
UTILIZAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO NA AGRICULTURA DE PRECISÃO: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

SILVA, Samuel Ferreira da¹
MENDES, Danilo Ferreira²
FERRARI, Jéferson Luiz³
SOUSA, Elias Fernandes de⁴
GARCIA, Ricardo Ferreira⁴
SANTOS, Alexandre Rosa dos⁴

Recebido em: 2013.11.17

Aprovado em: 2014.12.09

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.1008

RESUMO: Este estudo teve por objetivo analisar a produção científica sobre a utilização do sensoriamento remoto na agricultura de precisão, desenvolvida por autores vinculados a instituições brasileiras, com base numa ampla compilação de artigos científicos. Adotou-se como metodologia de pesquisa a análise bibliométrica e, a partir dela, relacionaram-se os resultados obtidos às dimensões espacial, temporal, institucional e temática da pesquisa brasileira nesta área. Os resultados evidenciam que, apesar de recente, o sensoriamento remoto vem contribuindo para o manejo da agricultura a sítio específico, estando à produção científica concentrada, principalmente, nas instituições das regiões Sudeste e Sul do Brasil. A maior frequência de uso dessa geotecnologia tem ocorrido no nível terrestre, o que permite o aprimoramento e lançamento de novos sistemas sensores comerciais. Verificou-se que as diferenças nas abordagens variam em função das técnicas empregadas. Enquanto que no sensoriamento remoto terrestre o enfoque está na caracterização do comportamento espectral de solos e de plantas, no sensoriamento remoto orbital a contribuição está nas estimativas de variações espaciais e/ou temporais de áreas cultivadas e de produtividades, condições importantes para a previsão de safras agrícolas.

Palavras-chave: Sensor. Manejo localizado. Análise documentária

USE OF REMOTE SENSING IN PRECISION AGRICULTURE: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

SUMMARY: This study aimed to examine the scientific literature on the use of remote sensing in precision agriculture that was developed by authors from institutions in Brazil, based on an extensive compilation of published scientific articles on the topic. It was adopted as a research methodology the bibliometric analysis, and from it, the results were related to the spatial, temporal, institutional and thematic dimensions of Brazilian research in this area. The survey results show that, although recent, remote sensing has been contributing to the management of the site-specific farming, with the scientific production concentrated mainly in the institutions of the Southeast and South regions of Brazil. The highest frequency of geotechnology use occurs at the ground level of remote sensing, allowing the improvement and introduction of new sensor systems business. Moreover, it was found that the differences in approaches or research questions vary depending on the techniques used. While in the terrestrial remote sensing the approach is to characterize the spectral behavior of soils and plants, in orbital remote sensing, the contribution is focused on the estimation of cultivated areas and productivity, important conditions for the crops yields predicting.

Keywords: Sensor. Localized management. Bibliometric

¹ Doutorando em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo – UFES - Centro de Ciências Agrárias - Departamento de Engenharia Rural

² Graduando em Tecnologia em Cafeicultura pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES - Campus de Alegre - Departamento de Desenvolvimento Educacional

³ Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - IFES - Campus de Alegre - Departamento de Desenvolvimento Educacional

⁴ Professor Associado da Universidade Estadual Norte Fluminense - UENF/LEAG - Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias

INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto é definido como a tecnologia que permite obter dados da superfície terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (ROSA, 2005; FLORENZANO, 2007). Dependendo da localização dos sistemas sensores, Moreira (2007) explica que o processo de aquisição de dados espectrais pode ser feito em três níveis: terrestre, se estiverem instalados em mastros ou dentro de laboratórios; suborbital, geralmente em aeronaves; e orbital, onde se empregam os satélites não tripulados e/ou balões.

Liu (2007) e Jensen (2010) apresentam uma série de aplicações do sensoriamento remoto que vão desde o estudo de ambientes naturais e transformados e o monitoramento de fenômenos ambientais, até a previsão de safras agrícolas; destacam inclusive que o sensoriamento remoto é uma ferramenta que tem também um grande potencial de uso no manejo de sistema de agricultura de precisão, sistema que, segundo Molin (2004), tem como elemento-chave o gerenciamento da variabilidade espacial e temporal da produção e dos fatores nela envolvidos.

Dentre as definições mais comumente encontradas na literatura brasileira sobre “Agricultura de Precisão” - “AP”, além daquelas explicitadas nas revisões bibliográficas realizadas por Molin (1997a e 1977b) e Tschiedel e Ferreira (2002), destacam-se as de Dallmeyer e Schlosser (1999), Balastreire (2000), Lamparelli *et al.*(2001), Umezu e Cappelli (2006) entre outras. Todas essas definições têm vários pontos comuns que, quando analisadas em conjunto, possibilitam uma visão mais completa da “AP” que não seja apenas, aquela limitada ao uso de equipamentos e tecnologias avançadas por parte dos grandes produtores, mas também como um modo de pensar ou abordar o sistema de produção (CERQUEIRA *et al.*, 2009).

A organização e a democratização do conhecimento gerado pelos diferentes agentes e atores que utilizam ou investigam o ferramental da AP pode contribuir para que esta seja cada vez mais praticada, eficiente, competitiva e sustentável. Assim, este trabalho tem o objetivo de analisar a produção científica brasileira publicada sobre a utilização do sensoriamento remoto na agricultura de precisão. Objetivou-se com a realização do presente trabalho analisar a produção científica sobre a utilização do sensoriamento remoto na agricultura de precisão, desenvolvida por autores vinculados a instituições brasileiras, com base numa ampla compilação de artigos científicos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Adotou-se como metodologia de pesquisa a análise bibliométrica, que, segundo Araújo (2006), é uma técnica quantitativa e estatística que permite mapear e gerar diferentes indicadores de tratamento e gestão da informação e do conhecimento científico. Foram consultados inúmeros periódicos nacionais (Tabela 1), sendo selecionados os que apresentavam um maior número de artigos que obedeciam aos seguintes critérios: a) o uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão ser tema central e não acessório na definição dos objetivos do trabalho publicado; b) algum dos autores do artigo possuir vínculo com instituições de ensino ou pesquisa brasileiras, c) o periódico ser indexado em alguma base de dados, como a AGRICOLA, AGRIS, AGROBASE, BIOSIS, CAB, CAPES, SCIELO ou SCOPUS.

Tabela 1. Periódicos consultados na análise bibliométrica do uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão

Nome do periódico	ISSN	Período
Acta Scientiarum - Agronomy	1679-9275	1998-2014
Bragantia	0006-8705	1941-2014
Ciência Rural	0103-8478	1995-2014
Engenharia Agrícola	0100-6916	2004-2014
Engenharia na Agricultura	1414-3984	2008-2014
Pesquisa Agropecuária Brasileira	0100-204X	1992-2014
Revista Brasileira de Ciência do solo	0100-0683	2003-2014
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental	1415-4366	1997-2014
Scientia agricola	0103-9016	1992-2014

A análise bibliométrica empregada foi subdividida nas seguintes etapas: 1) pesquisa bibliográfica, seleção e cadastramento dos artigos; 2) classificação dos artigos selecionados; e 3) cruzamento dos dados, geração e análise das informações.

A seleção dos artigos, inicialmente, foi embasada pela busca nos periódicos por palavras como sensoriamento remoto, visão artificial, agricultura de precisão, sensor, remote sensing, image vision, precision agriculture e sensor. Uma vez constatado que os artigos selecionados atendiam aos critérios supracitados, este era então cadastrado por meio de uma planilha construída no Microsoft Office Excel®, versão 2007. Este procedimento teve como intuito o armazenamento dos dados contidos nos artigos, necessários para a caracterização dos elementos bibliográficos como o nome do periódico, o ano de publicação, a autoria, título do artigo, etc.

Procurou-se classificar os artigos selecionados em função de linhas temáticas quanto à técnica utilizada (sensoriamento terrestre, suborbital ou orbital) e quanto ao problema estudado (caracterização de solos e seus atributos, caracterização de plantas e seus atributos, estimativas de variações espaciais e/ou temporais de áreas cultivadas e de produtividades, e zonas de manejo).

Na última etapa metodológica, os dados foram organizados em gráficos, tabelas e mapas visando facilitar as análises de distribuição de frequência de publicações quanto às suas dimensões espacial, temporal, institucional e temática. Os dados referentes ao ano foram estruturados pelos períodos: antes de 2000, entre 2001 a 2005 e de 2006 a 2014. Os mapeamentos temáticos foram gerados no aplicativo computacional ArcGIS 9.3® (ESRI, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de artigos selecionados em função dos periódicos consultados é apresentado na Tabela 2. Os dados indicam que o periódico Engenharia Agrícola teve o maior número de publicações, com 21 artigos totalizados. Todavia, o pioneirismo na divulgação de artigos sobre o uso do sensoriamento remoto voltado para a discriminação de variáveis de interesse na agricultura de precisão, é atribuído aos periódicos Scientia Agrícola, [Acta Scientiarum - Agronomy](#) e [Pesquisa Agropecuária Brasileira](#), com trabalhos publicados antes do ano de 2000. Destaca-se que apesar do periódico Bragantia ter o maior período de atividade entre eles (73 anos), este só começa a ter artigos publicados nesta linha a partir do ano de 2002.

Tabela 2. Evolução do número de artigos sobre utilização do sensoriamento remoto na agricultura de precisão nos periódicos nacionais consultados

Periódicos	Períodos			Total
	Antes de 2000	2001 a 2005	2006 a 2014	
Acta Scientiarum - Agronomy	1	1	5	7
Bragantia		4	6	10
Ciência rural		1	12	13
Engenharia Agrícola		4	17	21
Engenharia na Agricultura			6	6
Pesquisa Agropecuária Brasileira	2	3	11	16
Revista Brasileira de Ciência do solo		3	11	14
Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental		8	8	16
Scientia Agricola	1	1	4	6
Total	4	25	80	109

Ao analisar as instituições sedes de pesquisas focadas no uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão, bem como suas parcerias mais frequentes (Tabela 3), verifica-se que a pesquisa brasileira nesta área é recente, mas demonstra grande potencial de desenvolvimento pela expressiva participação de várias instituições.

Inicialmente, ao observar as instituições que foram autoras principais, nota-se que cinco instituições se destacam com maior número de publicações, representado juntas cerca de 50% do total (96 artigos). Em ordem decrescente assim se apresentam: ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (15 artigos ou 15,6%), INPE – Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais (11 artigos ou 11,4%), UFSM – Universidade Federal de Santa Maria (9 artigos ou 9,3%), UFV – Universidade Federal de Viçosa (7 artigos ou 7,3%) e UFRGS – Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul (6 artigos ou 6,2%). Todavia, é notável a polarização institucional da pesquisa por meio de parcerias tanto no formato intra-regional como inter-regional.

Tabela 3. Principais instituições brasileiras com pesquisas sobre uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão **(Continua)**

Instituições	Períodos			Total
	Antes de 2000	2001a 2005	2006 a 2014	
CARGILL, INPE e USP			1	1
CATI/SP E ESALQ/USP			2	2
EAFI/MG e ESALQ/USP		1		1
EMBRAPA	1	1		2
ESALQ/SP, UEMA/PR e INPE			1	1
ESALQ/SP	2	5	8	15
ESALQ/SP e INPE		2		2
FCA, UNESP e ESALQ/USP		1		1
FEAGRI/UNICAMP			1	1
IAC e UEMA/PR	1			1
IAC		1		1
INPE		3	8	11
INPE e ESALQ/USP		1	1	2
INPE e IAPAR/PR			2	2
INPE e UFV			1	1
INPE, IAC e UNITAU/SP		1		1
INPE, UFPEL/, IAPAR/PR			1	1
UEMA/PR e ESALQ/SP			2	2
UENF/RJ			1	1
UFES/ES			2	2
UFES/ES e INPE			1	1
UFLA/MG e UNICAMP/SP			1	1
UFPB/PB		1		1
UFPE/PE			1	1
UFPR/PR			1	1
UFRGS/RS			6	6
UFRN/RN e UFPE/PE		1		1
UFRPE/PE, UFGO/GO e ESALQ/USP			1	1
UFRRJ/RJ			1	1
UFRRJ/RJ e UFV/MG		1		1
UFSM/RS		1	8	9
UFUberlândia/MG e UFV/MG			1	1
UFV/MG		1	6	7
UFV/MG, UFGO/GO e UFRRJ/RJ			1	1
UFV/MG e EMBRAPA		2		2

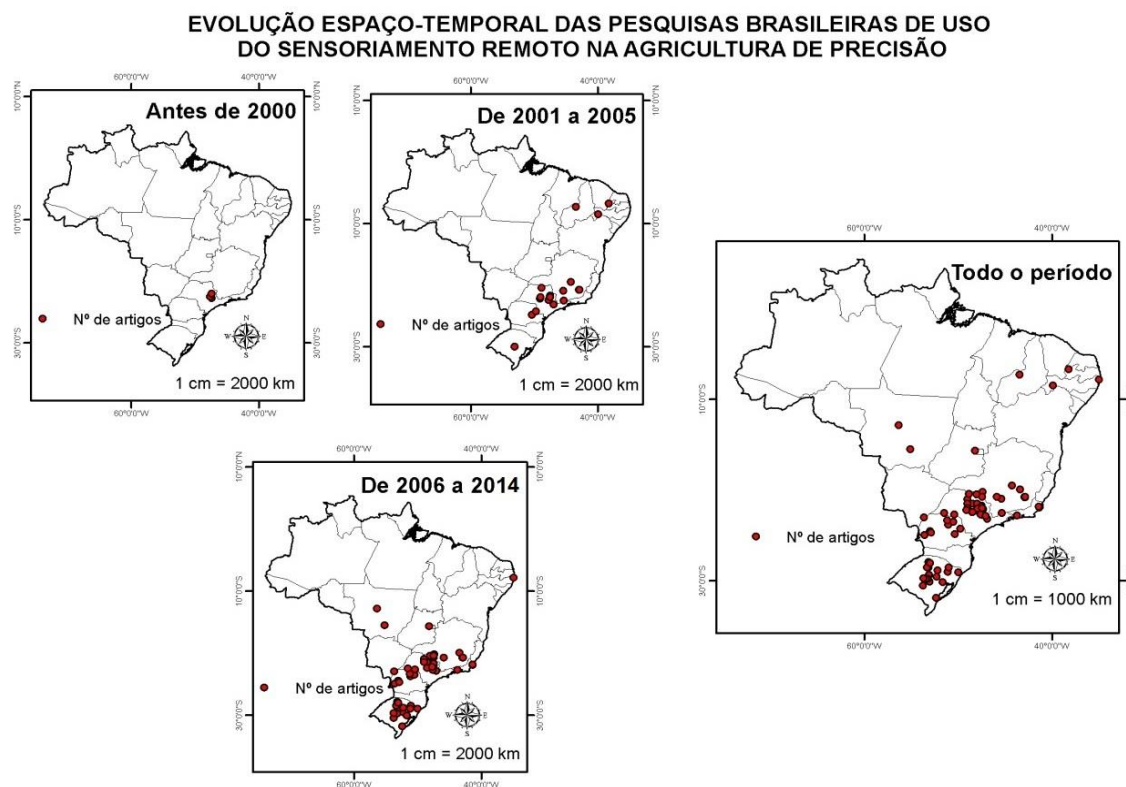
Tabela 3. Principais instituições brasileiras com pesquisas sobre uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão **(Conclusão)**

Instituições	Períodos			Total
	Antes de 2000	2001a 2005	2006 a 2014	
UNB/DF			1	1
UNICAMP/SP			2	2
UNICAMP/SP, INPE e UFPEL/RS			1	1
UNICENTRO/SP e ESALQ/SP			1	1
UNIOESTE/PR e UNICAMP/SP			3	3
UNIOESTE/PR		1		1
UNIOESTE/PR e ARS/USDA (EUA)		1		1
Total	4	25	67	96

Pode-se dizer que a origem dos primeiros registros de pesquisa ocorreu no estado de São Paulo, cujas autorias institucionais foram representadas pelo IAC – Instituto Agrônomo de Campinas e pela ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” como demonstrado na Figura 1. Os artigos abordaram fatores como potencialidades e restrições do uso agrícola, mapeamentos e comportamentos espectrais distintos de solo.

Constata-se que, a partir da virada do milênio, é que ocorreu o maior aumento do número de publicações, onde a produção científica nesta área passou a ser realizada também por outras instituições como comprovado na Tabela 3. A participação de instituições da região Sul do País, como a UNIOESTE do estado do Paraná, UFSM - Universidade Federal de Santa Maria e UFRGS - Universidade Federal Rural do Rio Grande do Sul, materializam desta forma, os dois pólos geográficos de maior produção quantitativa de pesquisa brasileira do uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão.

Figura 1. Distribuição espaço-temporal da produção de artigos sobre utilização do sensoriamento remoto na agricultura de precisão



Esta particularidade de organização dessas instituições no sentido de procurar parcerias justifica-se não apenas pelo quesito proximidade, mas também devido à afinidade temática. Sem o caráter excluyente, o que foi observado nesta parte da análise é que há áreas temáticas nas quais as instituições são mais atuantes ou pelo menos figuraram mais, é o exemplo da ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” com atuação no estudo do comportamento espectral dos solos e de tecnologias relacionada à definição de zonas de manejo, e do INPE – Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais com estudos voltados para o comportamento espectral de vegetais e estimativas de áreas cultivadas e de produtividade das culturas.

O resultado do cadastro temático por técnica e problema estudado é apresentado na Tabela 4. Verifica-se que, no geral, em relação às técnicas empregadas, 43,6% das pesquisas foram realizadas, em sua maioria, utilizando o sensoriamento remoto terrestre. A utilização do sensoriamento orbital alcançou um valor considerável de 42,9%, seguido por um pequeno emprego do sensoriamento suborbital de 4,0%. Constatou-se ainda a integração entre níveis orbital/terrestre (4,5%) e entre orbital/suborbital (5%).

O uso de sistemas sensores em nível terrestre é, sem dúvida, muito importante para entender o comportamento espectral dos alvos de interesse. Segundo Moreira (2007), o fato de as medidas serem feitas a curta distância e em pequenas áreas amostrais permite que os resultados obtidos retratem, com maior fidelidade, aquilo que se quer investigar, contribuindo desta forma, para gerações de novos sistemas sensores comerciais. Notou-se que de um total de 39 artigos, 55% usaram sensores, 34% câmeras digitais ou sensores fotográficos, 8% espectrômetros e apenas 3% usaram scanner (sistema não-fotográfico), também conhecido como radiômetro imageador.

Tabela 4. Resultado do cadastro temático indicando o número de artigos em cada técnica e problema estudado

Técnicas	Problemas estudados	Períodos			Total	Porcentagem (%)
		Antes de 2000	2001a 2005	2006 a 2014		
Terrestre	Solos e seus atributos	2	5	8	15	15,6
	Plantas e seus atributos		3	10	13	13,5
	Estimativas de área e produtividade		2	3	5	5,2
	Zonas de manejo		6	3	9	9,3
Subtotal					42	43,6
Suborbital	Solos e seus atributos			1	1	1,0
	Plantas e seus atributos				1	1,0
	Estimativas de área e produtividade				1	1,0
	Zonas de manejo				1	1,0
Subtotal				4	4,0	
Orbital	Solos e seus atributos		1	2	3	3,0
	Plantas e seus atributos		2	11	13	13,5
	Estimativas de área e produtividade		2	15	17	17,7
	Zonas de manejo	1	1	6	8	8,3
Subtotal				41	42,9	
Orbital e Terrestre	Solos e seus atributos		1	3	4	4,5
	Plantas e seus atributos					
	Estimativas de área e produtividade					
	Zonas de manejo					
Subtotal				4	4,5	
Orbital e Suborbital	Solos e seus atributos	1		4	5	5,0
	Plantas e seus atributos					
	Estimativas de área e produtividade					
	Zonas de manejo					
Subtotal				5	5,0	
Total		4	23	66	96	100

No que se refere ao sensoriamento suborbital, apesar de sua baixa frequência de uso, foi registrado que além do sensor fotográfico, a videografia aérea multiespectral já está sendo experimentada na determinação de zonas de manejo em áreas que possuem uma nítida variabilidade espacial. Araujo *et al.* (2005), por exemplo, trabalhando com esta metodologia concluíram que as imagens obtidas por meio de videografia aérea multiespectral podem gerar relações significativas com as produtividades de grãos de trigo e soja. Medeiros *et al.* (2008), ao acoplarem equipamentos eletrônicos (câmera videográfica +

um data link + GPS + equipamento Overlay) a um Veículo Aéreo Não-Tripulado – VANT demonstraram a possibilidade de discriminação de áreas com falhas de semeadura, de germinação e com infestação de plantas indesejáveis.

Ao computar o número de artigos desenvolvidos com a técnica do sensoriamento remoto orbital, comprovou-se que, além das estimativas de áreas plantadas e de produtividade, as imagens obtidas por sensores a bordo de satélites têm também demonstrado um grande potencial para monitorar ou detectar variabilidades espaciais e temporais de propriedades físico-química de solos (GENÚ; DEMATTÊ, 2010), parâmetros meteorológicos (SANTOS *et al.*, 2010), biofísicos (GURLER; FORMAGGIO, 2008; RAMIREZ; ZULLO JÚNIOR, 2010), mudanças fenológicas em culturas (RAMME *et al.*, 2010) etc. Os sensores mais utilizados foram os sensores TM e ETM+ acoplados nas plataformas orbitais do Landsat 5 e Landsat 7, respectivamente; e o sensor MODIS a bordo do satélite Earth Observing System-EOS-AM (Terra). As culturas mais estudadas foram aquelas que são manejadas em grandes áreas como soja e cana-de-açúcar, trigo, arroz, citros, e café.

A pesquisa revelou diferenças de abordagem temática por técnica de sensoriamento (Tabela 4). Dentro do nível terrestre, por exemplo, 33% das publicações estiveram voltadas para estudos como a discriminação de deficiência de nitrogênio em feijoeiros (BAESSO *et al.*, 2007), em trigo (SENA JÚNIOR *et al.*, 2008), em algodoeiro (MOTOMYA *et al.*, 2009) etc; enquanto que outros 33% procuraram discriminar as variações espaciais e temporais das propriedades físicas e químicas do solo. Outros trabalhos de importância na área que afirmam esses resultados foram desenvolvidos por Demattê *et al.* (2005) e Fiorio *et al.* (2010).

Destaca-se o interesse de alguns pesquisadores pelo aprimoramento de tecnologias voltadas para a otimização do manejo em zonas específicas (21%), como pode ser observado nos trabalhos de otimização de processamento de imagens realizados por Sena Junior *et al.* (2001) e Firveda *et al.* (2002), e de controle de deslocamento de máquinas agrícolas conduzidos por Molin *et al.* (2005).

Já no sensoriamento remoto em nível orbital, 42% das pesquisas foram baseadas nas estimativas de áreas agrícolas e de produtividade de culturas, condições fundamentais para a tarefa de previsão de safras agrícolas. Atualmente, apenas algumas culturas agrícolas podem ser efetivamente monitoradas através desta tecnologia. São aquelas, como já destacadas, que ocupam maiores áreas. Não por acaso, as espécies vegetais pertencentes a esse grupo são também aquelas que têm alto interesse econômico e são responsáveis pela geração de um grande número de empregos ao longo de sua cadeia produtiva. Entre os trabalhos realizados, citam-se os artigos de Rizzi *et al.* (2006); Rudorff *et al.* (2007); Picoli *et al.* (2009); Mercante *et al.* (2010) entre outros.

CONCLUSÃO

O uso do sensoriamento remoto na agricultura de precisão brasileira é recente. Atualmente, a maior produção da pesquisa está concentrada em instituições da região Sudeste e Sul do País.

A maior frequência de uso desta geotecnologia ocorre no nível do sensoriamento remoto terrestre, com enfoque na caracterização espectral de solos e de plantas.

No sensoriamento remoto orbital, a contribuição está direcionada, principalmente, para as estimativas de áreas cultivadas e de produtividades das culturas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, C. A. Bibliometria: Evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v.12, p.11-32, 2006.
- ARAÚJO, J. C.; VETTORAZZI, C. A.; MOLIN, J. P. Estimativa da produtividade e determinação de zonas de manejo, em culturas de grãos, por meio de videografia aérea multiespectral. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.437-447, 2005.
- BAESSO, M. M.et al. Determinação do “status” nutricional de nitrogênio no feijoeiro utilizando imagens digitais coloridas. **Engenharia Agrícola**, v.27, p.520-528, 2007.
- BALASTREIRE, L. A. **O Estado-da-Arte da agricultura de precisão no Brasil**. Piracicaba: O autor, 2000. 227p.
- CERQUEIRA, E. S. A.et al. Sistema de acompanhamento de atividades para pequenos produtores realizarem o manejo localizado. **Engenharia na Agricultura**, v.17, p.431-437, 2009.
- DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F. Mecanización para la agricultura de precisión. In: BLU, R. O.; MOLINA, L. F. (org.). **Agricultura de precisión: introducción al manejo sitio-específico**. Chillán: INIA e Cargill Chile, 1999. cap.3, 128p.
- DEMATTE, J. A. M.et al. Variações espectrais em solos submetidos à aplicação de torta de filtro. **Revista Brasileira de Ciência**, v.20, p.317-326, 2005.
- ESRI - Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS professional GIS for the desktop, versão 9.3**. 2008.
- FIORIO, P. R.et al. Diferenciação espectral de solos utilizando dados obtidos em laboratório e por sensor orbital. **Bragantia**, v.69, p.453-466, 2010.
- FIVERDA, M. C.et al. Uso de software para análise de imagem em avaliação da cobertura de pulverização. **Bragantia**, v.61, p.305-310, 2002.
- FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2.ed. 2007. 101p.
- GENÚ, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M. Informações espectro eletromagnéticas e topográficas na determinação de teores de componentes do solo. **Bragantia**, v.69, p.157-164, 2010.
- GURTLER, I. D. S. S.; FORMAGGIO, A. R. Discriminação de variedades de citros em imagens CCD/CEBERS-2. **Ciência Rural**, v.38, p.103-108, 2008.
- LIU, W. T. **Aplicações de sensoriamento remoto**. Campo Grande: UNIDERP. 2007. 865p.
- JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. Tradução de Epiphany, J.C. N. (Coordenador)...[et al.]. São José dos Campos, SP: Parênteses. 2010. 598p.
- LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: Fundamentos e aplicações**. Guaíba: Guaíba Agropecuária. 2001. 118p.
- MEDEIROS, F. A.et al. Utilização de um veículo não-tripulado em atividades de imageamento georreferenciado. **Ciência Rural**, v.38, p.2375-2378, 2008.

MERCANTE, E. et al. Modelos de regressão lineares para estimativa de produtividade da soja no Oeste do Paraná, utilizando dados espectrais. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.504-517, 2010.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte I: O que é e o estado da arte em sensoriamento remoto. **Revista Engenharia Agrícola**, v.17, p.97-107, 1997a.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão. Parte II: diagnóstico, aplicação localizada e considerações econômicas. **Revista Engenharia Agrícola**, v.17, p.108-121, 1997b.

MOLIN, J. P. Agricultura de precisão e seus poucos anos de história. **Revista Campo Aberto**, Edição de maio, p.12-16, 2004.

MOLIN, J. P. et al. Análise comparativa de sensores de velocidade de deslocamento em função da superfície. **Engenharia Agrícola**, v.25, p.768-773, 2005.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. Viçosa: UFV. 3.ed., 2007. 320p.

MOTOMIYA, A. V.; MOLIN, J. P.; CHIAVEGATO, E. J. Utilização de sensor óptico ativo para detectar deficiência foliar de nitrogênio em algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.137-145, 2009.

PICOLLI, M. C. A. et al. Índice de vegetação do sensor MODIS na estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar. **Bragantia**, v.68, p.789-795, 2009.

RAMIREZ, G. M.; ZULLO JÚNIOR, J. Estimativa de parâmetros de plantios de café a partir de imagens orbitais de alta resolução espacial. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.468-479, 2010.

RAMME, F. L. P.; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V. Perfis temporais NDVI, na cana-soca, de maturação tardia. **Engenharia Agrícola**, v.30, p.480-494, 2010.

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T.; ADAMI, M. Estimativa da área de soja no Estado do Rio Grande do Sul por um método de amostragem. **Ciência Rural**, v.36, p.30-35, 2006.

ROSA, R. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, p.81-90, 2005.

RUDORFF, C. M. et al. Superfície de resposta espectro-temporal de imagens do sensor MODIS para classificação de área de soja no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.37, p.118-125, 2007.

SANTOS, T. V.; FONTANA, D. C.; ALVES, R. C. M. Avaliação de fluxos de calor e evapotranspiração pelo método SEBAL com uso de dados do senso ASTER. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.45, p.488-496, 2010.

SENA JÚNIOR, D. G. et al. Algoritmo para classificação de plantas de milho atacadas pela lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*, Smith) em imagens digitais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.5, p.502-509, 2001.

SENA JÚNIOR, D. G. et al. Discriminação entre estágios nutricionais na cultura do trigo com técnicas de visão artificial e medidor portátil de clorofila. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.187-195, 2008.

TSCHIEDEL, M.; FERREIRA, M. F. Introdução à agricultura de precisão: Conceitos e vantagens. **Ciência Rural**, v.32, p.159-163, 2002.

UMEZU, C. K.; CAPPELLI, N. L. Desenvolvimento e avaliação de um controlador eletrônico para equipamentos de aplicação de insumos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.187-195, 2006.

