

GERAÇÃO DE MAPAS DE PRODUTIVIDADE PARA CITROS

Leonardo Sanches Mascarin¹, José Paulo Molin²

Resumo

A ausência de técnicas e recursos para a geração rotineira de mapas de produtividade em áreas de citros é uma das grandes dificuldades para implantação de um sistema de agricultura de precisão mais amplo. Isso impede a adoção da estratégia de gerenciamento integrado de entradas e saídas e não permite a mensuração dos efeitos de adoção de taxas variadas de insumos, o que justifica o esforço em empreender técnicas e equipamentos para a geração dessa informação. Este trabalho objetivou desenvolver e testar uma proposta para a geração de dados para obtenção de mapas de produtividade, com procedimento simples e sem interferir na rotina da colheita. Inicialmente procedeu-se a pesagem de uma população de sacolões (“big bag”) para que fosse possível aferir a informação de massa estimada pelo apontador, responsável pela colheita. Na seqüência selecionou-se uma área específica e georreferenciou-se todos os sacolões de colheita. A partir dos cálculos de distâncias entre os sacolões obtiveram-se as áreas de representação de cada um. Com os dados de área e das massas obtidas no apontamento foi possível determinar a produtividade dos pontos. Após a análise estatística e geoestatística dos dados estes foram interpolados gerando o mapa de produtividade. A informação de massa dos sacolões obtida pelo responsável de colheita se mostrou aceitável. O método se mostrou válido para a coleta de dados e geração do mapa de produtividades

Palavras-Chave: laranja, variabilidade espacial, coleta de dados

DEVELOPMENT YIELD MAPPING FOR CITRUS

Summary

Techniques and resources for the routine generation of yield mapping for citrus is necessary for implementing comprehensive precision agriculture strategies of integrated management of inputs and extractions. It will also allow the measurement of the effect of adoption of VRT, what justifies the efforts developing techniques for the generation of yield mapping for citrus. This objective of this paper is to propose and test a methodology for collecting data in a simple, way without interfering with harvesting. Initially a population on big bag was weighed for checking the weight estimated the responsible for that as a routine. In the sequence a field was selected and all the big bags of harvest were georeferenced allowing for the calculation of distances between them for representation of the respective area. With the area, location and mass of each bag it was possible to determine the productivity of each points and with interpolation the yield map was generated. The information of mass of the big bags

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Máquinas Agrícolas, ESALQ/USP, leomascarin@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrícola, Prof. Livre Docente, Depto. Engenharia Rural, ESALQ/USP, jpmolin@esalq.usp.br

estimated by the responsible were considered acceptable and the method is considered simple and efficient for collection of data and generation of yield maps.

Keywords: orange, spatial variability, data collection

Introdução

A citricultura brasileira é de fundamental importância para a economia brasileira devido aos recordes de exportação e pela geração de grande quantidade de empregos. De acordo com dados da FAO (2005), a produção mundial de laranja é de 63 milhões de toneladas, tendo o Brasil a posição de líder mundial, com uma produção de 18,2 milhões de toneladas, seguido pelos EUA, México, Índia e China. A área cultivada com laranjais no Brasil é de aproximadamente 820.267 ha distribuídos em 27 mil estabelecimentos rurais.

A citricultura brasileira gera anualmente divisas em torno de US\$ 1 bilhão, como um dos principais itens de exportação. O Brasil lidera as vendas externas mundiais de suco de laranja concentrado, com 80% do total global. Na safra 2004/05 exportou um total de 1,4 milhões de toneladas, 69,4 % destinados à União Européia, o principal consumidor de suco de laranja concentrado do país (ABECITRUS, 2005).

A colheita manual é atualmente realizada na totalidade das propriedades citrícolas nacionais, o que permite a seleção qualitativa dos frutos removidos das plantas. Esse método exige uma grande quantidade de mão-de-obra e apresenta diversificação entre as empresas para adaptar-se a necessidades internas.

Atualmente, os citricultores estão buscando técnicas gerenciais mais consistentes, investigando novas alternativas para aumentar a eficiência e a eficácia do processo de gerenciamento e administração da produção, evidenciando que, num período não muito longo a citricultura passará por novos modelos de gerenciamento e estrutura de organização (DRAGONE, 2003).

Os recentes movimentos da agricultura de precisão (AP) no mundo têm atingido as grandes culturas, em especial os grãos. No Brasil, a cana-de-açúcar também já experimenta uma fase de adoção de técnicas de AP em escala comercial. Embora as áreas de citros no Brasil também já tenham tido envolvimento com AP, algumas limitações são freqüentemente apontadas. Sua implantação implica em um ciclo de tarefas que tem como ponto de partida o mapa de produtividade que representa a informação mais completa para visualizar a variabilidade espacial das lavouras, pois materializa a resposta da cultura.

AP é um conjunto de técnicas e ações de gerenciamento das lavouras levando em consideração a sua variabilidade espacial, admitindo que se pode obter melhores resultados se a simplificação da agricultura gerenciada por parâmetros médios, hoje largamente adotada por questões de simplificação, for superada. Na agricultura tradicional os resultados de colheita são expressos pela média, sendo obtido um valor por talhão colhido. Na AP essa informação é o mapa de colheita que mostra a produtividade em cada ponto da lavoura. É uma imagem que representa a variabilidade espacial da produção (MOLIN, 2001).

A correta geração e interpretação de dados referentes à variabilidade espacial das lavouras é a etapa mais trabalhosa e mais importante do processo de implantação da AP, sempre visando a busca dos responsáveis pela variabilidade e visando a sua

intervenção quando viável, ou a convivência quando esses fatores não permitem intervenção prática e econômica (MOLIN, 2000).

A ausência de técnicas e recursos para a geração rotineira de mapas de produtividade em áreas de citros é uma das grandes dificuldades para implantação de um sistema de AP mais amplo. Isso impede a adoção da estratégia de gerenciamento integrado de entradas e saídas e não permite a mensuração dos efeitos de adoção de taxas variadas de insumos, o que justifica o esforço em empreender técnicas e equipamentos para a geração de mapas de produtividade para citros.

Um dos primeiros trabalhos para o mapeamento da produtividade de laranja foi realizado por Whitney et al. (1998). Horrom (2000) definiu zonas de gerenciamento em talhões, monitorados a mais de cinco anos, com um monitor de produtividade instalado em uma colhedora mecânica, em lavouras de citros, na Flórida. Dois sistemas de pesagem foram comparados por Miller (1998), um utilizando células de carga sob a carreta e em outro uma célula de carga no braço hidráulico utilizado para carregar a carreta. Os métodos se mostraram adequados, mas com algumas limitações que devem ser aperfeiçoadas.

No Brasil, Balastreire et al. (2002) utilizaram um sistema de pesagem de sacolões por meio de célula de carga, que se mostrou adequado para o cálculo da produtividade. Parise (2004) obteve dados de produção e as plantas foram divididas em classes objetivando incluir o maior número possível de árvores na classificação, concluindo que em nível de árvores individuais o gerenciamento localizado da produção é dificultado pela alta variabilidade espaço-temporal da produção. Farias et al. (2003), obtiveram mapas de produtividade e de tamanho de frutos através de amostragem da produção de algumas plantas e por técnicas de geoestatística e interpolação foi possível identificar a variabilidade, e observaram que o tamanho de frutos não interferiu na produtividade, mas sim o número de frutos.

Schueller et al. (1999) relatam que, sob desigualdade de produção em pomares de citros, o aproveitamento dos insumos aplicados uniformemente torna-se ineficiente em algumas áreas. Além do desperdício, a contaminação do meio ambiente pode ser incrementada nessas condições. Os mapas de produtividade apresentaram, em sua maioria, considerável variabilidade. Os autores atribuíram grande parte dessa variação da produtividade à variabilidade do solo e Whitney et al. (2000) concluíram que ainda não existem soluções óbvias para se lidar com essa variabilidade em nível localizado.

Sevier e Lee (2003) realizaram uma pesquisa sobre a utilização e adoção das tecnologias de AP por parte dos citricultores da Flórida. Foram entrevistados 161 citricultores que indicaram que as tecnologias mais utilizadas são mapeamento da variabilidade do solo (18 %) e controladores de aplicação em taxa variada (18,6 %); o mapeamento da produtividade é utilizado por 9,9 % dos citricultores. Os principais motivos relatados para a não adoção dessas tecnologias é o fato de estarem satisfeitos com as práticas atualmente utilizadas.

Este trabalho objetivou desenvolver e testar uma proposta para a geração de dados para obtenção de mapas de produtividade, visando procedimentos simples, eficientes e que respeitem as rotinas pré-existentes nos sistemas de colheita manual vigentes.

Materiais e Métodos

Atualmente a determinação de quantidade colhida pelos colhedores, a fim de realizar os pagamentos, é estimada pela técnica que o responsável de colheita (apontador) utiliza uma régua graduada com valores de número de caixas de colheita (27,2 kg). As marcações na régua são realizadas por determinação de altura do sacolão (“big bag”) em determinados volumes que as frutas representam.

Com o intuito de determinar o nível de acerto e confiabilidade da estimativa realizada pelo apontador, foi efetuada a pesagem de uma população de sacolões, no mês de outubro de 2005, na Fazenda Santa Isabel localizada no município de Brotas, SP. Foram pesados os sacolões de duas equipes de colheita (1 e 2) com seus distintos apontadores. Obtiveram-se as massas estimadas pelo apontador e as pesagens dos sacolões e essa comparação definiu o nível de confiabilidade do apontamento em relação à massa real obtida com a pesagem. A população da pesagem consistiu de um total de 65 sacolões em cada equipe de colheita.

Para realizar a pesagem dos sacolões foi utilizada uma célula de carga modelo LU – 2TE (Kyowa Electronic Instruments Ltda.[®]), calibrada antecipadamente em laboratório. A célula de carga foi então instalada em um guincho agrícola, modelo GAT-R (Tatu Marchesan[®]), tracionado por um trator Massey Ferguson[®], modelo 275.

Os sacolões eram engatados ao gancho de quatro pontas por meio de suas alças e elevados pelo guincho para a pesagem e na seqüência efetuava-se a leitura do massa após a estabilização. Para fazer a leitura de massa fornecida pela célula de carga utilizou-se o indicador digital microprocessado Micro-P (Electro-Numeric Inc.[®]). As leituras eram anotadas em planilha juntamente com a massa estimada pelo apontador, obtendo-se assim, para cada sacolão, as informações de massa real a partir da célula de carga e a massa estimada pelo apontador, permitindo realizar as análises estatísticas de comparação.

Para verificar a relação entre os tratamentos realizou-se o teste “t de Student” em análise pareada, onde cada observação da primeira amostra é pareada (dependente) com uma observação da segunda amostra; nesse caso o interesse é pela diferença média entre cada par de observações.

Elaboraram-se os gráficos de dispersão verificando-se a relação entre os dois tratamentos. Foram obtidas equações de regressão, com a análise de variância pelo teste F para a função linear, teste das hipóteses em nível de significância de 5 % e cálculo do coeficiente de determinação (R^2). Para a análise comparativa dos erros de massa estimada pelos apontadores entre as equipes de colheita realizou-se o cálculo das diferenças entre os tratamentos para cada equipe de colheita e desses dois conjuntos de dados obtidos foram realizadas as análises.

A etapa de monitoramento da colheita de uma lavoura foi conduzida durante o mês de setembro de 2005 e consistiu no georreferenciamento de todos os sacolões de uma área específica e a obtenção dos dados de massa estimada pelo apontador. Essa etapa foi realizada na quadra 504 da propriedade, com latitude 22°24’S, longitude 48°04’W, altitude média de 737 metros. A quadra apresenta 15,89 hectares de área, plantada com a variedade de laranja “Valência” em um espaçamento de 3,5 metros entre plantas e 7,5 metros entre as linhas de plantio, totalizando 5.796 plantas. O pomar, com

idade de 14 anos, apresentava plantas com altura aproximada de 3,7 metros e largura de copa de 4,7 metros.

Na área escolhida para o estudo foi realizado primeiramente a determinação dos seus limites e posteriormente o georreferenciamento de todos os sacolões de colheita para se obter suas coordenadas geográficas. Para tanto foi utilizado um receptor de GPS modelo GPS AgGPS 132 (Trimble Navigation Limited[®]) conectado a um computador de mão iPAQ H3650 (Compaq Computer Corporation[®]).

A determinação da massa estimada dos sacolões foi realizada pelo apontador simultaneamente ao georreferenciamento. Para o apontamento, o apontador utilizou-se da técnica de rotina com a régua graduada e o valor inserido em um coletor de dados digital modelo TriPC (TRIX) (Trigon Ind. e Com. Ltda.[®]).

Os dados obtidos no georreferenciamento e no apontamento foram unidos através da seqüência de tempo de ambos arquivos para se obter uma única planilha onde havia a informação de posição (Latitude e Longitude) e o apontamento de número de caixas de colheita existentes em cada sacolão, para serem então convertidos para massa (kg) total do sacolão.

Para o cálculo da produtividade de cada sacolão é necessária a obtenção da sua área de representação e da sua massa. Para tanto as coordenadas geográficas (Datum - WGS84) dos sacolões foram convertidas para coordenadas métricas – UTM (Projeção Universal Transversal de Mercator), permitindo assim o cálculo das distâncias entre os pontos, utilizando para tanto o teorema de Pitágoras. A obtenção da distância referente ao primeiro sacolão é realizada a partir de um ponto inserido sobre o contorno da área no início de cada rua central de colheita. O início da rua central foi determinado após visualização dos pontos no mapa e a alocação do ponto inicial foi realizada onde a rua central tinha contato com o contorno da área. A partir do primeiro sacolão a distância foi calculada entre cada ponto (sacolão) e seu sucessor. Após o cálculo de distâncias entre os pontos, realizou-se o cálculo do comprimento de representação da área de contribuição de cada sacolão, ou seja, da meia-distância entre eles. Um sacolão de colheita representa uma área ao seu redor compreendida pela metade da distância entre os pontos vizinhos e a largura da faixa de colheita, sendo que metade da distância faz parte da área de um ponto e a outra metade do ponto seguinte. Somente no último ponto de cada rua central é que o cálculo foi realizado utilizando-se duas vezes a meia-distância do ponto anterior, devido à não existência de um próximo ponto.

Na metodologia adotada por Molin et al. (2004), em carregamento de cana-de-açúcar com colheita manual, os pontos eram recuados para o meio da célula de representação da área. O feixe de cana-de-açúcar que a carregadora recolhe é referente à região anterior, pois a carregadora arrasta a produção sobre o solo até formar a quantidade necessária para encher a garrada a ser carregada. Dessa forma as áreas representativas de cada ponto, foram obtidas pela multiplicação do comprimento de representação (meia-distâncias) entre os sacolões com a largura de representação da faixa de colheita, geralmente de 30 metros, equivalente ao espaçamento entre linhas multiplicado pelo número de linhas que a frente de colheita trabalha; quatro linhas no presente caso.

A área foi colhida por duas equipes de colheita que começaram o trabalho em lados opostos, até se encontrarem no centro da área. No momento do encontro sobraram apenas seis linhas de plantas, sendo divididas ao meio para que cada equipe de colheita

trabalhasse em três linhas de plantas. Por esse motivo as últimas duas faixas de colheita reduziram-se a 22,5 m de largura. Para o cálculo da produtividade foi realizada a divisão da massa de laranjas de cada sacolão pela sua área de contribuição.

Foi realizada a análise estatística dos dados de produtividade a fim de estudar seus parâmetros, variações e a distribuição dos dados. Na realização do estudo da variabilidade e da dependência espacial, para os valores que a produtividade possa apresentar, é necessário que cada amostra seja associada à sua respectiva posição. A partir desses dados realizou-se a análise geoestatística e o semivariograma para o conjunto de dados da área total por intermédio do programa GS+® “Geoestatistical for Environmental Sciences” (Versão 5), a partir dos pontos de produtividade foi feita a interpolação dos dados com grade de 10 metros de lado, para obtenção do mapa de produtividade a partir do SIG SSToolbox (SST Development Group®).

Resultados e Discussão

Inicialmente são apresentados os resultados obtidos com a mensuração das massas dos sacolões realizados com a célula de carga e as estimativas feitas pelo apontador, referentes às duas equipes de colheita. Na Tabela 1 é apresentado o resumo estatístico descritivo desses dados.

Tabela 1 - Estatística descritiva das massas dos sacolões de laranjas referentes às duas equipes de colheita.

		Apontamento (kg)	Célula de Carga (kg)	Diferença (kg)
Equipe 1	Média aritmética	540,69	559,95	-19,25
	CV (%)	26,03	26,55	
	Soma	35.145	36.396	-1.251 (3,42 %)
Equipe 2	Média aritmética	560,15	582,87	-22,71
	CV (%)	23,98	22,29	
	Soma	36.410	37.886	-1.476 (3,89 %)

O teste “t” pareado para este conjunto de dados mostra que o conjunto de observações dos dados apresenta diferença estatística com um nível de 5 % de significância para ambas as equipes. Os coeficientes de variação foram bastante próximos.

A diferença entre os tratamentos mostrou que, em média, a massa estimada pelo apontador da equipe 1 foi de 19,25 kg e da equipe 2 de 22,71 kg abaixo dos valores obtidos com a célula de carga para cada sacolão (Tabela 1). No total da amostragem realizada, equivalente aos 65 sacolões pesados de cada equipe, obteve-se uma diferença que representa 3,42% na equipe 1 e 3,89 % na equipe 2.

Na Figura 1 são visualizados os desvios da massa estimada pelo apontador em relação à massa real obtida com a célula de carga. O gráfico é composto pela linha da

massa real e os pontos dos desvios em todas as observações. O conjunto de pontos mostra a tendência dos desvios serem abaixo da massa real, chegando a valores extremos de 75,0 kg a menos para a equipe 1 e de 83,5 kg a menos para a equipe 2.

O fator que afeta essa diferença refere-se ao apontador estimar uma massa menor, para não se comprometer em determinar um valor acima do real, o que gera problemas no momento do cálculo das massas finais e conseqüentemente nos pagamentos aos colhedores, sendo de sua responsabilidade os erros ocorridos, e o reembolso dos valores discrepantes, descontados do seu pagamento.

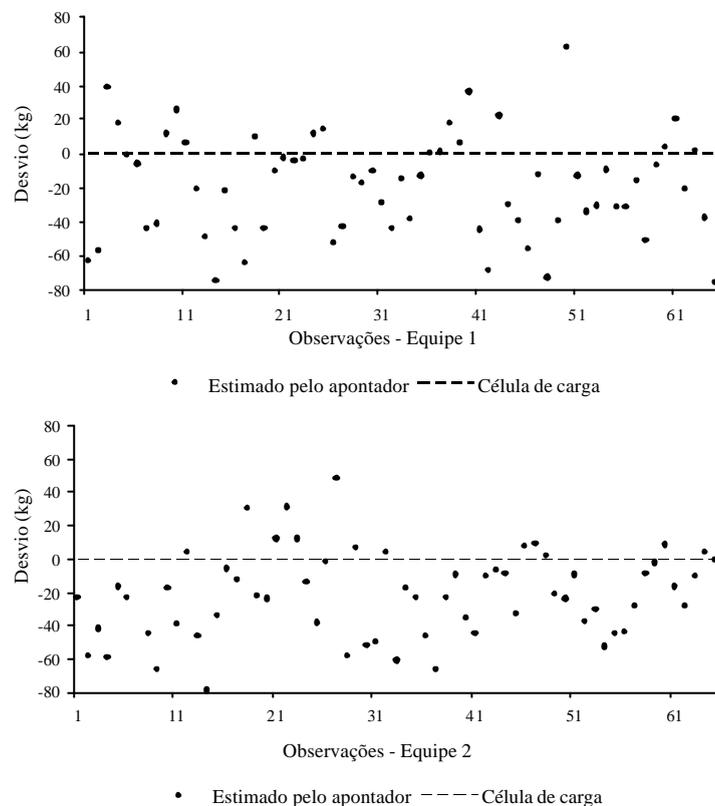
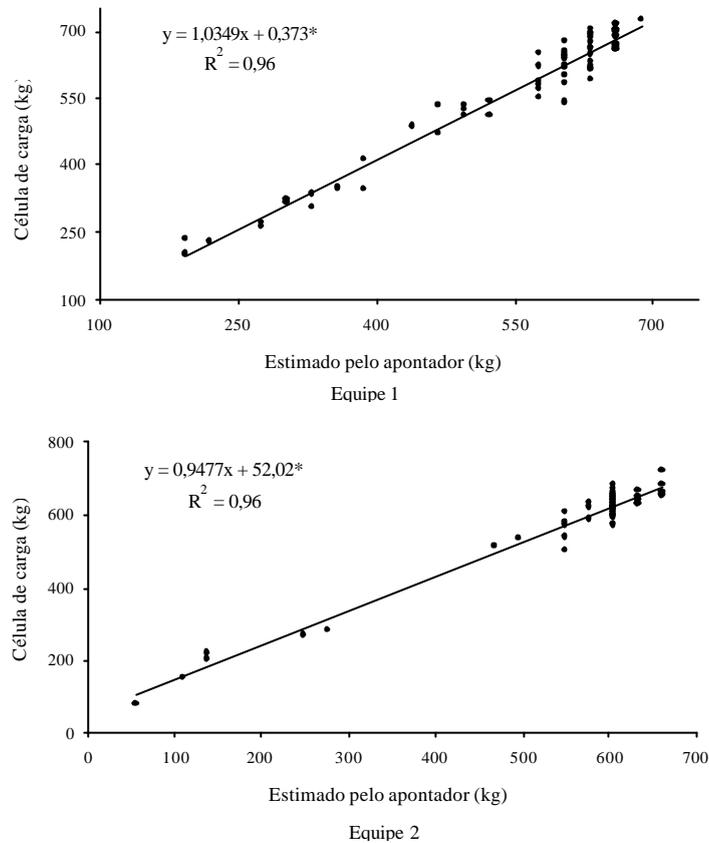


Figura 1 - Desvios obtidos da massa estimada pelo apontador em relação à massa real obtida com a célula de carga referente às equipes de colheita 1 e 2.

Na Figura 2 é apresentada a regressão entre os valores obtidos, mostrando uma perfeita relação linear estatisticamente significativa para ambas equipes de colheita, com inclinação positiva. Calculando-se o coeficiente de determinação (R^2), através da análise de regressão, obteve-se o valor de 96 %, estatisticamente significativo para os conjuntos de dados. As massas estimadas pelo apontador apresentam-se com valores discretos devido à resolução da sua mensuração que é de uma caixa de colheita de 27,2 kg.



* função estatisticamente significativa pelo teste F com um nível de significância de 5%

Figura 2 - Regressão linear dos valores das massas estimadas em relação à massa real dos sacolões referentes às duas equipes de colheita.

Com o objetivo de comparar os valores de massa estimada pelo apontador da equipe de colheita 1 em relação ao da equipe de colheita 2, realizou-se a análise estatística das diferenças obtidas através da subtração dos valores estimados pelos apontadores em relação aos valores obtidos com a célula de carga de cada equipe de colheita, obtendo-se assim valores positivos e negativos. As diferenças da equipe 1 apresentaram média de -19,25 kg. Na equipe 2 a média foi de -22,71 kg (Tabela 1), resultados que não diferem estatisticamente pelo teste t, tanto ao nível de 95% de confiabilidade quanto ao nível de 99% de confiabilidade. Isso indica que a boa qualidade do apontamento independe da pessoa que o realiza. No entanto deve-se considerar apontadores que já possuam uma certa prática e que a calibração do método seja realizada de forma correta.

O histograma de distribuição de frequência das diferenças entre a massa estimada e a massa real dos sacolões referentes às equipes é apresentado na Figura 3. As distribuições de frequência dessas diferenças se apresentam bastante uniformes, se concentrando em torno da média e indicando que as diferenças obtidas da relação da massa estimada pelo apontador com a massa obtida com a célula de carga para os sacolões nas duas equipes de colheita analisadas, são semelhantes.

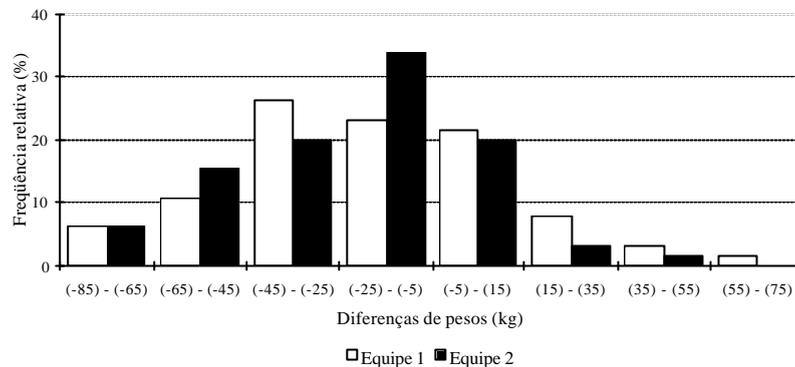


Figura 3 - Histograma de distribuição de frequência das diferenças entre massa estimada e massa real dos sacolões analisados e referentes às duas equipes de colheita.

Os valores médios de diferença representaram de 3 a 4 % de desvio por parte dos valores estimados pelos apontadores. Esse erro confirma o padrão encontrado nas empresas citricolas. Apesar das análises indicarem uma diferença significativa entre as massas estimadas pelos apontadores e as massas reais obtidas com a célula de carga, se for considerado que é um método prático e não instrumental, pode ser tratado como erro aceitável. Uma outra forma de obter a informação de massa dos sacolões seria pela instalação de sensores e da célula de carga nas máquinas utilizadas no carregamento. Considerando que isso não deva alterar a operação, a medida deve ser feita dinamicamente, ou seja, durante o carregamento, com a haste da carregadora em movimento.

No início do projeto foi testada a colocação da célula de carga na carregadora de sacolões utilizada pela empresa. Foram encontradas muitas dificuldades em relação a adaptação da carregadora para receber a célula de carga. Foi montada uma estrutura para garantir a segurança dos trabalhadores e que dificultou e alterou o método de trabalho. O operador, além do comando da máquina, recebeu a atribuição de acionar a célula de carga, por um botão instalado próximo ao volante da carregadora, no momento de levantar o sacolão. O trabalho realizado pela carregadora é muito rápido e brusco, não permitindo a estabilização da carga para a leitura sem interferência, obtendo-se erros de leitura e comprometendo a informação. Por essas razões optou-se por utilizar o guincho agrícola para pesagem da população de sacolões e determinar a confiabilidade da massa estimada pelo apontador.

Um sistema de pesagem instalado em carregadoras de cana-de-açúcar, semelhantes às utilizadas em laranja, foi testado por Cugnasca et al. (2000) e em um primeiro sistema experimental obtiveram erros na ordem de 12 % no valor obtido pela pesagem em relação ao valor real conhecido no ensaio. Esse erro era atribuído à dinâmica do sistema. No mesmo trabalho utilizaram sensores instalados na máquina com o objetivo de corrigir os erros, ainda que desconsiderando a inclinação do terreno em torno de 10 % acarretando um erro de 0,5 %, e o erro interno de medida da célula de carga, de acordo com as especificações (0,5 %). Foram identificados erros de difícil correção devido à influência de movimentação lateral do braço da carregadora à medida que girava para alcançar o caminhão para descarregar, e a influência da brusca parada e desaceleração do braço ao chegar na parte superior interferia na resposta dos sensores. O erro médio observado foi de 2 % e se fosse possível obter esse valor consistentemente,

isso seria considerado uma melhoria significativa. Porém sob certas condições de teste a forma de operação da máquina introduziu perturbações, com erros de até 10 %, que afetaram o desempenho do sistema.

Considerando que os erros encontrados nos valores estimados pelo apontador (3 a 4 %) estão abaixo do valor de 12 %, encontrado por Cugnasca et al. (2000) e próximo do valor de 2 %, com a utilização de sensores para correção, pode-se concluir que a informação obtida pelo apontador é aceitável. Outras formas de obtenção de massa dos sacolões poderiam acarretar em um conjunto de erros que poderiam ser ainda maiores e a um custo mais elevado. Para que a massa estimada pelo apontador seja sempre o mais próximo possível da massa real deve-se realizar uma calibração criteriosa do método da régua graduada, utilizada na determinação de quantidade de produção contida em um sacolão, e repetir essa calibração no momento de mudança de área onde se têm variação de tamanho e massa do fruto devido à variações climáticas ou tipo de cultivares.

Para a obtenção do mapa de produtividade, primeiramente foram obtidos os pontos georreferenciados e os valores de massa estimados pelo apontador, realizados para cada sacolão. Desta forma gerou-se uma tabela com as coordenadas (Latitude e Longitude) e o número de caixas de colheita (27,2 kg) apontadas em cada sacolão, que foram transformados em quilogramas.

Foram coletados 683 pontos, divididos em 30 faixas de colheita, dentro da área. Estes foram plotados em um SIG para visualização, juntamente com o contorno da área e os pontos de início de cada rua central (Figura 4). Pode-se observar no mapa que as linhas de sacolões 05 e 06 estão mais próximas, com faixas de colheita de 22,5 m, enquanto as demais faixas eram de 30 m.

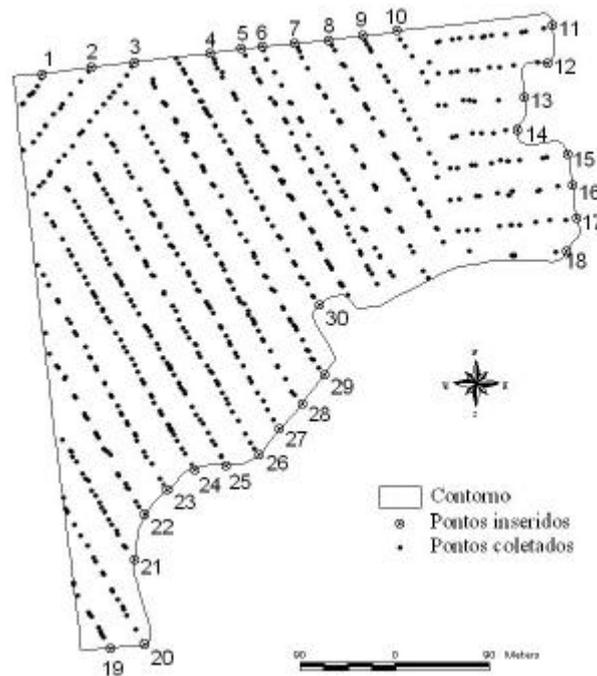


Figura 4 - Mapa com os pontos coletados e os pontos iniciais inseridos no contorno da quadra.

A distribuição de frequência do conjunto de dados de produtividade pode ser visualizada no histograma apresentado na Figura 5. Além da descrição gráfica, foi gerada a estatística descritiva dos dados de produtividade pontual obtendo uma média de 25,28 toneladas.ha⁻¹ e um elevado coeficiente de variação de 56,89 %. Os valores de produtividade variaram entre 1,54 e 101,08 toneladas.ha⁻¹.

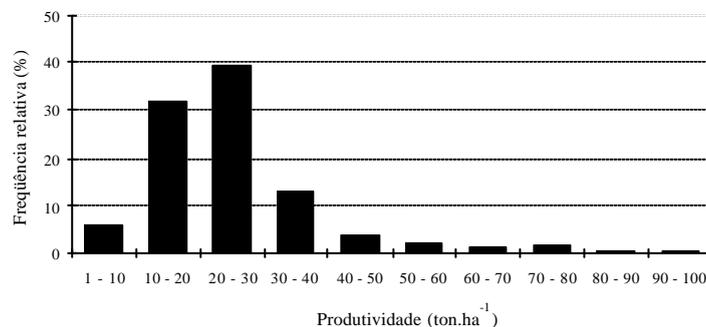


Figura 5 - Histograma dos dados de produtividade das áreas associadas a cada sacolão.

Observa-se poucos valores de produtividade acima de 60 toneladas.ha⁻¹, que, de acordo com a propriedade, é o valor máximo de produtividade média encontrado nos diferentes anos de colheita. Esses valores extremos são referentes a sacolões localizados muito próximos de seus vizinhos, justamente demonstrando que são regiões de elevada

produção. Na Figura 6 é apresentado o mapa de pontos de produtividade indicando que áreas com maior densidade de pontos (sacolões) são regiões de alta produtividade, já regiões onde os pontos estão mais espaçados representam uma baixa produtividade. Whitney (2001) e Schueller (1999) localizando os recipientes de colheita também encontraram regiões de alta produtividade representadas por maior densidade de pontos.

De acordo com os valores contabilizados pelo proprietário a produção total obtida na área de estudo foi de 363,65 toneladas distribuídas em 15,89 ha, totalizando assim uma produtividade média de 22,8 toneladas.ha⁻¹. Essa produtividade média é considerada baixa em relação aos registros de dados históricos anuais da propriedade.

Da análise geostatística obteve-se o ajuste do semivariograma, com o modelo linear com nula dependência espacial entre os dados caracterizando-se como “efeito pepita puro”. Devido à dependência espacial ser nula no conjunto de dados estudado, optou-se por realizar a interpolação pelo “inverso da distância ao quadrado” para a geração do mapa de produtividade (Figura 7).

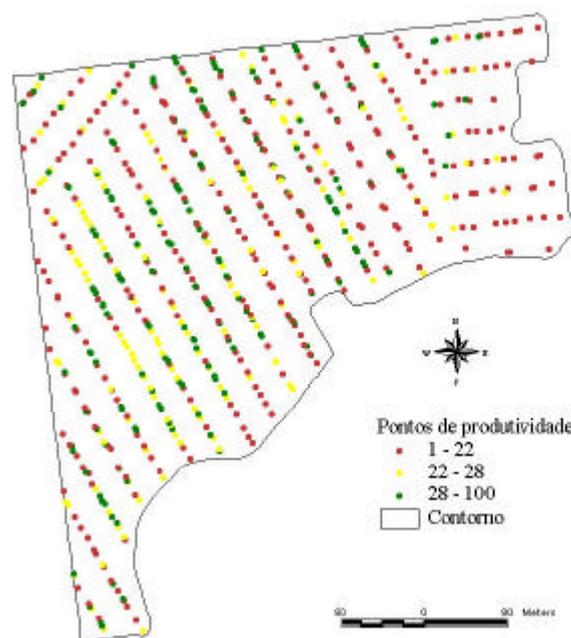


Figura 6 - Mapa de pontos com suas respectivas produtividades (toneladas.ha⁻¹).

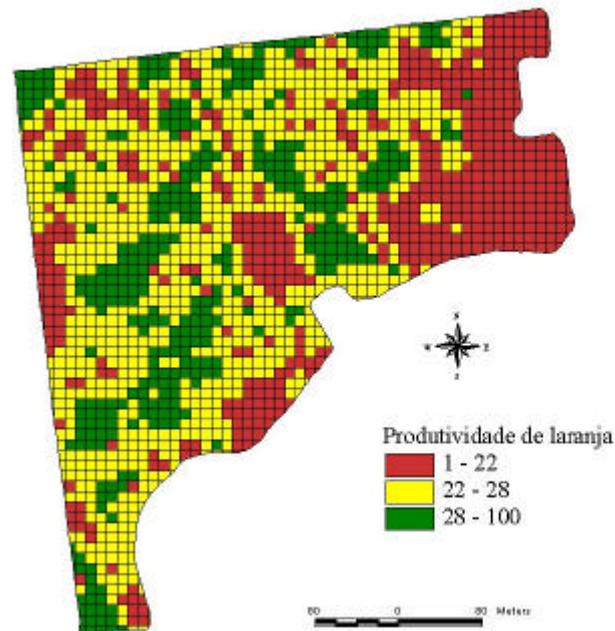


Figura 7 - Mapa de produtividade de laranja (toneladas.ha⁻¹) obtido pela interpolação dos pontos de produtividade.

A partir do mapa de produtividade pode-se observar a sensível variabilidade espacial da produção de laranja nessa quadra, identificando regiões de alta e baixa produtividade. A geração do mapa de produtividade demonstra que as áreas não são uniformes e que devem ser tratadas individualmente. Essa variabilidade também foi observada por Whitney et al. (1998) e Schueller et al. (1999). Farias et al. (2003) encontraram variabilidade na produtividade de uma área não irrigada onde as maiores produtividades localizavam-se próximas a um córrego onde existe maior umidade do solo, indicando a importância da irrigação na produtividade da cultura de citros, em especial para o porta-enxerto Cleópatra. Mas a irrigação provavelmente não foi o único fator, podendo a produtividade ter sido influenciada pelo tipo de solo, fertilidade, pragas e etc.

De acordo com Annamalai (2004) a variabilidade espacial da produtividade é devido às fontes artificiais ou naturais. Um fator natural pode ser associado às mudanças de estação alterando a temperatura e a quantidade de chuvas em diferentes anos. Os exemplos de causas artificiais incluem a distribuição imprópria da aplicação de irrigação e drenagem, e a aplicação excessiva ou deficiente de insumos.

A determinação de regiões diferenciadas dentro da quadra, obtida pelo mapa, é a forma de identificar e posteriormente investigar as causas dessas variabilidades.

Conclusão

A informação de massa dos sacolões obtida pelo apontador com a técnica da régua graduada apresentou um desvio de 3 a 4 %, consistentemente subestimando as quantidades colhidas, mas é aceitável para a estimativa de produtividade por ser um

método simples e de baixo custo. No presente estudo a qualidade da estimativa não diferiu entre apontadores.

O método se mostrou válido para a coleta de dados e geração do mapa de produtividades pontuais através do cálculo de distância e da área de representação dos sacolões. Pelo mapa de produtividade pode-se observar a variabilidade espacial identificando regiões de alta e baixa produtividade, demonstrando a não uniformidade e a necessidade de tratamentos diferenciados dentro da quadra.

Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Citrosuco Paulista (Fisher) pela disponibilidade da área e pela colaboração de seus funcionários (Fazenda Santa Isabel) no projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANNAMALAI, P. Citrus yield mapping system using machine vision. Thesis for master of science. University of Florida, 2004.

ABECITRUS – Associação Brasileira dos Exportadores de Cítricos. Exportações de FCOJ (suco concentrado de laranja) - Safra 2004/2005, Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br/expormes.html>>. Acesso em: 02 Julho 2005.

BALASTREIRE, L.A.; AMARAL, J.R.; ESQUERDO, J.C.D.M. Agricultura de precisão : mapeamento da produtividade de uma cultura de laranja. In: Balastreire, L. A. Avanços na agricultura de precisão no Brasil no período de 1999-2001, Piracicaba, 2002

CUGNASCA, C.E.; HIRAKAWA, A.R.; SARAIVA, A.M.; SANTANA, J. I.; PIEROSI, M. A.; HASSUANI, S. J.. Pesagem dinâmica em carregadoras de cana-de-açúcar para elaboração de mapas de colheita. In: Balastreire, L. A. (org.). O Estado-da-arte da agricultura de precisão no Brasil. Piracicaba : L. A. Balastreire, 2000. p. 129-135.

DRAGONE, D.S. Formas de organização da produção e decisões de terceirização na citricultura. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2003.

FAO - Food And Agriculture Organization Of The United Nations. FAOSTAT data. 2005. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/>>. Acesso em: 15 Junho 2005.

FARIAS, P.R.S.; NOCITI, L.A.S.; BARBOSA, J.C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal – SP, v. 25, n. 2, p.235-241. 2003.

HORROM, N. Citrus yield monitoring and mapping. In: International Society of Citriculture Congress 2000. Orlando – Flórida, Proceedings. 2000.



2º Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão São Pedro, SP – ESALQ/USP

MILLER, W.M.; WHITNEY, J.D. Development of yield monitoring systems for Flórida citrus. ASAE Annual International Meeting, Orlando, paper nº 981098, 1998.

MOLIN, J.P. Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade / José Paulo Molin, Piracicaba: o autor, 2001.

MOLIN, J.P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para agricultura de precisão. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M.P.; QUEIROZ, D.M.; MANTOVANI, E.C.; FERREIRA, L.R.; VALLE, F.X.R.; GOMIDE, R.L. Agricultura de Precisão. Viçosa: UFV, 2000. p.237-257.

MOLIN, J.P.; FONTANA, G.; GUIMARÃES, R.V.; CABRERA, F.R.; COSTA, M.B. Elaboração de mapas de produtividade de cana-de-açúcar em corte manual com queima prévia. Congresso Brasileiro de Agricultura de Precisão, ESALQ/USP, Anais, Piracicaba-SP, 2004

PARISE, F.J.O. Padrões de variabilidade espacial e temporal da produção em um pomar jovem de laranja Hamlin, Piracicaba, Tese (doutorado), p. 107, 2004.

SCHUELLER, J.K.; WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M.; TURNER, A.E. Low-cost automatic yield mapping in hand-harvested citrus. Computers and Electronics in Agriculture, Amsterdam, v.23, p.145-153, 1999.

SEVIER, B.J.; LEE, W.S. Adoption trends and attitudes towards precision agriculture in Flórida citrus: preliminary results from a citrus producer survey. ASAE Annual International Meeting, paper number: 031100, 2003

STEVEN, M.D.; MILLAR, C. Satélite monitoring for precision farm decision support. In: International Conference on Precision Agriculture, 4., Madison, 1999. Proceedings. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1999, p.225-237.

WHITNEY, J.D.; LING, Q.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M. A citrus harvesting labor tracking and yield mapping system. ASAE – Applied engineering in agriculture, v.17(2), p. 121-125, 2001.

WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M.; SALYANI, M.; SCHUELLER, J.K. Precision farming applications in Florida Citrus. Proceedings of Florida State Horticultural Society, Orlando, v.111, p.148-150, 1998.

WHITNEY, J.D.; WHEATON, T.A.; MILLER, W.M. Citrus geospatial information gathering. In: International Conference on Geospatial Information in Agriculture and Forestry, 2., Lake Buena Vista, Proceedings. Ann Arbor: Veridian Erim International, v.2, p. 167-173, 2000.