

Programa Agricultura de Precisão

# Sistemas de Orientação por Satélite

» Módulo 1: Introdução à orientação por satélite

## **Ficha técnica**

2015. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Goiás - SENAR/AR-GO

### **INFORMAÇÕES E CONTATO**

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural de Goiás - SENAR/AR-GO  
Rua 87, nº 662, Ed. Faeg, 1º Andar: Setor Sul, Goiânia/GO, CEP:74.093-300  
(62) 3412-2700 / 3412-8701  
E-mail: [senar@senargo.org.br](mailto:senar@senargo.org.br)  
<http://www.senargo.org.br/>  
<http://ead.senargo.org.br/>

### **PROGRAMA AGRICULTURA DE PRECISÃO**

#### **PRESIDENTE DO CONSELHO ADMINISTRATIVO**

Leonardo Ribeiro

#### **TITULARES DO CONSELHO ADMINISTRATIVO**

Daniel Klüppel Carrara, Alair Luiz dos Santos, Osvaldo Moreira Guimarães e Tiago Freitas de Mendonça.

#### **SUPLENTE DO CONSELHO ADMINISTRATIVO**

Bartolomeu Braz Pereira, Silvano José da Silva, Eleandro Borges da Silva, Bruno Heuser Higino da Costa e Tiago de Castro Raynaud de Faria.

#### **SUPERINTENDENTE**

Eurípedes Bassamurfo da Costa

#### **GESTORA**

Rosilene Jaber Alves

#### **COORDENAÇÃO**

Fernando Couto Araújo

#### **IEA - INSTITUTO DE ESTUDOS AVANÇADOS S/S**

Conteudistas: Renato Adriane Alves Ruas e Juliana Lourenço Nunes Guimarães

#### **TRATAMENTO DE LINGUAGEM E REVISÃO**

IEA: Instituto de Estudos Avançados S/S

#### **DIAGRAMAÇÃO E PROJETO GRÁFICO**

IEA: Instituto de Estudos Avançados S/S

# Introdução ao curso

Olá, seja bem-vindo ao curso Sistemas de Orientação por Satélite, do Programa Agricultura de Precisão!

Você já parou para pensar que a necessidade de se orientar no espaço ou ao seu redor faz parte do instinto humano? É por esse motivo que, há muitos séculos, o ser humano saiu em busca de novos continentes e, por meio de intensas observações da natureza, foi cada vez mais longe em suas explorações. Hoje, podemos dizer que a humanidade tem conhecimento total de todos os recantos do nosso planeta – e, parcialmente, até mesmo de outros planetas.

Foi a partir dos avanços gerados com o desenvolvimento da Astronomia e da Geografia que conseguimos colocar na órbita da Terra uma constelação de satélites que compõem o Sistema Global de Navegação por Satélite, mundialmente conhecido por **Global Navigation Satellite System (GNSS)**. Este sistema é capaz, por exemplo, de informar posicionamentos precisos sobre a superfície da terra, orientando o traçado de rotas e mapeando terrenos. Neste curso, você vai conhecer diferentes formas de utilizar essas funções para dar mais precisão e trazer inovações ao trabalho rural.

Talvez você nunca tenha ouvido falar em GNSS, mas provavelmente já ouviu falar em GPS, certo? Para diferenciar os termos GPS (Sistema Global de Posicionamento) e GNSS (Sistema Global de Navegação por Satélite), é preciso saber que o termo GPS se refere ao primeiro sistema de navegação por satélite a se tornar operacional e, portanto, mundialmente conhecido. Ele é representado pelo sistema Navstar, criado pelos Estados Unidos da América (EUA) entre as décadas de 1960 e 1970 e continua sendo o sistema mais utilizado



Fonte: Shutterstock

até hoje. Com o tempo, outros sistemas de navegação complementares foram surgindo, o que tornou o termo GPS obsoleto.

Nesse contexto, começou-se a usar a denominação GNSS, que representa não apenas o Navstar, mas todos os sistemas de navegação existentes. Neste curso, você vai conhecer os principais sistemas da atualidade que compõem o GNSS.

Assim, quando uma pessoa diz que comprou um GPS, na verdade essa pessoa comprou um receptor de sinal GNSS, pois o aparelho adquirido pode captar sinais não apenas dos satélites Navstar, mas também de outros sistemas de satélites.

Neste curso, você vai conhecer detalhes sobre essa tecnologia e como ela pode aprimorar os processos de produção agrícola, sobretudo nas extensas áreas mecanizáveis da região Centro-Oeste. O intuito é ajudar você a reconhecer e utilizar os benefícios dos sistemas de orientação por satélite enquanto requisitos da distribuição precisa de corretivos e fertilizantes, semeadura, aplicação de defensivos agrícolas e em todas as possíveis aplicações que trouxerem maior sustentabilidade ambiental, eficiência técnica e mais retorno financeiro ao agronegócio.

Ao longo dos seis módulos que compõem este curso serão abordados os seguintes conteúdos:

- orientação por satélite;
- coordenadas geográficas;
- sistemas de navegação;
- receptores de sinais de satélites;
- interpretação de dados de satélite; e
- correção de erros de informação.

Embarque nesta jornada e aprenda a orientar suas atividades agrícolas com cada vez mais precisão! Bons estudos!

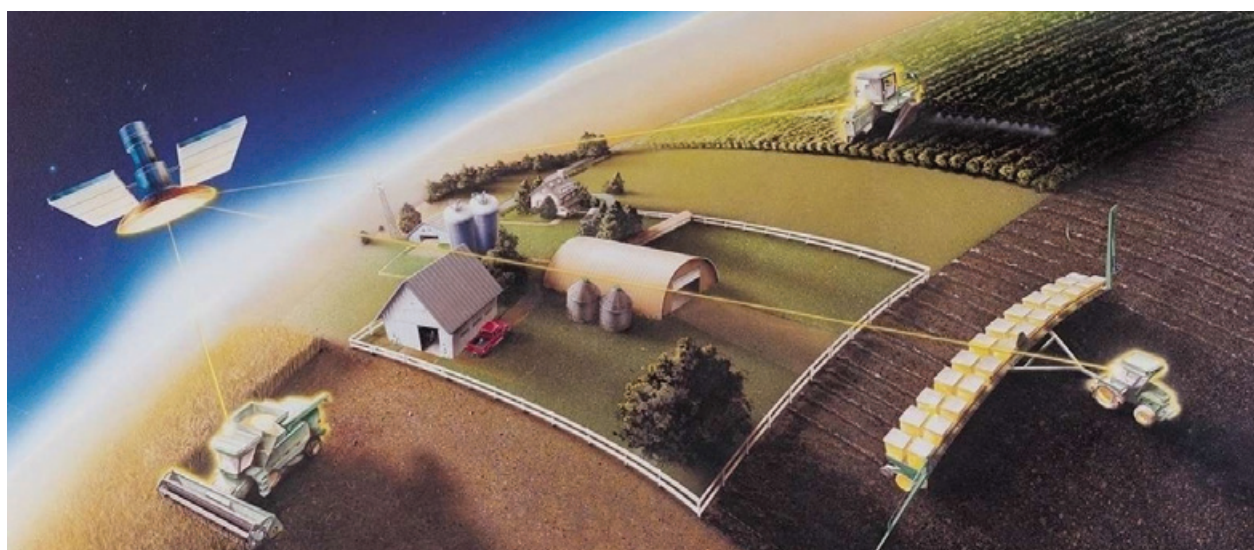
# Módulo 1

## » Introdução à orientação por satélite

Seja bem-vindo (a) ao primeiro módulo do Curso Sistema de Orientação por Satélite!

Nesta primeira etapa, você poderá entender a trajetória que fez com que pudéssemos deixar para trás as bússolas e passar a utilizar precisos receptores de sinais por satélite. Vai estudar como é feita a determinação do posicionamento de objetos na superfície terrestre, qual é a importância de uma boa geometria dos satélites e os métodos de posicionamento mais utilizados.

Você vai conhecer também como as aplicações das técnicas de orientação por satélite revolucionaram a agricultura mundial, possibilitando a automação de máquinas, a elaboração de mapas de variabilidade, a adequação no alinhamento durante o trânsito dos equipamentos agrícolas, além da possibilidade de flexibilizar a jornada de trabalho, uma vez que as máquinas poderão trabalhar em qualquer condição de visibilidade.



Fonte: Wikimedia Commons

Atenção! Sempre que finalizar a leitura do conteúdo de um módulo, você deve retornar ao Ambiente de Estudos para realizar a atividade de aprendizagem.

Siga em frente e faça bom proveito!





Fonte: Agroiintel <<http://www.agroiintel.com.br/exemplos>>.

## Aula 1

### A importância da orientação por satélite

Nesta aula, você vai estudar o avanço que os sistemas de orientação por satélites trouxeram para a agricultura, tornando-a muito mais moderna e competitiva. Se no passado os seres humanos utilizavam a observação dos astros a olho nu, hoje podemos contar com uma imensa gama de tecnologias que permitem que tratores tracem no solo linhas precisas até mesmo no escuro. Ao final desta aula, você deve ser capaz de:

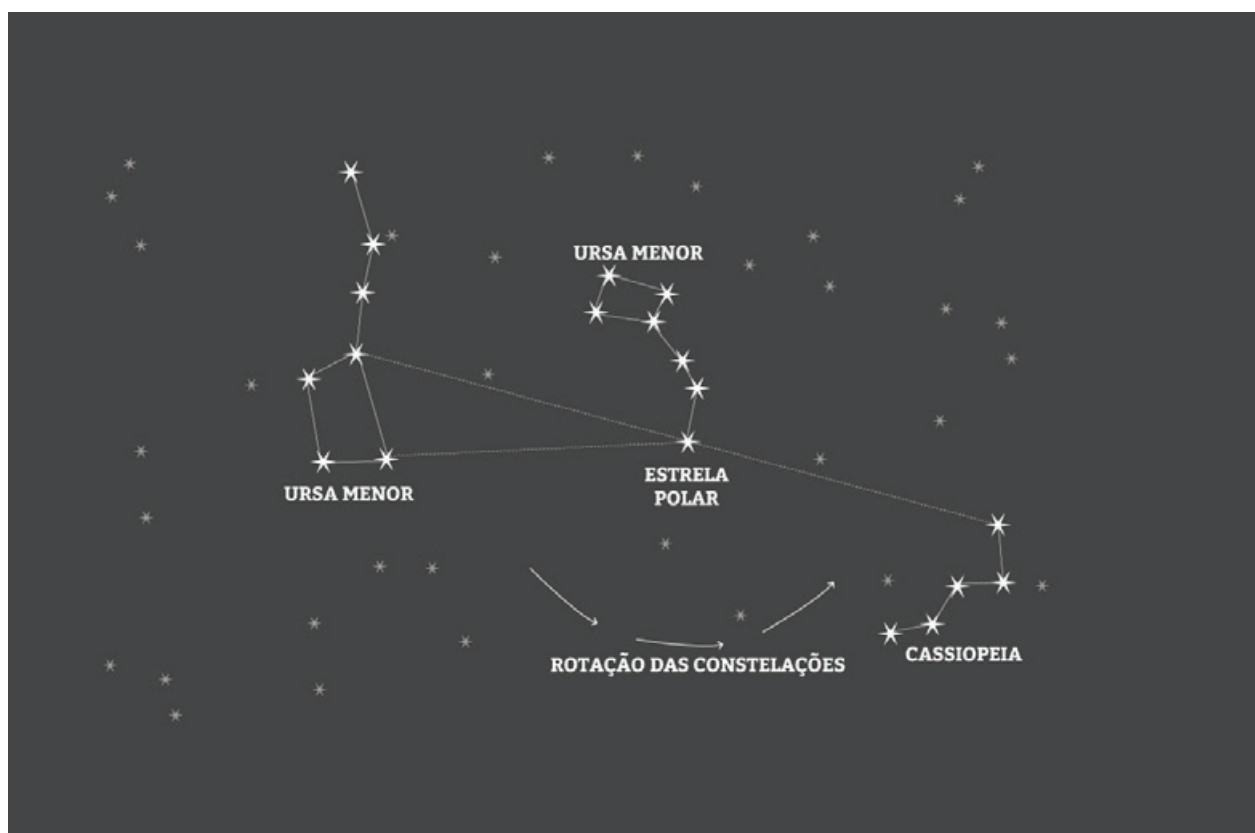
- descrever a história da navegação por satélite; e
- reconhecer a importância da navegação por satélite para a agricultura.

Bom estudo!

# Tópico 1

## Das estrelas aos satélites artificiais

Para começar este assunto, vale a pena visitar um pouco da História. Desde os primórdios das civilizações, o homem percebeu que era necessário encontrar alguma forma de se orientar para conhecer o mundo que habitava. Ao perceber a utilidade da posição das estrelas para alcançar este propósito, recebeu um grande impulso para a conquista dos mares e de novos continentes, atravessando distâncias cada vez maiores.



Fonte: <[http://www.cne-escutismo.pt/recursos/orientacao/orient\\_estrelas.htm](http://www.cne-escutismo.pt/recursos/orientacao/orient_estrelas.htm)>.

Naquela época, conhecida como o período das Grandes Navegações, os viajantes utilizavam instrumentos capazes de medir o ângulo formado pela posição de um corpo e uma referência, normalmente uma estrela ou uma constelação. De acordo com a visualização destes elementos, os navegantes podiam, de forma rudimentar, determinar sua latitude. A longitude era calculada de acordo com a hora em que a constelação era vista no ponto mais elevado do céu.

A partir de determinado momento, inventou-se a bússola, instrumento que possui uma agulha magnetizada e equilibrada pelo seu centro de gravidade. A agulha possui movimento livre e sempre aponta na direção do Norte Geográfico da Terra. Como é um equipamento simples, portátil e que dispensa baterias, até hoje a bússola é muito usada para a orientação geográfica.

Boa parte das embarcações ainda possui equipamentos semelhantes àqueles utilizados antigamente, especialmente a bússola. Entretanto, para serem manuseados adequadamente, esses instrumentos necessitam de amplo conhecimento de Astronomia e Matemática para que a determinação da posição, do sentido e do rumo do deslocamento não apresentem grandes erros.

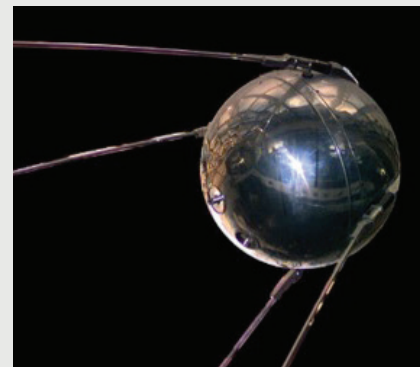
A bagagem de conhecimento adquirida com a navegação por meio da orientação pelas estrelas possibilitou ao homem moderno a busca por formas mais dinâmicas, exatas e simples de determinar seu posicionamento na face da Terra. Percebeu-se que era necessário encontrar formas de determinar a localização com erros ainda menores.

No século XIX, motivados pela teoria da gravitação de Isaac Newton e pela ficção científica, cientistas começaram a visualizar formas de utilização de **satélites artificiais**.

Acompanhe o quadro a seguir para conhecer os primeiros projetos que impulsionaram a criação dos satélites artificiais.

### Sputnik

O primeiro satélite artificial foi lançado no pela extinta das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) em 1957, conhecido como **Sputnik 1**. Era um equipamento com capacidade de se comunicar por meio de um sinal simples com rádios amadores em qualquer parte da Terra. Ele permaneceu em órbita pouco mais de seis meses, mas se tornou um marco histórico no início da corrida espacial, que recebeu grande incentivo, sobretudo, da chamada "Guerra Fria" entre a URSS e os EUA. Até o final da década de 1950, os soviéticos já haviam lançado mais quatro satélites ao espaço, três deles com sucesso.



Fonte: Wikimedia Commons



## Transit

Em 1958, a Marinha dos EUA iniciou a construção de satélites para determinar a posição de submarinos lançadores de mísseis. O **Transit 1A** foi o primeiro satélite lançado ao espaço para fins específicos de orientação. Entretanto, o seu lançamento não foi bem sucedido, sendo substituído no ano seguinte pelo Transit 1B. Em 1964, o de orientação por satélite Transit estava operacional e contava com dez satélites, sendo que dois deles orbitavam como reserva.

Apesar de atender aos seus propósitos, uma das limitações do sistema de orientação TRANSIT era que o intervalo entre as medições era grande, chegando a algumas horas. Por isso, podia apresentar erros de até 200 metros na localização do objeto. Isso ocorria basicamente devido à pequena constelação de satélites e, conseqüentemente, à diminuta variação no seu posicionamento no espaço em relação aos pontos terrestres.



Fonte: Wikimedia Commons

## Navstar

Em 1963, uma parceria entre a Força Aérea e a Marinha dos EUA deu início ao projeto que revolucionaria o sistema de orientação por satélite: o **Navstar**.

Oficializado em 1973, esse sistema está operacional até hoje e é denominado Navstar-GPS. Atualmente, a constelação é formada por 24 satélites em operação e seis reservas. Com maior número de satélites e percorrendo órbitas mais adequadas à determinação do posicionamento terrestre, o sistema Navstar superou em avanços tecnológicos o sistema Transit, que se tornou obsoleto e foi desativado para fins de navegação em 1996.



Fonte: Wikimedia Commons

Uma curiosidade: este desenvolvimento tecnológico dos satélites teve vários “efeitos colaterais” relevantes para a sociedade. Um deles foi ter ajudado a impulsionar o desenvolvimento de novos computadores, com softwares cada vez menores e mais velozes.

## Tópico 2

### Satélites a serviço da agricultura

A evolução dos sistemas de orientação por satélite impactou fortemente muitos setores produtivos da sociedade, sobretudo na execução daquelas atividades que lidam com intenso processo de mecanização, como é o caso da agricultura.

Foi graças aos satélites que os campos de lavouras deixaram de utilizar uma média geral para determinar seus atributos e passaram a ser analisados em seus pormenores. Isso possibilitou dar o tratamento adequado a cada parte de solo conforme a sua necessidade, reduzindo custos e agredindo menos o meio ambiente.

#### Saiba Mais

No Brasil, foi a partir da década de 1990 que os princípios da agricultura de precisão, teorizados e propostos muito antes, se tornaram realidade e modernizaram a agricultura.

A parte operacional dessa nova tecnologia só se tornou possível com a transformação ou adaptação das máquinas e implementos agrícolas convencionais. Atualmente, diversos equipamentos podem ser conduzidos e direcionados diretamente pelos satélites, proporcionando alinhamentos com erros na casa de poucos centímetros.

Isso permite o estabelecimento de **estandes** mais uniformes do que aqueles nos quais se utilizam os tradicionais marcadores de linha mecânicos.

#### Estandes

Cada cultura tem um número certo de plantas por metro de linha, ou seja, um estande apropriado e que varia para cada tipo de cultivo.

Hoje, colhedoras equipadas com dispositivos de comunicação com satélites podem elaborar mapas de produtividade automaticamente, ao se deslocarem pelo campo, permitindo realizar a análise da variabilidade espacial da produtividade da lavoura. Diversas máquinas agrícolas, por exemplo, semeadoras-adubadoras, distribuidores de fertilizantes, pulverizadores e colhedoras, já saem de fábrica com algumas dessas tecnologias embarcadas de série.

Essas e outras aplicações da navegação por satélite têm tornado a agricultura mais moderna e competitiva.

## Recapitulando

Nesta aula, você pôde perceber que a humanidade passou por uma transformação muito grande quando descobriu diferentes formas de se orientar. Isso permitiu que o homem percorresse grandes distâncias e conquistasse novos lugares no planeta. Hoje, a meta é delimitar espaços cada vez menores e mais precisos dentro dos campos de lavoura. É necessário conhecer partes menores dos campos e tratá-los de acordo com a sua necessidade. Para tanto, a produção agrícola tem utilizado avançados sistemas de orientação por satélites, que já permitem localizar pontos na superfície terrestre com margem de erro muito pequena.



Fonte: Shutterstock

## Aula 2

### Formação dos satélites para a orientação terrestre

Os sistemas de orientação por satélite têm como finalidade principal determinar o posicionamento de um corpo sobre a superfície terrestre por meio do uso de satélites artificiais. Conceitualmente, pode-se dizer que se trata de um conjunto de procedimentos adotados para captar, processar e calcular as coordenadas geográficas de um corpo sobre a superfície terrestre. A localização do objeto é definida de acordo com o cruzamento de sinais emitidos por vários satélites, com resultado capaz de determinar a latitude, longitude e altitude desse objeto.

Neste contexto, é importante que você conheça as formas e tipos de posicionamento, assim como entenda a determinação do posicionamento por satélites, compreendendo que uma boa geometria dos satélites no espaço é fundamental para a confiabilidade dos dados apresentados.

Ao final desta aula, você deve ser capaz de:

- conceituar a orientação por satélite; e
- compreender a importância da formação dos satélites no espaço para a orientação terrestre.

# Tópico 1

## Conceito e tipos de posicionamento

O conceito fundamental de posicionamento consiste na localização de um ponto sobre a superfície terrestre. Quando a localização do objeto é móvel, como um trator em operação, diz-se que o posicionamento é **cinemático**, e quando é fixa, como no georreferenciamento de um ponto da área, diz-se que o posicionamento é **estático**. Conheça os dois tipos:

Posicionamento absoluto	<p>O posicionamento absoluto pode ser considerado mais simples porque utiliza a identificação da localização por pontos com apenas um receptor <b>GNSS</b>. Normalmente sua referência é o sistema <b>WGS-84</b>.</p> <p>No caso da agricultura de precisão, o posicionamento absoluto é relevante para a formação de mapas de variabilidade, identificando com precisão as condições de cada ponto estático do mapa.</p>
Posicionamento relativo	<p>O posicionamento relativo utiliza pelo menos dois receptores de sinal, sendo uma base fixa (ou mais) e um receptor móvel no trator, por exemplo. A base fixa será uma referência confiável para o cálculo das coordenadas do receptor móvel. Portanto, o trabalho conjunto dos dois receptores dá maior precisão à leitura da linha de deslocamento da máquina.</p> <p>No caso da agricultura de precisão, o posicionamento relativo é relevante para procedimentos de semeadura, por exemplo, nos quais o trator equipado com GNSS em pleno deslocamento consegue depositar a quantidade correta de sementes de acordo com as informações de cada ponto lidas a partir do mapa de variabilidade.</p>

### GNSS

Caso você não lembre, GNSS é a sigla para Global Navigation Satellite System, que em português é traduzido como Sistema de Navegação Global por Satélite.

### WGS-84

WGS 84 (World Geodetic System) é uma norma usada em cartografia que faz parte do sistema de coordenadas para o planeta Terra. Você conhecerá mais sobre este sistema de coordenadas no Módulo 3.



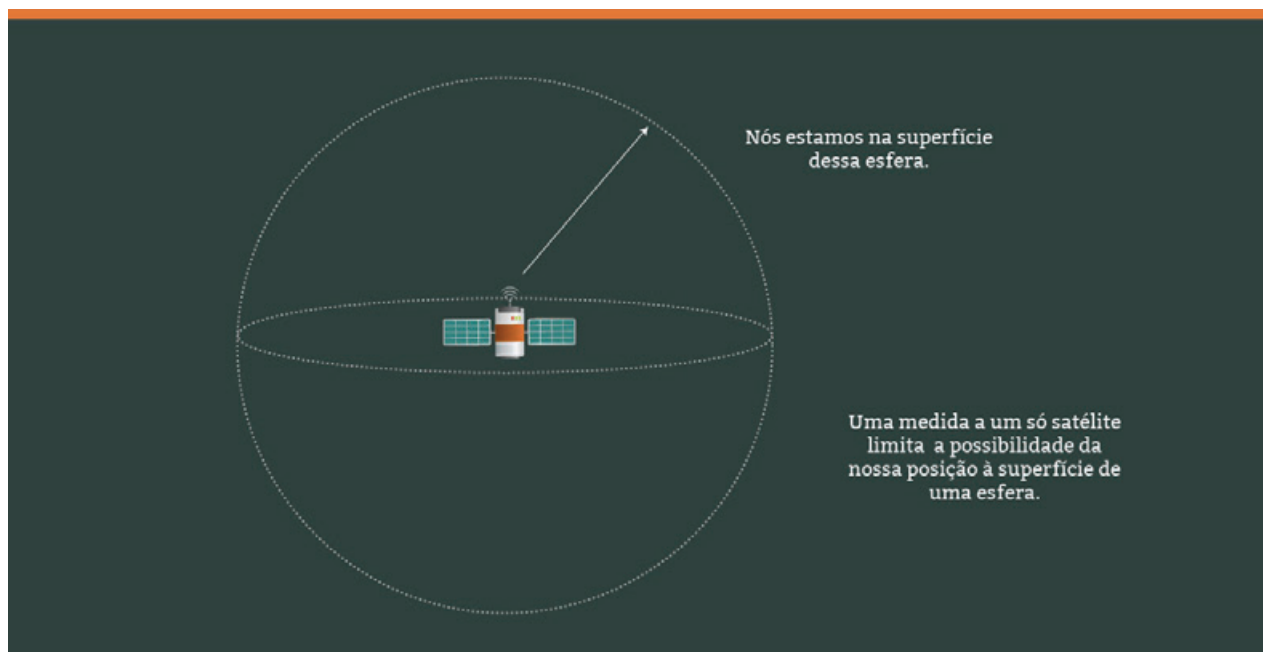
Os dados gerados no momento do posicionamento podem ser processados em tempo real ou pós-processados. No primeiro caso, a estimativa das coordenadas ocorre imediatamente durante a coleta das informações. No segundo caso, os dados são armazenados em memórias internas ou externas para serem processados posteriormente empregando-se softwares específicos para calcular as coordenadas, como ocorre com as leituras para elaboração de mapas de variabilidade, cujo desenho só será feito depois que a coleta de informações em campo esteja completa.

## Tópico 2

### Determinação de posicionamento por meio de triangulação

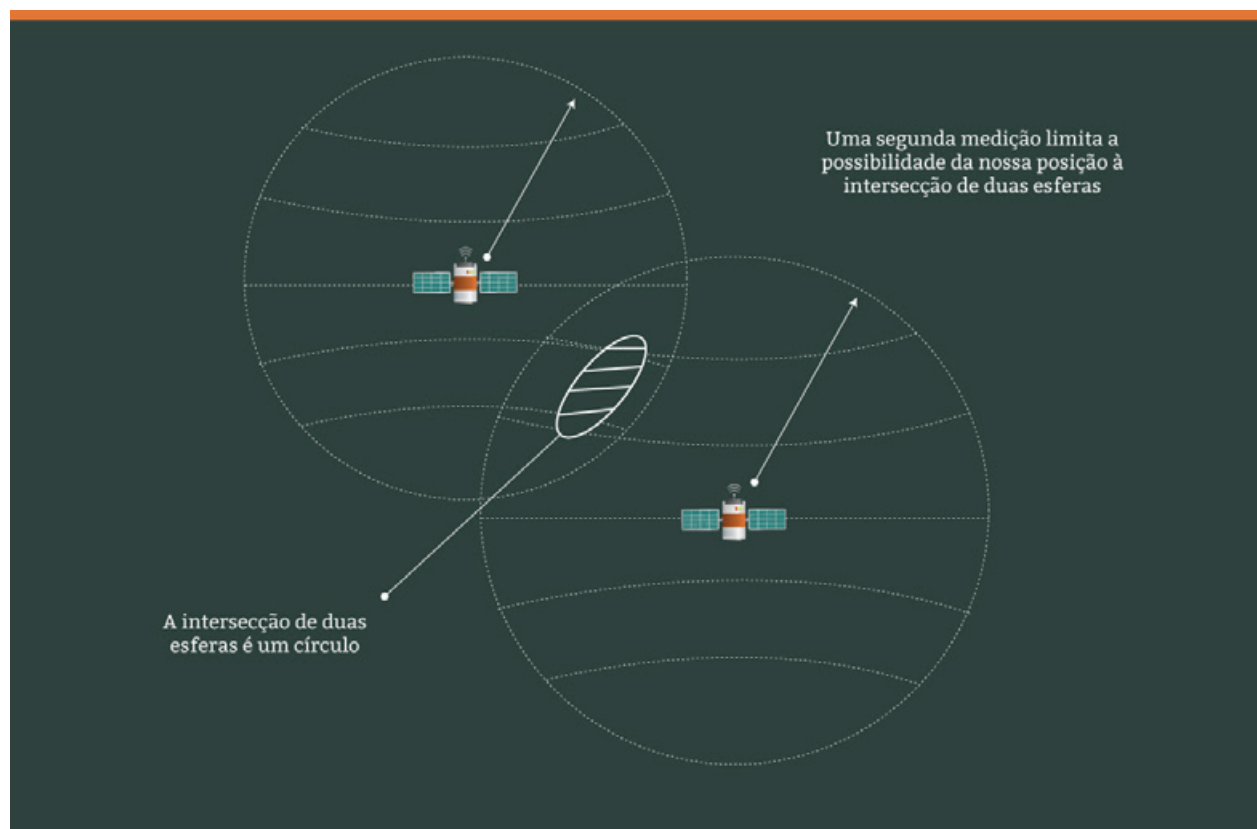
De modo geral, a determinação do posicionamento por satélites é feita por meio do procedimento conhecido como **triangulação**. O princípio básico desse processo é o cálculo realizado através da interseção de pelo menos duas direções, e quanto maior o número de direções, maior a exatidão do ponto a ser encontrado. Entenda a seguir como isso acontece.

Ao receber o sinal de um satélite, o receptor faz o cálculo da distância entre ele e o satélite. Sua posição pode ser calculada por uma superfície esférica imaginária, na qual o satélite se encontra no centro, de forma que essa distância é igual ao raio da esfera. Essa informação ainda é muito preliminar na determinação do posicionamento, pois o receptor poderá estar localizado em qualquer parte da circunferência dessa esfera, em outras palavras, pode se encontrar na Terra ou no espaço.



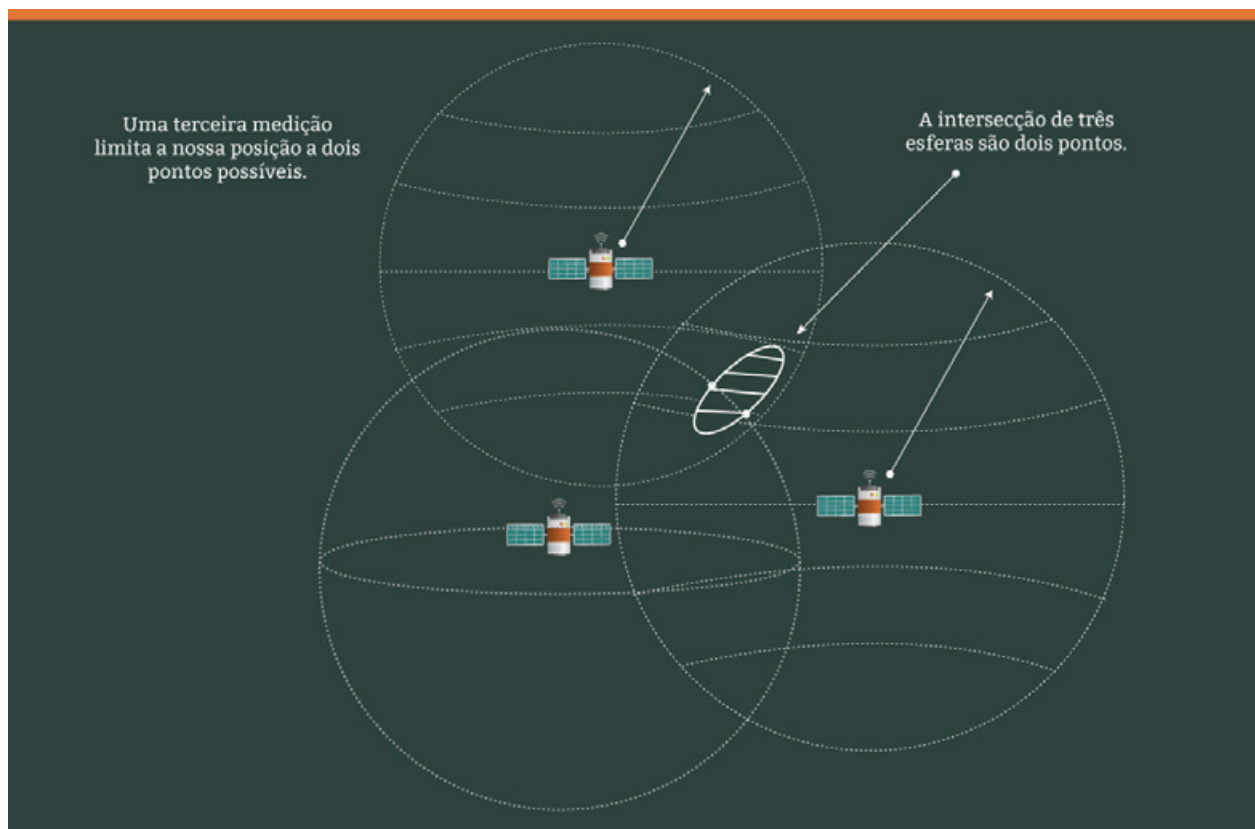
Fonte: <[http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao\\_gps%20cfv2001.htm](http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao_gps%20cfv2001.htm)>.

Quando o receptor detecta um segundo satélite, pode-se afirmar que a localização do receptor estará em qualquer ponto na área de interseção delimitada entre a esfera do primeiro com a do segundo satélite. Nesse caso, já se tem uma melhor definição do posicionamento, porém ainda sem rigor na sua determinação.



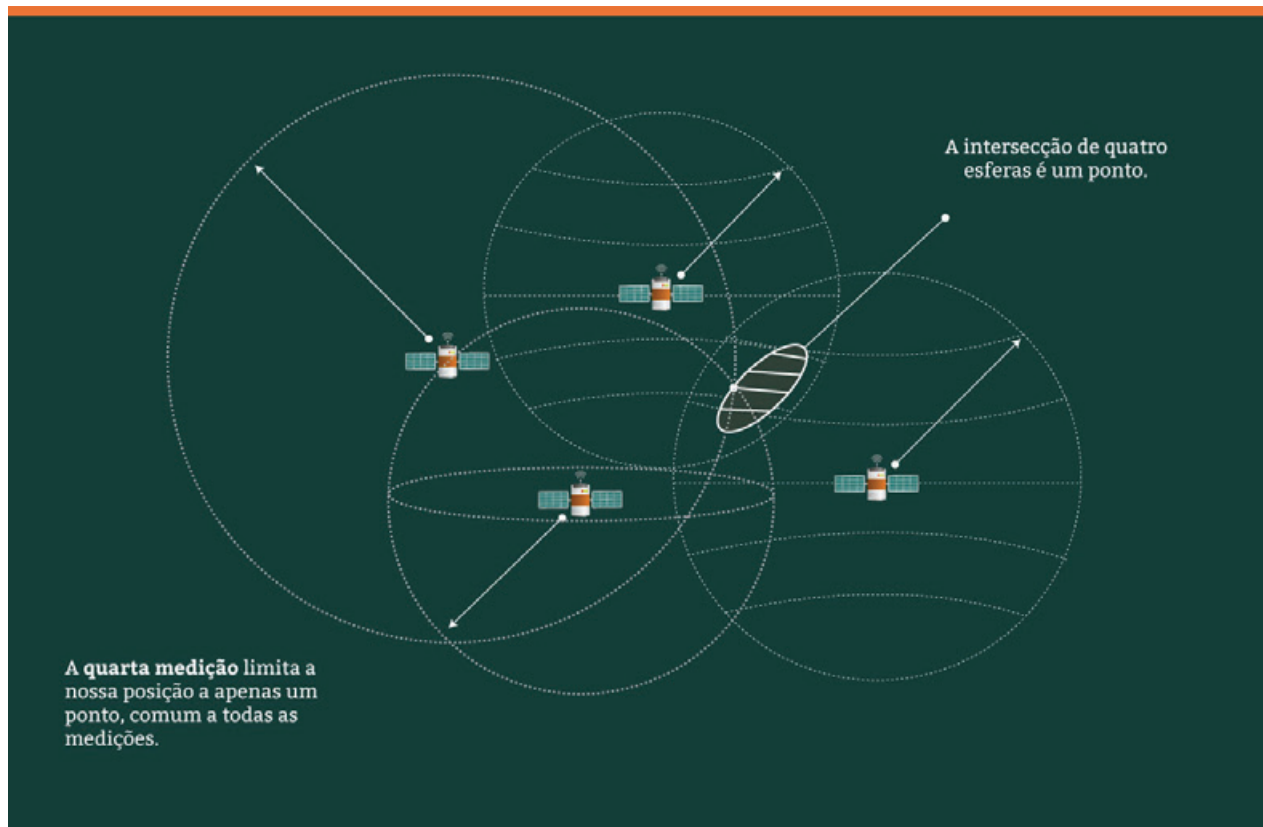
Fonte: <[http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao\\_gps%20cfv2001.htm](http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao_gps%20cfv2001.htm)>.

Ao captar o sinal do terceiro satélite e determinar a distância entre eles a exatidão é melhorada, pois o receptor vai estar localizado em algum dos dois pontos de interseção da terceira esfera com a área delimitada pelos dois primeiros satélites. Um desses pontos estará próximo à superfície terrestre e o outro, no espaço, logo, pode-se dizer que essa é uma determinação bidimensional e já permite estimar com boa exatidão um ponto na superfície da terra.



Fonte: <[http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao\\_gps%20cfv2001.htm](http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao_gps%20cfv2001.htm)>.

Ao detectar um quarto satélite, a esfera criada entre ele e o receptor irá interceptar um dos dois pontos delimitados anteriormente, determinando, assim, a posição do receptor sobre a superfície terrestre e realizando a chamada **determinação tridimensional do posicionamento**.



Fonte: <[http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao\\_gps%20cfv2001.htm](http://www.prof2000.pt/users/migser/formacao_gps%20cfv2001.htm)>.

Entretanto, para diversas aplicações, a detecção do quarto satélite é apenas auxiliar. Com três satélites, já é possível determinar a posição sobre a superfície terrestre.

Acompanhe o exemplo para compreender melhor como isso funciona na prática.



➤ Vamos considerar que se deseja determinar a localização de um trator em alguma cidade no Estado de Goiás. Por enquanto, sabemos apenas que esse trator se encontra a 117 quilômetros de Goiânia, logo é possível imaginar que ele esteja localizado em qualquer cidade situada ao redor de Goiânia em um raio de 117 quilômetros (em linha reta).

Fonte: Elaborado pelo autor

➤ Junto com as informações recebidas pelo segundo satélite, veio a informação de que o trator está também localizado a 133 quilômetros de Catalão-GO. Isso significa que ele está em um dos dois pontos de interseção das áreas formadas pelos círculos: o raio de 117 quilômetros ao redor de Goiânia e de 133 quilômetros ao redor de Catalão.



Fonte: Elaborado pelo autor





Fonte: Elaborado pelo autor

## Tópico 3

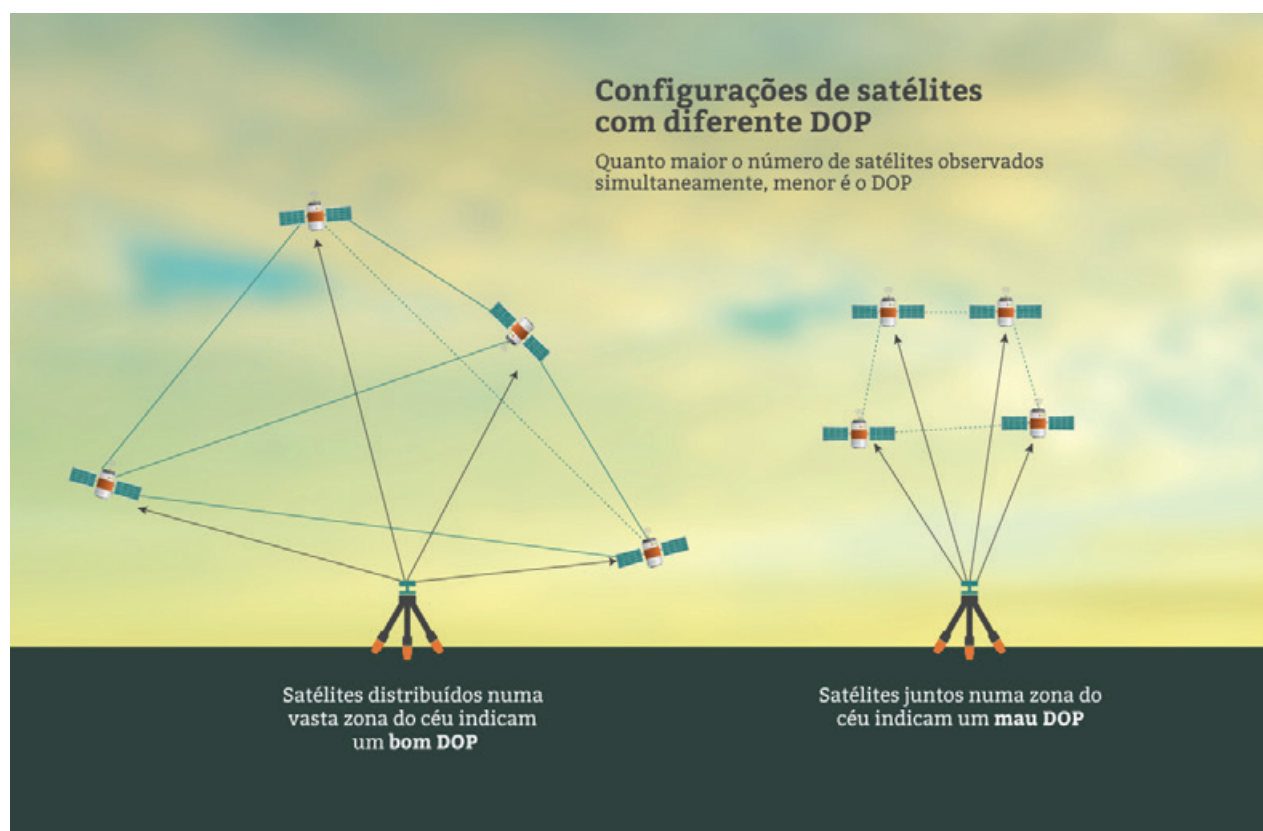
### Geometria dos satélites no espaço

A partir das informações sobre triangulação dos satélites, você pode compreender que a sua disposição no espaço (também chamada de geometria dos satélites) é crucial para a correta localização dos receptores sobre a superfície terrestre. A partir do Módulo 3 deste curso você vai estudar a formação da constelação de satélites em cada sistema de navegação, mas por enquanto é importante você compreender a regra geral a seguir:

Quando os satélites estiverem fisicamente muito próximos, a geometria é classificada como pobre e pode gerar erros de leitura.

Isso acontece porque o receptor irá receber os sinais provenientes de uma mesma direção, o que prejudica a chamada triangulação e diminui a exatidão da determinação do posicionamento. A exatidão das leituras melhora substancialmente, portanto, quando os satélites estão mais espaçados entre si.

E como é possível descobrir a qualidade da constelação dos satélites num dado instante x? No receptor GNSS do usuário, você pode procurar pelo índice geométrico de precisão **DOP** ou **GDOP** (Dilution of Precision / Diluição da Precisão). Trata-se de uma medição que representa a relação entre o erro detectado na localização do receptor usuário e o erro na posição do satélite.



Fonte: Elaborado pelo autor

O ideal para a leitura é que os satélites estejam afastados e bem distribuídos pelo globo. Ou seja, satélites distribuídos numa vasta zona do céu indicam um bom DOP, enquanto satélites muito próximos numa zona do céu indicam um mau DOP.

Dessa forma, um índice  $DOP < 4$  significa uma boa constelação e um índice  $DOP > 8$  indica constelação de qualidade ruim: neste caso a leitura não deve ser concluída.

## Recapitulando

A determinação do posicionamento de objetos na superfície terrestre por meio de satélites é feita através do procedimento conhecido como triangulação. O receptor deve detectar quatro satélites para realizar a determinação mais exata possível do objeto. Três satélites possibilitam realizar uma determinação bidimensional, ou seja, que não considera a altitude do ponto. Apenas com o sinal do quarto satélite é possível determinar a posição tridimensional. A geometria dos satélites no espaço é fundamental para uma boa determinação do posicionamento: quanto mais afastados entre si, maior a exatidão dos dados.



Fonte: Shutterstock

## Aula 3

### Aplicações da orientação por satélite na agricultura

Na aula anterior, você aprendeu que os satélites permitem determinar com precisão o posicionamento sobre a superfície terrestre. Essa técnica pode ser utilizada na agricultura de diversas formas e tem revolucionado as práticas agrícolas no Brasil desde meados da década de 1990. Desde então, muitas empresas rurais passaram a realizar o mapeamento da variabilidade de suas lavouras a fim de aplicar o manejo localizado dos insumos agrícolas.

Além de possibilitar o aumento da produtividade, essas aplicações tornam a empresa rural mais competitiva e reduzem o impacto que suas atividades causam ao meio ambiente.

Ao final desta aula, você deve ser capaz de:

- descrever as principais aplicações da navegação por satélite na agricultura; e
- reconhecer a melhoria da qualidade dos serviços realizados nas propriedades agrícolas empregando a navegação por satélite.



# Tópico 1

## Múltiplas aplicações, múltiplos ganhos

Antes de 1990, o produtor não possuía ferramentas eficazes para relacionar os tratos culturais com as variações que ocorriam na produtividade da lavoura dentro de um mesmo **talhão** e, assim, praticava a chamada “agricultura pela média”. Nesse tipo de prática agrícola, as áreas são consideradas uniformes e normalmente se utilizam quantidades de insumos sem o conhecimento específico das demandas regionais. O resultado é a aplicação excessiva de insumo em algumas áreas e a carência de insumo em outras.

### Talhão

Terreno cultivado ou próprio para cultura.

No entanto, sabe-se que os solos em geral apresentam variabilidades espacial e temporal e que essa variabilidade aumenta quando se aumenta a área e o tempo de avaliação. Por isso, é necessário tratar cada subárea de maneira específica e é aí que entra uma das principais potencialidades da agricultura de precisão.



Fonte: adaptado de Revista Plantio Direto <[www.plantiodireto.com.br/imprime.php?cod=907](http://www.plantiodireto.com.br/imprime.php?cod=907)>.

A tecnologia de orientação por satélites permite o microgerenciamento das lavouras, pois é capaz de traduzir as informações geoespaciais sobre as características de pequenas parcelas de solo de modo a realizar o manejo dessa parcela de acordo com suas potencialidades naturais.



Dessa forma, com a possibilidade de localizar pontos dentro dos talhões por meio do uso do GNSS e fazer o registro das características desses pontos em um mapa virtual, o produtor passa a compreender melhor as variações da produtividade. Ao final da colheita, ele poderá retornar exatamente a esses pontos e comparar a produtividade daqueles locais com o trato cultural realizado.

Atualmente, existem diversas empresas que projetam e fabricam equipamentos específicos para a agricultura de precisão. Eles permitem que o produtor analise melhor a variabilidade da sua lavoura e a maneje de forma localizada. Com esse intuito, os receptores de sinais GNSS já estão presentes nas máquinas de forma integrada a computadores de bordo, sensores coletores de dados e potentes redes de comunicação dentro das fazendas.



Fonte: <<http://www.tecnoparts.agr.br/novidades/71-sistema-auto-pilot-conheca-as-vantagens>>.

A partir dos sistemas de orientação por satélite, pode-se aplicar uma série de melhorias na agricultura, por exemplo:

- georreferenciamento para elaboração de mapas de variabilidade;
- amostragem de solo;
- controle automático da direção de máquinas agrícolas associado ao uso de barra de luzes para melhorar o alinhamento do deslocamento das máquinas e implementos nos campos;
- sistemas de aplicações de corretivos, fertilizantes e defensivos a taxas variáveis;
- adoção de técnicas de rastreabilidade a fim de agregar valor ao produto final;
- maior possibilidade de planejamento no estabelecimento das lavouras;
- maior controle sobre a inspeção da colheita etc.

É importante ressaltar que, utilizando essa tecnologia, as operações agrícolas podem ser realizadas em condições de baixa visibilidade no campo, como névoa, chuva, poeira ou mesmo durante a noite. Ela também pode ser empregada em qualquer propriedade, independentemente do tamanho ou da atividade.

As potencialidades das aplicações da agricultura de precisão podem ser exploradas sob vários aspectos. Quando se elabora um mapa de variabilidade, por exemplo, é necessário ter em vista o aproveitamento da capacidade genética da lavoura em questão. Leia o exemplo a seguir para compreender melhor.

### Exemplo

Sabe-se que certas espécies de trigo podem atingir rendimento de grãos superior a 5.000 quilos por hectare (kg/ha) no campo. Porém, em média o rendimento observado é em torno de 1.400 a 2.300 kg/ha. Dessa forma, observa-se que existe uma defasagem entre o que é biologicamente possível e o que é realmente obtido por muitos produtores. E isso se repete para praticamente todas as lavouras cultivadas pelo Brasil afora.

Nesse aspecto, a agricultura de precisão pode proporcionar grandes auxílios: ao detectar as regiões menos produtivas e tratá-las de forma adequada e ao aumentar a produtividade e reduzir os gastos com uso de insumos naquelas regiões de maior produção.

Por fim, podemos concluir que a propriedade agrícola que adota tecnologias de orientação por satélite se torna mais competitiva nos mercados mais rigorosos e ainda contribui para redução dos impactos da agricultura sobre o meio ambiente.

## Recapitulando

Nesta aula, você estudou que as aplicações das técnicas de orientação por satélite revolucionaram a agricultura mundial. Com elas, tornou-se possível realizar o manejo localizado das lavouras considerando as características específicas de cada parcela, empregando-se os princípios da agricultura de precisão. As principais melhorias nas operações agrícolas advindas do uso da orientação por satélite são: elaboração de mapas de variabilidade, automação das máquinas, aplicação à taxa variável e rastreabilidade.

Nas próximas páginas, você vai encontrar a atividade de aprendizagem para verificar os conhecimentos construídos ao longo deste módulo. Não esqueça que você deve entrar no Ambiente de Estudos para registrar as respostas no sistema, que também vai liberar o próximo módulo de conteúdo!

Siga em frente e aproveite a atividade!

# Atividade de aprendizagem

Você chegou ao final do Módulo 1 do Curso Sistemas de Orientação por Satélite. A seguir, você realizará algumas atividades relacionadas ao conteúdo estudado neste módulo. Lembre-se que as repostas devem ser registradas no Ambiente de Estudos, onde você também terá um feedback, ou seja, uma explicação para cada questão.

1. Considerando as informações sobre a importância da navegação por satélite apresentadas na Aula 1, assinale a alternativa correta.
  - a) A orientação pela constelação de estrelas permite determinar a distância apenas a partir de um ponto de referência.
  - b) Os EUA foram os pioneiros na corrida espacial.
  - c) O primeiro satélite lançado ao espaço foi o Transit 1A.
  - d) O sistema de orientação por satélite modernizou a agricultura.
  
2. Considerando os sistemas de orientações por satélites descritos neste módulo, selecione a alternativa correta.
  - a) A determinação de qualquer ponto sobre a superfície terrestre pode ser feita por meio da comunicação do receptor com dois satélites.
  - b) Uma boa geometria de satélites é observada quando eles se encontram mais afastados entre si.
  - c) O método do posicionamento absoluto necessita de pelo menos quatro receptores para ser realizado.
  - d) O método do posicionamento relativo é o mais simples e também é conhecido como posicionamento por pontos.

3. Considerando as aplicações dos sistemas de orientação por satélites descritos na Aula 3, assinale a alternativa correta.
- a) As máquinas e implementos agrícolas dotadas de dispositivos orientados por satélites devem trabalhar durante o dia por questões de segurança.
  - b) As técnicas resultantes das aplicações da orientação por satélite permitem que se conheça cada ponto dentro das lavouras.
  - c) O potencial genético das lavouras ainda não pode ser explorado com o uso de técnicas de orientação por satélite.
  - d) O tamanho das propriedades é um fator limitante para o emprego das técnicas de orientação por satélite.