

DEFINIÇÃO DE UNIDADES DE MANEJO A PARTIR DE MAPAS DE PRODUTIVIDADE

JOSÉ PAULO MOLIN¹

RESUMO: Um dos desafios da Agricultura de Precisão é oferecer subsídios para a definição de unidades de manejo para a posteriores intervenções. Essa identificação pode ser feita com informações de solo ou da produtividade, ou indicadores compostos. Uma seqüência de mapas de produtividade indica o que foi obtido em cada local da lavoura e a variabilidade temporal. Este trabalho visa explorar a técnica de definição de unidades de manejo com base em mapas seqüenciais de produtividade. Foram analisados dados de duas lavouras, sendo uma localizada em Campos Novos Paulista, SP e outra em Tibagi, PR. A primeira área apresenta quatro mapas de seqüência de soja e milho e a segunda apresenta três mapas de seqüência de soja e trigo. Foram utilizadas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica e análise de variabilidade para definir regiões com características de alta, média e baixa produtividade com consistência temporal. Tais regiões foram definidas como unidades de manejo e o produto final são os mapas dessas unidades.

PALAVRAS CHAVE: agricultura de precisão, monitor de produtividade, variabilidade espacial.

ZONE MANAGEMENT DEFINITION BASED ON YIELD MAPS

SUMMARY: One of the challenges in precision agriculture is to offer tools that help defining managing zones for further treatments on variable rate technology. The identification of those zones can be based on soil, yield information or even on composite parameters. A sequence of yield maps show what was taken from each part of the field and also any temporal variability. This paper aims to propose a procedure for defining management zones based on a sequences of yield maps and the analysis of its spatial and temporal variability. Data from two fields were analyzed. Field 1 has four maps in a sequence of corn and soybeans and field 2 has three maps in a sequence of soybean and wheat. A GIS was used for data analysis and definition of regions of high, median and low yields. Those regions were defined as different management zones and the final product is the zone maps.

KEYWORDS: Precision agriculture, yield monitor, spatial variability.

INTRODUÇÃO

A adoção das técnicas relacionadas ao conceito de agricultura de precisão é um desafio recente no Brasil. Questões e dúvidas de toda ordem são levantadas e são semelhantes àquelas já apontadas pelos pioneiros dos países mais desenvolvidos. Os aspectos que suscitam maiores dúvidas estão relacionados em como interpretar tanta informação e transforma-la em ferramentas que auxiliem na tomada de decisões para o correto tratamento da variabilidade espacial inegável das nossas lavouras. Essa variabilidade que se expressa na colheita, em termos de diferenças de produtividade ao longo da lavoura, tem causas das mais variadas e de maneira alguma pode ser atribuída a um ou outro fator isoladamente.

O pacote tecnológico denominado de agricultura de precisão, na sua recente versão, iniciou com um enfoque fortemente mecânico. O advento do GPS (“Global Positioning System”), com a disponibilização de sinal para georeferenciamento sem maiores restrições para qualquer usuário, abriu horizontes até então apenas teorizados para a agricultura.

Numa primeira fase o sistema foi visto apenas como um conjunto de ações para o manejo localizado da lavoura. Hoje já é dada uma interpretação mais sistêmica ao conjunto que compõem a

¹ Eng^o. Agrícola, Prof. Dr., Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, Piracicaba, SP. Pesquisador do CNPq. E-mail: jpmolin@carpa.ciagri.usp.br.

agricultura de precisão. Ela é, acima de tudo, uma ferramenta de gestão ou um sistema de gerenciamento da produção que leva em consideração a variabilidade espacial da produtividade e dos fatores de produção (SWINTON & LOWENBERG-DEBOER, 1998).

O processo deve ter um ponto de partida e muitos pesquisadores acreditam que o mapa de produtividade é a informação mais completa para se visualizar a variabilidade espacial das lavouras. Várias outras ferramentas estão sendo propostas e testadas, visando sempre identificar as manchas existentes em um talhão, como as fotografias aéreas, as imagens de satélite, a videografia, a amostragem de solo em grade e a condutividade elétrica do solo. Todas merecem a devida atenção e os avanços da pesquisa deverão indicar se haverá novas tendências. No entanto, nenhuma informação é mais real que a própria resposta da cultura. Também é sabido os equipamentos disponíveis no mercado têm certas limitações de acurácia (KOLMANN et al., 1998; GRISSO et al. 1999) e os mapas necessitam de ajustes após a geração dos dados em campo (BLACKMORE & MOORE, 1999; JURSCHIK & GIEBEL, 1999).

Existem diferentes ferramentas que auxiliam na definição das unidades de manejo. JOHANNSEN et al. (2000) apresentam uma visão do uso combinado do sensoriamento remoto para obter índices de vegetação associados a outros recursos como a amostragem de solo em grade e condutividade elétrica do solo. Com isso é possível identificar regiões de maior e menor estresse das plantas causado por falta ou excesso de água, pressão por invasoras, efeitos da erosão ou deficiência de nutrientes. FLEMING et al. (1999) utilizaram fotos aéreas em solo nu para que o agricultor traçasse as unidades de manejo com base na cor do solo, topografia e experiência pessoal. Uma análise de agrupamento de parâmetros de fertilidade química, textura e condutividade elétrica do solo mostrou boa reprodutividade nas regiões demarcadas.

A análise da variabilidade regionalizada do solo e da sua gênese tem sido explorada como um dos recursos de definição de unidades de manejo (KHAKURAL et al., 1998). Nessa linha, LARK et al. (1999) consideram que a análise de uma seqüência de mapas de produtividade é uma forma de definir unidades de manejo em um talhão, associando-as às características de solo.

A geração dos mapas de produtividade exige uma certa sofisticação para a obtenção dos dados essenciais. O mapa é composto por um conjunto de pontos e cada ponto representa uma pequena porção da lavoura delimitada pela largura da plataforma da colhedora e pela distância entre duas leituras. Coleta-se, dentre outros, a quantidade de grãos colhidos naquele ponto, a umidade dos grãos, os parâmetros de área (largura da plataforma de corte e velocidade de deslocamento), e a posição geográfica do ponto. Os dados são coletados por sensores instalados em locais apropriados na colhedora. Normalmente, com os equipamentos disponíveis no mercado e com as configurações usuais, são obtidos de 250 a 1500 pontos por hectare, dependendo da configuração relacionada à frequência de coleta de dados. Isso significa que cada ponto representa a produção de uma área que pode variar de algo entre 7 e 40 m². Esses dados são transformados em informação tipo raster em programas SIG (Sistema de Informação Geográfica) após a utilização de algum interpolador e podem então ser utilizados para análise em uma base única e com células georeferenciadas (MOLIN, 2000).

Este trabalho visa explorar a técnica de definição de unidades de manejo com base em mapas seqüenciais de produtividade. Para tanto foram selecionadas duas áreas em que já foi acumulado um número mínimo de mapas para análise.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram obtidos de diferentes áreas em que estão sendo conduzidos trabalhos de monitoramento para estudos de Agricultura de Precisão. As áreas selecionadas (talhões) estão localizadas em propriedades agrícolas no município de Campos Novos Paulista, SP (área 1) e no município de Tibagi, PR (área 2).

Na área de Campos Novos Paulista foram colhidas quatro safras, sendo milho em 1998, soja e milho em 1999 e soja em 2000. As colheitas foram efetuadas com uma colhedora New Holland TC 57.

Na primeira colheita o monitoramento foi efetuado com equipamento instalado apenas para este fim, sendo removido ao final da colheita. Nessa ocasião foi utilizado um conjunto para monitoramento de produtividade RDS modelo Ceres 2, composto por um sensor de fluxo volumétrico de luz infravermelha instalado no elevador de grãos limpos, sensor de umidade por capacitância instalado na saída do elevador, sensor de velocidade de impulso magnético instalado na semi-árvore motriz da colhedora e sensor de inclinação transversal da colhedora. Na cabine foram instalados o monitor, sistema de aquisição de dados em disquete e um potenciômetro para ajuste de larguras de corte parciais.

Nessa mesma área, os monitoramentos da segunda e terceira colheitas foram efetuados com uma nova versão do mesmo equipamento (RDS Pro-Series 8000). Sua diferença básica para o modelo anterior é a inclusão de um sensor de inclinação longitudinal, além do transversal, novo monitor de cabine com sistema de aquisição e armazenamento de dados em módulo de memória, substituindo o sistema anterior em disquete. Já a quarta colheita foi efetuada novamente com o equipamento para monitoramento RDS Ceres 2.

Na área 2 foram efetuadas três colheitas, sendo soja e trigo em 1999 e soja novamente em 2000. Em todas as colheitas foi utilizada uma colhedora New Holland TC 55 equipada com monitor de produtividade RDS Pro-Series 8000.

Após a correta instalação do equipamento nas máquinas, procedia-se uma calibração criteriosa, seguindo as recomendações e procedimentos indicados pelo fabricante. Cada repetição do processo de calibração compreendia a colheita de grãos equivalentes a um tanque graneleiro para a sua pesagem em balança. Na área 1 foi utilizado um sistema de pesagem composto por uma balança de células de carga, individual para cada rodado de uma carreta graneleira. Na área 2 foi utilizada a balança de pesagem de veículos da propriedade.

Os dados foram inseridos em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) dedicado à agricultura de precisão (SSToolbox). Eles foram posteriormente transformados em superfície utilizando-se o interpolador “inverso da distância elevada ao quadrado”, conforme sugerido por MOORE (1998). Com isso foram gerados mapas de quadrículas de 10 x 10 m, as quais foram todas georeferenciadas para uma mesma localização nas diferentes safras, o que significa que todos os mapas de uma mesma área apresentavam exatamente a mesma estrutura de espacialização. Cada quadrícula era representada pela coordenada geográfica do seu centro, acompanhada da respectiva produtividade.

Foram então computadas as produtividades normalizadas para cada safra. Para tanto se calculou a produtividade média da área e a partir dela a porcentagem de cada quadrícula em relação a esta média. Com os valores de produtividade normalizada para cada safra calculou-se a média e o desvio padrão dessa produtividade para cada quadrícula e, finalmente, o coeficiente de variação, que representa a variabilidade temporal na produtividade.

Em função de uma ocorrência na condução da lavoura em uma das safras da área 1, foi necessário aplicar a mesma técnica para produzir o mapa normalizado daquela safra. O mapa de produtividade de soja de 1999 da área 1, apresentou uma abrupta defasagem na produtividade entre suas duas faixas delimitadas por um terraço, aproximadamente no centro do talhão. Após uma estiagem no período da germinação, a lavoura apresentava-se com distribuição irregular de plantas. O agricultor julgou que havia a necessidade de semear novamente e o fez; porém o fez apenas na parte superior (esquerda no mapa) da lavoura. Os 17 dias de defasagem entre as duas semeaduras causaram essa diferença. Sob o ponto de vista da pesquisa sendo desenvolvida na área essa era uma variabilidade indesejada, portanto expressou-se o mapa final como a normalização da produtividade entre as duas faixas.

Ao final do processo estabeleceu-se um conjunto de limites e condições que pudessem caracterizar diferentes unidades de manejo em função da variabilidade espacial e temporal da produtividade de cada quadrícula:

- produtividade da quadrícula acima de 105% da média do talhão e CV menor que 30% (produtividade alta e consistente);
- produtividade da quadrícula entre 95% e 105% da média do talhão e CV menor que 30% (produtividade média e consistente);
- produtividade abaixo de 95% da média do talhão e CV menor que 30% (produtividade baixa e consistente);
- produtividade com CV maior que 30% (produtividade inconsistente).

Tais limites foram estabelecidos com base em critérios de análise preliminar de vários cenários e se mostraram apropriados para os casos estudados. A partir de então foram produzidos mapas de espacialização das unidades de manejo, onde são identificadas as distintas regiões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são apresentados os mapas de produtividade das duas áreas utilizadas neste estudo. Os agrupamentos representam intervalos de produtividades com mesma área, ou seja, o universo de valores foi dividido em cinco intervalos, de forma que cada um representa um quinto do total da superfície do talhão. Na figura 1 são apresentados os mapas de produtividade da área 1 referentes à safra de milho de 1998 e 1999 e de soja de 2000. Os dados originais de produtividade de soja de 1999 são apresentados na figura 2 que mostra a abrupta diferença entre as duas áreas separadas por um terraço. Após terem sido submetidos ao processo de normalização, deram origem ao mapa também apresentado na figura 2, que mostra a produtividade normalizada pela média.

Observando-se os mapas de produtividade da área 1 (Figura 1), para o caso do milho, verifica-se uma certa repetibilidade de manchas nos dois anos monitorados. Já, para a safra de soja de 2000, essa tendência também se repetiu, porém com menor ênfase. O processo de normalização aplicado aos dados da safra de soja de 1999 resultou em variabilidade espacial menor que nos mapas de milho e no mapa de soja de 2000. Isso pode ter comprometido, em partes, o resultado final da análise de variabilidade temporal.

Na figura 3 são apresentados os três mapas de produtividade da área 2. Os mapas de soja de 1999 e de soja de 2000 apresentam boa semelhança de espacialização da produtividade. Já o mapa de trigo de 1999 tem uma distribuição ligeiramente distinta de manchas.

Os dados de produtividade de cada mapa foram normalizados em torno da produtividade média. Na figura 4 são apresentados exemplos de duas situações: milho de 1999 na área 1 e trigo de 2000 na área 2. Para as distribuições de classes foi novamente adotado o critério de áreas iguais.

O critério de agrupamento no qual estabeleceu-se o conjunto de limites e condições que pudessem caracterizar diferentes unidades de manejo em função da variabilidade espacial e temporal da produtividade, certamente tem grande influência na definição das unidades, sua abrangência e valor gerencial. Nesse estudo são apresentados os resultados com base no agrupamento proposto que, no entanto, pode e deve ser analisado caso a caso. Na figura 5 são apresentados os mapas das unidades de manejo das áreas 1 e 2, onde pode-se observar o agrupamento de classes com certa consistência. É importante destacar que a quantidade de safras monitoradas (mapas individuais) vai definir a qualidade da informação. Quanto maior esse número, maior será a população de dados e melhor o ajuste da medição da variabilidade temporal. Na área 2, neste caso, foram utilizados apenas três mapas.

Existem várias possibilidades de se abordar o processo de tomada de decisão para a intervenção com tratamentos localizados. As estratégias vão depender das particularidades e do conhecimento prévio da área, dos princípios de gerenciamento e das circunstâncias econômicas e financeiras envolvidas.

Para fins de tomada de decisão é necessário se estabelecer critérios. Um deles pode ser a variabilidade espacial e temporal da produtividade. Porém, ainda existem outros aspectos gerenciais a serem considerados. Pode-se desejar atuar nas áreas de alta produtividade, buscando otimiza-las. Nesse caso isola-se essa unidade de manejo para poder localiza-la em campo. Outra estratégia pode consistir

em isolar as áreas de produtividade consistentemente baixa para intervir nelas. Como exemplo, na figura 6 são apresentadas apenas as regiões consideradas como consistentemente de baixa produtividade para as duas áreas. Se o objetivo for atuar nessas áreas, observa-se certa dispersão em algumas partes da lavoura e concentrações em outras. No entanto, é possível definir uma estratégia de ação com linhas de contorno que atendam a maior parte das áreas alvo.

CONCLUSÕES

A definição das unidades de cada talhão que merecem tratamento diferenciado é uma tarefa pouco objetiva e depende de fatores como a resposta da cultura e de características do solo. Uma das formas de se proceder é através das informações contidas nos mapas de produtividade. A análise da variabilidade espacial e temporal da produtividade pode ser obtida por meio do cálculo da variabilidade temporal de cada célula dos mapas das diferentes safras. É possível obter-se a definição das unidades de manejo após atribuir-se os limites e condições de agrupamento desejados ou adequados.

AGRADECIMENTOS

É reconhecido o apoio prestado pela FAPESP que financia parte do projeto, a participação do CNPq, New Holland, Fundação ABC, colaboradores do IAC e os agricultores Lúcio e José Roberto Borges e Henderik Barkema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACKMORE, S.; MOORE, M. Remedial correction of yield map data. *Precision Agriculture*, Norwell, v. 1, n.1, p.53-66, 1999.

FLEMING, K. L.; WESTFALL, D. G.; HEERMANN, D. F. Farmer developed management zone maps for variable rate fertilizer application. In: STAFFORD, J. *Precision Agriculture '99*. Sheffield: Sheffield Academic Press, 1999. Part 2, p.917-26.

GRISSE, R.; JASA, P.; SCHROEDER, M. A.; WILCOX, J. C. *Yield monitor accuracy: Successful Farming Magazine case study*. St. Joseph: ASAE, 1999. 10p. (Paper 99-1047).

JOHANNSEN, C. J.; CARTER, P. G.; ERICKSON, B. J.; MORRIS, D. K.; WILLIS, P.R. A cornucopia of agricultural applications. *Space Imaging*, Thornton, Jan/Fev, p. 22-23, 2000.

JURSCHIK, P. K.; GIEBEL, A.; WENDROTH, O. Processing of point data from combine harvesters for precision farming. In: STAFFORD, J. *Precision Agriculture '99*. Sheffield: Sheffield Academic Press, 1999. Part 1, p.297-307.

KHAKURAL, B. R.; ROBERT, P. C.; HUGGINS, D. R. Variability of corn/soybean yield and soil/landscape properties across a southwestern Minnesota Landscape. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRECISION AGRICULTURE, 4, 1998. St. Paul. *Proceedings...* Madison: American Society of Agronomy, 1998. p.573-9.

KOLMANN, G.; DEMMEL, M.; AUERNHAMMER, H. *Testing stand for yield measurement systems in combine harvesters*. St. Joseph: ASAE, 1998. 11p. (Paper 98-3102).

LARK, R.M.; BOLAM, H.C.; MAYR, T.; BRADLEY, R.I.; BURTON, R.G.O.; DAMPNEY, P.M. R. Analysis of yield maps in support of field investigation. In: STAFFORD, J. *Precision Agriculture '99*. Sheffield: Sheffield Academic Press, 1999. Part 1, p.151-62.

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: Universidade Federal de Viçosa, 2000. p. 237-258.

MOORE, M. *An investigation into the accuracy of yield maps and their subsequent use in crop management*. Warwick, 1998. 379p. Doctorate Thesis, Silsoe College, Cranfield University.

SWINTON, S. M.; LOWENBERG-DEBOER, J. Evaluating the profitability of site-specific farming, *Journal of Production Agriculture*, Madison, v. 11, n.4, p. 439-446, 1998.

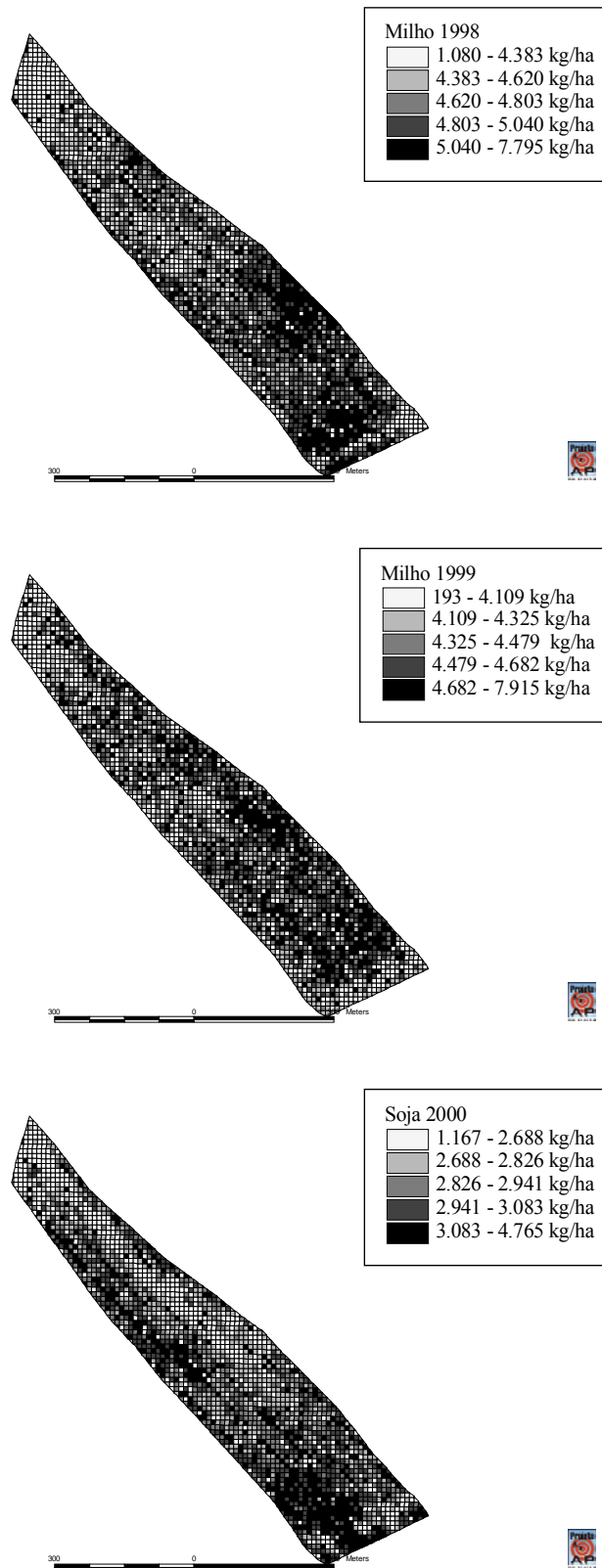


FIGURA 1 . Mapas de produtividade da área 1 com classes divididas por áreas iguais: milho – 1998, milho – 1999 e soja – 2000.

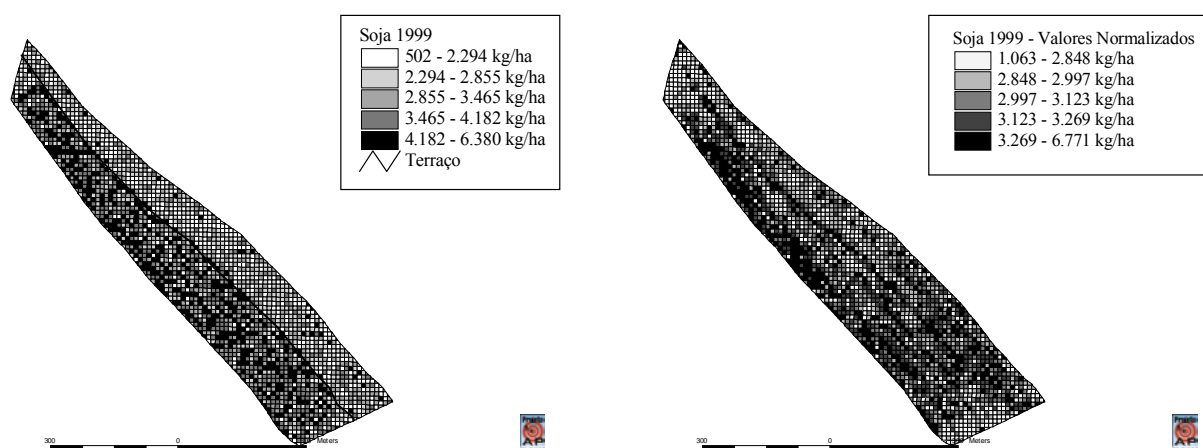


FIGURA 2 . Mapa de produtividade de soja de 1999 na área 1 antes e depois do processo de normalização da produtividade pela média.

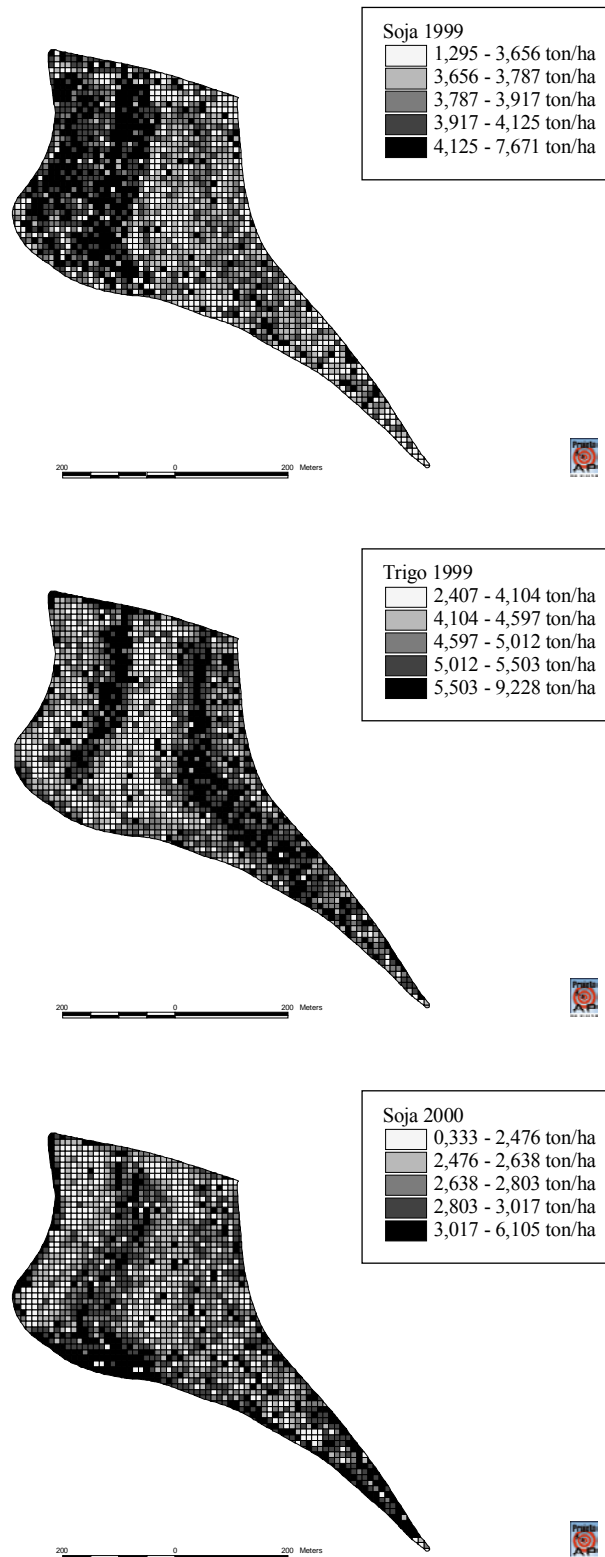


FIGURA 3 . Mapas de produtividade da área 2 com classes divididas por áreas iguais: soja – 1999, trigo – 1999 e soja – 2000.

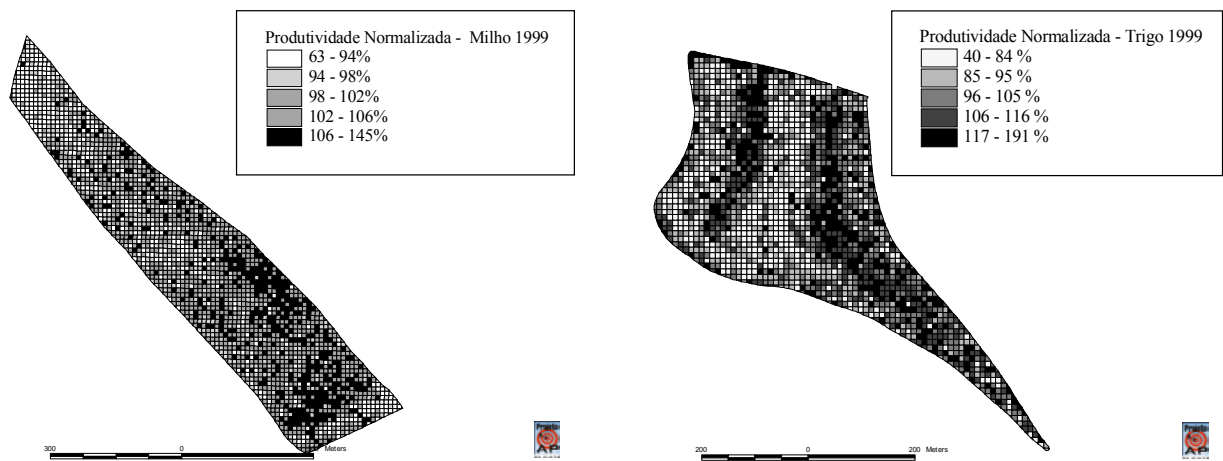


FIGURA 4 . Exemplos de mapas de produtividades expressos pelos valores normalizados em cada célula, com base na produtividade média.

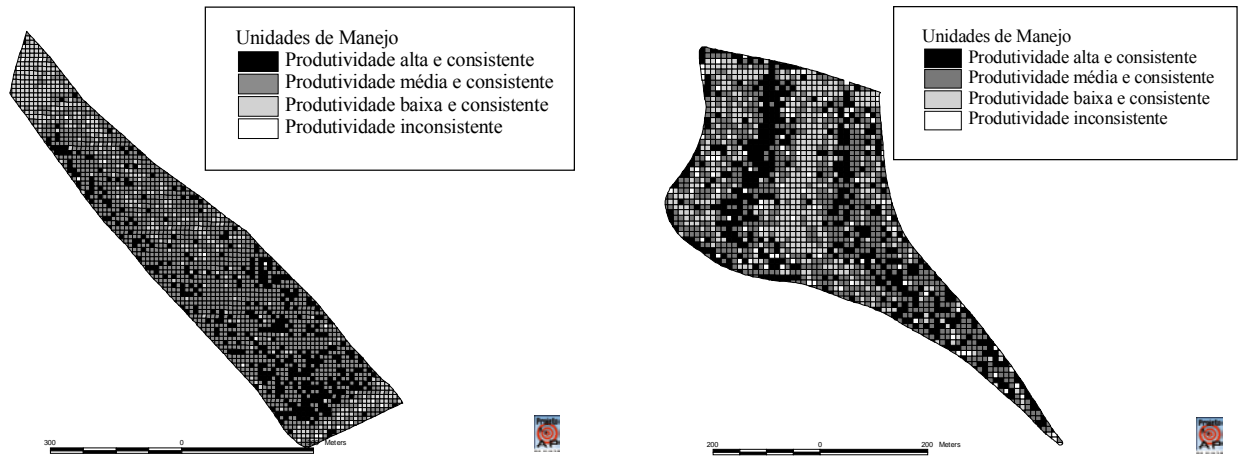


FIGURA 5 . Mapas das unidades de manejo das duas áreas estudadas,mostrando quatro classes de unidades.



FIGURA 6 . Mapas mostrando apenas as unidades de manejo de produtividade baixa e consistente ao longo do período analisado.