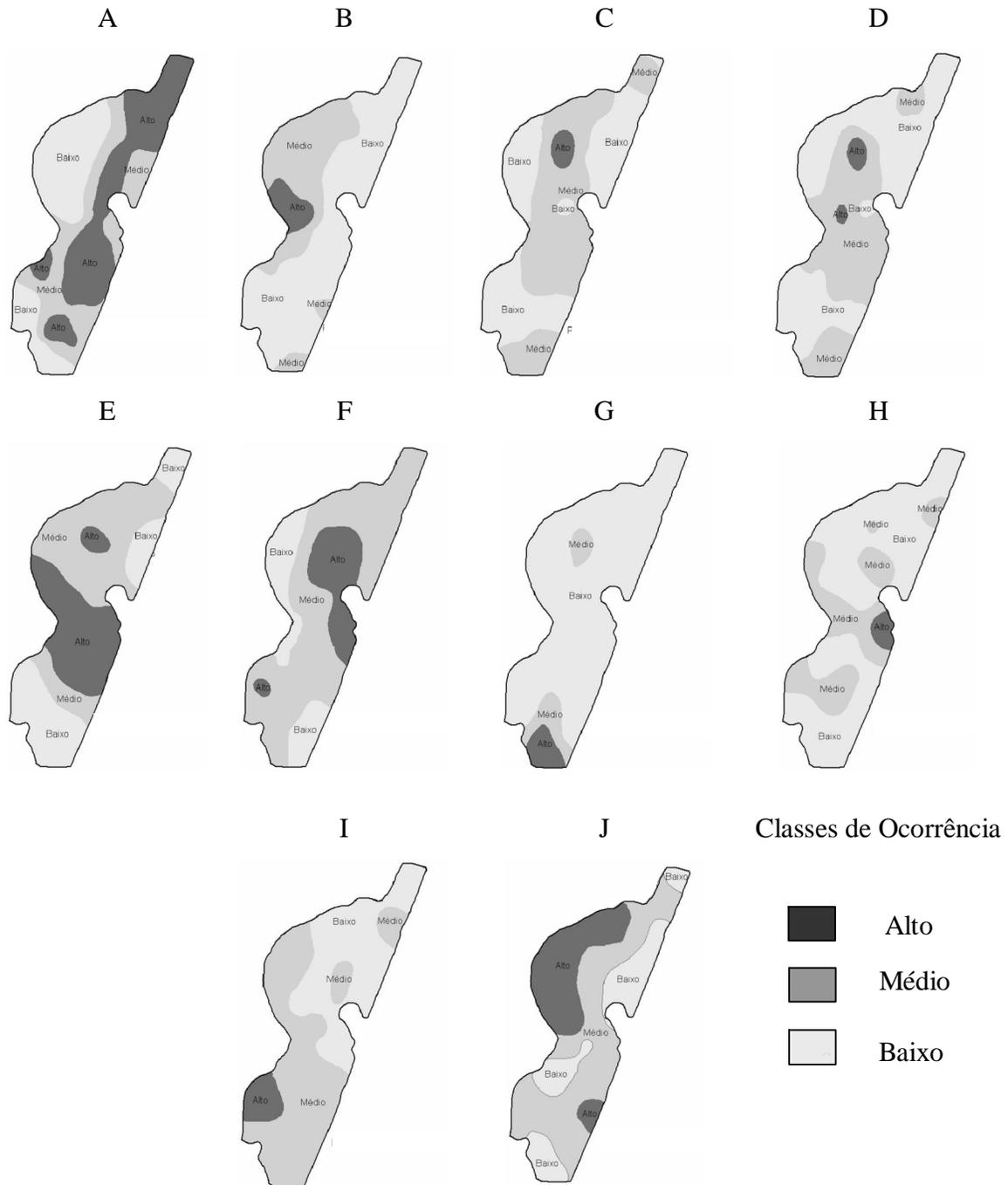


Figura 3 – Mapas de classes de variáveis de planta e de perdas na colheita de feijão (*Phaseolus vulgaris*, L.) obtidos por fatiamento de grade regular. PN: perdas naturais ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) [A], PP: perdas na plataforma de corte ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) [B], PMI: perdas nos mecanismos internos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) [C], PT: perdas totais ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) [D], [E] PR: produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) [E], UM: umidade dos grãos (%) [F], PD: plantas espontâneas ( $\text{pl m}^{-2}$ ) [G], AP: altura de planta (cm) [H], IV: altura de inserção da primeira vagem (cm) [I], ALT: altitude do terreno (m) [J]. Campo Belo do Sul, SC, 2007.

Tabela 3 – Percentuais de sobreposição espacial entre pares de algumas variáveis de planta e de perdas na colheita mecanizada de feijão obtidos por operações de tabulações cruzadas em SIG e respectivos coeficientes de correlação e de determinação. Campo Belo do Sul, SC, 2007.

[A]		ALT (m)				
R = 0,34	r <sup>2</sup> = 0,12		< 979	979 - 983	> 983	
			Baixa	Média	Alta	Total
PR (kg ha <sup>-1</sup> )	< 1515	Baixa	13%	15%	0%	28%
	1515 - 1770	Média	8%	17%	18%	42%
	> 1770	Alta	4%	16%	9%	29%
		Total	24%	48%	27%	100%
[B]		PP (kg ha <sup>-1</sup> )				
R = -0,34	r <sup>2</sup> = 0,11		< 120	120 - 210	> 210	
			Baixa	Média	Alta	Total
PN (kg ha <sup>-1</sup> )	< 15	Baixa	7%	20%	5%	32%
	15 - 34	Média	20%	9%	1%	30%
	> 34	Alta	35%	3%	0%	38%
		Total	62%	32%	6%	100%
[C]		PD (num.pl)				
R = 0,35	r <sup>2</sup> = 0,12		< 1	1 - 2	> 2	
			Baixa	Média	Alta	Total
PMI (kg ha <sup>-1</sup> )	< 16,5	Baixa	42%	4%	0%	46%
	16,5 - 33	Média	44%	3%	4%	51%
	> 33	Alta	1%	2%	0%	3%
		Total	88%	8%	4%	100%
[D]		UM (%)				
r = 0,51	r <sup>2</sup> = 0,26		< 18	18 - 20	> 20	
			Baixa	Média	Alta	Total
PMI (kg ha <sup>-1</sup> )	< 16,5	Baixa	12%	31%	3%	46%
	16,5 - 33	Média	7%	32%	12%	51%
	> 33	Alta	0%	0%	2%	3%
		Total	19%	64%	17%	100%
[E]		AP (cm)				
r = 0,51	r <sup>2</sup> = 0,26		< 76	76 - 95	> 95	
			Baixa	Média	Alta	Total
PR (kg ha <sup>-1</sup> )	< 1515	Baixa	23%	5%	0%	28%
	1515 - 1770	Média	32%	10%	0%	42%
	> 1770	Alta	13%	14%	3%	29%
		Total	69%	29%	3%	100%
[F]		UM (%)				
r = 0,42	r <sup>2</sup> = 0,18		< 18	18 - 20	> 20	
			Baixa	Média	Alta	Total
AP (cm)	< 76	Baixa	14%	46%	7.60%	68%
	76 - 95	Média	6%	17%	7.24%	30%
	> 95	Alta	0%	0%	2.62%	3%
		Total	19%	64%	17%	100%

Tabela 4 – Percentuais de sobreposição espacial entre pares de algumas variáveis de planta e de perdas na colheita mecanizada de feijão obtidos por operações de tabulações cruzadas em SIG e respectivos coeficientes de correlação e de determinação. Campo Belo do Sul, SC, 2007.

[G]		IV (cm)							
r = 0,35	r <sup>2</sup> = 0,12	< 8		8 - 10 F	> 10				
AP (cm)	< 76 76 - 95 > 95	Baixa	32%	Média	34%	Alta	2%	Total	68%
		Média	5%		20%		4%		30%
		Alta	3%		0%		0%		3%
		Total	40%		54%		6%		100%
[H]		PD (num.pl.)							
r = 0,35	R <sup>2</sup> = 0,12	< 1		1 - 2	> 2				
PMI (kg ha <sup>-1</sup> )	< 16,5 16,5 - 33 > 33	Baixa	42%	Média	4%	Alta	0%	Total	46%
		Média	44%		3%		4%		51%
		Alta	1%		2%		0%		3%
		Total	88%		8%		4%		100%
[I]		PD (num.pl.)							
r = 0,31	r <sup>2</sup> = 0,10	< 1		1 - 2	> 2				
PT (kg ha <sup>-1</sup> )	< 230 230 - 385 > 385	Baixa	49%	Média	4%	Alta	1%	Total	53%
		Média	38%		3%		3%		44%
		Alta	1%		2%		0%		3%
		Total	88%		8%		4%		100%
[J]		PD (num.pl.)							
r = -0,17	r <sup>2</sup> = 0,03	< 1		1 - 2	> 2				
PR (kg ha <sup>-1</sup> )	< 1515 1515 - 1770 > 1770	Baixa	19%	Média	5%	Alta	4%	Total	28%
		Média	41%		2%		0%		42%
		Alta	28%		1%		0%		29%
		Total	88%		8%		4%		100%
[L]		PMI (kg ha <sup>-1</sup> )							
r = 0,29	r <sup>2</sup> = 0,09	< 16,5		16,5 - 33	> 33				
PR (kg ha <sup>-1</sup> )	< 1515 1515 - 1770 > 1770	Baixa	18%	Média	11%	Alta	0%	Total	28%
		Média	23%		19%		1%		42%
		Alta	6%		21%		2%		29%
		Total	46%		51%		3%		100%
[M]		PR (kg ha <sup>-1</sup> )							
r = 0,49	r <sup>2</sup> = 0,24	< 1515		1515 - 1770	> 1770				
PT (kg ha <sup>-1</sup> )	< 230 230 - 385 > 385	Baixa	22%	Média	28%	Alta	3%	Total	53%
		Média	7%		13%		24%		44%
		Alta	0%		1%		2%		3%
		Total	28%		42%		29%		100%

A variável AP apresentou correlação positiva com PR (0,51) e UM (0,42) (Tabela 3E). Em termos espaciais, onde AP se apresentou alta, PR também foi alta. Em cerca de 1/3 das áreas onde AP mostrou-se baixa e média, PR também teve o mesmo comportamento. Quanto a UM, em 74% da área onde UM foi baixa, AP também foi baixa (Tabela 3F); em 72% da área onde UM foi média, AP também foi média. Onde UM foi alta (17% da área total), AP apresentou-se alta em 17% destes locais. Confirma-se, portanto, a expectativa de que, em nível de campo, uma maior umidade dos grãos está relacionada a uma maior produtividade e a uma maior altura de plantas, possivelmente pelo maior vigor da planta estabelecido por uma melhor nutrição.

Em 80% da área onde IV mostrou-se baixa, AP também foi baixa (Tabela 4G). De forma análoga, em 47% da área onde AP foi baixa, IV também foi baixa. De acordo com Horn et al. (2000) a altura das plantas está fortemente relacionada com a densidade populacional, parâmetro este não medido neste trabalho. Os autores também afirmam que a altura de inserção da primeira vagem, medida após a arranca das plantas, não serve como critério para a avaliação da seleção de plantas para a colheita mecanizada.

Assim sendo, nos locais mais altos ocorreram plantas mais altas, mais produtivas e com alturas de inserção da primeira vagem maiores do que nos locais mais baixos. A maior perda na plataforma naqueles locais estaria mais relacionada com a maior produtividade e com o maior acamamento do que com a altura de inserção da primeira vagem.

Houve uma tendência de aumento de PT com aumento de PD ( $r = 0,31$ ), bem como aumento de PMI ( $r = 0,35$ ). Em termos espaciais, nos locais onde houve baixa incidência de plantas espontâneas (88% da área total), tanto PT como PMI mostraram-se baixas em 50% desta região (Tabela 4H, 4I) e médias no restante da área. Onde PD mostrou-se alta, PT e PMI apresentaram-se médias. Portanto, percebe-se uma tendência de aumento de PT e PMI com o aumento da incidência de plantas espontâneas.

De modo geral, o comportamento espacial de PR e de PD (Tabela 4J) não permite concluir sobre tendência efetiva de seus comportamentos. PD correlacionou-se negativamente ( $r = -0,17$ ) PR, indicando uma tendência de diminuição de PR com o

aumento de PD. Em termos espaciais, em apenas 4% da área houve alta incidência de plantas espontâneas, onde PR apresentou-se baixa.

Com relação à produtividade e perdas devidas à máquina (Tabela 4L), PR apresentou correlações positivas com PT ( $r = 0,49$ ), PMI ( $r = 0,29$ ) e PP ( $r = 0,39$ ). Em termos espaciais, em 64% da área onde PR foi baixa, PMI também foi baixa. Em 45% da área onde PR mostrou-se média, PMI também foi média. Em cerca de 2/3 da área onde PMI mostrou-se alta houve também alta PR. Entretanto, PMI também está relacionada com um aumento em UM. Estes dados sugerem que maiores produtividades contribuíram para maior PP e PMI e também que nos locais de maior PMI os grãos apresentaram-se mais úmidos.

Os índices mostram-se mais significativos de PR em relação a PT (Tabela 4M). Em 79% da área onde PR foi baixa, PT também foi baixa. Em 67% da área onde PR foi média, PT foi baixa. Em 83% da área onde PR foi alta PT foi média. Do exposto acima, se pode concluir que o maior volume de material que entrou na máquina e se constituiu em perdas foi para PT e menos para PMI.

De forma geral, as variáveis relativas à resistência à penetração nas quatro camadas apresentaram baixas correlações entre si, com as variáveis de perdas e as com variáveis de plantas. Isto provavelmente é explicado por ser área de primeiro plantio implantada sobre campo nativo e também devido ao preparo do solo ter sido realizado na forma convencional.

## CONCLUSÕES

Os locais mais altos apresentaram maior produtividade, maior perda na plataforma, menor perda natural e menor perda nos mecanismos internos. Os locais mais altos apresentaram plantas mais altas, mais produtivas e com alturas de inserção da primeira vagem maiores do que nos locais mais baixos. A maior perda na plataforma nestes locais estaria mais relacionada com a produtividade e com o acamamento do que com a altura de inserção da primeira vagem.

Locais com maiores perdas naturais indicaram uma menor perda na plataforma.

As principais causas para ocorrência de perdas por mecanismos internos estariam na presença de plantas espontâneas e nos grãos mais úmidos no momento da trilha.

Confirma-se a expectativa de que, em nível de campo, uma maior umidade dos grãos está relacionada a uma maior produtividade e a uma maior altura de plantas, possivelmente pelo maior vigor da planta estabelecido por uma melhor nutrição.

Maiores produtividades contribuíram para maior perda na plataforma e perda nos mecanismos internos. Nos locais de maior perda por mecanismos internos, os grãos apresentaram-se mais úmidos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAIKE, H. A new look at the statistical model identification. **IEEE Transactions on Automated Control**, v.19, p. 716-723, 1974.
- AUERNHAMMER, H. Precision farming - the environmental challenge, **Computers and Electronics in Agriculture**, v.30, p. 31-43, 2001.
- BURROUGH, P. **Principles of geographical information systems for land resources. Assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986.
- CÂMARA, G. et al. Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling, **Computers & Graphics**, v.20, n.3, p. 395-403, 1996.
- CAMARGO, E. C. G. Análise espacial de superfícies por geoestatística. In: FUKS, S. D.; CÂMARA, G, MONTEIRO, A M. V. (ed.) **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/>. Acesso em: 05/10/2001.
- CAMBARDELLA, C. A. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 58, n.5, p. 1501-1511, 1994.
- COSTA, L. R. M.; PASQUALETTO, A. Comparação de sistemas de colheita mecanizada e semimecanizada na perda, dano mecânico e impureza de grãos na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris L.*). **Pesquisa Agropecuária Tropical**. v.29, n. 1, 1999. Online.
- DA SILVA, J. G.; FONSECA, J. R. Produção de sementes sadias de feijão comum em várzeas tropicais: colheita mecanizada. **Sistemas de Produção**, n. 4, 2004. Versão eletrônica.
- HORN, F. L.. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n.1, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/>. Acesso em: 30/01/2007.
- KRIEGE, D.G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the Witwatersrand. **Johannesburg Chemistry Metallurgy Mining Society South African**, v. 52, p.119-139, 1951.
- JAUER, A. et. al. . Comportamento da cultivar BR-IPAGRO 44-guapo brilhante de feijoeiro em quatro populações de plantas na safrinha em Santa Maria-RS. **Ciência Rural**, v. 33, n. 2, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acesso em: 30/01/2007.
- LOPES, G. T. **Proposta de um controlador ótimo de altura da plataforma de corte de colhedoras**. 1999, 170p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- MAPA - Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Projeto de Instrução Normativa SARC. Portaria nº 85, de 6 de Março de 2002. Online. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=6736>. Acesso em: 15/03/2007.
- MARCHEZAN, E.; COSTA, J.A. Perdas na colheita de soja. **Lavoura de Arroz**, v.33, n.325, p.40-45, 1980.
- RAFAELI NETO, S. L.; DALMOLIN, Q.; ROBBI, C. **Bancos de dados em sistemas de informação geográfica**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994.
- SPRING para Windows. Versão. 4.2. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Brasil, 2006. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em: 10/03/2006.