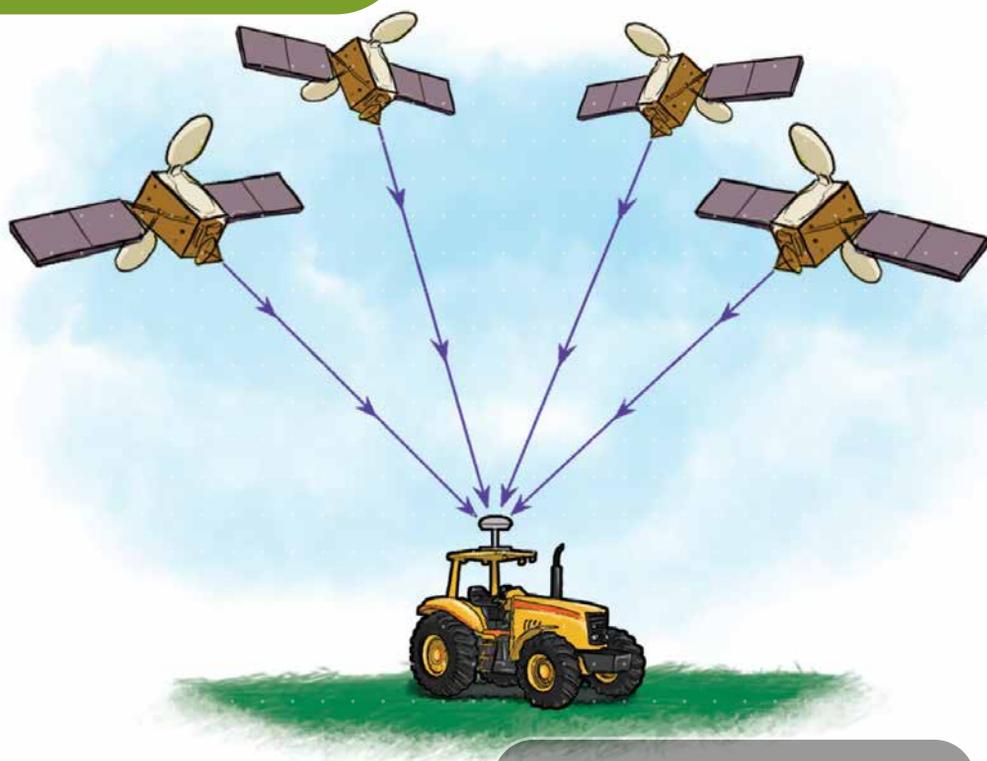


Agricultura de precisão: conceitos



SENAR



Presidente do Conselho Deliberativo

João Martins da Silva Junior

Entidades Integrantes do Conselho Deliberativo

Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA
Confederação dos Trabalhadores na Agricultura - CONTAG
Ministério do Trabalho e Emprego - MTE
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA
Ministério da Educação - MEC
Organização das Cooperativas Brasileiras - OCB
Confederação Nacional da Indústria - CNI

Diretor Executivo

Daniel Klüppel Carrara

Diretora de Educação Profissional e Promoção Social

Janete Lacerda de Almeida

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL



Coleção SENAR

Agricultura de precisão: conceitos

Senar - Brasília, 2019

© 2019, SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL – SENAR

Todos os direitos de imagens reservados. É permitida a reprodução do conteúdo de texto desde que citada a fonte.

A menção ou aparição de empresas ao longo desta cartilha não implica que sejam endossadas ou recomendadas pelo Senar em preferência a outras não mencionadas.

Coleção SENAR - 244

Agricultura de precisão: conceitos

COORDENAÇÃO DE PRODUÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS INSTRUCIONAIS

Fabíola de Luca Coimbra Bomtempo

EQUIPE TÉCNICA

Marcelo de Sousa Nunes / Valéria Gedanken

ILUSTRAÇÃO

Willian Barbosa

FOTOGRAFIA

Gustavo Faulin

Pelisson Kaminski

Wenderson Araújo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural.

Agricultura de precisão: conceitos / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. – Brasília: Senar, 2019.

28 p; il. 21 cm (Coleção Senar, 244)

ISBN:

1. Agricultura de precisão 2. Sistemas de orientação I. Título.

CDU 631.331

Apresentação

O elevado nível de sofisticação das operações agropecuárias definiu um novo mundo do trabalho, composto por carreiras e oportunidades profissionais inéditas, em todas as cadeias produtivas.

Do laboratório de pesquisa até o ponto de venda no supermercado, na feira ou no porto, há pessoas que precisam apresentar competências que as tornem ágeis, proativas e ambientalmente conscientes.

O Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar) é a escola que dissemina os avanços da ciência e as novas tecnologias, capacitando homens e mulheres em cursos de Formação Profissional Rural e Promoção Social, por todo o país. Nesses cursos, são distribuídas cartilhas, material didático de extrema relevância por auxiliar na construção do conhecimento e constituir fonte futura de consulta e referência.

Conquistar melhorias e avançar socialmente e economicamente é o sonho de cada um de nós. A presente cartilha faz parte de uma série de títulos de interesse nacional que compõem a Coleção SENAR. Ela representa o comprometimento da instituição com a qualidade do serviço educacional oferecido aos brasileiros do campo e pretende contribuir para aumentar as chances de alcance das conquistas a que cada um tem direito.

Um excelente aprendizado!

Serviço Nacional de Aprendizagem Rural

www.senar.org.br

Sumário

Introdução.....	7
I. Entender a agricultura de precisão.....	8
1. Conheça o que é Agricultura de Precisão	8
2. Conheça o histórico da Agricultura de Precisão	8
II. Conhecer a ferramenta utilizada para localização na agricultura de precisão	10
1. Conheça a precisão dos receptores GNSS.....	10
2. Conheça os erros envolvidos no posicionamento	12
III. Conhecer os sistemas de orientação das máquinas agrícolas.....	14
1. Conheça o sistema de direcionamento por barra de luzes	14
2. Conheça o sistema de direcionamento por piloto automático	15
IV. Entender algumas ferramentas aplicadas na agricultura de precisão.....	17
1. Entenda a amostragem georreferenciada.....	17
2. Entenda o mapeamento das operações na lavoura	18
3. Entenda sobre sensoriamento	20
Considerações finais.....	27
Referências.....	28

Introdução

Com a evolução dos processos produtivos e da tecnologia no campo, surgiram ferramentas que possibilitam o entendimento e o manejo da variabilidade das lavouras. Aliado ao uso dos Sistemas Globais de Navegação por Satélite (em inglês, a sigla GNSS), o manejo localizado e, conseqüentemente, toda a tecnologia embarcada em máquinas e implementos estão ao alcance do produtor.

Esta cartilha tem por objetivo apresentar algumas técnicas da Agricultura de Precisão, proporcionando ao leitor um primeiro contato com essa nova forma de manejar a lavoura e, assim, buscar um melhor gerenciamento do processo produtivo, melhores resultados econômicos e, se possível, ganhos em produtividade.



Entender a agricultura de precisão

1. Conheça o que é Agricultura de Precisão

Agricultura de Precisão é o conjunto de ferramentas e tecnologias que permitem ao produtor rural o gerenciamento localizado das lavouras, otimizando o sistema produtivo, a fim de obter o aumento do retorno econômico e a redução do impacto ao meio ambiente. Esse enfoque apresenta grandes desafios às tecnologias e aos conhecimentos disponíveis sobre os sistemas de produção anteriormente considerados uniformes, pois as técnicas de manejo, até então, não consideravam a variabilidade dos fatores da produção hoje detectados. Para que se possa gerenciar localmente a lavoura, isto é, passar a conhecer áreas menores contidas dentro do talhão, são necessárias tecnologias que hoje estão amplamente difundidas e algumas que ainda carecem de muita pesquisa e aplicação prática.

2. Conheça o histórico da Agricultura de Precisão

Os primeiros relatos acadêmicos comprovando a variabilidade espacial dos atributos do solo dentro de um talhão datam da década de 1920. No Brasil, a Agricultura de Precisão foi introduzida em meados da década de 1990, mas os avanços significativos só aconteceram a partir de 2000, quando a difusão do uso do GPS (sigla em inglês do Sistema de Posicionamento Global) aconteceu de forma mais ampla.

A nova fase da Agricultura de Precisão avançou, facilitando a gestão dos processos, com informações em tempo real por telemetria das operações, relatórios detalhados e incorporação das tecnologias embarcadas nas máquinas agrícolas de fábrica. Estamos caminhando para a análise de grande quantidade de dados, chamada de Big Data, com o intuito de prever antecipadamente os problemas e atuar de forma preventiva, assim como para os equipamentos autônomos, que poderão tomar decisões mais assertivas e executar as operações agrícolas precisamente dentro de parâmetros predeterminados.



Conhecer a ferramenta utilizada para localização na agricultura de precisão

A agricultura, assim como outras atividades, se beneficiaram dos Sistemas Globais de Posicionamento por Satélite (GNSSs). Esses sistemas, atualmente, são primordiais para o manejo localizado ou para a Agricultura de Precisão, tornando possível determinar a localização geográfica dos atributos que serão investigados ou determinar com precisão os trajetos por onde os equipamentos se deslocarão.

O sistema de posicionamento mais conhecido é o NAVSTAR-GPS ou GPS, como é chamado. É um sistema desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA com objetivos militares, mas a comunidade civil pode utilizar um de seus sinais sem nenhum custo. Atualmente existem vários sistemas e já é comum os receptores captarem dois ou mais sistemas, melhorando a precisão no posicionamento. Como exemplo podemos citar o sistema russo GLONASS, o chinês COMPASS e o europeu GALILEO, dentre outros. Esse último estará totalmente disponível em breve e é o único sistema que não foi desenvolvido para objetivos militares.

1. Conheça a precisão dos receptores GNSS

Cada operação agrícola requer um tipo de receptor para atingir a precisão desejada. Ela é definida por muitos fatores, mas para um simples entendimento, pode-se citar as diferenças construtivas dos equipamentos, os algoritmos para melhorar o posicionamento e o uso de redes de antenas e receptores que podem ser próprias, de empresas ou do governo.

A tabela a seguir mostra a precisão que o receptor deve ter em relação às principais operações agrícolas. A precisão centimétrica RTK/RTX pode ser utilizada em todas as operações; entretanto, o posicionamento com precisão métrica é restrito a algumas operações.

Operação agrícola	Receptor métrico Navegação e Lazer	Receptor submétrico (SBAS)		Receptor centimétrico (RTK/RTX)
		Precisão		
		>50 cm	<50 cm	
Coleta de amostras de solo	•	•	•	•
Demarcação de manchas de plantas daninhas, nematoides, pragas e doenças	•	•	•	•
Demarcação de pontos na área		•	•	•
Preparo do solo		•	•	•
Aplicação de calcário		•	•	•
Semeadura			•	•
Sulcação de cana				•
Aplicação de fertilizantes			•	•
Pulverização			•	•
Colheita de grãos		•	•	•
Colheita de cana				•

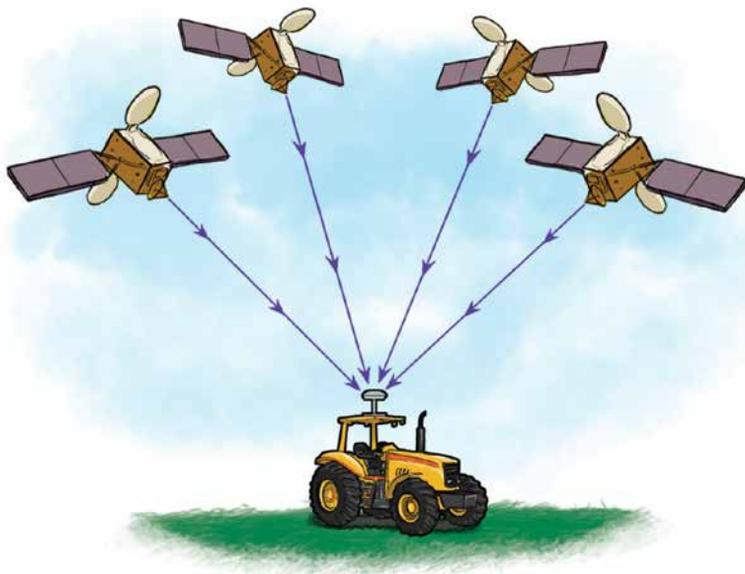
2. Conheça os erros envolvidos no posicionamento

Os erros de posicionamento podem ser classificados em aleatórios e sistemáticos. Os erros aleatórios são inevitáveis e acontecem em todos os casos. Os sistemáticos são aqueles que podem ser modelados, reduzidos ou mesmo eliminados com técnicas apropriadas. Isso significa, na prática, que pouco podemos fazer para melhorar a precisão, a não ser escolhendo o receptor mais adequado para a precisão que se espera obter em cada operação agrícola.

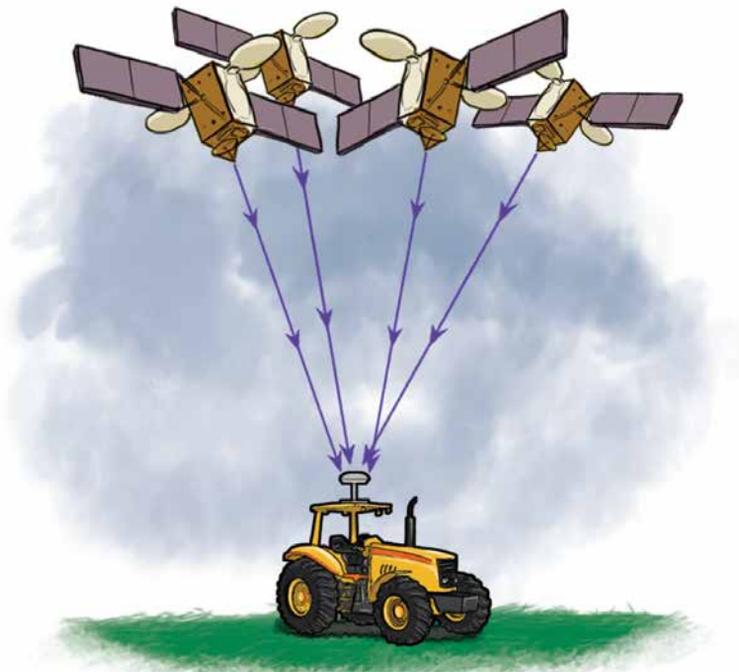
Um outro fator que interfere na precisão do posicionamento é a geometria dos satélites, chamado de diluição da precisão.

2.1. Entenda o que significa diluição da precisão

Uma boa geometria é definida por um grupo de satélites, igualmente distribuídos e bem espaçados uns dos outros.



Uma má geometria é encontrada quando os satélites estão muito próximos uns dos outros.



A qualidade do posicionamento na horizontal é quantificada por um índice da geometria dos satélites chamado HDOP. Quanto menor o HDOP, melhor a geometria, não sendo aconselhável, entretanto, trabalhar com HDOP acima de 1,8 em operações que exigem precisões centimétricas.



Conhecer os sistemas de orientação das máquinas agrícolas

Atualmente, parte dos tratores de grande porte e pulverizadores autopropelidos já vem equipada com algum sistema de orientação. Os sistemas de orientação podem ser por avisos luminosos que auxiliam o operador, chamados de “barra de luzes”, ou atuar diretamente no sistema de direcionamento da máquina, chamados de “piloto automático”.

Esses sistemas têm por finalidade manter trajetos paralelos do equipamento, garantindo um melhor desempenho operacional, evitando falhas ou sobreposições nas operações de calagem, preparo de solo, semeadura, pulverização, colheita, entre outras. Ambos os sistemas necessitam de um receptor GNSS conectado para informar a localização do equipamento.

1. Conheça o sistema de direcionamento por barra de luzes

Apesar do nome e do fato de antigamente o equipamento ter somente uma barra de luzes, hoje a grande maioria possui uma tela onde é possível obter informações sobre as operações, tais como: o trabalho sendo realizado, os mapas de aplicação, a ocorrência de falhas e sobreposições, a velocidade de trabalho, a área trabalhada, o tempo gasto na operação, entre outras.



Modelo de barra de luzes somente com LEDs



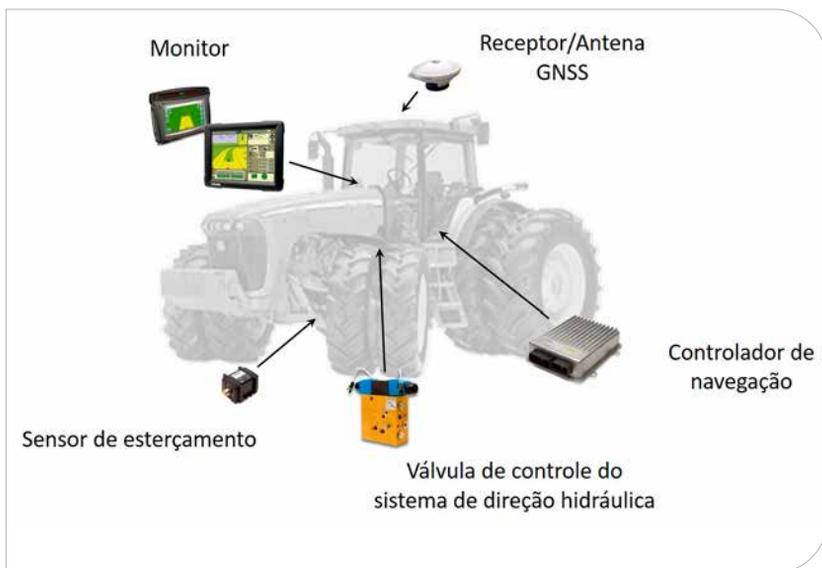
Modelo de barra de luzes com LEDs e tela incorporada

Com a difusão da Agricultura de Precisão e com equipamentos trazendo tecnologia embarcada de fábrica, é comum um monitor/controlador ser capaz de gerenciar diversas operações do conjunto trator-implemento ou do autopropelido e ser, inclusive, habilitado para os dois sistemas de direcionamento. Para isso, basta destravar as funções mediante assinaturas de correções de posicionamento por GNSS mais precisos ou, se necessário, comprar acessórios para esse fim.

2. Conheça o sistema de direcionamento por piloto automático

O sistema de piloto automático atua diretamente no sistema de direcionamento do equipamento. Além de contribuir na qualidade das operações, também melhora a comodidade do operador, que pode cuidar de outras funções importantes da operação.

Esse sistema apresenta maior precisão que a barra de luzes, pois elimina a ação do operador no direcionamento da máquina.



Componentes de dimensionamento da máquina



Entender algumas ferramentas aplicadas na agricultura de precisão

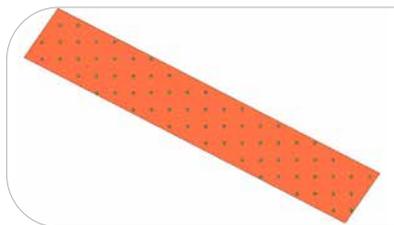
1. Entenda a amostragem georreferenciada

Tem como principal função identificar os locais no talhão que não apresentam o mesmo comportamento ou característica, seja no teor de algum nutriente, na produtividade, na textura do solo etc. Para essas diferenças, dentro de um mesmo talhão, é dado o nome de variabilidade espacial.

A amostragem pode ter custos relativamente altos ou baixos. Uma amostragem de baixo custo – como produtividade obtida por um monitor de colheita, coletada em maior número que as amostras de alto custo – representa muito bem a variabilidade do talhão. A amostragem de alto custo tem a limitação financeira do número de amostras, devendo equilibrar os limites entre a viabilidade econômica e uma boa representatividade do atributo que se deseja conhecer. Dessa forma, o número ideal de amostras pode variar em função do seu custo, da cultura, do propósito etc.



Amostragem da produtividade, exemplo de baixo custo e alta representatividade



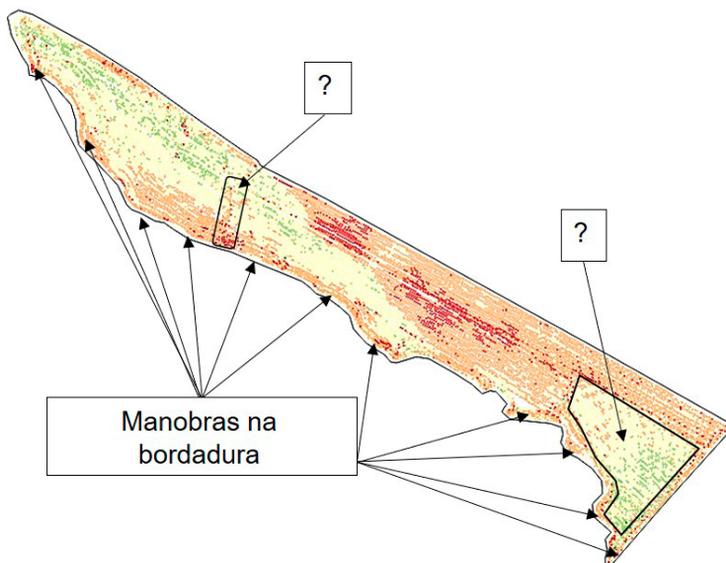
Amostragem da fertilidade do solo, exemplo de alto custo e baixa representatividade

2. Entenda o mapeamento das operações na lavoura

2.1. Entenda o mapa da operação de colheita

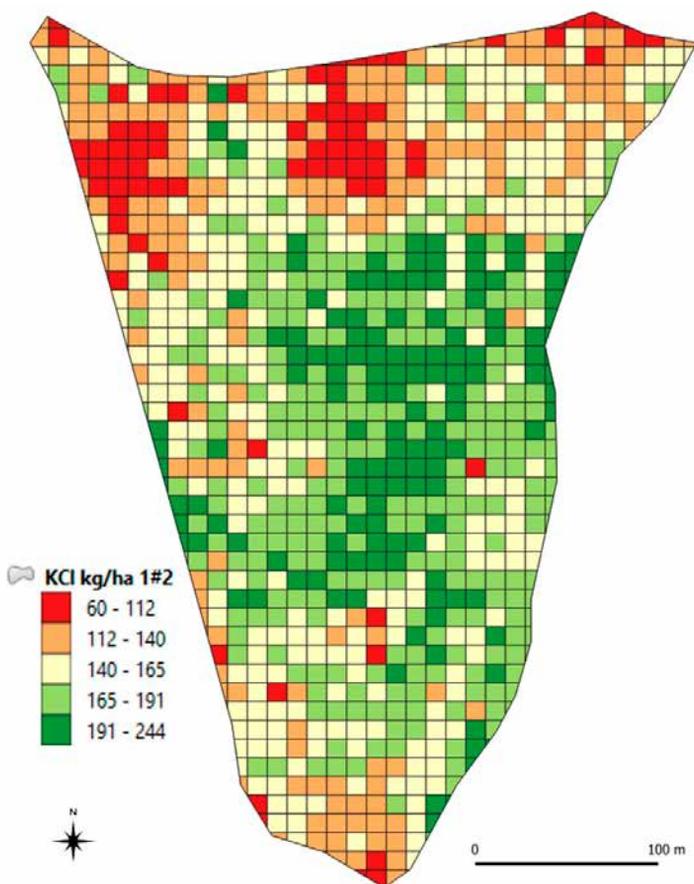
O objetivo do mapa de colheita é registrar a produtividade e identificar suas variações no talhão. O mapa de colheita é considerado por muitos a principal ferramenta para identificação das regiões com diferentes potenciais produtivos. É importante salientar que existem variações de produtividade originárias de fatores que dificultam a interpretação de suas causas. É aconselhável que conclusões mais concretas sejam tomadas após alguns anos de coleta de dados e entendimento do talhão.

O cuidado com a calibração dos sensores, a coleta e a análise dos dados é importante para se obter um mapa com dados confiáveis. Abaixo encontra-se um exemplo de mapa de produtividade com regiões onde a interpretação e análise merece uma atenção maior.



2.2. Entenda o mapa da operação de distribuição de insumos

Os insumos na Agricultura de Precisão podem ser distribuídos de forma localizada e com doses variáveis. Os equipamentos de distribuição de insumos podem ler as doses em um mapa de recomendação preestabelecido ou determiná-las em tempo real. Nesse último, eles utilizam um sensor para medir algum atributo que se correlacione com o insumo a ser aplicado.



Mapa de recomendação para dosagem de cloreto de potássio

2.3. Entenda o mapa das operações

É utilizado basicamente para monitorar o rendimento operacional e alguns fatores que afetam a qualidade das operações, ou seja, é gerado durante a operação para posterior conferência da eficiência e dos parâmetros desta.

A seguir encontra-se um exemplo de mapa de velocidade de aplicação.

3. Entenda sobre sensoriamento

Sensoriamento é um conjunto de técnicas para a obtenção de informações sobre alvos como a planta e o solo. Sua utilização pode ser aplicada ao monitoramento das lavouras, à geração de indicadores de diagnóstico ou à viabilização das aplicações de insumos em tempo real, sem o uso dos mapas de recomendação previamente gerados. Para isso, buscou-se desenvolver uma série de tipos de sensor e conceitos de sensoriamento aplicados ao manejo das lavouras e à integração das informações de diferentes fontes e níveis em sistemas que permitam a tomada de decisão mais rápida, segura e acessível ao produtor. Pode-se dividir os tipos de sensoriamento em direto e remoto.

- **Sensoriamento direto:** quando o sensor entra em contato com o alvo (solo, planta, fruto etc.). Por exemplo: penetrômetros, sensor de pH etc.



Penetrômetro manual para medir a compactação do solo

- **Sensoriamento remoto:** quando o sensor não entra em contato com o alvo. Por exemplo: imagens aéreas, imagens de satélite, sensor de biomassa etc.



Sensor de biomassa utilizado para medir o vigor das plantas

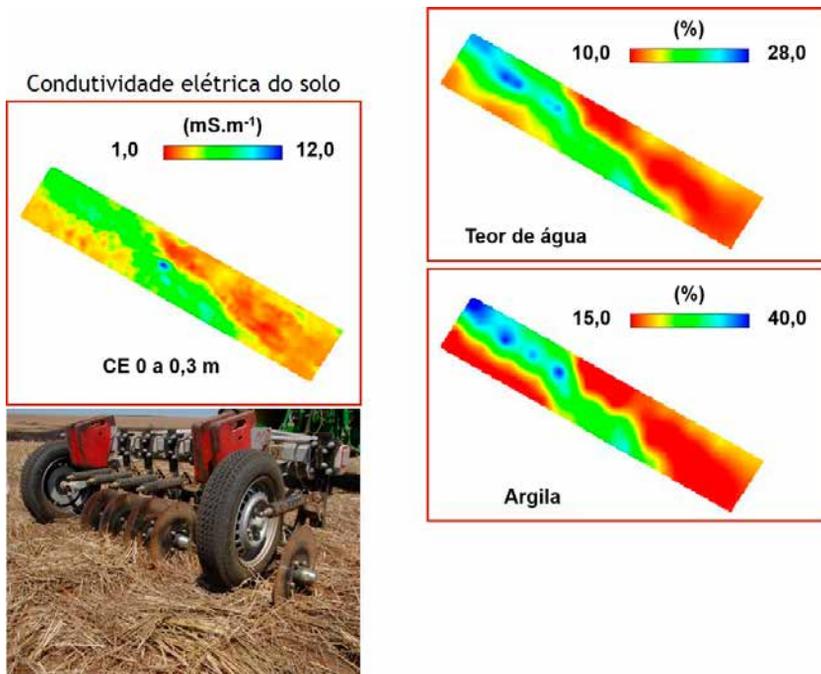
3.1. Conheça alguns tipos de sensor

3.1.1. Sensores de solo

Os sensores de solo são utilizados para coleta dos dados da umidade, da textura, da compactação, da salinidade, dos resíduos da colheita etc. Alguns desses sensores fornecem informações indiretas que se correlacionam ao atributo que se deseja investigar.

Condutividade elétrica do solo

Sensor utilizado para medir de modo indireto a textura do solo, na maioria dos casos. Mede a capacidade do solo de conduzir uma corrente elétrica que é afetada pela disponibilidade de água e esta pela maior ou menor presença de argila. Assim, existe uma relação entre o mapa de condutividade elétrica e a textura de solo.



Equipamento utilizado na leitura da condutividade elétrica do solo

Compactação do solo

Existem diversos meios de mensurar a resistência à penetração ou a compactação do solo. Na agricultura, comumente são utilizados penetrômetros elétricos ou hidráulicos que registram, além da pressão, a profundidade de leitura e a posição geográfica onde foram adquiridos os dados. A quantidade de amostras deve ser baseada no conhecimento da área e em evidências.



Penetrômetro hidráulico, no detalhe, haste do penetrômetro e penetrômetro manual eletrônico

3.1.2. Sensores de plantas

São utilizados para medir alguma característica relacionada à planta. As informações podem auxiliar numa tomada de decisão ou ser utilizadas em equipamentos com aplicação de insumos em tempo real. A maioria dos sensores para este fim utiliza o princípio óptico do sensoriamento remoto, sem contato físico com o alvo.

Clorofilômetros

Têm como finalidade medir indiretamente o teor de clorofila.



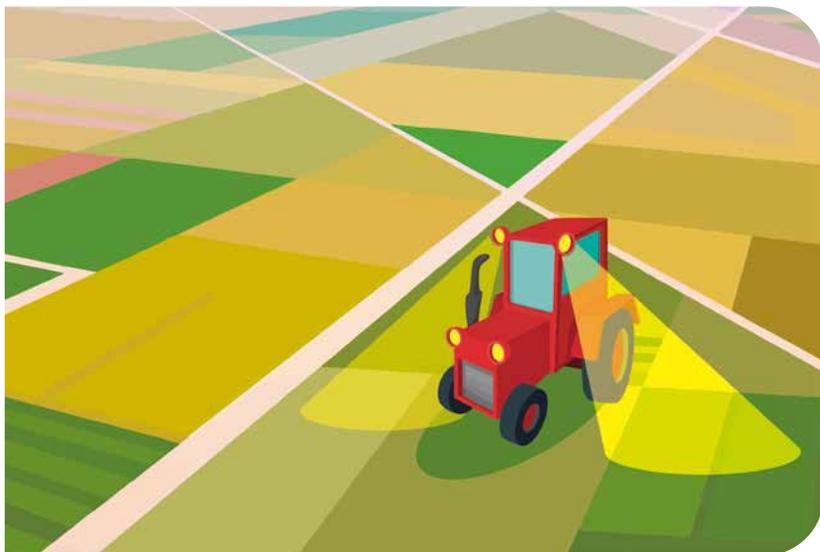
Clorofilômetro manual

Sensores para aplicação de insumos em tempo real

- **Distribuição de fertilizantes**

Embarcados em distribuidores de fertilizantes à taxa variável, calculam um índice de biomassa chamado de NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) que, inseridos em uma curva de calibração preestabelecida para cada situação, determinam a dose de nitrogênio a ser aplicada.

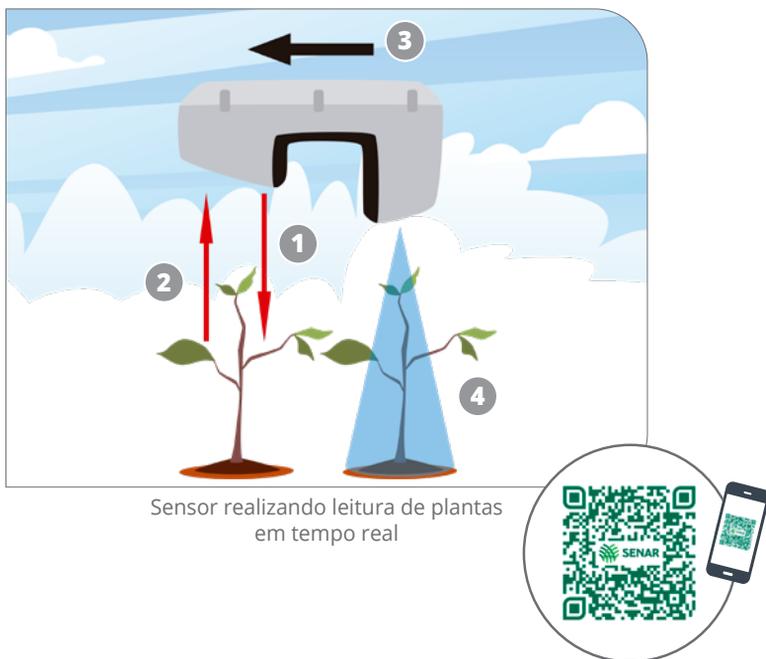
Além disso, repassam essa informação ao atuador do equipamento responsável por distribuir o fertilizante, sem a necessidade de um mapa de recomendação pré-calculado.



Máquina com sensor fazendo leitura em tempo real

• Pulverização de herbicidas

Utilizando também o índice de biomassa NDVI, é capaz de identificar plantas daninhas em uma lavoura dessecada, por exemplo, e aplicar o herbicida, de forma localizada e individualizada, contribuindo para a diminuição de desperdícios e a preservação do meio ambiente.



Sensor realizando leitura de plantas em tempo real

Considerações finais

A Agricultura de precisão tem como objetivo auxiliar o entendimento dos fatores que afetam a produtividade e disponibilizar técnicas e ferramentas para o manejo localizado. O objetivo dessa cartilha é proporcionar um primeiro entendimento sobre as novas tecnologias e ferramentas envolvidas na agricultura para torná-la mais assertiva, ajudando o produtor rural na busca da sustentabilidade econômica e ambiental.

Referências

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

MACHADO, P. L. O. A.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A. **Agricultura de Precisão para o Manejo da Fertilidade do Solo em Sistema de Plantio Direto**. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2004. 209 p.

MOLIN, J. P. **Agricultura de Precisão: O Gerenciamento da Variabilidade**. O Autor, Piracicaba, 2003. 83 p.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Editora UNESP, 2007. 433 p.

NETTO, J. S. M. **Sensoriamento Remoto: Reflectância dos Alvos Naturais**. Brasília, DF: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Máquinas Agrícolas: Tecnologia de Precisão**. Brasília: SENAR, 2012. 76 p.



Formação Profissional Rural

<http://ead.senar.org.br>

SGAN 601 Módulo K
Edifício Antônio Ernesto de Salvo • 1º Andar
Brasília-DF • CEP: 70.830-021
Fone: +55(61) 2109-1300

www.senar.org.br