

# AGRICULTURA DE PRECISÃO MAPEIA COLHEITA DE GRÃOS

## Antônio Marcos Coelho

Engenheiro agrônomo, PhD em Solos e Nutrição de Plantas/Agricultura de Precisão e pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo  
amcoelho@cnpms.embrapa.br

## Carla Moreira de Faria

Analista da Embrapa Milho e Sorgo

## Thiago Ferreira Cunha

Hudson Augusto da Mota Junior

Engenheiros agrônomos da Campo Análises Agrícolas Ambientais  
ap@campoanalises.com.br

**A**gricultura de Precisão (AP) é uma tecnologia moderna para o manejo de solos, culturas e insumos, considerando as variações espaciais e temporais dos fatores que afe-

tam a produtividade. A AP visa, portanto, ao gerenciamento mais detalhado do sistema de produção agrícola, não somente das aplicações de insumos ou dos mapeamentos diversos, mas de todos os processos envolvidos na produção e na semeadura mecanizada da cultura – ela também utiliza algum sistema de orientação via satélite.

As ferramentas atualmente disponíveis que possibilitam a aplicação das tecnologias da AP são: Sistema de Posicionamento Global (sigla GPS, em inglês), Sistema de Informação Geográfica (SIG), monitores de colheita e mapeamento, amostragem de solo dirigida e

mapeamento dos atributos físicos e químicos dos solos, semeadura e aplicação de corretivos e fertilizantes a taxas variáveis, sensoriamento remoto e sistemas de direcionamento via satélite (sistema de guia por GPS).

## Produtividade medida

A medição da produtividade é um processo automático. Ela é realizada a partir de sensores instalados em colheitadeiras e capazes de definir, com relativa exatidão, a quantidade de produto que está sendo colhida e a área onde foi produzido.

Um receptor GPS fornece o posicionamento georreferenciado da produção, possibilitando o mapeamento das plantações. Por ser automático, o processo permite que grande quantidade de dados seja coletada e, como consequência, erros são introduzidos; logo, necessita-se do desenvolvimento de rotinas para reduzir erros.

Quando operado corretamente, o sistema de mapeamento da produtividade fornece dados que podem ajudar na tomada de decisão para aprimorar o sistema de produção.

É fato conhecido que a produtividade de milho varia espacialmente por meio dos campos em resposta a diversos fatores, incluindo: tipo de solo e histórico de uso anterior, topografia, umidade e temperatura, radiação solar, pH do solo e disponibilidade de nutrientes, população de plantas, incidência de plantas daninhas e pragas etc.

Nesse sentido, é importante mencionar que a variabilidade encontrada no campo tem sido surpreendente e, na maioria dos casos, os índices de produtividade do milho medidos nas áreas mais produtivas são duas vezes superior aos medidos nas áreas menos produtivas.

Como exemplo da magnitude dessa variabilidade espacial é apresentado,



Miriam Lins

Figura 01: Alguns fatores que contribuem para a variabilidade na produtividade



Antônio M. Coelho

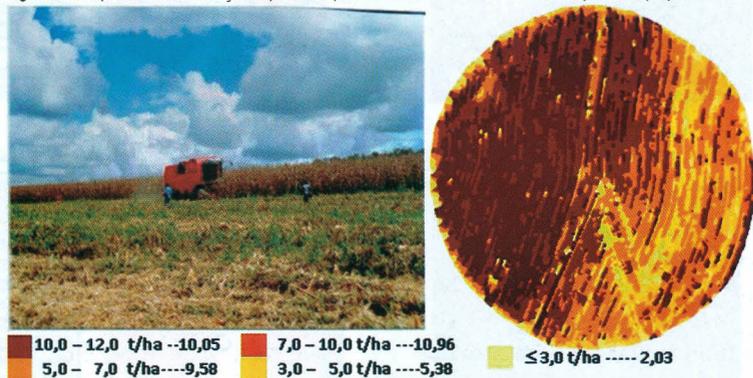
### Variação

Além da variação no rendimento da cultura na paisagem, existe também uma considerável modificação espacial na resposta da cultura ao uso de tecnologias (gestão de entradas). Por exemplo, algumas áreas de baixo rendimento poderão apresentar maior produtividade se as doses de fertilizante nitrogenado são aumentadas, enquanto outras com a mesma característica e do mesmo campo podem não apresentar essa elevação.

Para o agricultor, identificar as áreas dentro de um campo que respondem à melhor gestão da tecnologia é fundamental, assim como a determinação do nível tecnológico necessário e a variação deste na plantação.

Assim, tem havido um crescente interesse em sistemas de mapeamento da produtividade a fim de obter informações a respeito da variabilidade espacial no interior dos campos. É esperado que esses dados possam ser utilizados para identificar zonas de manejo e determinar taxas espacialmente variáveis

Figura 02: Mapeamento da variação espacial na produtividade de milho em uma área piloto do projeto AP



Antônio M. Coelho

na Figura 1, um mapa da variabilidade na produtividade de milho numa área de 38 hectares cultivada em sistema de plantio direto e em solo do Cerrado. A produtividade de grãos variou de três a 12 mil kg/ha, com média de 7.718 kg/ha ( $\pm 1.687$  kg/ha).

Em termos proporcionais, essa variabilidade também é bastante significativa, com 55% da área apresentando produtividades que variam de sete a 12 mil kg/ha, e o restante (45%), com produtividades de três a 7 mil kg/ha (Figura 2).

**Agora já é realidade.**  
**A Scientia Agricultura de Precisão**  
**veio para modernizar e otimizar**  
**suas práticas de cultivo.**  
**Aproveite condições para**  
**segunda safra.**



Fones: 34.3211.0800 - 34.9686.7915 - 34.9188.1676

Uberlândia/MG - Av. José Andraus Gassani, 800 - Complexo B  
 Bairro Minas Gerais - CEP: 38.402-322

[www.scientiaagro.com.br](http://www.scientiaagro.com.br)



de insumos, tais como corretivos, fertilizantes e outros.

Entretanto, para obter mapas de boa qualidade é importante elaborar um planejamento adequado das etapas de colheita, para interpretar e tomar decisões posteriormente.

### Planejamento da colheita

Essa é uma etapa importante para obter mapas de boa qualidade, pois muitos erros podem ser evitados com um planejamento adequado dos procedimentos de colheita. Entretanto, o que tem ocorrido na prática é que, infelizmente, muitos produtores não se importam com a operação cuidadosa da colhedora, de modo que os mapas obtidos contêm erros significativos.

Para exemplificar a importância do planejamento para a colheita do milho com a colhedora monitorada (GPS e monitor de colheita), serão utilizados os dados obtidos na safra 2007/08, numa área de 186 hectares da Fazenda Tamita, localizada no município de Ipameri (GO).

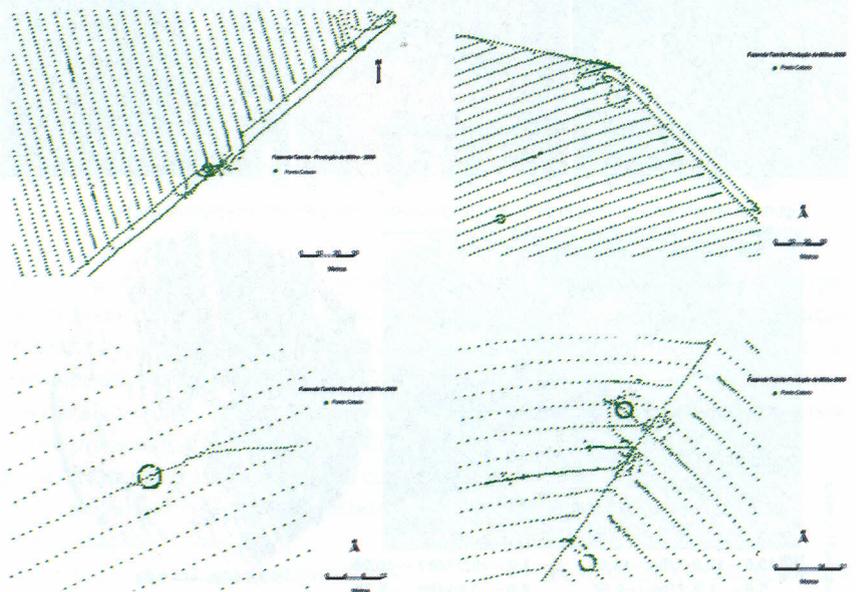
Após a coleta dos dados pelo monitor de colheita, eles foram gravados em cartão PCMCIA, disponível no próprio monitor, e exportados para um computador tipo PC para a visualização do mapa de pontos. Dados estatísticos como gráfico de distribuição de frequência, valores máximos e mínimos, médias, desvio padrão etc. foram utilizados na filtragem e elaboração do mapa, utilizando o Sistema de Informação Geográfica GVSIG 1.10.

### Resultados reais

Foram obtidos 108.772 pontos (584 pontos/ha), com valores de produtividade de grãos variando de zero a 11.260.984 kg/ha, média de 12.857 kg/ha e desvio padrão de 140.620 kg/ha. Observou-se uma grande diferença, em que foram obtidas quantidades irreais – isso reflete, em parte, a falta de planejamento nas atividades de colheita.

A Figura 3 mostra alguns detalhes do mapa original de pontos com relação ao caminhamento da colhedora, no sentido transversal às linhas de semeadura, e às manobras efetuadas dentro

Figura 3: Detalhes de partes do mapa original de produtividade de milho de uma área de 186 hectares, revelando o caminhamento da colhedora no sentido transversal às linhas de semeadura e manobras efetuadas dentro da área. Safra 2007/08. Fazenda Tamita, Ipameri (GO)



da área, provavelmente para descarga do depósito graneleiro. Tais ações foram efetuadas durante a operação de colheita e com o monitor em funcionamento, levando à aquisição de dados irreais.

Por exemplo, é prática comum entre os produtores a semeadura de milho, nas bordas dos talhões, no sentido transversal aos das linhas principais. A colheita dessas bordaduras com a colhedora, o GPS e o monitor acionados leva a registros inconsistentes de produtividades devido à irregularidade de alimentação da plataforma.

As linhas de semeadura na bordadura normalmente apresentam irregularidades que contribuem para impedir o completo preenchimento da largura de corte, ocasionando erros no mapa devido ao posicionamento.

Assim, no caso da bordadura, se a colheita é efetuada com a máquina se deslocando no sentido transversal às linhas de semeadura, a plataforma dificilmente será alimentada com uma quantidade que seria colhida se a operação fosse realizada no mesmo sentido das linhas de semeadura.

Desse modo, as bordaduras devem ser as primeiras a serem colhidas, sem registro dos dados. Da mesma forma, é necessário realizar as manobras efetuadas durante a colheita sem a operação do monitor de produtividade.

### Interpretação dos dados

Embora a tecnologia de mapeamento da produtividade ter sido disponibilizada, a interpretação dos dados foi fragmentada. Sendo assim, se o potencial desse mapeamento é completamente esclarecido, então se estabelecem os procedimentos de colheita para uma interpretação mais compreensível dos mapas.

Assim, no planejamento da colheita devem ser observados os seguintes aspectos: data de semeadura dos diferentes talhões, para estabelecer o escolhido para iniciar a colheita, os híbridos semeados, as bordaduras existentes e o ajuste da colhedora.

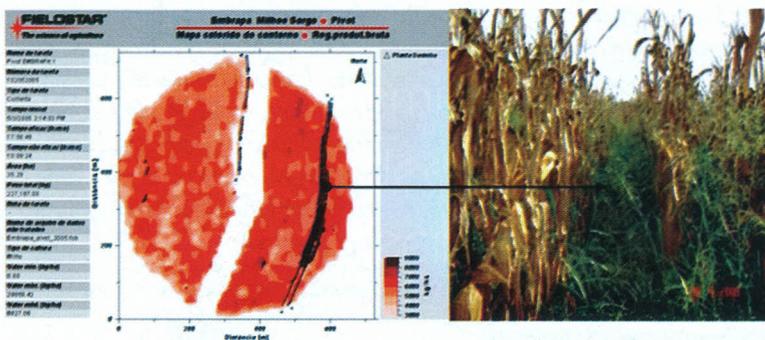
Por outro lado, os mapas de rendimento gerados pelo monitor de colheita em tempo real permitem visualizar a variabilidade durante as colheitas e determinar os fatores que têm afetado o rendimento (ocorrência de pragas, doenças, falhas no estande e plantas daninhas).

A observação dessas causas em tempo real pode ajudar no entendimento dos mapas, como mostrado nas Figuras 4 e 5. As áreas das lavouras de milho, com alta incidência de plantas daninhas e falhas no estande, foram registradas no mapa durante a operação de colheita.

### Possibilidades

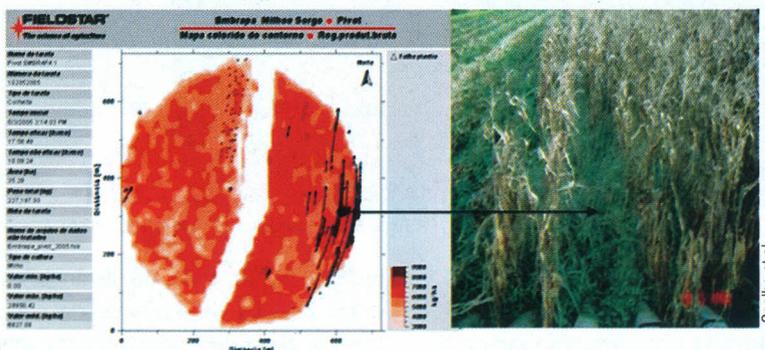
Os mapas de rendimento em tempo

Mapa de colheita em tempo real onde estão demarcadas as áreas de ocorrência acentuada de plantas daninhas



Coelho et al.

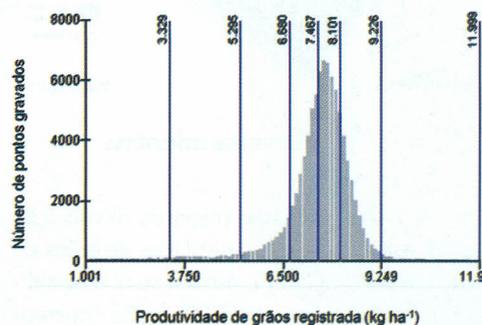
Mapa de colheita em tempo real onde estão demarcadas as áreas de ocorrência acentuada de falhas no estande



Coelho et al.

grãos, apresentando normalidade de distribuição (Figura 6), com produtividade média de 7.472 kg/ha e desvio padrão de 1.123 kg/ha. Essas informações foram utilizadas para a elaboração do mapa de contorno que será a base para a análise da variabilidade e da tomada de decisões.

Figura 6: Distribuição de frequência dos pontos de produtividade de grãos registrados pelo monitor de colheita na Fazenda Tamita, após a filtragem dos dados discrepantes



Saiba mais

real, além de permitirem aos produtores e técnicos visualizarem a variabilidade natural e induzida na produtividade da cultura dentro de uma determinada área, fornecem outras informações no gerenciamento da produção, tais como:

- Quantidades de grãos a serem enviadas para o armazenamento em silos;
- Registro da produtividade de cada híbrido de milho semeado, o que possibilita a seleção de híbridos mais produtivos;
- Estimativa das doses de fertilizantes e agroquímicos;
- Valorização da terra de acordo com sua produtividade;
- Otimização da logística de produção e comercialização, permitindo, por exemplo, separar os lotes colhidos de acordo com o teor de umidade.

Os mapas de produtividade também auxiliam na avaliação dos efeitos que as diferentes práticas agrícolas podem ter na produtividade. Dessa forma, os testes de campo (ou as pesquisas) realizados pelos próprios produtores são otimizados.

### Obtenção de mapas e correção das distorções

Conforme discutido anteriormente, os dados brutos do monitor de colheita

possuem erros que precisam ser entendidos, a fim de se obter conhecimento suficiente para corrigi-los da melhor forma possível. Sendo assim, é necessário realizar um tratamento preliminar dos dados, antes de transformá-los num mapa passível de análise e tomada de decisão.

Embora tais falhas sejam intrínsecas ao processo de geração de dados e às limitações dos sistemas, não devem ser motivo para descrédito da tecnologia de monitoramento da produtividade com sensores embarcados. Entretanto, é importante frisar que as distorções serão menores, se houver um planejamento adequado em relação aos procedimentos de colheita.

Ao analisar a distribuição de frequência dos dados brutos da produtividade de milho obtidos na Fazenda Tamita, foram eliminados os pontos com valores de produtividade de grãos inferiores a mil quilos por hectare (7.581 pontos) e superiores a 12 mil kg/ha (1.836 pontos).

Foram removidos, também, os dados dos pontos localizados na bordadura, no sentido transversal às linhas de semeadura e aqueles identificados visualmente como erros devido às manobras da colhedora dentro da área (Figura 3).

Assim, após a filtragem desses dados, restaram 91.971 pontos (494 pontos/ha) de registro de produtividade de

Apesar da crescente utilização do monitor de produtividade e de sistemas de mapeamento, ainda restam dúvidas sobre a melhor forma de usar essas tecnologias para aperfeiçoar o manejo da cultura nas áreas agrícolas.

Quando os produtores observam mapas de produtividade, eles visualizam padrões e tendências gerais, tais como áreas de produtividade extraordinariamente alta ou baixa. Uma vez identificadas, seria tarefa dos técnicos, juntamente com o produtor – mais familiarizado com os solos e o histórico de uso –, tentar deduzir o motivo de ocorrência das variações.

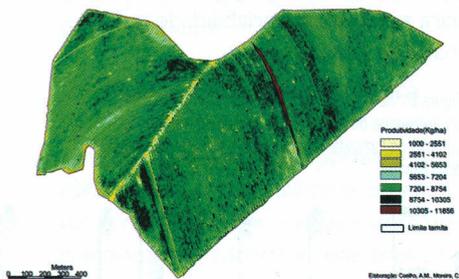
Se o conhecimento das características dos solos e do histórico de uso permitir ao agricultor lançar a hipótese de um fator que limite a produtividade, algumas ações poderiam então ser tomadas para manejar as áreas de baixa produtividade de modo diferenciado, a fim de se obter melhores índices de rendimento.

Para o agricultor, identificar as áreas dentro de um campo que apresenta maior resposta ao uso de tecnologias é imprescindível, assim como determinar o nível tecnológico necessário a variação deste no campo.

Como exemplo, será discutido o mapa

da variação espacial da produtividade de milho (Figura 7) obtida na Fazenda Tamita na safra 2007/08.

Figura 7. Mapa em contorno de produtividades de grãos de milho (kg/ha) de uma área de 186 ha da Fazenda Tamita, em Ipameri (GO)



### Porteira adentro

Ao analisar o mapa da distribuição espacial das produtividades de grãos de milho (Figura 7), verifica-se que os índices menores que 5.000 kg/ha ocorrem nas bordas da área; isso pode estar relacionado, conforme discutido anteriormente, ao planejamento inadequado dos procedimentos de colheita. Existem também pequenas áreas distribuídas ao acaso, com produtividades de grãos variando de 5.650 a 7.200 kg/ha.

Entretanto, na maior parte da área, as produtividades se situaram entre 7.200 a 10.300 kg/ha. Uma pequena faixa com produtividade de grãos maior que 10.300 kg/ha está relacionada, provavelmente, a erros obtidos a partir de um procedimento inadequado na colheita, por exemplo.

Portanto, com base nas informações obtidas do mapa, observa-se que existe uma significativa variação na produtividade de milho, com diferenças superiores a três mil kg/ha de grãos. Pode-se, em princípio, suspeitar que as mudanças nas características do solo, principalmente a fertilidade, além de outros fatores como a população de plantas e a incidência de plantas daninhas, sejam responsáveis pela variabilidade observada.

Tais observações indicam a necessidade de o produtor proceder a ajustes no sistema de produção utilizado. Entretanto, o mapa de colheita somente ilustra o efeito de algum possível fator na produtividade, e não sua causa. Isso nos leva a inferir sobre a necessidade de se obter uma base histórica a par-

tir de algumas safras e de informações coletadas, com o objetivo de se chegar a alguma conclusão plausível a respeito de um problema específico.

Assim, é recomendável que o produtor repita o mapeamento da colheita por, pelo menos, três safras consecutivas no mesmo talhão. É necessário realizar um planejamento adequado,

procurando corrigir as distorções observadas na colheita anterior (Figura 3).

Os mapas de rendimento de várias safras (pelo menos três) possibilitam identificar a variabilidade temporal e a tendência de produtividade de cada talhão. Dessa maneira, cria-se um mapa médio para estabelecer as zonas de manejo (Figura 8).

Figura 8 - Mapa médio de vários anos de mapeamento da variabilidade espacial da produtividade de milho, mostrando três zonas de comportamento estável.



Fonte: Rodolfo Bongiovanni, ITA, Manfredi, Córdoba, Argentina.

### Considerações finais

Mapas de produtividade são excelentes fontes de informação e diagnóstico das condições de produção encontradas no campo, constituindo-se em uma excelente ferramenta para o gerenciamento do sistema de produção. Entretanto, tem-se observado na prática que os mapas obtidos apresentam erros grosseiros, devido principalmente à falta de um planejamento adequado de acordo com os procedimentos de colheita, levando a uma interpretação errônea dos dados.

Os principais problemas observados se relacionam às falhas de posicionamento, de produtividade nula ou ausente, de interpretação da largura da plataforma, de umidade nula ou valor

ausente de umidade, de distância nula entre pontos, de intervalo de enchimento, além de valores discrepantes de produtividade. Esses aspectos indicam a necessidade do desenvolvimento de rotinas para a redução de erros, as quais precisam ser iniciadas com as atividades de planejamento da colheita.

É importante também mencionar que algumas empresas comerciantes de equipamentos (colhedoras equipadas com GPS e monitores ou kits para mapeamento de produtividade) não têm fornecido assistência técnica e treinamento satisfatórios aos produtores e operadores agrícolas. Sem qualificação, o investimento se perde em falhas na coleta de dados, comprometendo a qualidade e dificultando a interpretação das informações. •

Case II

A colheita é uma etapa importante para obter mapas de boa qualidade e evitar erros

