

Agricultura de Precisão

Editores

José Pimentel Castro Coelho
José Rafael Marques da Silva



O conceito de **Agricultura de Precisão** está normalmente associado à utilização de equipamento de alta tecnologia (seja *hardware*, no sentido genérico do termo, ou *software*) para avaliar, ou monitorizar, as condições numa determinada parcela de terreno, aplicando depois os diversos factores de produção (sementes, fertilizantes, fitofármacos, reguladores de crescimento, água, etc.) em conformidade.

Tanto a monitorização como a aplicação diferenciada, ou à medida, exigem a utilização de tecnologias recentes, como os **sistemas de posicionamento** a partir de satélites (v.g. GPS - Global Positioning System), os **sistemas de informação geográfica (SIG)** ou os **sensores electrónicos**, associados quer a reguladores automáticos de débito nas máquinas de distribuição quer a medidores de fluxo nas máquinas de colheita.

Agricultura de Precisão

Introdução



Os dois **objectivos** genéricos da **Agricultura de Precisão** são:

1. O aumento do rendimento dos agricultores, alcançado por duas vias distintas, mas complementares:
 - a redução dos custos de produção;
 - o aumento da produtividade (e, por vezes, também da qualidade) das culturas.

2. A redução do impacte ambiental resultante da actividade agrícola, relacionado com:

- o rigor do controlo da aplicação dos factores de produção que deverá ser feita, tanto quanto possível, na justa medida das necessidades das plantas.



A adoção da Agricultura de Precisão em Portugal não é maior, porque as tecnologias associadas à Agricultura de Precisão são, quase sempre, complexas e caras.

- Só fará sentido recorrer à Agricultura de Precisão se os benefícios económicos daí decorrentes, forem superiores ao investimento necessário à sua adoção;

- Existe ainda um longo caminho a percorrer pelas tecnologias de informação associadas, especialmente no que se refere à sua facilidade de uso e de integração no negócio;
- Na hipótese de que os investimentos sejam rentáveis, é necessário que existam pessoas (agricultores e/ou técnicos) com conhecimentos suficientes para ajustar, desenvolver e utilizar estas tecnologias.

O **futuro**, apesar de tudo, apresenta-se **mais favorável**:

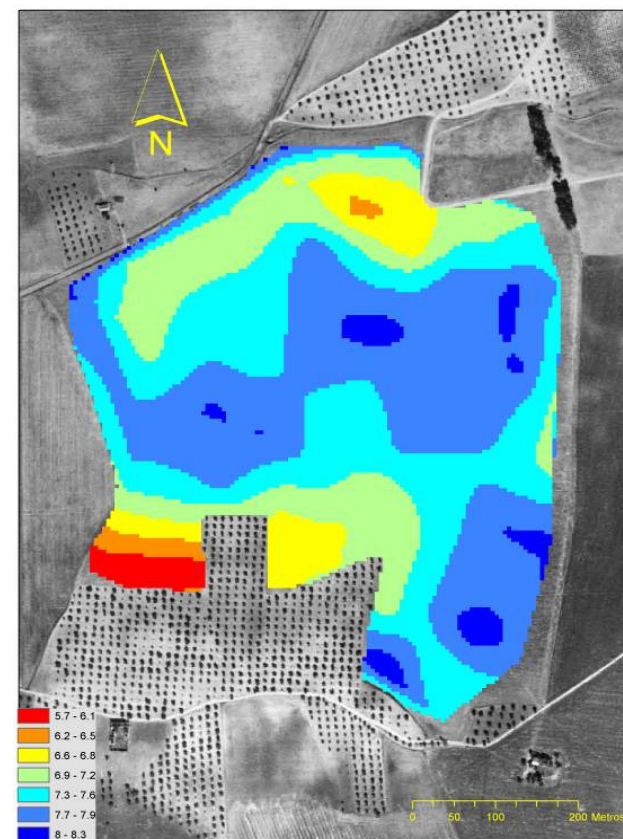
- Os equipamentos de alta tecnologia tendem a diminuir de preço;
- O nível educacional dos agricultores tem vindo a aumentar, existindo hoje cada vez mais estruturas de apoio técnico na agricultura;

- O nascimento e desenvolvimento de empresas especializadas no aluguer de máquinas e equipamentos agrícolas, pode igualmente contribuir para ultrapassar uma das maiores limitações à adopção destas tecnologias: a reduzida dimensão das explorações e os elevados custos unitários de amortização daí decorrentes.



A **Agricultura de Precisão** envolve a aplicação diferenciada e à medida dos factores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal do potencial produtivo do meio e das necessidades específicas das culturas, de forma a aumentar a sua eficiência de utilização e, assim, melhorar o rendimento económico e reduzir o impacte ambiental da actividade agrícola;

A gestão racional da variabilidade espacial das características de uma parcela de terreno (a que chamamos gestão intra-parcelar), pode ser considerada como o principal objectivo da Agricultura de Precisão.



Na maior parte dos casos, estas características estão associadas ao tipo de solo, como a capacidade de armazenamento de água, o teor em nutrientes, o pH, ou a matéria orgânica. No entanto, existem outras que o não estão, como o declive, a exposição ao sol, ou a existência de pragas e/ou doenças, e que são igualmente responsáveis pela variabilidade espacial da produtividade das culturas.

As tecnologias disponíveis, e o seu custo, são determinantes para o exercício da escolha entre diferentes alternativas.

A propósito da rega, suponha-se que se conhece a variabilidade da capacidade de armazenamento de água do solo no interior de uma determinada parcela.

Partindo deste pressuposto e do conhecimento das necessidades de água da cultura aí instalada, seria desejável que a rega passasse a ser realizada em conformidade, aplicando mais água e menos frequentemente nas zonas da parcela com maior capacidade de armazenamento, e inversamente na situação oposta. Para isso, bastaria dispor de uma tecnologia de rega suficientemente flexível, com respeito à distribuição espacial da água, para o permitir.

Um sistema de cobertura total por aspersão, devidamente compartimentado em sectores, através da instalação de electro-válvulas em nós chave da rede, seria, por exemplo, um sistema adequado.

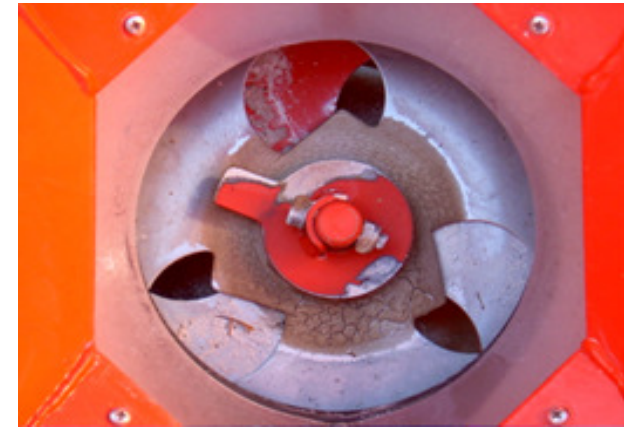


Com um acréscimo da sofisticação do sistema, no sentido de monitorizar os consumos de água da cultura em tempo real, por exemplo, com recurso a uma estação meteorológica automática e a uma rede de malha adequada de sensores de humidade no solo, seria ainda mais fácil alcançar o óptimo da rega em toda a extensão da parcela.

Actualmente, os **exemplos mais comuns** de Agricultura de Precisão estão relacionados com a **aplicação diferenciada no espaço de sementes, fertilizantes, fitofármacos e água de rega**, o que se justifica, sobretudo, pelo elevado peso económico que estes factores normalmente representam nos custos totais das culturas, pela facilidade de relacionar o seu nível de utilização com a produtividade alcançada pelas culturas e pelo, maior ou menor, impacte ambiental que podem ter.

As **aplicações diferenciadas de fertilizantes**, por exemplo, podem não só contribuir para aumentar consideravelmente o rendimento económico das culturas como ajudam a reduzir o arrastamento de nutrientes e a consequente contaminação das águas residuais e subterrâneas. Hoje em dia, é relativamente fácil (e barato) analisar o teor dos macronutrientes no solo, o que permite mapear a fertilidade de pequenas, médias ou grandes parcelas.

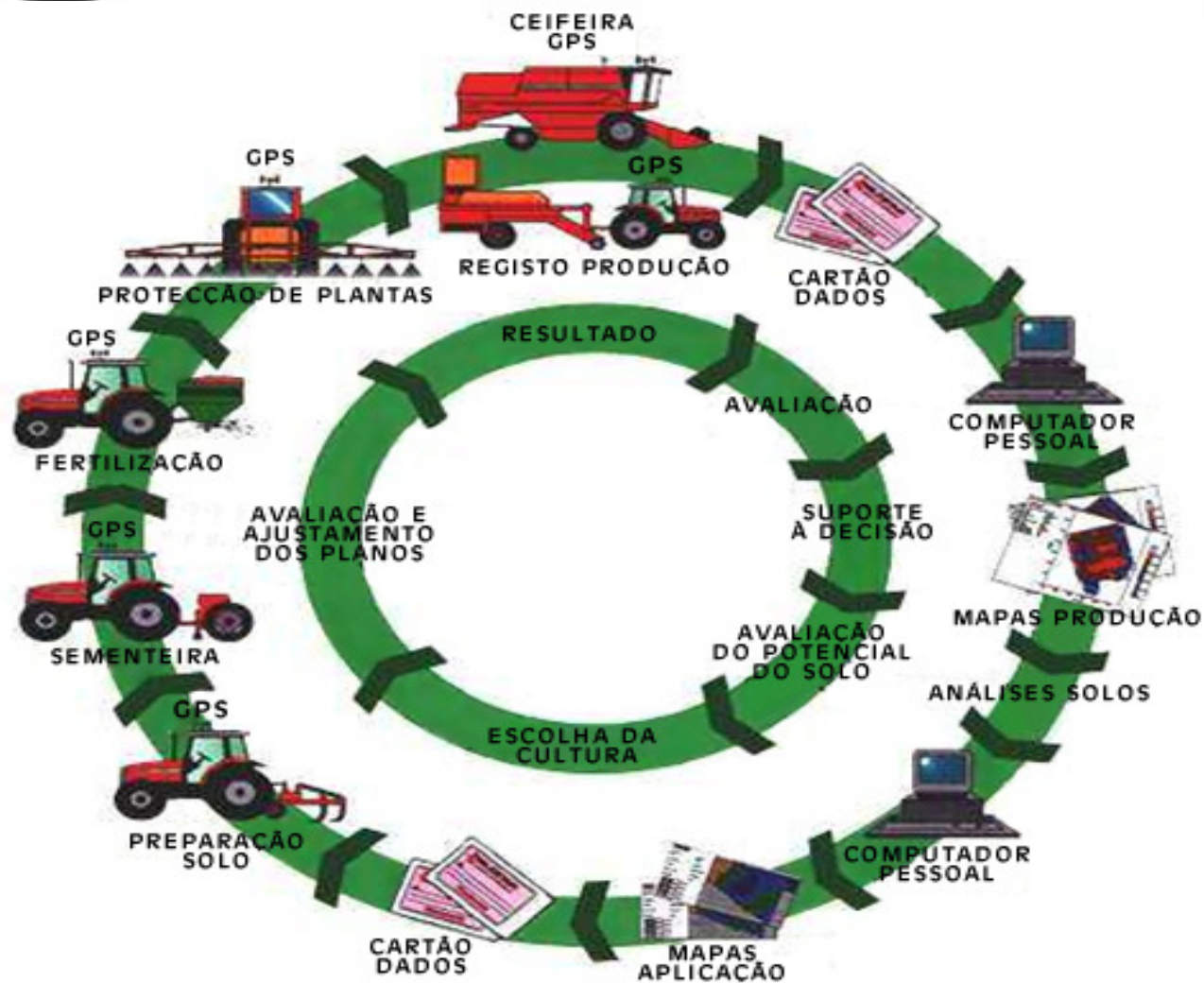
Além disso, já existe tecnologia disponível que permite efectuar aplicações diferenciadas no espaço.



A inércia na adopção da Agricultura de Precisão persiste essencialmente por três ordens de razões:

1. O baixo *know-how* específico nestas matérias de agricultores, técnicos e empresas ligadas ao sector;
2. O relativamente elevado custo inicial da mudança, associado aos equipamentos (*hardware* e *software*) necessários a este tipo de agricultura;
3. A relativamente modesta escala de operação da generalidade das explorações agrícolas europeias e, sobretudo, portuguesas.

Esquema geral de um sistema de Agricultura de Precisão



1. Sistemas de posicionamento (GPS)

De uma forma genérica, pode considerar-se que os sistemas de posicionamento servem para determinar a localização de um objecto no ar ou na superfície terrestre. O GPS (Global Positioning System) é, a uma distância considerável dos seus concorrentes (como o sistema Russo GLONASS), o sistema de posicionamento mais utilizado nos nossos dias.

O GPS está, por este motivo, na base de quase todos os sistemas de Agricultura de Precisão, uma vez que para determinar a variabilidade espacial de uma dada característica do solo ou de uma cultura é necessário conhecer a localização geográfica precisa de cada um dos pontos utilizados na amostragem.

Para determinar a localização de um determinado objecto, o GPS utiliza sinais rádio enviados por um sistema de satélites controlado pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América.

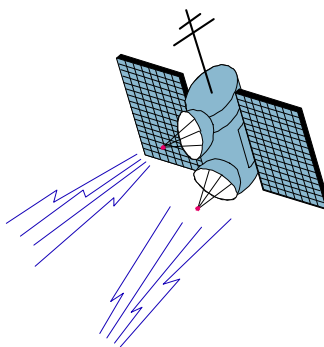


Aparelho GPS.

Fonte: <http://www.trimble.com>

O sistema GPS pode ser dividido em dois componentes principais:

- Um **sistema de satélites** - composto por 24 satélites NAVSTAR (*Navigation by Satellite Timing and Ranging*) que giram em torno do globo terrestre, percorrendo uma órbita em cada 12 horas.



Cada um destes satélites pode enviar ou receber sinais rádio. A forma como as suas órbitas estão dispostas garante que, em qualquer momento, existem pelo menos quatro satélites *visíveis* de um qualquer ponto à superfície do globo terrestre. Naturalmente, o termo *visíveis*, neste contexto, significa apenas que os sinais rádio que enviam podem ser captados por um aparelho na Terra.

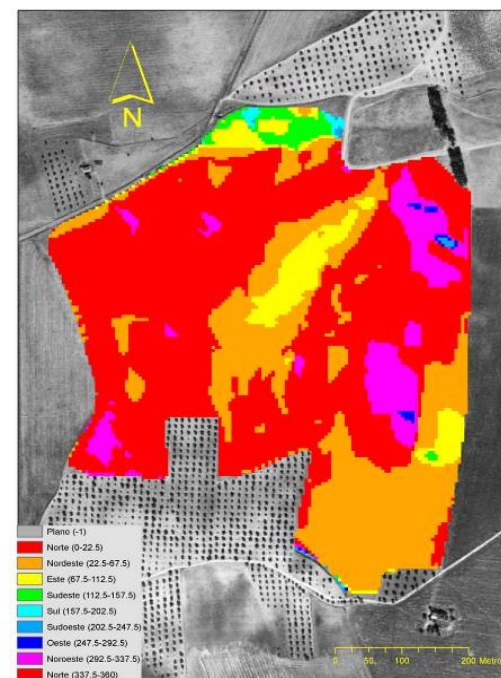
- Um **receptor de sinais no utilizador** - possui três componentes principais: um receptor rádio, um relógio, e o software necessário para efectuar todos os cálculos que permitem determinar a sua localização ou posição geográfica.



2. Sistemas de informação geográfica (SIG)

Na sua definição mais simples, **Sistema de Informação Geográfica (SIG)** é uma aplicação informática que permite associar informação de natureza espacial e informação alfanumérica.

A grande diferença entre um SIG e outros sistemas de informação não geográficos consiste na sua capacidade de manipular informação com base em atributos espaciais. Esta capacidade de relacionar camadas de dados através de atributos georeferenciados comuns, permite combinar, analisar e, finalmente, cartografar os resultados.



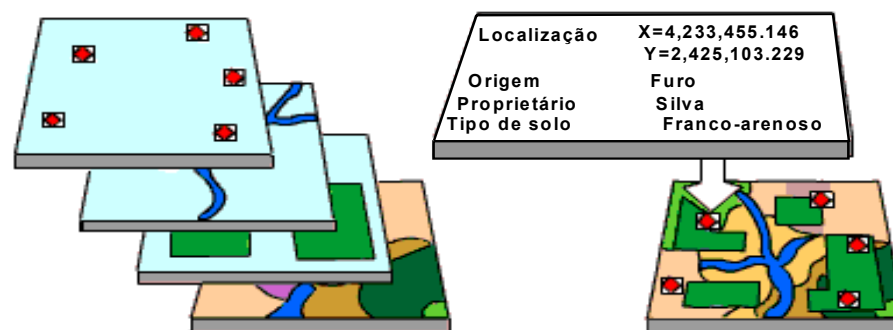
Actualmente, debatemo-nos com uma série de grandes questões que têm uma vincada dimensão espacial - excesso de população em muitas áreas, poluição, desertificação, desastres naturais, etc.

Por outro lado, a localização de um novo negócio, a determinação do melhor solo para uma dada cultura ou a descoberta da melhor rota para um dado destino são, também, problemas com uma natureza espacial que podem ser tratados com o recurso a SIG.

Os SIG permitem-nos criar mapas temáticos, integrar informação da mais diversa natureza, visualizar múltiplos cenários, resolver problemas complexos, apresentar ideias e propor soluções.

São essencialmente estas duas características, a possibilidade de utilização em áreas muito diversas e a capacidade de análise, que têm sido responsáveis pelo sucesso e o espectacular aumento da utilização dos SIG.

No sector agrícola, os SIG têm vindo a ser cada vez mais usados em planeamento e gestão a nível regional e da exploração (gestão de perímetros de rega, cartas de potencial agrícola, estudos e projectos de emparcelamento, gestão da exploração, etc.).



A sua utilização em sistemas de Agricultura de Precisão é fundamental, dado que a maior parte das tecnologias que servem de base a estes sistemas necessitam de informação georeferenciada. Os SIG são utilizados para armazenar, analisar e apresentar a informação.

De facto, é a integração dos SIG com outras tecnologias, como o GPS, que permite criar a estrutura complexa de dados subjacente à maior parte dos sistemas de Agricultura de Precisão

3. Análises de Solos

A realização de análises de solos é hoje uma prática comum na maior parte dos sistemas de produção agrícola dos países desenvolvidos. No nosso país, dada a variabilidade espacial dos solos, que muitas vezes se revela mesmo em pequenas parcelas, estas análises são fundamentais.

É necessário decidir quais as variáveis que importa analisar, ou seja, quais as variáveis que, em determinadas condições, mais afectam o crescimento e o desenvolvimento das culturas:

- **Fertilidade** - teor de macronutrientes principais (N, P e K), macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo e Zn);
- **pH** - directamente relacionado com a disponibilidade da maior parte dos nutrientes para serem utilizados pelas plantas.

No que diz respeito às características do solo agrícola são, igualmente, importantes: a profundidade; o teor em matéria orgânica; a textura; a estrutura; a capacidade de armazenamento de água; a drenagem (interna e externa); a permeabilidade; a compactação; e a capacidade de troca catiónica. Além disso, é fundamental ter em conta o declive e a exposição do terreno.



Moto-quatro adaptada para recolha de amostras de solo geo-referenciadas.

Fonte: <http://www.irishscientist.ie>

Se utilizarmos um GPS para determinar onde foram colhidas as amostras, podemos conhecer a localização exacta que corresponde a cada análise de solo.

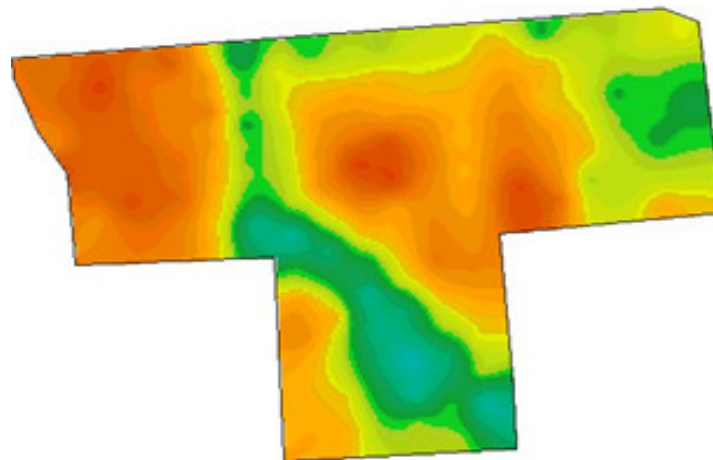


Os resultados destas análises podem ser utilizados para criar mapas de fertilidade (em SIG), aos quais, entre outros, poderão estar associados diferentes níveis de aplicação de fertilizantes.

Quando as análises de solo representam *áreas*, i.e., quando as amostras foram colhidas aleatoriamente numa secção rectangular ou numa mancha de um determinado tipo de solo, os mapas podem ser directamente construídos.

Para isso, basta atribuir a cada secção, ou mancha, o nível de fertilidade correspondente. Quando as análises representam *pontos*, i.e., quando as amostras foram colhidas no centro de cada secção rectangular, a interpretação dos dados não é, no entanto, tão simples.

Nestes casos, podem ser utilizados métodos de análise de proximidade para desenhar os mapas.



Mapa de pH em escala de cores: vermelho para valores mais baixos, verde para valores mais elevados.

Fonte: <http://www.deltadatasytems.com>

4. Detecção Remota

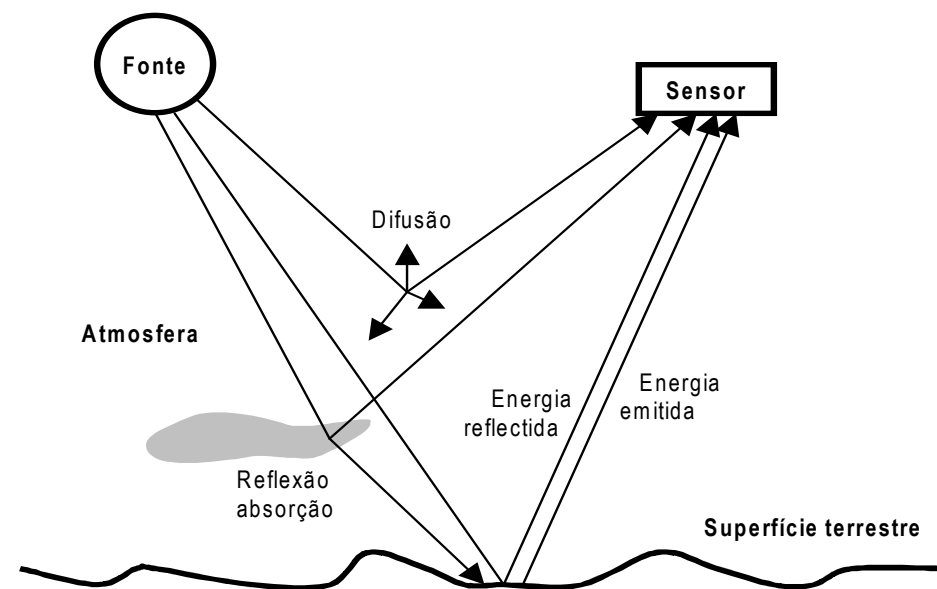
De uma forma genérica, "detecção remota" significa "a recolha de informação de um objecto, área ou fenómeno, com o auxílio de um dispositivo que não esteja em contacto directo com esse mesmo objecto, área ou fenómeno".

Se pretendermos uma definição útil no contexto da cartografia, como base para áreas de estudo como o ordenamento do território e o planeamento agrícola, torna-se necessário restringir o conceito.

Assim, e neste âmbito, "detecção remota" (DR) pode ser definida como "o processo de recolha de informação de áreas e objectos sobre ou próximos da superfície terrestre, por um sensor de radiação electromagnética colocado acima da mesma superfície terrestre".

Num modelo de qualquer sistema de detecção remota encontramos sempre três componentes:

- **um emissor de radiação** - que pode ser natural (o Sol ou a Terra, no caso da fotografia aérea, por exemplo) ou artificial (caso do radar);
- **a superfície terrestre** (que interage com a radiação em função do tipo de radiação e das características dos objectos que a constituem);
- **um sensor** - que capta e regista a energia emitida ou reflectida pela superfície terrestre.



As aplicações agrícolas e de gestão dos recursos naturais ocupam uma posição de relevo entre os diversos tipos de aplicação das técnicas de detecção remota.

Podemos referir algumas das mais importantes:

- (1) IAF – Índice de Área Foliar;
- (2) NDVI - Normalized Difference Vegetative Index;
- (3) Cartografia e cadastro.

(1) Um exemplo clássico é o cálculo do **Índice de Área Foliar (IAF ou LAI)**, por ser uma variável de relevo em muitos modelos de crescimento das culturas desenvolvidos para a previsão de colheitas. Sendo a fiabilidade dos modelos de crescimento normalmente bastante reduzida em condições de stress, a possibilidade de inclusão de informação obtida por detecção remota acerca do estado real de crescimento de uma cultura significa um passo muito importante. As reflectâncias no verde, vermelho e IV próximo são as variáveis passíveis de serem utilizadas no cálculo do IAF, tendo sido feitos inúmeros trabalhos usando diferentes combinações de diferentes bandas para minimizar perturbações indesejáveis devidas a diferenças no solo ou às condições atmosféricas.

(2) Um *índice de vegetação* é um valor estimado a partir de dados obtidos por detecção remota utilizado para quantificar a cobertura do solo por vegetação. Embora existam muitos índices com esta finalidade, o **NDVI** (Normalized Difference Vegetative Index) é o mais largamente utilizado a nível global. Tal como a maioria dos índices deste tipo, o NDVI é calculado através da razão entre a reflectância no vermelho e no IV próximo, as duas bandas mais afectadas pela absorção da clorofila nas folhas e pela densidade de vegetação verde na superfície do solo e também porque fornecem um contraste máximo entre solo e vegetação.

(3) Em termos de produto final, este é um campo de aplicação em que a detecção remota pouco traz de novo, uma vez que a fotografia aérea convencional há muito disponibiliza imagens de elevada qualidade e resolução. Os sistemas baseados em satélites de elevada resolução espacial eram, até há poucos anos, reservados exclusivamente aos militares. A grande diferença, por comparação com a fotografia aérea tradicional, está na rapidez de disponibilização e no preço.

Anteriormente, passavam-se meses entre a aquisição e a disponibilização das imagens, devido ao complexo processo de ortorectificação exigido; por outro lado, só as grandes organizações tinham a capacidade financeira para efectuar voos específicos à medida das suas necessidades.

O interesse deste tipo de imagens em aplicações agrícolas é evidente, pois torna-se muito mais fácil actualizar cadastro de propriedade, de caminhos, etc..



5. Sistemas de monitorização ambiental e da produtividade

A Agricultura de Precisão envolve a aplicação diferenciada e à medida dos factores de produção, tendo em conta a variação espacial e temporal do potencial produtivo do meio e das necessidades específicas das culturas.

Com este propósito, é vulgar o recurso a dois grandes tipos de sistemas de monitorização:

- ***O ambiental***

Caracteriza a evolução de vários parâmetros do meio e das próprias plantas ao longo do tempo e no decurso da cultura;

- ***O da produtividade***

Estima a variação espacial (no interior de uma parcela ou folha de cultura) da produção alcançada pela cultura.

A **monitorização da produtividade** é, actualmente, a tecnologia de Agricultura de Precisão mais utilizada pelos agricultores dos países mais desenvolvidos, estando a sua aplicação muito difundida no caso das culturas arvenses para grão (v.g. cereais de Inverno, milho, soja,...).

Existem igualmente sistemas para monitorizar a produtividade de outras culturas, como algumas hortícolas (v.g. tomate, batata), industriais (v.g. beterraba) ou forrageiras. No entanto, é nos cereais que estes sistemas têm tido maior implantação.

De facto, as ceifeiras debulhadoras mais recentes, nomeadamente os seus modelos de topo de gama, já vêm equipadas com estes sistemas de origem.

Note-se que, no contexto da Agricultura de Precisão, *estes sistemas* referem-se à monitorização instantânea da produtividade, ou seja, a um conjunto de tecnologias que permite medir, em tempo-real, a produtividade de uma cultura que corresponde a uma pequena parcela de terreno.



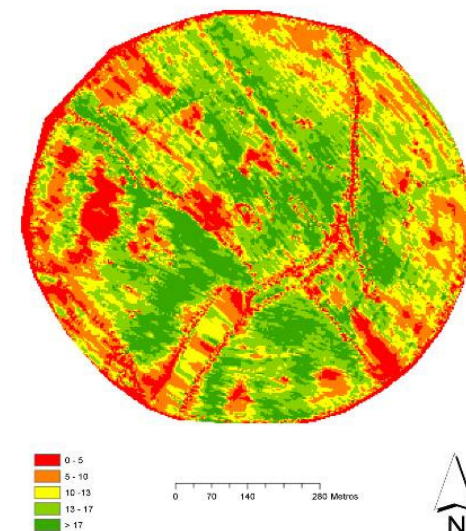
Os mapas de produtividade podem ser construídos recorrendo a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), o que facilita substancialmente o tratamento e visualização da informação. Tudo isto, pode ser feito em tempo real, se for possível recorrer a DGPS, ou à posteriori, quando apenas existe GPS. Neste último caso, a correcção diferencial é feita posteriormente, recorrendo a dados fornecidos via Internet.



Os mapas gerados pelos sistemas de monitorização, nomeadamente depois de tratados os dados, fornecem uma informação muito útil aos agricultores, podendo ser considerados como instrumentos de suporte à tomada de decisão.

Os mapas gerados pelos sistemas de monitorização, nomeadamente depois de tratados os dados, fornecem uma informação muito útil aos agricultores, podendo ser considerados como instrumentos de suporte à tomada de decisão.

A análise da variabilidade espacial da produtividade no seio da parcela pode estar associada a inúmeros factores, relacionados com as características do solo (espessura efectiva, fertilidade, pH, permeabilidade,...) ou das próprias culturas (pragas e doenças, infestantes, mobilizações,...).



Muitas vezes, os sistemas de monitorização da produtividade possibilitam, por si só, a identificação destas limitações, permitindo corrigir os problemas e aumentar as produções no ano seguinte.

É necessário, no entanto, ter em atenção que a actividade agrícola depende de factores extremamente diversos, e que as condições podem mudar de forma marcada com a variação intra e inter-anual das condições climáticas. Por vezes, é necessário recolher informação ao longo de vários anos e analisar outras variáveis, para conseguir compreender os padrões de variabilidade na produtividade das culturas.

No entanto, não hesitamos em afirmar que a monitorização da produtividade, ou pelo menos a identificação da grandeza da variação intra-parcelar da produção, constitui, quase sempre, o primeiro passo na implementação de um sistema de Agricultura de Precisão, mas está, normalmente, longe de ser suficiente para solucionar todos os problemas.

6. Aplicações diferenciadas (VRT - Variable rate technology)

As VRT podem ser definidas como o conjunto das tecnologias utilizadas para efectuar aplicações diferenciadas dos factores de produção tendo em conta a informação recolhida para cada unidade de área específica, num determinado instante e numa determinada parcela de terreno.

A variabilidade temporal e/ou espacial é, deste modo, tida em conta quando se aplicam os fertilizantes, os fitofármacos, as sementes ou a água de rega.

As aplicações diferenciadas no tempo, não levantam grandes problemas de especialização tecnológica, sendo sobretudo limitadas pela possibilidade de, em tempo oportuno, aceder e transitar nas parcelas.

Todavia, as aplicações diferenciadas no espaço já envolvem uma grande complexidade, podendo ser efectuadas segundo dois métodos distintos: os que se baseiam em mapas e os que se baseiam em sensores.

Nos métodos baseados em mapas as taxas de aplicação variam, na maior parte dos casos, de acordo com a informação fornecida por um SIG, acerca da variabilidade espacial das parcelas. O GPS é fundamental neste caso, dado que o SIG tem de saber identificar, a cada instante, em que posição se encontra, para poder ajustar as taxas de aplicação. Nos métodos baseados em sensores, as aplicações são efectuadas de acordo com informação fornecida por aqueles, em tempo real.

Estes sensores podem avaliar as condições do solo ou das culturas, fornecendo informação para que se realizem as aplicações em conformidade, não sendo necessário sistemas de posicionamento.

As aplicações diferenciadas estão dependentes, por outro lado, de tecnologias para controlar as taxas de aplicação dos factores de produção - os chamados *controladores*.

Estes *controladores* não são mais do que microprocessadores que utilizam a informação dos sensores, fornecida directamente ou via SIG, para calcular a quantidade de um dado factor de produção que é necessário aplicar em cada unidade de área.

Naturalmente, estes cálculos são efectuados de acordo com algoritmos cujo objectivo é otimizar a aplicação do factor. O resultado destes cálculos é transmitido pelos controladores às bombas, válvulas, etc., que accionam ou regulam os mecanismos de distribuição, fazendo variar as taxas de aplicação consoante as necessidades específicas em cada unidade de área.

Estas bombas ou válvulas, podem assumir diferentes formas (centrífugas, de pistão, ou de membrana; de controlo mecânico, eléctrico, pneumático ou hidráulico;...). O objectivo, no entanto, é sempre o mesmo; variar as taxas de aplicação de forma automática. É justamente esta automatização da aplicação diferenciada dos factores de produção que fecha o ciclo das tecnologias de Agricultura de Precisão.



Equipamento VRT
Fonte: <http://www.caseih.com>

As tecnologias de aplicação diferenciada podem ser classificadas de acordo com os principais factores de produção aplicados:

- (1) Fertilizantes;
- (2) Fitofármacos;
- (3) Sementes ou plantas;
- (4) Água de rega.



(1) Fertilizações

As fertilizações são, como já foi referido, a aplicação mais comum dos sistemas de Agricultura de Precisão. Estas, podem ser de adubos ou correctivos, sendo as mais habituais, nomeadamente devido à sua importância económica, as fertilizações com macronutrientes e as aplicações de calcário. Nos sistemas convencionais, estas aplicações são muitas vezes feitas recorrendo à(s) análise(s) de solo(s) e tendo em conta a produtividade potencial da cultura em causa.

Nos sistemas de Agricultura de Precisão, também. No entanto, em vez de se utilizar o valor médio, resultante das várias amostras ou sub-amostras de solo efectuadas na parcela, respeita-se o valor específico de cada mancha de solo e efectuam-se aplicações diferenciadas a cada mancha consoante as necessidades.



Adaptação de um distribuidor de adubo convencional com possibilidade de funcionar em modo centrífugo ou enterrando o fertilizante em dois dentes.

Fonte: dickey-john

(2) Aplicações de Fitofármacos

As tecnologias utilizadas neste caso para fazer variar as aplicações são semelhantes às utilizadas no caso das fertilizações.

Em termos genéricos, estas podem ser baseadas em sistemas de controlo de fluxo, de controlo de pressão, da velocidade de avanço das máquinas ou, ainda, da concentração da substância activa na calda. A forma como são determinadas as aplicações podem ser bastante distintas.

Desde a definição de zonas de risco, onde se aplicam doses mais concentradas de um determinado fungicida (v.g. zonas de baixa, geralmente mais húmidas), até à criação de mapas, a partir de fotografias aéreas, com diferentes intensidades de infestação, a que deverão corresponder diferentes concentrações de um determinado herbicida, existem inúmeros exemplos possíveis.

Os sistemas baseados em sensores e controladores que actuam em tempo real podem também ser, neste caso, muito importantes.

(3) Sementeiras e Plantações

As formas de regulação da densidade de sementeira ou plantação são semelhantes aos exemplos citados anteriormente, nomeadamente no caso das sementeiras. No caso dos plantadores, os mecanismos podem ser mais complexos, mas os princípios de funcionamento são muito parecidos.

As densidades de sementeira e plantação poderão variar com as características do solo.



Sistema de VRT de semente Dickey-John instalado num semeador John Deere

Nos solos onde as condições são mais favoráveis para o crescimento das culturas dever-se-á aumentar a quantidade de sementes ou plantas por unidade de área, dado que o potencial de base assim o permite.

Pode, também, dar-se o caso de existirem condições particulares de uma dada mancha de solo que afectem a germinação das sementes, pelo que a densidade de sementeira deverá ser aí aumentada. A profundidade de sementeira poderá também ser distinta consoante as características do solo, nomeadamente de acordo com a textura, a estrutura e o teor em água.

(4) Rega

Existem hoje em dia, e cada vez mais acessíveis (i.e., a menor custo), sistemas de rega que permitem controlar a quantidade de água aplicada por sectores. Naturalmente, estes sistemas dependem consideravelmente dos métodos de rega (por aspersão, gravidade, gota-a-gota,...).

Apesar disto, o princípio é sempre o mesmo: fornecer água de acordo com as necessidades das culturas e as características do solo, tendo em conta a variabilidade espacial das parcelas regadas.

Apesar de estarem disponíveis e serem, actualmente, relativamente simples, os sistemas de Agricultura de Precisão para rega têm sido lentamente adoptados, nomeadamente quando comparados com alguns dos exemplos mencionados anteriormente.

No entanto, com as preocupações existentes nos nossos dias com a utilização da água, nomeadamente nas regiões, como as mediterrânicas, em que esta é um recurso cada vez mais escasso, existem razões para acreditar que estes sistemas poderão vir a ser muito importantes num futuro próximo.

A adopção de sistemas LEPA (Low Energy Precision Application) tem sido muito bem sucedida nas generalidade das zonas regadas dos países mais desenvolvidos (EUA, Canadá, Austrália,).



Exemplo de utilização de um sistema LEPA
Fonte: www.ers.usda.gov

(4) Rega

Existem hoje em dia, e cada vez mais acessíveis (i.e., a menor custo), sistemas de rega que permitem controlar a quantidade de água aplicada por sectores. Naturalmente, estes sistemas dependem consideravelmente dos métodos de rega (por aspersão, gravidade, gota-a-gota,...).

Apesar disto, o princípio é sempre o mesmo: fornecer água de acordo com as necessidades das culturas e as características do solo, tendo em conta a variabilidade espacial das parcelas regadas.

(5) Outras Operações Diferenciadas

Além das aplicações diferenciadas de factores de produção, existem outras possibilidades de actuar nas culturas tendo em conta a variabilidade espacial das características do solo e das plantas.

Entre estas, a variação da profundidade e intensidade das mobilizações do solo conta-se entre as mais desenvolvidas e vulgarizadas. Esta variação pode ser baseada, por exemplo, na textura, estrutura e espessura efectiva dos solos ou no seu teor em matéria orgânica.

No caso de uma parcela em que exista uma área com solo mais argiloso e uma com solo mais arenoso, pode haver vantagem em intensificar a mobilização no primeiro caso e mobilizar menos intensamente ou a menor profundidade no segundo.

Neste particular, são já hoje uma realidade, bastante testada e divulgada nas agriculturas mais avançadas, os sistemas automáticos de controlo do esforço de tracção, que permitem controlar e variar, em contínuo e em trabalho, a velocidade e a profundidade de mobilização.

7. Aspectos económicos da Agricultura de Precisão

Agricultura de precisão (AP) pode definir-se como um sistema compreensivo para otimizar a produção agrícola, talhado para gerir o solo e as plantas de acordo com condições específicas de cada local (parcela de terreno) mantendo a qualidade ambiental.

A redução dos custos de produção parece ser a principal razão que leva os primeiros adoptantes a praticar agricultura de precisão (AP).

7. Aspectos económicos da Agricultura de Precisão

Em síntese, o que se pretende com a AP é obter o máximo lucro da actividade praticada.

No limite, isto consegue-se aplicando a Teoria Marginalista a cada planta e/ou a cada animal, o que se traduz na utilização de factores de produção nas quantidades que tornem a produtividade marginal de cada factor multiplicado pelo preço do produto igual ao custo do factor, isto é: **$P_m \cdot P_y = P_x$**

P_m - produtividade marginal do factor de produção em análise

P_y - preço do bem produzido e P_x o preço do factor de produção

Na maior parte dos casos as expectativas são que as tecnologias usadas na AP façam reduzir as quantidades dos factores de produção a usar e aumentem as produções. A AP tornou-se, assim, por um lado um instrumento de gestão e, por outro, um meio de aumentar os lucros dos primeiros adoptantes.

Se é verdade que os custos com alguns factores de produção usados diminuem outros podem aumentar. Assim, os custos adicionais de mudar da tecnologia tradicional para a AP tornam-se críticos porque podem anular os benefícios da redução das quantidades de factores de produção e dos acréscimos de produção.

Por isso, todos os processos de adopção de Agricultura de Precisão devem ser precedidos de uma análise de custo/benefício específica para o caso em análise.

Antes de o agricultor enveredar pela tecnologias da AP deve possuir informação que lhe permitam fazer uma análise custo/benefício para a sua situação específica. Isto é, deve ter dados contabilísticos, ao nível de cada parcela, que permitam estimar os custos e os benefícios adicionais de adoptar a AP.

Para isto é preciso:

- Cartografar as produções relacionando-as com as características do solo;
- Estimar a disponibilidade de nutrientes no solo obtida por amostragem sobre as cartas de solo;
- Avaliar a melhoria ambiental devida a AP;
- Avaliar o grau de risco do aumento de lucro gerado pela AP;

- Estimar os custos fixos a que a AP vai obrigar (depreciação, juros, seguros impostos e outros);
- Avaliar os custos variáveis motivados pela AP (reparação e manutenção, óleos, combustíveis, mão-de-obra e outros);
- Comparar os custos variáveis de aluguer (caso seja possível esta modalidade) dos equipamentos com os da aquisição dos mesmos. Estimar a dimensão mínima da actividade (área, numero de animais, ou outra) que torna vantajosa a aquisição de equipamentos.

Metodologia

Para avaliar se é ou não lucrativa a adopção da AP, o método mais apropriado será o Método dos Orçamentos Parciais. Com este método podem comparar-se duas alternativas de cada vez: neste caso será a situação corrente e a situação com AP.

O objectivo é estimar a mudança que ocorrerá nos resultados líquidos da empresa resultante da alteração do plano de actividades que se traduzirá na redução de custos e eventual aumento de receitas.