

AGRICULTURA DE PRECISÃO

Boletim Técnico 01

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para Agricultura de Precisão

Rodrigo G. Trevisan¹; José P. Molin²

¹ Eng. Agrônomo, Mestrando em Engenharia de Sistemas Agrícolas (ESALQ-USP);

² Prof. Dr. Associado III, coordenador do Laboratório de Agricultura de Precisão (ESALQ-USP).

Quem somos?

O LAP, oficializado em 2008, é um laboratório dentro da USP/ESALQ dedicado ao estudo da Agricultura de Precisão, envolvendo infraestrutura e pessoas em torno do tema.

Quais os objetivos?

Oferecer infraestrutura e ambiente de trabalho para as atividades e projetos relacionados ao estudo da variabilidade espacial das lavouras e das tecnologias embarcadas nos veículos e máquinas agrícolas.

Onde estamos localizados?

O LAP está sediado junto ao Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ - USP, em Piracicaba-SP.

Os dados utilizados em Agricultura de Precisão (AP) apresentam, além da informação em si, as coordenadas geográficas que permitem identificar o local onde o dado foi coletado. A visualização desses dados exige o uso de programas apropriados, conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), que englobam, além da visualização das informações, a organização, armazenamento e processamento dos dados. São chamados sistemas porque são compostos por hardware, software, informações e pessoas que atuam em conjunto na manipulação de dados georreferenciados.

Formato dos dados

De acordo com suas características de armazenamento e apresentação, os dados espaciais podem ser divididos em duas categorias, as camadas de informação vetoriais e as camadas de informação matriciais ou do tipo raster.

Os dados em formato vetorial são formados fundamentalmente de pontos, que podem ser usados para formar linhas e polígonos, recebendo nesse caso a denominação de vértices. A entidade básica desse tipo de dado é uma feição,

que inclui a sua geometria e os atributos associados a ela.

Como exemplos de arquivos vetoriais temos a camada do tipo ponto com os locais de coletas de amostras de solo, uma camada do tipo linha com as estradas e os rios que cortam a propriedade e uma camada do tipo polígono com os contornos das áreas e divisão dos talhões.

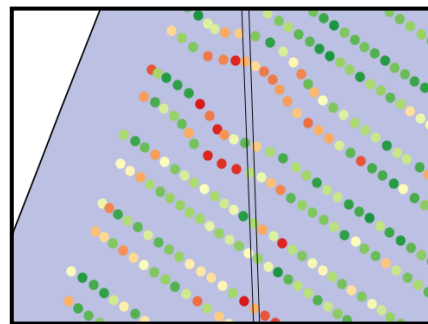


Figura 1: Diferentes formas de dados vetoriais: pontos de produtividade, linha da rede de transmissão de energia e polígono do contorno do talhão

Os dados em formato raster apresentam como unidade básica o pixel, um retângulo ou geralmente um quadrado. O pixel é a menor unidade de área que pode ser representada num mapa. Uma matriz formada por um conjunto de pixels regularmente distribuídos em linhas e colunas forma uma imagem.

USP ESALQ

LAP
Laboratório de Agricultura de Precisão

São exemplos de arquivos raster as camadas com imagens de satélites, modelo digital do terreno, mapa de produtividade e mapa de recomendação de adubação, após a interpolação.

203	190	181	181	189	201	212
214	214	209	202	207	224	236
217	229	238	246	256	260	257
217	234	263	292	305	293	277
224	248	277	296	304	308	306

Figura 2: Dados em formato raster, de uma dada recomendação de aplicação. Apesar de vermos apenas quatro classes de cores, cada pixel armazena um valor diferente de dose a ser aplicada

Visualização dos dados

Os dados espaciais podem ser entendidos como a união de duas partes, a geometria da figura, que é ditada pelas suas coordenadas e é responsável pela representação espacial da informação, e os atributos da figura, que são os dados associados a ela e que podem ser representados na forma usual de tabelas. O SIG permite que o usuário interaja com essas duas partes através da tabela de atributos da camada, que contém todos os dados associados àquela figura, e da identificação de uma ou algumas feições diretamente no mapa.

Com relação às geometrias das figuras, o primeiro desafio do SIG é o de representar no plano o que é observado em três dimensões, na superfície terrestre. Para isso são usados os conceitos de cartografia e os sistemas de referência de coordenadas, que são responsáveis pela projeção dos dados tridimensionais em duas dimensões. A forma como o SIG trata dos diferentes sistemas de referência de coordenadas existentes tem grande influência na experiência do usuário com o programa.

Os dados armazenados na tabela de atributos podem ser utilizados para determinar as características de exibição da geometria, como por exemplo a cor, a forma e o tamanho.

Isso permite a apresentação de grande quantidade de dados em uma forma mais fácil de visualização e interpretação que na forma de números. O SIG também permite que sejam combinadas diferentes informações para definir as características das geometrias num único mapa. Por exemplo, ao visualizar um mapa de produtividade, podemos classificar os pontos numa escala de cores de acordo com o valor da produtividade, utilizar uma escala de tamanhos para os diferentes valores de umidade e utilizar diferentes formas de símbolos para os pontos colhidos por máquinas diferentes.

A criação de estilos de apresentação para arquivos vetoriais permite o uso tanto de dados categóricos, como a cultivar ou ambiente de produção de uma área, quanto contínuos, como é o caso dos valores do índice de vegetação obtido por um sensor e dose de calcário a ser aplicada.

Outra ferramenta útil é a que permite a identificação direta de feições no mapa. Por exemplo, em um mapa de pontos de produtividade já classificado com uma escala de cores, pode-se clicar num ponto para saber o valor da produtividade observada naquela posição, além dos outros dados que podem estar associados, como velocidade da máquina e umidade dos grãos.

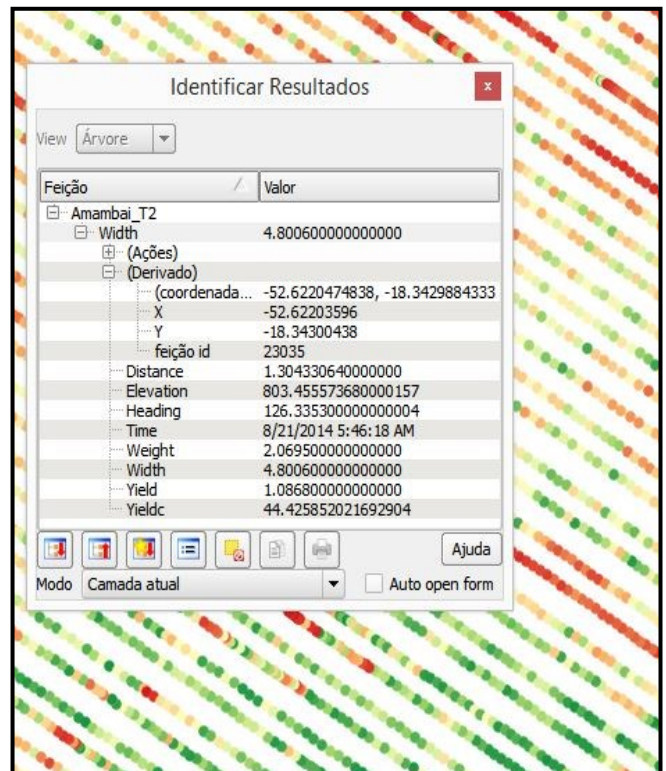


Figura 3: Exemplo de ferramenta disponível no software QGIS que com um simples clique exhibe todos os dados associados a uma geometria

Manipulação dos dados

Selecionar ou modificar apenas feições que atendem a determinados critérios também é uma atividade comum desempenhada no ambiente do SIG. Os critérios podem ser relacionados aos atributos da feição ou a sua geometria, podendo-se combinar os dois.

Em um processo de filtragem de dados, por exemplo, pode-se remover todos os pontos que estão a uma distância inferior à 20 m da borda do talhão (consulta espacial) e também todos aqueles cujo valor de umidade seja inferior a 10%, além de outros critério que podem ser utilizados para eliminar dados inconsistentes.

Uma característica que torna necessário o uso de softwares com grande robustez para a AP é o grande volume de dados coletados em algumas operações, como na colheita, por exemplo, que pode ultrapassar os 1000 pontos por hectare, o que faz com que uma pequena fazenda gere um volume de dados superior à base cadastral dos municípios brasileiros.

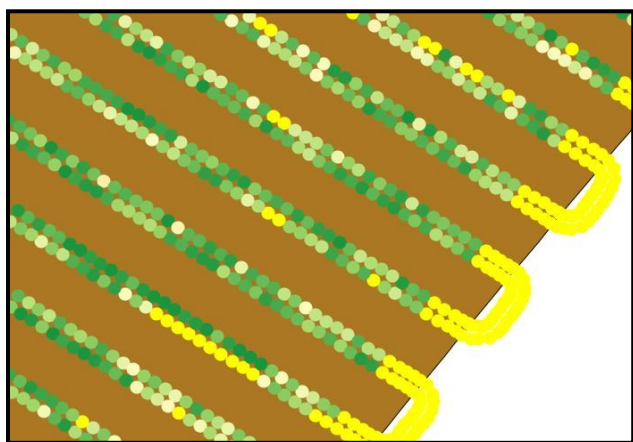


Figura 4: Exemplo de seleção de dados: os pontos com distância inferior a 20 m da borda do talhão ou com altura de plantas menor que 50 cm estão selecionados e destacados em amarelo

Processo semelhante à consulta espacial pode ser utilizado para unir atributos pela localização. É o caso, por exemplo, quando se deseja saber as produtividades médias em cada uma das unidades de gestão diferenciada (UGD's) delimitadas em um talhão.

É possível ainda aplicar operações diretamente nas geometrias, criando novas divisões em um polígono ou unindo várias geometrias para formar uma nova, o que é importante, por exemplo, para atualizar os limites dos talhões, que podem mudar ao longo dos anos.

Outra ferramenta importante para a AP é a possibilidade de combinar diferentes camadas para formar uma nova, através de operações que dependem não apenas de um pixel mas de todo o conjunto de dados. Um exemplo disso é a geração de unidades de gestão diferenciada a partir da análise do potencial produtivo de cada pixel de uma área, utilizando-se de metodologias de agrupamento apropriadas para criar subáreas que são distintas entre si e apresentam o máximo de homogeneidade no seu interior.

Interpolação dos dados

A maioria dos dados coletados para utilização na AP são baseados em pontos, como a amostragem de solo em grade e mesmo mapas de produtividade. Entretanto, as decisões e operações aplicadas, como as recomendações de aplicação de fertilizantes em taxa variável e o delimitamento de unidades de gestão diferenciada são baseadas em polígonos.

Por isso, existe a necessidade de se estimar valores de determinadas características em locais que não se tem informação. Esse processo é feito pelo uso de métodos de interpolação, que utilizam a informação dos lugares com dados e a distância de separação dos pontos para estimar o valor nos locais desconhecidos.

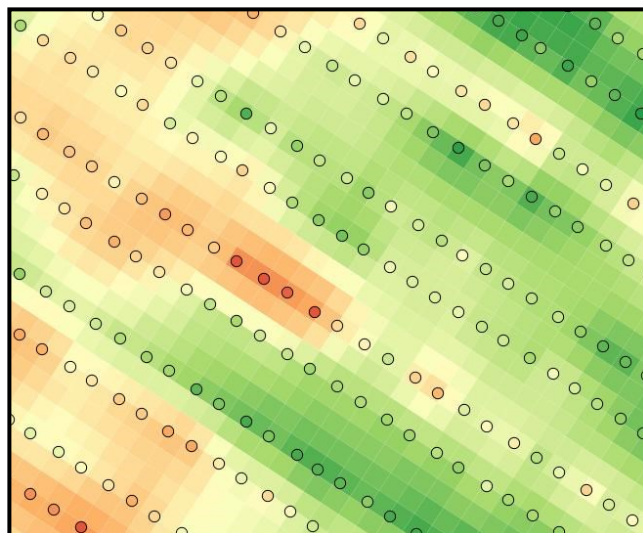


Figura 5: O valor de cada pixel do mapa (raster) é calculado a partir de uma média ponderada dos valores conhecidos nos pontos (vetor), de acordo com a distância entre o pixel sendo estimado e cada um dos pontos da vizinhança

Os métodos de interpolação são baseados no conceito de dependência espacial, segundo o qual os valores tendem a ser mais semelhantes em locais próximos do que em locais separados por uma distância maior, até um limite em que a

semelhança entre um par de pontos qualquer não é mais afetada pela distância. Essa distância é chamada de alcance da dependência espacial. Existem diversos métodos de interpolação disponíveis, entretanto o melhor método e modelo pode variar para cada situação, não sendo possível afirmar que um método sempre apresentará desempenho superior ao outro.

Para os dados coletados em altas densidades, com centenas de pontos por hectare, a influência do método de interpolação no resultado final será pequena, pode-se preferir os mais simples, como o inverso do quadrado da distância. Isso porque a função da interpolação nessas situações é mais a de regularizar os dados, a fim de permitir comparações e operações entre diferentes camadas, do que de fato de estimar os valores em locais não amostrados. Entretanto os dados coletados em densidades que variam de poucos pontos por hectare a menos de um ponto por hectare, exigem um processo mais criterioso de modelagem para a interpolação.

O SIG deve oferecer as opções de interpolação de forma simplificada, para facilitar o seu uso, mas ao mesmo tempo deve possuir ferramentas avançadas, que permitam a comparação de diferentes modelos através de técnicas estatísticas como a validação cruzada, a fim de que o resultado da interpolação melhor represente a distribuição espacial do atributo em estudo.

O armazenamento e organização das camadas de informações de vários anos é outra atividade importante, pois permite a construção do histórico de cada área, que pode ser utilizado na criação de novas camadas e no auxílio à tomada de decisão. Essa tarefa pode ser desempenhada pelo próprio SIG ou ser delegada a um banco de dados, que agiliza o processo de consulta aos dados e aumenta a segurança destes, associado à realização de backups periódicos.

Álgebra de mapas

Com a AP, ao invés de termos um valor médio para cada área, temos o valor em cada pixel das camadas de informação. Para tratar desse tipo de dados, usamos a álgebra de mapas, que nada mais é do que a aplicação em cada unidade do mapa das fórmulas, tabelas e outros procedimentos utilizados na agricultura convencional com as médias da área. De maneira mais formal, a realização de operações algébricas entre

mapas é o processo de combinar diferentes camadas de informação através de operações matemáticas e lógicas a fim de produzir uma nova camada, que pode ser utilizada na tomada de decisões.

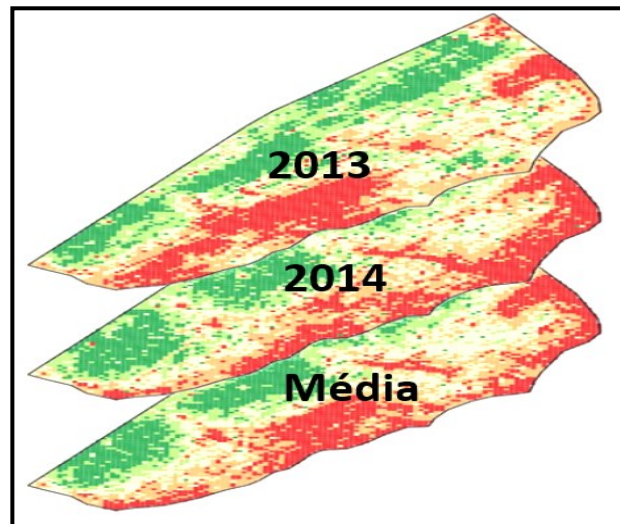


Figura 6: Exemplo de operação algébrica entre mapas: a camada inferior representa a produtividade média dos dois mapas acima (produtividade nas safras 2013 e 2014)

Processamento digital de imagens

Outra atividade que é desenvolvida no ambiente do SIG é o processamento de imagens, sejam imagens de satélites orbitais, fotografias aéreas convencionais ou obtidas por aeronaves remotamente controladas. As ferramentas mais importantes para esse tipo de aplicação incluem a possibilidade de registro e ortorretificação das imagens, a fim de garantir a exatidão de sua localização geográfica, recorte ou criação de mosaicos, para que várias imagens formem uma única cobertura da área de interesse, composição de bandas e melhorias de contraste, para proporcionar melhor visualização de diferentes feições presentes na área e a possibilidade de conversão de formatos, para que esses dados possam ser usados em conjuntos com arquivos vetoriais, por exemplo.

A álgebra de mapas aplicada nestas imagens permite a obtenção de novas camadas de informações, como índices de vegetação ou mesmo estimativas da biomassa da cultura ou da produtividade. A partir dessas informações e da experiência agrônoma do operador do SIG pode-se então tomar decisões e gerar recomendações, como de taxas variáveis de sementes e fertilizante nitrogenados.

Softwares disponíveis

Atualmente estão disponíveis diversas soluções de SIG para uso em AP, desde sistemas genéricos concebidos inicialmente para outras aplicações, até sistemas altamente específicos, desenvolvidos para facilitar a execução das tarefas mais comumente realizadas em AP.

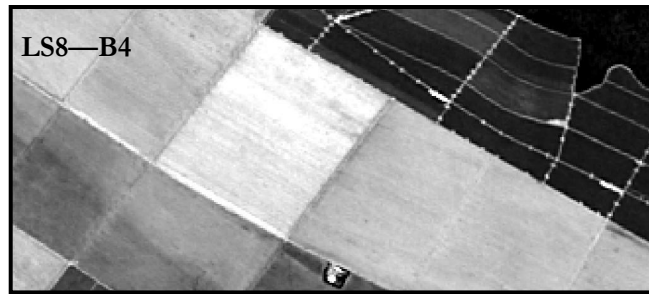
Os programas disponíveis também diferem quanto ao tipo de instalação. Existem soluções convencionais, que requerem a instalação de um software no computador local e independem da conexão com a internet. Também existem sistemas totalmente em rede, que são acessadas em um navegador conectado à internet e não dependem de instalação no computador. Alguns sistemas híbridos, que dependem da conexão com a internet e da instalação de software também estão disponíveis.

Com a popularização dos smartphones, que em geral possuem receptores GNSS integrados, vários aplicativos tem sido desenvolvidos que permitem executar algumas das tarefas comumente realizadas no SIG, podendo-se exportar os dados para um computador e executar as tarefas mais complexas para finalizar o trabalho.

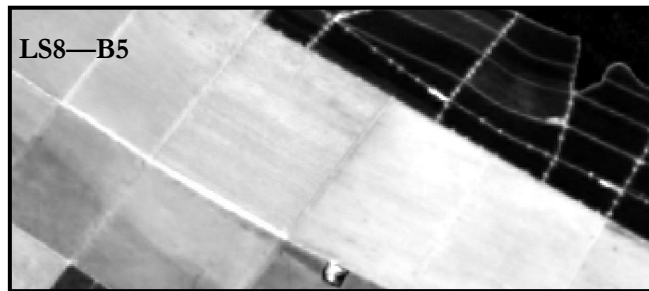
A maioria das soluções disponíveis são softwares proprietários, que requerem uma licença comercial para utilização. Entretanto tem surgido softwares gratuitos que possibilitam a realização de algumas ou todas as atividades descritas nesse texto.



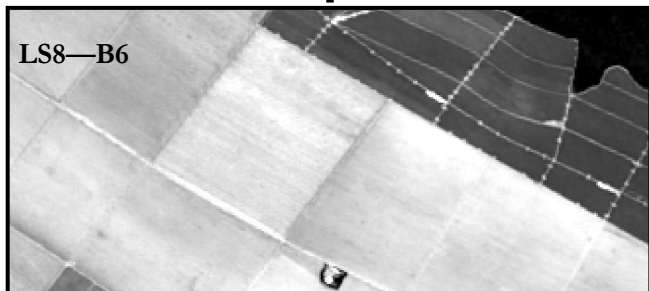
Figura 8: QGIS, Spring e aplicativos para Android C7, exemplo de softwares gratuitos que desempenham funções de SIG e podem ser utilizados na agricultura de precisão



+



+



=

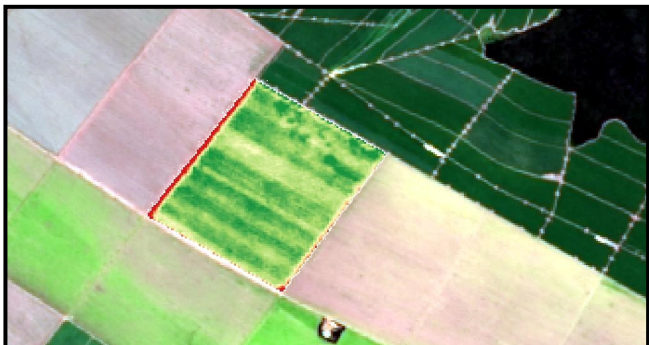


Figura 7: Processo de criação de uma imagem colorida (Composição) e de uma mapa de índice de vegetação (ao centro da figura inferior) a partir de três bandas do satélite Landsat 8

Contato:

Laboratório de Agricultura de Precisão
Departamento de Engenharia de Biosistemas
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Universidade de São Paulo
Av. Pádua Dias, 11 - CEP 13418-900
Piracicaba - SP
Fone: (19) 3747 - 8514
E-mail: gmap@esalq.usp.br

Visite nosso site:

www.agriculturadeprecisao.org.br