

Determinação e remoção do tempo de atraso em mapas de colheita de milho

Ricardo Michelin^{1*}, Eduardo Godoy de Souza² e Miguel Angel Uribe-Opazo²

¹Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade do Oeste do Paraná, Rua Universitária, 2069, Cx. Postal 711, 85814-110, Jardim Universitário, Cascavel, Paraná, Brasil. ²Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: ricardomichelan@hotmail.com

RESUMO. Devido a grande quantidade de informações coletadas a baixo custo, o mapeamento da produtividade do campo tem sido a chave do desenvolvimento para a agricultura de precisão. Entretanto, nesse processo podem ocorrer erros, sendo o principal deles o tempo de atraso, descrito como o tempo dispendido entre o corte da planta pela barra da plataforma e a passagem do grão pelo sensor de produtividade e a correlação deste fluxo com a correta posição da colhedora quando a cultura foi ceifada. A análise de dependência espacial pelo método do melhor ajuste do semivariograma e dos seus parâmetros foi o que determinou o melhor tempo de atraso. A variância do efeito pepita mede a quantidade de variação de pequena escala em um conjunto de dados espaciais. Pode-se supor uma dependência entre o efeito pepita e o tempo de atraso, dessa forma, variação do efeito pepita deve ser minimizada com o verdadeiro tempo de atraso. Para esta análise pelo semivariograma, os dados de produtividade úmida, umidade e elevação foram divididos em 12 sub-áreas e cada uma teve o tempo de atraso determinado, variando de 3 a 27 segundos para produtividade úmida e umidade e de 0 a 3 segundos para elevação. O método de determinação dos tempos de atraso pelo melhor ajuste do semivariograma foi satisfatório, apesar das condições atípicas, ou seja, alta variabilidade natural dos dados para os três fatores, provando as mudanças do tempo de atraso em uma área relativamente pequena.

Palavras-chave: colheita monitorada, tempo de atraso, agricultura de precisão.

ABSTRACT. Determination and removal of the time delay in corn crop maps.

Due to the great amount of information collected at a low cost, the harvest mapping has been the development key for Precision Agriculture. However, mistakes can happen in this process. The main of them, the time delay, is described as the time spent among the cut of the plant by the bar of the platform and the passage of the grain for the sensor of productivity, and the correlation of this flow with the correct position of the combine when the culture was harvested. The spatial dependence analysis by the best adjustment semivariogram method and their parameters determined the best time delay. The variance of nugget effect measures the small amount variation in a group of space data. Dependence between the nugget effect and the time delay can be supposed. Thus, the variation of the nugget effect should be minimized with the true time delay. For the semivariogram analysis, the data of moisture productivity, moisture and elevation were divided in 12 sub-areas and each area had the determined time delay, varying from 3 to 27 second for moisture productivity and moisture and from 0 to 3 seconds for elevation. The best adjustment semivariogram method to determine the time delay was satisfactory, in spite of the atypical conditions, that is, high natural variability of the data for the three factors, proving changes of the time delay in a small area.

Key words: monitored harvest, time delay, precision agriculture.

Introdução

A aquisição de dados de produtividade e posição baseada em sensores montados sobre colhedoras de cereais, aperfeiçoados no final dos anos 80 por Searcy *et al.* (1989) resultaram na criação de mapas de produtividade e na considerável diminuição do

esforço para obtê-los. Mas, essa aquisição de dados não está livre de erros.

Blackmore e Marshall (1996) citam como sendo seis os principais erros em mapas de produtividade e são eles: tempo de atraso ou de transporte dos grãos dentro do mecanismo de debulha, determinação errada da largura da plataforma durante a colheita,

erro natural do GPS, sobra de grãos no mecanismo de transporte, perda de grãos pelo conjunto, acurácia e calibração do sensor de fluxo. Moore (1998) identificou três erros durante seis anos de trabalho com mapeamento de produtividade e são eles: calibração de volume, tempo de enchimento dos espaços internos da colhedora, suavização e largura de corte da plataforma incorreta.

Alguns desses erros podem ser facilmente removidos por programas computacionais adquiridos juntamente com o conjunto instalado na colhedora, mas são difíceis de serem determinados, como por exemplo, o tempo de atraso, que é tratado pelos autores Chung *et al.* (2002) e Yang *et al.* (2002) como sendo o principal problema na geração de mapas de produtividade confiáveis.

Segundo Moore (1998), o tempo de espera ou de atraso é aquele dispendido entre o corte da planta pela barra da plataforma e a passagem do grão pelo sensor de produtividade. O fluxo de grãos medido no sensor de produtividade deve ser correlacionado com a posição da colhedora quando a cultura foi ceifada pela barra de corte. Um tempo incorreto pré-estabelecido pelo usuário ao monitor de colheita para esse processo resulta em erros no cálculo da produtividade e tem ainda o efeito de deslocamento da sua coordenada, devido a diferenças de áreas com movimentos acelerados ou retardados da colhedora, resultando em produtividades maiores ou menores que a real.

Chung *et al.* (2002) utilizaram o processo geoestatístico da semivariância (equação 1), que é o indicador de dependência espacial, para determinação do correto tempo de atraso.

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

em que:

h : separação de distância ou atraso;

$\gamma(h)$: semivariância para classe do intervalo de distância;

$Z(si)$: valor simples medido no ponto i ;

$Z(si+h)$: valor simples medido no ponto $i+h$ e;

$N(h)$: número total de pares para o intervalo de distância.

A Figura 1 ilustra um semivariograma típico e seus parâmetros. Com o aumento da distância, a semivariância cresce até atingir um máximo conhecido como patamar. O alcance (range), limite

da dependência espacial, é definido como a distância de separação a qual o semivariograma alcança seu patamar (Webster e Oliver, 1990).

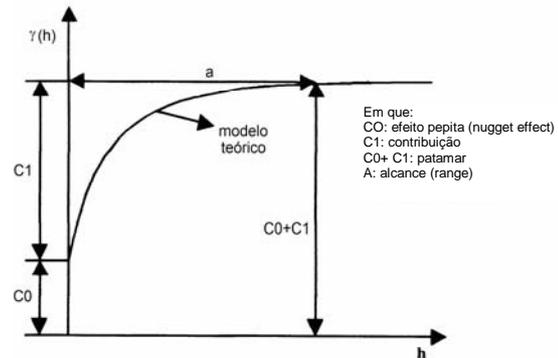


Figura 1. Parâmetros de um semivariograma típico.

Outra característica do semivariograma é o efeito pepita (*nugget effect*), que aparece como uma descontinuidade na origem. A variância do efeito pepita ocorre devido a erros de medida ou micro-variabilidade em distâncias menores que a distância mínima entre observações. Na prática, o efeito pepita e os outros parâmetros do semivariograma (alcance e patamar) são calculados pelo uso ajuste de modelos geoestatísticos a semivariância sobre certa distância de separação com um modelo apropriado (Chung *et al.*, 2002).

Sendo que a variância do efeito pepita mede a quantidade de variação de pequena escala em um conjunto de dados espaciais, pode-se supor uma dependência entre o efeito pepita e o tempo de atraso. A variação do efeito pepita deve ser minimizada com o verdadeiro tempo de atraso (Chung *et al.*, 2002).

Devido à natureza dispersa e não normal dos dados, utiliza-se o semivariograma experimental proposto por Cressie e Hawkins (1980), apresentada na equação 2.

$$\hat{\gamma}(h) = \frac{1}{2} \left[\frac{N(h)^{-1} \sum_{N(h)} \sqrt{|(Z(si+h) - Z(si))|}}{0,457 + \frac{0,494}{N(h)}} \right]^4 \quad (2)$$

Em que:

h : separação de distância ou atraso;

$\hat{\gamma}(h)$: semivariância para h classes do intervalo de distância;

$Z(si)$: valor simples medido no ponto i ;

$Z(si+h)$: valor simples medido no ponto $i+h$ e;

$N(h)$: número total de pares para o intervalo de distância.

Para determinação do melhor ajuste do semivariograma utiliza-se um dispositivo do programa Geocac[®] (Silva *et al.*, 2002), chamado Indicador de Melhor Ajuste - IGF, desenvolvido por Pannatier (1996), também chamado de método de mínimos quadrados ponderados, apresentada na equação 3:

$$IGF = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sum_{i=0}^{n(k)} \frac{P(i)}{\sum_{j=0}^{n(k)} P(i)} \cdot \frac{D(k)}{d(i)} \left[\frac{\gamma(h_i) - \hat{\gamma}(h_i)}{\sigma^2} \right] \quad (3)$$

em que:

N : número de semivariograma direcionais;

$n(k)$: número de *lag* relativo ao k -ésimo semivariograma;

$D(k)$: distância máxima do k -ésimo semivariograma;

$P(i)$: número de pares do i -ésimo *lag* do k -ésimo semivariograma;

$d(i)$: distância média dos pares do i -ésimo *lag* do k -ésimo semivariograma;

$\gamma(h_i)$: valor real do semivariância para o i -ésimo *lag*;

$\hat{\gamma}(h_i)$: valor real experimental da semivariância

para o i -ésimo *lag*;

σ^2 : é a variância dos dados.

Outra fonte de erro em mapas de produtividade é o tempo de enchimento, que é o intervalo de tempo que a máquina leva para que todos os seus espaços e componentes internos (cilindro, saca-palhas, peneiras e elevadores) sejam preenchidos pela massa de palha e grãos, ocorrendo sempre no início de cada manobra de cabeceira. Durante o tempo de enchimento, todos os pontos coletados devem ser eliminados do mapa de rendimento, pois a máquina ainda não entrou em um estado normal de trabalho, conseqüentemente o fluxo de grãos registrado pelo monitor pode ser menor que o real. No final da passada ocorre o tempo de esvaziamento, que é o mesmo processo do tempo de enchimento, mas em sentido contrário, ou seja, o operador começa a retardar o processo de colheita no final da passada da colhedora para realizar a manobra de cabeceira.

O erro de entrada errada de largura de plataforma também está presente em mapas de produtividade. Em todos os sistemas, a medição da área é necessária para converter o fluxo de grãos (kg s^{-1} ou t s^{-1}) em

produtividade (kg m^{-2} ou t ha^{-1}), e é obtida multiplicando-se a largura da barra de corte da colhedora pela distância percorrida num determinado tempo. Para tanto se pode utilizar a equação 4:

$$Y = \frac{m_{\text{seco}} \cdot t}{d \cdot w} \cdot 10000 \quad (4)$$

em que:

Y : Produtividade (t ha^{-1});

m_{seco} : fluxo de massa corrigido (t s^{-1});

t : Período de amostragem (s);

d : Distância percorrida (m);

w : Largura indicada da plataforma (m).

Para associar posição e elevação à produtividade coletada pontualmente em todo o talhão, o monitor de produtividade conta com um sistema denominado GPS - *Global Positioning System* (Sistema de Posicionamento Global), que funciona por transmissão de sinais eletromagnéticos gerados por satélite. O sistema GPS está sujeito a diversos erros aleatórios que influenciam na identificação da posição do receptor. Esses erros são descritos por diversos autores (Hurn, 1989; Morgan e Ess, 1997 e Moore, 1998) e podem ser resumidos em erros atribuídos a interferências da ionosfera e troposfera, erros do relógio do satélite e do receptor, erros na órbita dos satélites e erros de reflexão do sinal ou multicaminhamento.

Menegatti (2002) retirou os erros grosseiros de posicionamento pela inserção dos dados em uma ferramenta SIG (Sistema de Informações Geográficas). Nessa fase o mapa de colheita foi confrontado com o mapa dos limites do talhão, e os pontos de colheita localizados fora do talhão foram eliminados, totalizando 3,9% dos 8356 pontos colhidos pelo monitor de produtividade AgLeader[®], instalado em uma colhedora New Holland[®].

De acordo com Morgan e Ess (1997), a correção diferencial, que pode ser obtida via satélite, por estações locais ou por outras maneiras, elimina os erros do relógio e órbita do satélite e de refração, e reduz consideravelmente os erros do relógio do receptor, da interferência da ionosfera e da troposfera, contribuindo com uma melhoria significativa na qualidade do posicionamento, mas o sinal de correção diferencial também pode falhar.

Menegatti (2002) cita a umidade dos grãos como sendo outro fator potencial de erro em mapas de

produtividade, que deve ser considerado na interpretação, porque ela é variável no talhão. Segundo o autor, o problema é agravado quando a colheita é iniciada em condições de alta umidade, e no decorrer do processo os grãos secam a uma umidade constante. Tal situação é muito comum e ocorre em uma pequena escala de tempo, ao longo do dia. Outra fonte de variabilidade da umidade é o estágio de maturação das plantas ao longo do talhão, que pode variar de acordo com a disponibilidade hídrica do solo, com a exposição à radiação solar e também a ventos.

Erros de valores extremos de produtividade foram reportados por Juerschik e Giebel (1999) em um conjunto de dados coletados durante a colheita de um talhão. Os autores consideram que a eliminação de tais pontos deve ser criteriosa por que os dados de produtividade com valores muito altos e muito baixos podem, de fato, ocorrer na natureza. Esse tipo de erro é eliminado do conjunto de dados de colheita por meio da eliminação de pontos discrepantes. Para eliminação de tais pontos discrepantes, devemos levar em consideração os limites de produtividades regionais, condições ambientais como temperatura, fotoperíodo e precipitações pluviométricas durante o ciclo da cultura, potencial genético de produtividade para cada variedade dentre outras coisas.

Mas os mapas de colheita podem ser corrigidos. A filtragem pós-processada em erros de mapas de produtividade se tornou uma prática mundialmente adotada devido sua segurança e praticidade. Essa filtragem tem sido atualmente feita por dois métodos. O de aplicação de algoritmos de filtragem, que é mais rápido, mas que na prática é menos confiável, devido a grande quantidade de pontos retirados, e a aplicação de filtros simples, para eliminação manual de pontos. Este último método requer do especialista certo conhecimento sobre a área colhida e uma grande quantidade de tempo, mas, em geral, obtém resultados mais confiáveis.

Como objetivo foi proposta uma metodologia de filtragem de dados de produtividade da cultura de milho, identificando o melhor tempo de atraso para mapas de produtividade obtidos com monitor de colheita, para que se tornem confiáveis na tomada de decisões gerenciais do empreendimento agrícola.

Material e métodos

Os dados de produtividade utilizado neste estudo

foram coletados na propriedade rural do Sr. Dircio Dambros, localizada na zona rural do município de Cascavel, Estado do Paraná, com localização geográfica de 53°31'26.4" de longitude Oeste e 24°58'44.4" de latitude Sul de Greenwich, com altitude média de 650 metros, em uma cultura comercial de milho safrinha, com ciclo fisiológico de aproximadamente 120 dias e que foi semeada entre os dias 25 a 30 de janeiro de 2004, com espaçamento entre plantas de 0,20 metros e espaçamento entre linhas de 0,70 metros.

A colheita foi realizada do dia 30 de junho a 2 de julho de 2004, em uma área total de 32,80 ha, de onde foi retirada uma sub-área de 13,23 ha para ser analisada neste trabalho. A densidade de coleta foi de 589,8 pontos ha⁻¹, totalizando, nesta sub-área, 7803 pontos. Esta densidade de pontos é fruto do intervalo de leitura do monitor, que foi de 3 segundos e também da velocidade de deslocamento da colhedora, que foi em média de 5 km h⁻¹.

O monitor de produtividade utilizado foi o AgLeader®, modelo PF 3000®, montado no ano de 2001 a uma colhedora New Holland TC 57®, ano de fabricação 1994, com potência nominal de 123,6 kW, e plataforma despigadora de minho com 6 linhas, espaçadas entre si com 0,70 metros e capacidade de armazenamento no graneleiro de 5000 litros.

Após a coleta, o próximo processo foi à filtragem ou remoção de dados considerados errados. A metodologia de determinação de erros e filtragem considera dados que podem ser identificados no mapa de produtividade, após sua confecção, e após o acompanhamento da correta calibração e funcionamento de todos os sensores da colhedora. Os dados de colheita foram gerados 10 vezes, com os tempos de atraso de 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 27 segundos, devido ao intervalo de coleta dos pontos de dados, que são de 3 segundos. Dentro de cada um dos 10 conjuntos de dados com tempo de atraso diferenciado, foi feita uma filtragem de dados coletados errados ou discrepantes. Foram eliminados dados dentro do intervalo de enchimento e esvaziamento, dados com largura incorreta da plataforma, dados com falha no sinal diferencial do GPS, dados com valores discrepantes ou nulos de umidade, dados com erro de posicionamento e dados com valores discrepantes de produtividade.

Depois dessa filtragem, cada uma das 12 sub-áreas, representadas na Figura 2, foi inserida em

uma ferramenta SIG, a qual serviu de parâmetro para divisão dos 10 conjuntos de dados com tempos atraso diferentes, e foram submetidas ao processo de análise de dependência espacial do melhor ajuste do semivariograma, para cada uma de suas três variáveis (produtividade úmida, umidade e elevação) totalizando 360 análises. Por último, foi selecionado dentro de cada região, a análise que mostrou menor efeito pepita na análise do semivariograma e foi utilizado como tempo de atraso correto. As regiões com tempo de atraso mais apropriado foram reintegradas a área total, finalizando o processo.

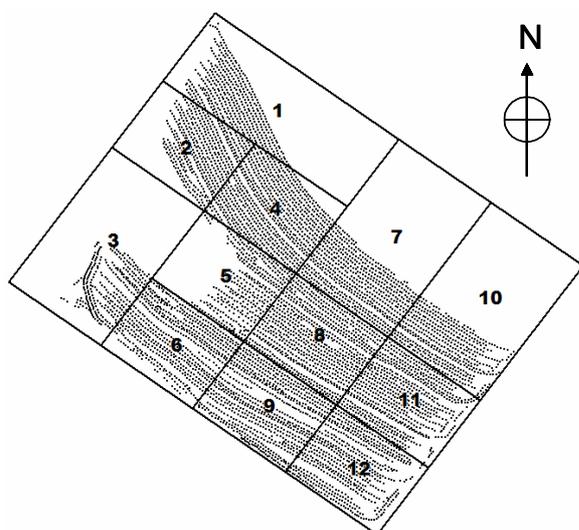


Figura 2. Divisão do talhão principal em 12 sub-áreas para determinação do tempo de atraso correto.

Resultados e discussão

A retirada de pontos pelo processo de filtragem variou de no mínimo 7,5 e no máximo 15,5% do total, para os dados obtidos com os tempos de atraso 3 e 15 segundos, respectivamente. A densidade de pontos após a filtragem também foi afetada, passando em média de 580,7 para 517,9 pontos ha⁻¹, como ilustra a Tabela 1.

Tabela 1. Densidade de pontos por hectare de acordo com cada tempo de atraso, antes e depois do processo de filtragem.

Dados	Tempo de atraso(s)										média
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	
Brutos	565,7	572	578,3	584,5	588,3	589,8	589	585,8	580,1	573,9	580,7
Filtrados	525,9	529,1	518,4	518,4	511,3	498,3	499,5	529,6	528,0	520,6	517,9
Diferença	39,8	42,8	59,8	66,1	76,9	91,5	89,4	56,1	52,0	53,2	62,8

Com um monitor do mesmo modelo, Menegatti

(2002) retirou 16,2% dos pontos após filtragem de dados com método semelhante, em uma área de 12,6 ha, e densidade de 863 pontos ha⁻¹.

Para uma visão geral da quantidade de pontos existentes nos dados brutos e do remanescente nos dados filtrados, temos a Figura 3.

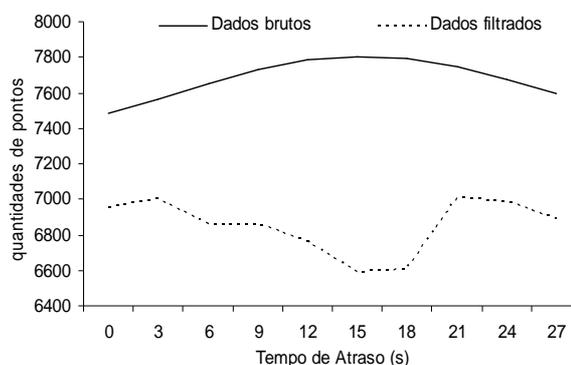


Figura 3. Distribuição da quantidade de pontos dos dados brutos e filtrados, para os vários tempos de atraso.

Ao término do processo de filtragem, a etapa subsequente foi a determinação do correto tempo de atraso para as variáveis produtividade úmida, umidade e altitude.

Os resultados das análises de dependência espacial, para todos os conjuntos de dados, podem ser vistos na Figura 4, na qual todos os efeitos pepita para os fatores produtividade úmida, umidade e elevação foram tabulados.

Podemos observar em todos os gráficos da Figura 5 que existe certa tendência no fator produtividade úmida, quando se trata do tempo de atraso de zero segundo, tendo o efeito pepita desse ponto, sempre com valores superiores aos demais. Isso se deve à alta variabilidade causada por este tempo de atraso a todas as 12 regiões. Ainda para o fator produtividade, o comportamento do efeito pepita dos tempos de atraso em todas as regiões pode ser considerado homogêneo devido à baixa variação dos valores do gráfico.

Outra tendência dos gráficos da Figura 5 é a linearidade constante, próximo de zero dos efeitos pepita para o fator elevação. Esse comportamento de baixa variação é proveniente da própria “falta” do tempo de atraso deste dado, já que a elevação é transmitida juntamente com as coordenadas geodésicas pelo DGPS para o monitor de produtividade e não sofre deslocamento entre os pontos com o tempo de atraso, como os fatores produtividade úmida e umidade.

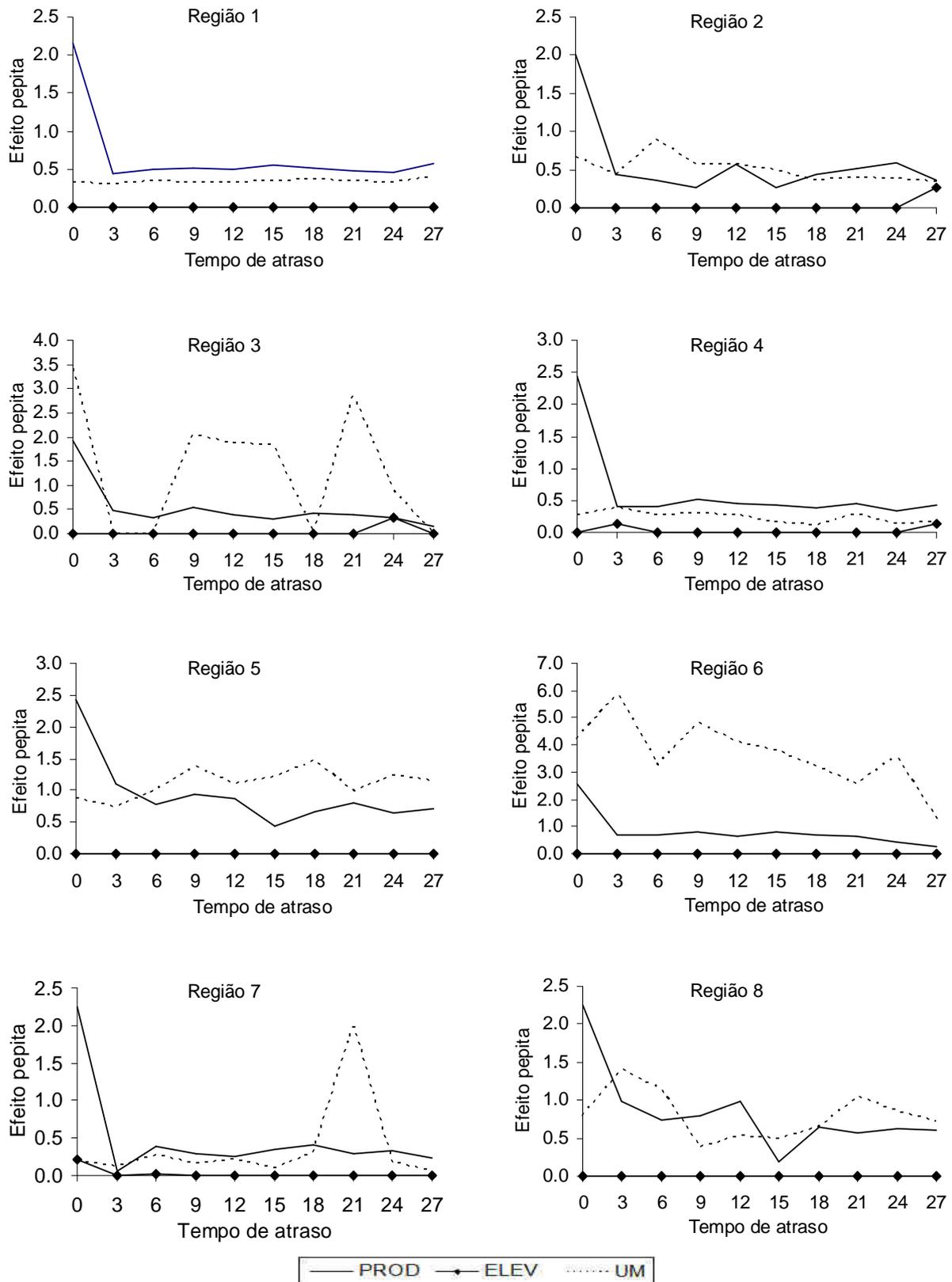


Figura 4. Gráficos dos efeitos pepita da variável produtividade úmida (PROD), elevação (ELEV) e umidade (UM), das 12 regiões, para os tempos de atraso que vão de 0 a 27 segundos.

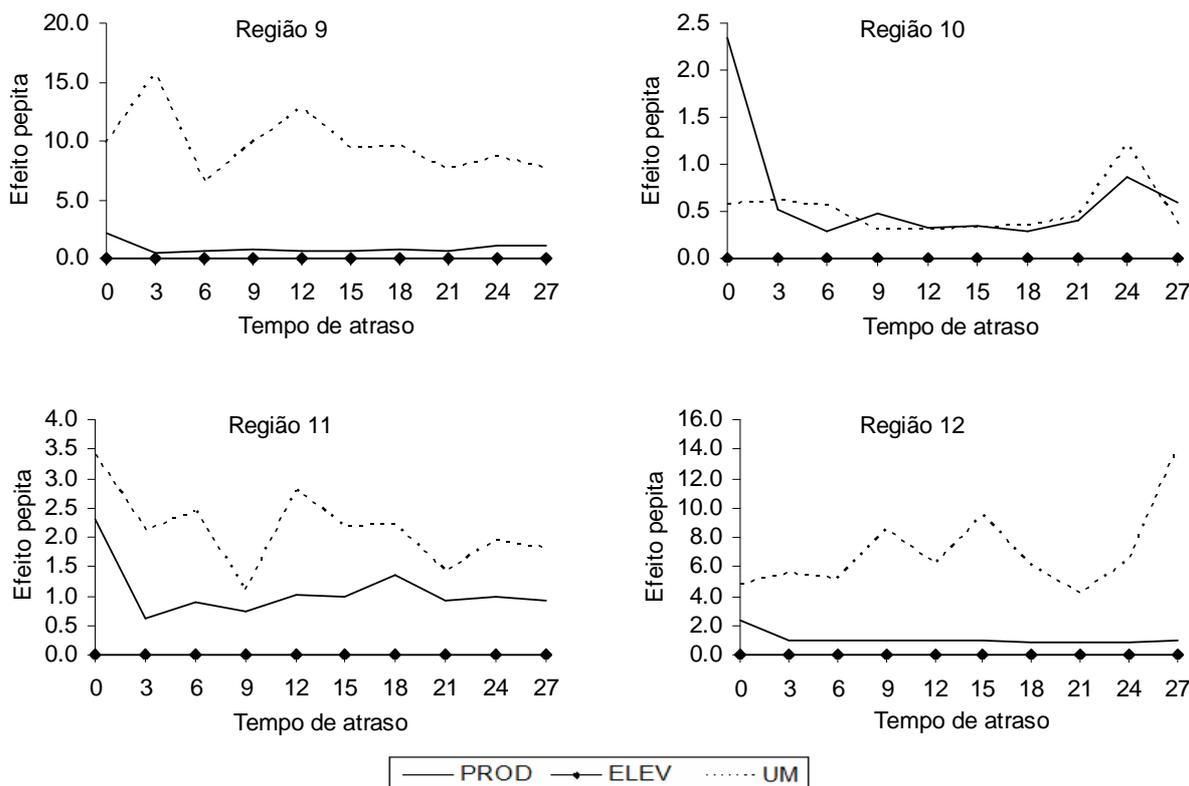


Figura 4. (Continuação) Gráficos dos efeitos pepita da variável produtividade úmida (PROD), elevação (ELEV) e umidade (UM), das 12 regiões, para os tempos de atraso que vão de 0 a 27 segundos.

Após os dados de produtividade úmida, umidade e elevação serem reagrupados em um só conjunto com a simples união dos pontos, de acordo com os tempos de atraso da Tabela 2, eles foram representados nos mapas de pontos da Figuras 5, 6 e 7.

Analisando as Figuras 5, 6 e 7 pode-se observar a influência que o relevo exerce nos mapas de produtividade e umidade. Quanto maior a elevação do relevo, pode-se observar uma diminuição considerável na produtividade e um significativo aumento na umidade.

Tabela 2. Menor efeito pepita e respectivo tempo de atraso para as 12 regiões e as três variáveis dos dados de colheita monitorada.

Região	Fator Produtividade		Fator Umidade		Fator Elevação	
	Menor Efeito Pepita	Tempo de Atraso(s)	Menor Efeito Pepita	Tempo de Atraso(s)	Menor Efeito Pepita	Tempo de Atraso(s)
1	0,431	3	0,299	3	0	0
2	0,262	9	0,332	27	0	0
3	0,144	27	0	3	0	0
4	0,346	24	0,115	18	0	0
5	0,445	15	0,741	3	0	0
6	0,263	27	1,280	27	0	0
7	0,064	3	0,060	27	0	3
8	0,198	15	0,388	9	0	0
9	0,415	3	6,443	6	0	0
10	0,279	18	0,302	12	0	0
11	0,622	3	1,079	9	0	0
12	0,827	18	4,175	21	0	0

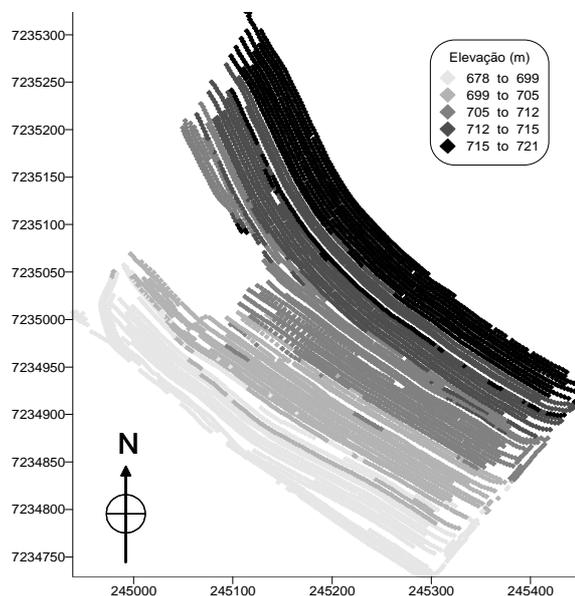


Figura 5. Mapa de pontos para elevação após a limpeza dos dados.

Para verificar a influência do tempo de atraso e do processo de filtragem na qualidade dos dados, eles foram comparados com um conjunto de dados brutos, sem nenhum processo de filtragem e com o tempo de atraso único de zero segundo.

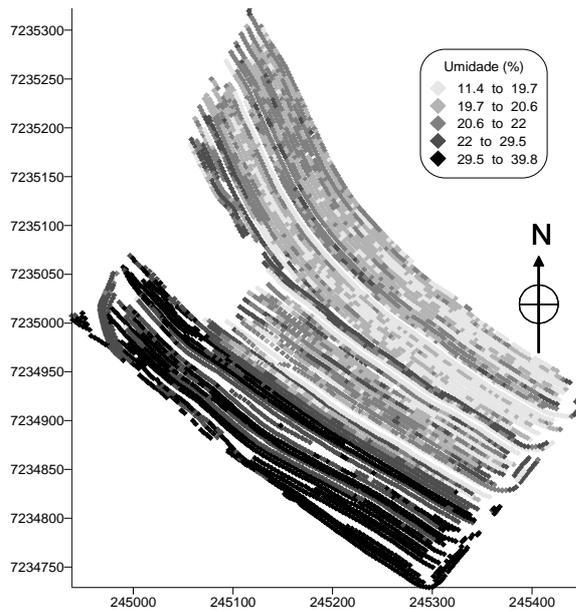


Figura 6. Mapa de pontos para umidade de grãos após a limpeza e correção dos dados.

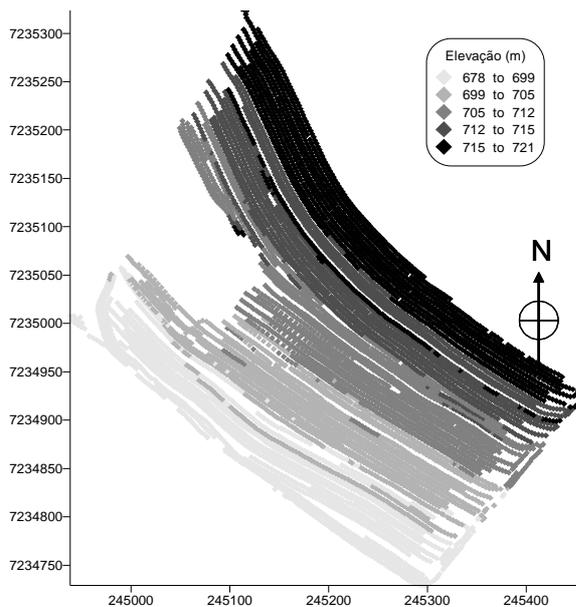


Figura 7. Mapa de pontos para elevação após a limpeza dos dados.

Os coeficientes ajustados ao semivariograma produzidos pelos dados brutos e filtrados podem ser vistos na Tabela 3, assim como os semivariogramas e seus ajustes, que podem ser visualizados na Figura 8.

Em geral, a filtragem dos dados e a determinação regionalizada do tempo de atraso contribuíram para a caracterização da dependência espacial, reduzindo a variabilidade não explicada pelos modelos ajustados aos dados, representada pelo efeito pepita (C_0). A filtragem teve maior resposta nos dados de umidade, em que o efeito pepita abaixou de 20,67 para 6,302. Já para os dados de elevação e produtividade úmida

houve um resultado pouco expressivo, já que o efeito pepita variou de 0,552 para 0,537 e de 1,594 para 1,159, respectivamente.

Tabela 3. Parâmetros do semivariograma para os dados brutos e filtrados.

Variável	Dados	Parâmetros do semivariograma			
		Modelo	Pepita (C_0)	Patamar (C_0+C_1)	Alcance (m)
Produtividade	brutos	Exponencial	1,594	4,44	374,1
	filtrados	Exponencial	1,159	8,30	1013,9
Umidade	brutos	Gaussiano	20,670	29,95	136,1
	filtrados	Gaussiano	6,306	38,10	128,4
Elevação	brutos	Gaussiano	0,552	141,30	193,5
	filtrados	Gaussiano	0,537	142,80	196,4

Em análise de dependência espacial nos dados de um monitor do mesmo fabricante, Menegatti (2002) encontrou variações mais acentuadas do efeito pepita na variável produtividade de 1,20 para 0,27, em dados brutos e filtrados, respectivamente.

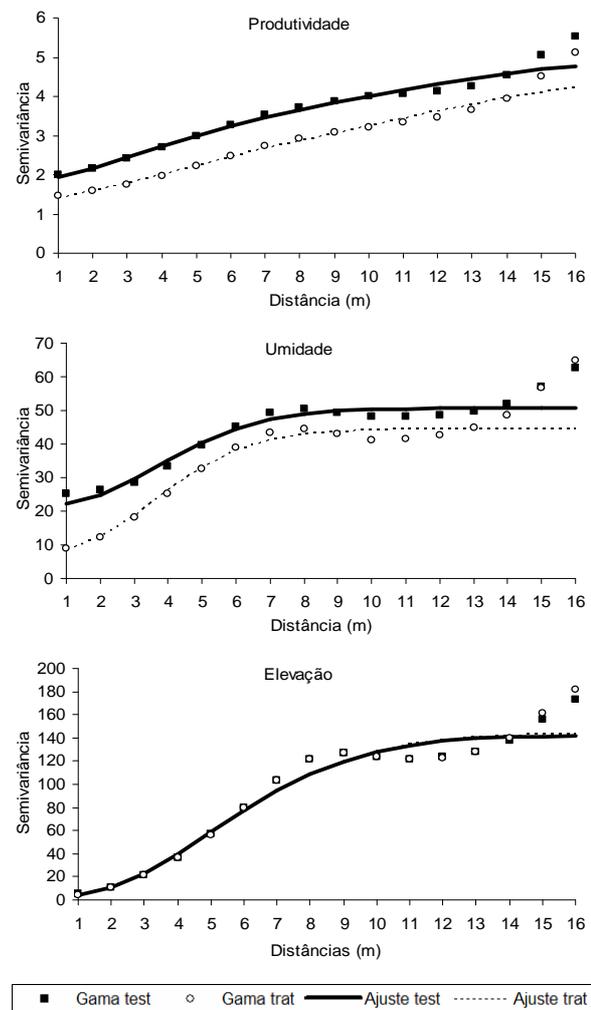


Figura 8. Semivariogramas ajustados aos dados brutos (test) e tratados (trat) antes e depois do processo de filtragem e determinação do tempo de atraso.

Conclusão

O método de determinação dos tempos de atraso pelo melhor ajuste do semivariograma foi satisfatório, apesar das condições atípicas, ou seja, alta variabilidade natural dos dados para os três fatores (produtividade úmida, umidade e elevação), provando as mudanças do tempo de atraso em uma área relativamente pequena.

Como o principal fator de influência na interpolação de dados para geração de um mapa é o efeito pepita (C0) e não o alcance (a) do semivariograma, visualmente os mapas gerados a partir dos dados filtrados e não filtrados teriam poucas diferenças quando tratamos de produtividade e elevação. Já para o fator umidade, a diferença visual seria significativa.

A incorporação de filtros em programas de geração de mapas de colheita vem avançando, mas ainda não permite uma total identificação de erros e limpeza de dados de produtividade gerados pelos monitores, o que diminui a confiabilidade do processo quando decisões gerenciais têm de ser tomadas a partir desses dados.

Referências

- BLACKMORE, B.S.; MARCHALL, C.J. Yield mapping; errors and algorithms. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 3., Minneapolis, 1996. *Proceedings...* Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1996. p. 403-415.
- CHUNG, S.O. *et al.* Determining yield monitoring system delay time with geostatistical and data. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 45, n. 2, p. 915-926, 2002.
- CRESSIE, N.R.; HAWKINS, D.M. Robust estimation of the variogram. *Math. Geol.*, New York, v. 12, n. 2, p. 115-125, 1980.
- HURN, J. *GPS A guide to the next utility*. 3. ed. Sunnyvale: Trimble Navigation Ltd., 1989.
- JUERSCHIK, P.; GIEBEL, A. Processing of point data from combine harvesters for precision farming. *In: EUROPEAN CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE*, 2., Denmark, 1997. *Precision agriculture'99*. Denmark: BIOS Scientific Publishers, 1999. p. 297-307.
- MENEGATTI, L.A.A. *Metodologia para identificação, caracterização e remoção de erros em mapas de produtividade*. 2002. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", São Paulo, 2002.
- MOORE, M. *An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management*. Silsoe: Silsoe College, 1998.
- MORGAN, M.; ESS, D. *The precision farming guide for agriculturists*. Moline: Deer, 1997.
- PANNATIER, Y. *VarioWin: software for spatial data analysis in 2D*. New York: Springer-Verlag, 1996.
- SEARCY, S.W. *et al.* Mapping of spatially variable yield during grain combining. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 32, n. 3, p. 826-829, 1989.
- SILVA, E.A.A. *et al.* Programa computacional para produção e ajuste de modelos teóricos a semivariogramas experimentais em variáveis regionalizadas - Geocac. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 31., 2002, Salvador. *Anais...* Salvador: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 2002.
- WEBSTER, R.; OLIVER, M. A. *Statistical methods in soil and land resource survey*. New York: Oxford University Press, 1990.
- YANG, C. *et al.* Optimum time lag determination for yield monitoring with remotely sensed imagery. *Trans. ASAE*, St. Joseph, v. 45, n. 6, p. 1737-1745, 2002.

Received on September 26, 2005.

Accepted on August 18, 2006.