



**Universidade Federal do Paraná**  
**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu**  
**Agronegócio 4.0**



Airton Luiz Soares  
Andrey Barreto Molinari  
Mariana Agustini da Costa  
Vania Trajano Rowedder

**Sistema Sensorial embarcado em máquinas  
e equipamentos agrícolas para leitura de variáveis do solo como  
nível de compactação, condutividade, PH e NPK.**

**PALOTINA**  
**2023**

Airton Luiz Soares  
Andrey Barreto Molinari  
Mariana Agustini da Costa  
Vania Trajano Rowedder

Sistema Sensorial embarcado em máquinas  
e equipamentos agrícolas para leitura de variáveis do solo como nível de  
compactação, condutividade, PH e NPK.

Monografia apresentada como requisito parcial  
à obtenção do grau de Especialista em  
Agronegócio 4.0, Curso de Pós-graduação Lato  
Sensu, Setor de Palotina, Universidade Federal  
do Paraná.

Orientadores: Prof. Dr. Fernando Deschamps e  
Prof. Dr. Mauricio Guy de Andrade

**PALOTINA**  
**2023**

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo elencar algumas tecnologias digitais disponíveis para o uso no campo contando com a agricultura de precisão, utilizando sensoriamento remoto embarcado em máquinas e equipamentos agrícolas para a coleta de informações referentes as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

Muitos modelos de sensores já estão em uso nessa área, mas com alguns problemas de conexão com a internet, trazendo sua inviabilidade de uso.

Em razão disso, tem-se a disponibilidade de um sensor importado com a possibilidade de reverter este problema.

A ideia é trazer este sensor e formalizar sua adaptação em máquinas e implementos agrícolas já utilizados no manejo das culturas, levantando informações mais rápidas e assertivas em relação as propriedades do solo.

Palavras-chave: Agricultura de precisão. Sensoriamento remoto. Sensor. Implementos agrícolas. Tecnologias.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FIGURA1 – Nuvens de pontos. ....                                                                                                            | 7  |
| FIGURA2 – Identificação de áreas agrícolas no estado do Mato Grosso nos anos de 2006 a 2008 e visão aproximada em duas áreas no estado..... | 8  |
| FIGURA 3 - Sensor de condutividade elétrica, produzido no canada .....                                                                      | 10 |

## CONTEÚDO

|                                                          |                                      |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>1. INTRODUÇÃO E SITUAÇÃO-PROBLEMA.....</b>            | <b>5</b>                             |
| 1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....                               | 5                                    |
| 1.2. PROBLEMA.....                                       | 5                                    |
| 1.3. JUSTIFICATIVA.....                                  | 5                                    |
| 1.4. OBJETIVOS.....                                      | 5                                    |
| <b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>                    | <b>6, 7, 8</b>                       |
| <b>3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA .....</b> | <b>9</b>                             |
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                   | <b>10</b>                            |
| <b>5. CONCLUSÕES .....</b>                               | <b>Erro! Indicador não definido.</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                   | <b>13</b>                            |

## 1. INTRODUÇÃO E SITUAÇÃO-PROBLEMA

Na atualidade, para avaliar e obter parâmetros sobre o solo, o produtor rural ou a empresa terceirizada que fornece o serviço de coleta e geração das informações sobre as propriedades do solo necessita de alguns equipamentos e tempo para a coleta do solo, e esse posteriormente é enviado para avaliação em laboratório.

1.1. O solo coletado é analisado, em grande parte, por laboratórios comerciais. Assim, além do tempo para a entrada com maquinário para coleta, como quadriciclos, ou coleta pelo método do caminhamento que em grandes áreas, podendo levar alguns dias, há também o tempo de espera das análises no laboratório, que podem levar de 5 a 20 dias dependendo da complexidade das análises e da quantidade das amostras.

1.2. Essa demora para se obter as informações, muitas vezes pode atrapalhar no processo de tomada de decisão quanto a quantidade e formulações de aplicação de fertilizantes, gesso agrícola ou calcário agrícola, a serem aplicadas nas áreas ainda em tempo em que não se tem plantio ou colheita da próxima cultura.

1.3. Com a crescente tecnologia em sensoriamento remoto em países desenvolvidos, podemos adaptar nossa realidade com dispositivos, sensores e equipamentos que possam reverter esse problema, trazendo agilidade, segurança e conseqüentemente aumento de produção.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO PARA A SOLUÇÃO

Com o passar dos anos e com a chegada da tecnologia na agricultura surgiu então a agricultura de precisão, e o principal fator que fez com que ela existisse foi o começo do que é chamado de sensoriamento remoto. O sensoriamento remoto é caracterizado pelo levantamento de informações de um determinado alvo sem existir um contacto físico, e na maioria das vezes a longas distancias. As primeiras leituras feitas por sensoriamento remoto foram realizadas através de câmeras acopladas em aeronaves, pipas, balões e foguetes. Hoje em dia, imagens de sensores remotos são obtidas a partir de diversas platafo

mas, como satélites, drones, aeronaves, veículos aéreos não tripulados (VANTs), máquinas agrícolas, quadriciclos etc.

Várias aplicações podem ser abordadas através de Sensoriamento remoto, dentre elas, se destacam: a estimativa da biomassa e produtividade da cultura; o monitoramento de estresse hídrico e do vigor nas plantas e a avaliação do estágio fenológico (BRANDAO, 2009).

Uma das primeiras aplicações dos dados obtidos remotamente tem sido a detecção de diferenças na refletância, relacionadas a densidade da cobertura vegetal. A radiometria espectral é uma das mais importantes áreas do Sensoriamento remoto, podendo ser efetivada por meio de medidas realizadas em laboratório ou em campo. Ela identifica a intensidade com que cada material, seja um tipo de solo, de rocha ou de vegetação, reflete a radiação eletromagnética em diferentes comprimentos de onda do espectro (BRANDAO et al., 2008).

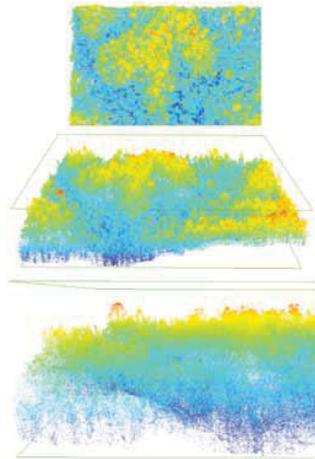
Os sensores podem ser categorizados em: passivos ou ativos. Os sensores passivos registram a energia eletromagnética refletida ou emitida pelo alvo, como a radiação solar refletida ou radiação térmica emitida.

São exemplos de sensores passivos os sensores multiespectrais a bordo de diversos satélites como o *Operational Land Imager* (OLI) a bordo do satélite Landsat 8 e a *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo dos satélites terra e água.

Já os sensores ativos proporcionam fonte própria de energia eletromagnética, como os radares, sonares, sensores ativos de dossel (como o *Crop Circle* e *Greenseeker*) e lidar. Este último sistema (Lidar - *Light Detection and Ranging*) dispara pulsos de laser sobre o terreno e identifica os respectivos retornos, tornando possível

saber com precisão as coordenadas X, Y e Z de pontos no terreno. Isso permite gerar “nuvens de pontos” (Figura 1), que podem ser utilizados para levantamentos topográficos (ZANARDI et al., 2013) e estudos de biomassa em florestas plantadas, (SILVA et al., 2013) e manejo de florestas nativas (ARAUJO et al., 2013).

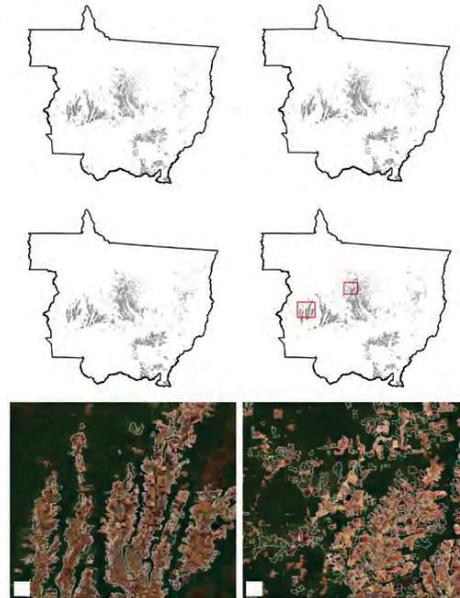
FIGURA1 – Nuvens de pontos.



FONTE: Lidar (2013).

O Sensoriamento remoto é muito utilizado em aplicações de estudos de uso e cobertura de solo e de características de vegetação. No campo da agricultura é realizado estudos e aplicações, como a avaliação no uso e cobertura das terras em diversos locais (QUARTAROLI et al., 2006), a avaliação de parâmetros biofísicos e de evapotranspiração da vegetação (ANDRADE et al., 2009) e estudos da abrangência de áreas agrícolas e de sua dinâmica temporal (Figura 2) (JOHANN et al., 2012; VICTORIA et al., 2012; VICENTE et al., 2012).

FIGURA 2 – Identificação de áreas agrícolas no estado do Mato Grosso nos anos de 2006 a 2008 e visão aproximada em duas áreas no estado.



FONTE: Adaptado de Victoria 2012.

Um fator importante na utilização dessa tecnologia é a variabilidade espacial, que consiste na localização em que o sistema de sensoriamento remoto executou a leitura das informações do alvo. Essa leitura tem coordenadas espaciais realizadas por aplicações geoestatísticas, e depois de armazenadas as coordenadas elas são processadas e tem que ser precisas para que no momento da aplicação de produtos na área a sua precisão seja correta para não haver problemas.

Entre as aplicações da geoestatística voltadas para prover informações em suporte da agricultura estão a caracterização e a modelagem espacial e temporal, das quais resultam a produção de mapas precisos para bases de informação da área de produção (McBRATNEY et al., 2005).

Grandes fazendas encontram-se cercada pelo sensoriamento remoto nos dias de hoje, utilizando tecnologias de rastreamento e pilotos automáticos bem como a utilização de antenas RTK com banda paga para uma boa precisão, para a melhor desempenho desses sensores na leitura das variáveis do solo.

### 3. PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A ideia de solução é a utilização do sensoriamento remoto embarcado em máquinas e equipamentos agrícolas, com objetivo de coletar análises e diagnósticos das variáveis do solo, fornecendo dados e parâmetros de fertilidade, além de características físicas e químicas. A tecnologia permite a substituição do modelo tradicional, trazendo rapidez e precisão na recomendação de adubação e calagem. Favorecendo a redução do custo final, e por consequência, reduzir a emissão de gases poluentes.

Ao realizar operações com o maquinário agrícola, este fará a coleta e envio de dados para o monitor da máquina, e abastecerá uma central de dados na sede. A inclusão da tecnologia na máquina diminui o tempo e o número de visitas na área para a coleta de solo e posterior tomada de decisão. Com a interpretação da análise do solo gerada por IA (Inteligência Artificial), utilizando o banco de dados gerado pelo IBRA (Instituto Brasileiro de Análises), o erro é minimizado e a precisão é garantida.

Com foco no agricultor, e na disponibilização de sensores, a tecnologia dá autonomia ao usuário. Essa autonomia permite a redução de custos e acelera a resposta para tomada de decisão. Com a geração de dados pela utilização da tecnologia, o agricultor terá sua monetização garantida pela gestão dos dados e resposta em tempo real por meio de mapas de agricultura de precisão.

A rapidez na tomada de decisão quando pensamos no panorama geral da produção agrícola é extremamente importante, uma vez que as aplicações e manejos agrícolas são amplamente afetados pelas condições climáticas e esse tempo influencia em toda a cadeia subsequente de produção. Entretanto, o grande fator que dita o ritmo do agricultor, é a produção focando a lucratividade final, ou seja, a produção de qualidade com custo reduzido, visando o lucro e rentabilidade real da safra.

A forma como se pretende incorporar a tecnologia no mercado é por meio da divulgação inicial que será por meio das mídias sociais, iniciando o contato com o mercado. Simultaneamente a divulgação por meio de placas de anúncio em áreas rurais. Após essa etapa inicial, a demonstração em feiras agrícolas e por meio de palestras darão sequência no contato do mercado com os produtos. Além da parceria com pequenas empresas vendedoras de fertilizantes, para a divulgação e apresentação do produto. Com a visualização dos sensores e das máquinas em alta deve-se então focar em ampliar o mercado e expandir a divulgação nas mídias sociais.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A forma convencional de coleta de solo como ainda vem sendo amplamente utilizada na atualidade encontra-se de certa forma obsoleta, ela funciona, porém com resultados as vezes errôneos ou sem uma assertividade. O Sensoriamento remoto evita problemas, como falta de homogeneidade, falta de leituras em pontos específicos ou perda de localização do espaço e tempo com a informação da análise.

Então é apresentado como resultado a implementação do sensor respectivamente mencionado. Este sensor de indução eletromagnética (figura 3) serve para a leitura do solo e que por vez é acoplado em equipamentos agrícolas, como tratores, colheitadeiras e implementos que serão utilizados em algum trabalho efetuado na propriedade ou área que se deseja fazer a análise.

Esse sistema se resume em ser acoplado na máquina para leitura de pontos de coleta de informações do solo e em seguida gerar o mapa. Monitora até 1 metro de profundidade. Gera relatórios de compactação para possível uso de escarificadores.

FIGURA 3 – Sensor de condutividade elétrica, produzido no canada.



FONTE: Revista cultivar

A alternativa que gerou a necessidade de utilização surgiu da dificuldade de qualidade de amostragem de grandes áreas, onde os problemas de custo, no caso das grades menores, e da imprecisão, no caso das grades com menor resolução, pelo espaçamento dos pontos.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com a introdução do sensor para o monitoramento do solo com a possibilidade de geração das informações das propriedades do solo relacionado aos sistemas de produção agrícola permitiu a identificação de áreas homogêneas e conseqüentemente a aplicação dos produtos específicos como adubação, calagem ou insumos e manejos localizados. Auxiliando de forma rápida e eficaz na tomada de decisão do agricultor.

Dessa forma o agricultor tem em suas mãos a possibilidade de ter em tempos real as informações reais das propriedades do solo, podendo agir de forma adequada quanto ao seu manejo. Essa tecnologia embarcada também poderá ser em breve utilizada para fins de leitura de vegetação, sendo o sensor acoplado a drones ou autopropelidos que ao efetuarem aplicações de defensivos, estarem realizando a leitura da biomassa das lavouras, trazendo resultados de análises como índice de vegetação, doenças da folha, manejo integrado de pragas e doenças dos talos e galhos. Essa tecnologia ainda em estudo pode já ser uma realidade em breve.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, R. G.; BATISTELLA, M.; VICTORIA, D. C.; BARBOSA, R. A.; PAZ, A. R. **Uso de técnicas de sensoriamento remoto no mapeamento da evapotranspiração de pastagens**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2009. P 44.

BRANDAO, Z. N. **Estimativa da produtividade e estado nutricional da cultura do algodão irrigado via técnicas de sensoriamento remoto**. 2009. 152 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) -Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

BRANDAO, Z. N.; BEZERRA, M. V. C.; FREIRE, E. C.; SILVA, B. B. Agricultura de precisão para gerenciamento do algodão. In: AZEVEDO, D. M. P.; BELTRAO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 1309 p. cap. 20. v. 2.

JOHANN, J. A.; ROCHA, J. V.; DUFT, D. G.; LAMPARELLI, R. A. C. Estimation of summer crop areas in the state of Parana, Brazil, using multitemporal EVI/Modis images. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, p. 1270-1278, 2012.

MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T.; BOUMA, J. Future directions of Precision Agriculture. **Precision Agriculture**, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005.

SILVA, C. A.; KLAUBERG, C.; HUDAK, A.; LIEBERMANN, R.; CARVALHO, S. P. C.; RODRIGUEZ, L. C. E. Utilização da tecnologia LiDAR para estimação da biomassa florestal em povoamentos de Eucalyptus sp. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Jose dos Campos: INPE, 2013.

VICTORIA, D. C.; PAZ, A. R.; COUTINHO, A. C.; KASTENS, J.; BROWN, J. C. Cropland area estimates using Modis NDVI time series in the state of Mato Grosso, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270-1278, 2012.

VICENTE, L. E.; GOMES, D.; VICTORIA, D. C.; GARCON, E. A. M.; BOLFE, E. L.; ANDRADE, R. G.; SILVA, G. B. S. NDVI temporal series from the SPOT Vegetation sensor and SAM algorithm applied to sugarcane mapping. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1270-1278, 2012.

ZANARDI, R. P.; SCHNEIDER, A. H.; SALOMONI, T. R.; SALOMONI, C. S.; REISS, M. L. L. Validação da qualidade do perfilamento a LASER aerotransportado da cidade de Porto Alegre. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** São Jose dos Campos: INPE, 2013.