

REVISÃO DE LITERATURA

AS GEOTECNOLOGIAS E O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO: UM ESTUDO DE CASO NA PRODUÇÃO DE SOJA

Geotechnologies and Brazilian agribusiness: A case study in soybean production

Guilherme de Freitas Furtado^{1*}, Ermerson de Vasconcelos Silva², Bruno Eduardo de Freitas Furtado³, Ana Carolina Rodrigues Palmeira⁴

RESUMO: O uso de tecnologia como ferramenta de gestão, monitoramento e controle dos processos produtivos, tem sido cada vez mais frequente, notadamente na agricultura, uma vez que há necessidade de otimização da produção e incremento da produtividade para garantir o suprimento de uma demanda crescente. Esse trabalho tem como objetivo analisar o uso das geotecnologias no agronegócio brasileiro, destacando as principais metodologias aplicadas, dentre as tecnologias utilizadas no cultivo brasileiro de soja, destacam-se uso de sensoriamento remoto através dos índices de vegetação e uso de VANT'S, os quais podem ajudar na avaliação do comportamento de genótipos, práticas de manejo e impactos de estresses bióticos e abióticos, contribuindo na tomada de decisão dos produtores. O uso coerente das geotecnologias na agricultura podem promover maior eficiência na produção agrícola, redução de mão de obra e do uso de insumos, através das aplicações pontuais nos locais necessários, monitoramento de estádios fenológicos da cultura, otimização da logística, monitoramento do estresse hídrico, fertilidade e sistemas de preparo do solo, nutrição mineral de plantas, falhas de plantio e consequentemente redução dos custos de produção. Contudo, a utilização equivocada, ou o emprego da técnica inadequada para uma determinada situação, pode ocasionar problemas na obtenção dos dados e interpretação dos resultados de campo, comprometendo toda a produção.

Palavras-chave: agricultura de precisão, *Glycine max* (L.) Merrill, geoprocessamento, sensoriamento remoto

ABSTRACT: The use of technology as a tool for management, monitoring and control of production processes, has been increasingly frequent, especially in agriculture, since there is a need to optimize production and increase productivity to ensure the supply of a growing demand. This work aims to analyze the use of geotechnologies in Brazilian agribusiness, highlighting the main applied methodologies, among the technologies used in the Brazilian soybean cultivation, the use of remote sensing through the vegetation indices and use of UAVs stands out, which can help in the evaluation of the behavior of genotypes, management practices and impacts of biotic and abiotic stresses, contributing to producers' decision making. The coherent use of geotechnologies in agriculture can promote greater efficiency in agricultural production, reduction of labor and the use of inputs, through specific applications in the necessary places, monitoring of phenological stages of the culture, optimization of logistics, monitoring of water stress, fertility and soil tillage systems, mineral plant nutrition, planting failures and consequently reduced production costs. However, the wrong use, or the use of the inappropriate technique for a given situation, can cause problems in obtaining the data and interpreting the field results, compromising the entire production.

Key words: precision agriculture, *Glycine max* (L.) Merrill, geoprocessing, remote sensing

*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 02/08/2020; aprovado em 30/12/2020

¹Engenheiro Agrônomo, D. Sc. Engenharia Agrícola, (83) 996217026, gfreitasagro@gmail.com

²Tecnólogo em Geoprocessamento, Mestre em Ciências Geodésicas e tecnologia da geoinformação, ermerson.geoif@gmail.com

³Engenheiro Civil, Técnico em Edificações, freitasbrunoeduardo@gmail.com

⁴Graduanda em Direito, Universidade Federal de Campina Grande, anacpalmeira@gmail.com

INTRODUÇÃO

A crescente demanda alimentícia no mundo, em função do aumento populacional, tem promovido grandes desafios a agricultura mundial, impulsionando o uso de geotecnologias no gerenciamento e controle dos processos produtivos, garantindo maior eficiência produtiva e suprimento dessa demanda.

O Brasil através dos respectivos órgãos de controle e estudos agropecuários, a exemplo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), criada em 26 de abril de 1973, utiliza as geotecnologias no monitoramento da agricultura, em estudos de inteligência e gestão territorial, na agricultura de precisão dentre outras aplicações, por tratar-se de um conjunto de tecnologias que envolvem a coleta, processamento, análise e disponibilização de informação geográfica, contribuem fortemente na tomada de decisão.

As geotecnologias ou simplesmente o geoprocessamento, faz uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto, Sistema Global de Posicionamento (GPS), Aerofotogrametria, dentre outros. Essas tecnologias estão presentes em atividades de monitoramento e planejamento da área de produção da agricultura, mapeamento de uso e cobertura do solo, planejamento físico do espaço disponível para determinado tipo de produção, localização das áreas de produção e a visualização de sua distribuição ao longo da região (NASCIMENTO; ABREU, 2012).

O uso dessas técnicas permitem ainda, avaliar o desenvolvimento, estado nutricional e sanidade das culturas, através da relação entre a absorção da luz e quantidade de radiação refletida pelas folhas, em função da presença de cloroplastos, como a clorofila, uma vez que as plantas utilizam somente uma parte da radiação eletromagnética incidente para realizar a fotossíntese, conhecida como radiação fotossinteticamente ativa, a qual faz parte da região do visível.

Essa região, junto com a região do infravermelho, é amplamente utilizada em estudos relacionados ao imageamento da vegetação terrestre (NOVO, 2010; MENESES, 2012). Contudo, problemas relacionados à deficiência nutricional, idade das plantas, ataque de pragas e doenças e estresses abióticos podem influenciar nas características espectrais das folhas (NAUE et al., 2010). Nesse sentido, o monitoramento dessas fases poderá influenciar a tomada de decisões, como, intervenções na correção dos solos, a proteção contra pragas e doenças, entre outras medidas.

Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar o uso das geotecnologias e sua importância para o agronegócio brasileiro, destacando as principais metodologias aplicadas.

MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho trata-se de uma pesquisa bibliográfica utilizando como base de dados, teses, dissertações, documentos oficiais e artigos em periódicos com classificação no Qualis Capes no quadriênio 2013-2016.

A análise produtiva da cultura da soja no Brasil (regiões produtoras, área plantada, área colhida e produção), referem-se a uma série histórica entre os anos de 2009 e 2019, utilizando-se os dados disponíveis no Levantamento Sistemático da Produção Agrícola, no Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (IBGE, 2020).

Para melhor apresentação e interpretação dos resultados, realizou-se a confecção de mapas temáticos da produção brasileira de soja.

USO DE SENSORIAMENTO REMOTO NA AGRICULTURA

Conforme Novo (2010) sensoriamento remoto consiste na utilização conjunta de modernos instrumentos (sensores), equipamentos para processamento e transmissão de dados e plataformas (aéreas ou espaciais) para carregar tais instrumentos e equipamentos, com o objetivo de estudar o ambiente terrestre através do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias componentes do planeta terra, em suas mais diversas manifestações.

Apresenta uma série de aplicações, como, estudo de ambientes naturais e transformados, monitoramento de fenômenos ambientais, previsão de safras agrícolas, manejo de sistema de agricultura de precisão (LIU, 2015; JENSEN; EPIPHANIO, 2010); 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). Conforme Moreira et al. (2010) a utilização de imagens de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento, possibilita identificar e mapear as áreas de café cultivadas nos Estados de Minas Gerais e São Paulo.

Nesse sentido, a utilização de sensoriamento remoto constitui ferramenta economicamente viável para o monitoramento agrícola de uma propriedade, pois as informações contidas nas imagens orbitais fornecem respostas rápidas, confiáveis e essenciais para o mapeamento eficiente dessas áreas.

ÍNDICES DE VEGETAÇÃO NO MONITORAMENTO DE CULTURAS

Dentre as ferramentas utilizadas no monitoramento agrícola, destacam-se os índices de vegetação, uma vez que, a vegetação em bom desenvolvimento vegetativo absorve a radiação na região do visível para a realização da fotossíntese. A intensidade da resposta é mais relevante quanto mais desenvolvida estiver a planta, portanto, esses índices refletem o estado de desenvolvimento da cultura, bem como a probabilidade de rendimento.

A utilização desses índices constitui ainda ferramentas importantes para o monitoramento das alterações naturais ou produzidas pelo homem, nos ecossistemas (FEITOSA et al., 2010). Matematicamente, as imagens índices de vegetação são modelos numéricos derivados de assinaturas espectrais da vegetação e guardam uma relação direta com a biomassa foliar verde (KUNTSCHIK, 2004). O contraste entre a refletância nas bandas do visível e infravermelho da vegetação é singular, o que facilita a distinção de outros alvos (NASCIMENTO; ARAÚJO, 2014).

O NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) aplicado a agricultura

Embora existam diversificados índices de vegetação, atualmente o mais usado é o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, na tradução para o português (FRANCISCO et al., 2013).

O NDVI é calculado através da diferença entre a refletância detectada na região do vermelho (0,58-0,68 µm) e infravermelho próximo (0,725-1,1 µm) e a soma dessas quantidades (ROUSE et al., 1973) (Eq. 1), resultando em valores que variam de -1,0 a 1,0 (CHEN et al., 2002). Nesse sentido, quanto mais vigorosa é a vegetação, maior a absorção de radiação visível para a fotossíntese, refletindo radiação na região do infravermelho próximo, devido à dispersão da luz nos tecidos do mesófilo foliar e teor de água nas folhas (GUSSO 2013).

Vários estudos relatam a relação entre NDVI e fatores fisiológicos e características biofísicas das plantas, como discriminação de áreas cultivadas (RISSO et al., 2012), biomassa e carbono arbóreo (WATZLAWICK et al. 2009), cobertura do solo (MORAIS et al., 2014), teor de nitrogênio (POVH et al., 2008; RISSINI, 2011; KAPP JUNIOR et al., 2016), potencial produtivo (BREDEMEIER et al., 2013), déficit hídrico (YUHAS; SCUDERI, 2009) e estimativa do Kc da cultura (ALFACE et al., 2019).

$$NDVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)} \quad (1)$$

Em que,

NIR = reflectância na banda do infravermelho próximo

RED = reflectância na banda do vermelho

O SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index)

O índice SAVI, (Soil Adjusted Vegetation Index), ou Índice de Vegetação Ajustado ao Solo, foi proposto por Huete (1988) com intuito de diminuir o efeito do solo sobre diferentes densidades da cobertura vegetal, ou seja, ele considera a influência do solo na vegetação (Eq. 2).

É uma adaptação do NDVI, contudo o SAVI utiliza um fator de ajuste para minimizar o efeito da presença de solo em meio à vegetação, retirando o efeito dos solos claros ou escuros, amenizando assim os efeitos do background do solo (HUETE, 1988), em que os valores positivos indicam áreas com presença de alguma vegetação e os valores negativos representam áreas sem vegetação. Rêgo et al. (2012) relatam que usualmente em regiões onde a vegetação apresenta densidade heterogênea utiliza-se um fator de correção para as condições da superfície.

De acordo com Matschullat et al. (2000), background é uma medida relativa usada para distinguir concentrações naturais de um dado elemento e a influência das atividades antrópicas nessas concentrações.

$$SAVI = \frac{(NIR-RED)}{(NIR+RED)+L} \times (1 + L) \quad (2)$$

Em que,

NIR = reflectância na banda do infravermelho próximo

RED = reflectância na banda do vermelho

L = é uma constante de ajuste, que minimiza a influência do solo, sendo ele claro ou escuro, variando de 0 a 1, para

vegetação muito baixa sugere-se L=1,0; intermediária L=0,5 e altas densidade L=0,25.

USO DE RPAS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

A automação dos processos produtivos, como da mão-de-obra, aconteceu com a ascensão de novas ferramentas, inovadoras e independentes. Dentre os exemplos de tecnologias e ferramentas utilizadas na agropecuária, destaca-se o uso de RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems), ou Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas, que conforme a Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) é o termo técnico para esses equipamentos, os quais são utilizados principalmente para monitoramento das lavouras, identificação de falhas no plantio, pulverizações, entre outras atividades.

A Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), caracteriza os RPAS como aeronave não tripulada pilotada a partir de uma estação de pilotagem remota com finalidade diversa de recreação (ANAC, 2017). Segundo Medeiros (2007) esses tipos de aeronaves são capazes de realizar monitoramentos, reconhecimento tático, vigilância e mapeamento, mesmo sem o contato físico.

Os avanços na tecnologia computacional, desenvolvimento de software, materiais mais leves, GNSS, links de dados, sensores e a miniaturização tem promovido maior interesse no desenvolvimento de RPAS. O uso desses veículos na agropecuária tem sido cada vez maior, uma vez que a tecnologia está se tornando mais acessível, com maior confiabilidade e com sensores cada vez mais precisos (JORGE; INAMASU, 2014), em que podem ser obtidas inúmeras informações voltadas para tomadas de decisões das atividades na propriedade rural por meio do monitoramento em diferentes escalas, a partir das câmeras multiespectrais embarcadas nas plataformas.

Conforme Grenzdörffer et al. (2008), os RPAS podem ser usados para testes de campo e pesquisa; determinação da biomassa, crescimento de culturas e qualidade dos alimentos; agricultura de precisão, identificação do grau de infestação por ervas daninhas e sua distribuição no espaço com vistas para aplicações de herbicida apenas no local infestado; monitoramento de estádios fenológicos da cultura para identificar o melhor período para colheita e otimizar a logística. Pode ser aplicado ainda no monitoramento das condições de estresse hídrico (GAGO et al., 2015), fertilidade e compactação do solo, sistemas de preparo do solo, nutrientes nas plantas, doenças (ZHANG et al., 2018) e aplicação pontual de produtos químicos no controle de pragas e doenças (MOGILI; DEEPAK, 2018).

AGRICULTURA DE PRECISÃO

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ao instituir a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (CBAP), definiu a Agricultura de Precisão como um sistema de gerenciamento agrícola baseada na variação espacial e temporal da unidade produtiva e visa ao aumento de retorno econômico, à sustentabilidade e à minimização do efeito ao ambiente (BRASIL, 2012). Pode ainda ser definida como o uso de práticas agrícolas com base nas tecnologias de informação para o tratamento da variabilidade espacial. Conforme Gebbers e Adamchuk (2010) a agricultura de precisão é um ciclo que se inicia na coleta dos dados, análises

e interpretação dessas informações, geração das recomendações, aplicação no campo e avaliação dos resultados. Os conceitos mais recentes propõem uma visão mais gerencial que leva em conta a variabilidade espacial da lavoura para obter retorno econômico e ambiental (INAMASU et al., 2011). Inamasu e Bernardi (2014) citam que esse conceito reforça a visão de cadeia de conhecimentos, na qual máquinas, aplicativos e equipamentos são ferramentas que podem apoiar essa gestão.

Levantamentos evidenciam que as principais culturas nas quais tem sido utilizada a agricultura de precisão são milho e soja, e o perfil dos proprietários e administradores de propriedades que adotam a agricultura de precisão é: jovem, instruído, propenso a utilizar mais tecnologias e informática e cultiva grandes extensões de terras (BERNARDI; INAMASU, 2014); Culturas semiperenes (GREGO et al., 2014), perenes (BASSOI et al., 2014) e sistemas pecuários (BERNARDI; PEREZ, 2014). Conforme Oliveira et al. (2016) as soluções mais modernas em termos de agricultura de precisão estão restritas as propriedades agrícolas de grande porte, devido aos elevados custos envolvidos.

USO DE TRATORES AUTÔNOMOS

Os veículos não tripulados ou autônomos são equipamentos capazes de desempenhar movimentos automáticos e se auto navegar dependendo de ambiente e das tarefas programadas (AMER et al., 2017). Tais veículos, podem operar no ambiente aéreo, terrestre ou submarino. Os veículos terrestres não tripulados são conhecidos pela abreviação UGV do inglês “Unmanned Ground Vehicle” - Veículo Terrestre não Tripulado (BACCO et al., 2018).

Na agricultura destaca-se o uso de tratores autônomos, os quais desempenham função idêntica aos tratores convencionais, servindo como fonte de tração e potência para o trabalho com implementos agrícolas, diferenciando-se dos tratores convencionais pelo não uso de operador dentro da máquina. Tais veículos são equipados com sensores eletrônicos para identificar obstáculos ao longo da trajetória, destacando-se: laser scanner, câmera de infravermelho e radar a laser.

O sensor laser scanner permite executar levantamentos tridimensionais na área de atuação do veículo (WANG et al., 2015). As câmeras de infravermelho, também chamadas de câmeras térmicas, que são dispositivos capazes de identificar imagens na faixa de radiações infravermelhas, neste caso, esse sensor é indicado para identificar seres humanos e animais que estariam na rota do veículo (MILELLA; REINA, 2014). Os radares a laser são largamente utilizados na robótica e em veículos autônomos, devido a capacidade de medição com precisão da posição (SUBRAMANIAN et al., 2006).

Em se tratando das máquinas agrícolas, o uso de sistemas avançados de sensoriamento é utilizado para que um veículo autônomo possa perceber e compreender o ambiente, reconhecendo estruturas artificiais e naturais, topologia, vegetação e caminhos dirigíveis. Nesse sentido, utiliza-se uma combinação de vários tipos de sensores (MILELLA; REINA, 2014).

GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA PRODUÇÃO BRASILEIRA DE SOJA: ESTUDO DE CASO

Dentre as culturas presentes no agronegócio brasileiro, a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem assumido papel de destaque, com grande importância econômica nas exportações, as quais atingiram 83,6 milhões de toneladas de grãos em 2018 (AGROSTAT, 2020). Os maiores produtores na safra 2018/2019 foram os Estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Goiás, responsáveis por cerca de 32% (77,73 milhões de toneladas) da produção nacional (IBGE, 2020). Na região Nordeste, destacam-se os Estados da Bahia, Maranhão e Piauí (Região de zoneamento do MATOPIBA), com respectivamente 5,31; 2,62 e 2,64 milhões de toneladas (Tabela 1).

O cultivo de soja no Brasil vem crescendo de forma acelerada em função de sua grande influência econômica no cenário atual. Observa-se um incremento da área plantada de 39,29% entre a safra de 2009 (21,76 milhões de ha) e 2019 (35,84 milhões de ha). Contudo, a produção passou de 57,34 milhões de toneladas para 113,48 milhões de toneladas, o que corresponde a um incremento de 49,47% (Tabela 1). Conforme estimativas da CONAB, a safra 2019/2020 deverá ter uma área 2,6% maior que na última temporada, continuando a tendência de crescimento das últimas safras.

Na figura 1 (A e B) são apresentados os mapas da produção de soja no Brasil entre os anos de 2009 e 2019. Verifica-se crescimento na produção nas regiões Centro-Oeste, Sul e Nordeste, com destaque para os Estados de Mato Grosso, Rio Grande do Sul, Paraná e Bahia. Em Mato Grosso, a produção total passou de 17,96 milhões de toneladas para 32,25 milhões de toneladas, o que corresponde a um crescimento de 44,31%. No Rio Grande do Sul e Paraná, verifica-se crescimento, respectivamente de 56,61% e 41,79%.

Já a produção de soja da Bahia passou de 2,43 milhões de toneladas para 5,31 milhões de toneladas, o que corresponde a um crescimento de 54,24%. Esse aumento observado se deve principalmente ao investimento em tecnologias, dentre elas as geotecnologias e incremento na produtividade média nacional, a qual passou de 2.636 kg ha⁻¹ em 2009 para 3.170 kg ha⁻¹ em 2019, o que corresponde a um incremento de 16,84%.

Soares Filho e Cunha (2015) analisando a adoção e utilização de tecnologias de agricultura de precisão na região sudoeste do Estado de Goiás, verificaram que 100% dos produtores de soja pesquisados utilizaram alguma forma de agricultura de precisão, em virtude da grande importância desta leguminosa no contexto da agricultura brasileira. Esses autores observaram ainda que, os sistemas de direcionamento por GPS manual por meio do uso de barra de luz, por piloto automático e a amostragem do solo em grade têm sido as principais tecnologias utilizadas nessas propriedades.

Dentre as tecnologias utilizadas no cultivo brasileiro de soja, destacam-se uso de sensoriamento remoto através dos índices de vegetação (NDVI principalmente) e uso de VANT'S. Crusiol et al. (2016) avaliando o índice NDVI em cultivares de soja submetidas a déficit hídrico, observaram que esse índice pode ser usado para diferenciar cultivares de soja com respostas contrastantes à seca. Nascimento e Abreu (2012) citam que o uso de geotecnologias pode ser uma ferramenta de auxílio em atividades de monitoramento e planejamento da área de produção da agricultura de energia, devido à possibilidade de obtenção de diversos produtos, tais como mapas e carta-imagem, os quais proporcionaram avaliação e a identificação das características presentes na área de estudo.

Tabela 1 – Regiões produtoras, área plantada, área colhida e produção de soja nas safras 2009 e 2019.

Região/Estado	2009			2019		
	Área	Área	Produção	Área	Área	Produção
	Plantada (ha)	colhida (ha)	(1000 t)	Plantada (ha)	colhida (ha)	(1000 t)
Brasil	21.761.782	21.750.468	57.345,38	35.843.444	35.805.184	113.488,49
Norte	500.050	500.050	1.443,42	1.904.827	1.902.427	5.703,70
Nordeste	1.638.637	1.638.037	4.421,44	3.325.184	3.325.084	10.495,76
Sudeste	1.423.672	1.422.981	4.078,54	2.619.566	2.612.406	8.183,77
Sul	8.285.716	8.284.406	18.428,30	11.956.947	11.931.796	37.078,14
Centro-Oeste	9.913.707	9.904.994	28.973,68	16.036.920	16.033.471	52.027,12
Rondônia	111.426	111.426	356,84	352.911	352.911	1.201,22
Acre	50	50	0,165	480	480	1,41
Amazonas	204	204	0,612	-	-	-
Roraima	1.400	1.400	3,92	24.470	24.470	544,70
Pará	71.410	71.410	206,46	580.569	580.569	1.780,57
Tocantins	315.560	315.560	875,43	20.900	18.500	480,50
Maranhão	409.402	409.402	1.211,08	925.497	925.497	2.617,98
Piauí	277.272	276.672	780,58	975.140	975.140	2.844,81
Ceará	975	975	3,32	-	-	-
Alagoas	68	68	0,164	4.000	4.000	15,60
Bahia	950.920	950.920	2.426,30	1.580.000	1.580.000	5.309,40
Minas Gerais	929.121	928.708	2.751,43	1.623.161	1.616.206	5.166,27
São Paulo	494.551	494.273	1.327,11	996.405	996.200	3.017,50
Paraná	4.077.052	4.077.052	9.408,99	5.447.916	5.447.916	16.164,81
Santa Catarina	385.418	385.418	993,99	665.498	664.965	2.418,18
Rio Grande do Sul	3.823.246	3.821.936	8.025,32	5.843.533	5.818.915	18.495,15
Mato Grosso do Sul	1.717.436	1.708.723	4.046,22	2.882.207	2.881.577	8.697,84
Mato Grosso	5.831.468	5.831.468	17.962,82	9.724.213	9.724.149	32.250,78
Goiás	2.315.888	2.315.888	6.809,19	3.355.500	3.352.745	10.817,50
Distrito Federal	48.915	48.915	155,45	75.000	75.000	261,00

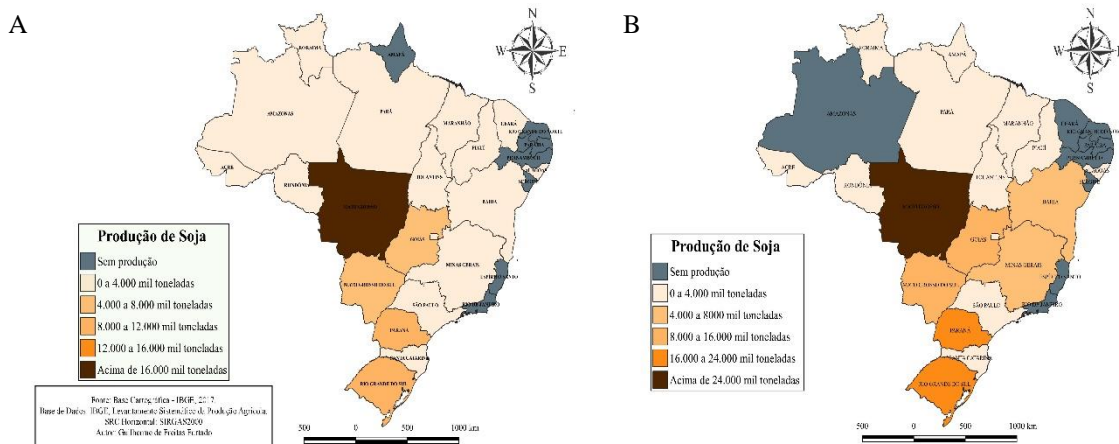
Fonte: Adaptado a partir de dados do IBGE, Levantamento Sistemático da Produção Agrícola (IBGE, 2020)

De acordo com Sabará (2018) o uso de VANT é uma alternativa viável para o monitoramento do percevejo marrom da soja, permitindo que o produtor possa realizar o controle fazendo o uso de inseticidas apenas nas aéreas com foco de infestação, diminuindo assim os custos de produção e contribuindo para uma produção mais saudável. Kuiuawski et al. (2017) observaram relação entre índices de vegetação NDVI, SAVI e SRI (índice de razão simples) em diferentes estádios fenológicos da cultura da soja e zonas de produtividade da lavoura, identificando diferenças nos teores de fósforo, argila e silte, nas zonas de manejo delineadas.

Breunig et al. (2020) afirmam que a estimativa da biomassa medida acima do solo e os índices de vegetação NDVI e EVI (índice de vegetação aprimorado) no início do estágio de floração da soja compreendem um método econômico para delinear as zonas de gerenciamento e manejo da cultura. Os mapas obtidos podem auxiliar na orientação e

antecipação de intervenções locais antes do plantio e da colheita, podendo também ser mais refinados com análises de solo e culturas mais elaboradas sempre que necessário, reduzindo o custo e o tempo de amostras e dados efetivos.

O alto rendimento e precisão espacial por meio de imagens aéreas obtidas por drones pode ajudar na avaliação do comportamento de genótipos de soja. Tais imagens podem auxiliar as práticas de manejo, resposta da soja à qualidade do solo, sua correlação com a produtividade, análise do crescimento em função da dessecação, visualização de falhas de estande, identificação de áreas com problema de ferrugem-asiática, danos ocasionados por nematoides e estado nutricional. Essas informações tem grande utilidade nas tomadas de decisões, com enfoque no aumento de produtividade e/ou redução de custos de produção (FRANCHINI et al., 2018).

Figura 1. Produção brasileira de Soja nos anos de 2009 (A) e 2019 (B)

CONCLUSÕES

O uso de geotecnologias na agricultura brasileira tem sido cada vez maior, uma vez que a tecnologia tem proporcionado maior eficiência e eficácia para o monitoramento agrícola, destacando-se os índices de vegetação, os quais podem ajudar na avaliação do comportamento de genótipos, práticas de manejo e impactos ambientais, contribuindo na tomada de decisão dos produtores, sendo que os sistemas estão cada vez mais fáceis de operar e tornando-se viáveis para uso no campo.

Dentre as tecnologias utilizadas no cultivo brasileiro de soja, destacam-se uso de sensoriamento remoto através dos índices de vegetação e uso de VANT'S.

O uso coerente das geotecnologias na agricultura pode promover maior eficiência na produção agrícola, redução de mão de obra e do uso de insumos (fertilizantes e agroquímicos), através das aplicações pontuais nos locais necessários, monitoramento de estádios fenológicos da cultura, otimização da logística, monitoramento do estresse hídrico, fertilidade e compactação do solo, sistemas de preparo do solo, nutrição mineral de plantas, falhas de plantio e consequentemente redução dos custos de produção, garantindo maior lucro para o produtor.

A utilização inadequada das geotecnologias em determinada situação, pode ocasionar problemas na aquisição dos dados e interpretação dos resultados de campo, comprometendo o rendimento produtivo.

REFERÊNCIAS

AGROSTAT. Estatísticas de Comercio Exterior do Agronegócio Brasileiro. Disponível em: <<http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>>. Acesso em: 07 abr. 2020.

ALFACE, A.B.; PEREIRA, S.B.; FILGUEIRAS, R.; CUNHA, F.F. Sugarcane spatial-temporal monitoring and crop coefficient estimation through NDVI. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.5, p.330-335, 2019. 10.1590/1807-1929/agriambi. v23n5p330-335.

AMER, N.H.; ZAMZURI, H.; HUDHA, K.; KADIR, Z.A. Modelling and control strategies in path tracking control for autonomous ground vehicles: a review of state of the art and challenges. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, v.86, n.2, p.225-254, 2017. 10.1007/s10846-016-0442-0.

ANAC, 2015. Requisitos gerais para veículos aéreos não tripulados e aeromodelos. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas/audiencias/2015/aud13/anexoi.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

ANAC, 2017. Regras sobre drones. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2020.

BACCO, M.; BERTON, A.; FERRO, E.; GENNARO, C.; GOTTA, A.; MATTEOLI, S.; ZANELLA, A. Smart farming: opportunities, challenges and technology enablers. In: *IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture-Tuscany (IOT Tuscany)*. IEEE, 2018. p.1-6.

BASSOI, L.H.; MIELE, A.; REISSER JÚNIOR, C.; GEBLER, L.; FLORES, C.A.; ALBA, J.M.F.; GREGO, C.R.; TERRA, V.S.S.; TIMM, L.C.; NASCIMENTO, P.S. Agricultura de precisão em fruticultura. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (eds.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. cap.33. p.350-360.

BERNARDI, A.C.C.; INAMASU, R.Y. Adoção da agricultura de precisão no Brasil. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (eds.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. cap.60. p.559-577.

BERNARDI, A.C.C.; PEREZ, N.B. Agricultura de precisão em pastagens. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (eds.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. cap.51. p.492-499.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 852 - Art. 1º Criar a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão – CBAP. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Poder Executivo, 2012.
- BREDEMEIER, C.; VARIANI, C.; ALMEIDA, D.; ROSA, A.T. Estimativa do potencial produtivo em trigo utilizando sensor óptico ativo para adubação nitrogenada em taxa variável. *Ciência Rural*, v.43, n.7, p.1147-1154, 2013. 10.1590/S0103-84782013005000080.
- BREUNIG, F.M.; GALVÃO, L.S.; DALAGNOL, R.; DAUVE, C.E.; PARRAGA, A.; SANTI, A.L.; CHEN, S. Delineation of management zones in agricultural fields using cover-crop biomass estimates from PlanetScope data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v.85, art.102004, 2020. 10.1016/j.jag.2019.102004.
- CHEN, P.Y.; SRINIVASAN, R.; FEDOSEJEVS, G.; NARASIMHAN, B. An automated cloud detection method for daily NOAA-14 AVHRR data for Texas, USA. *International Journal of Remote Sensing*, v.23, p.2939-2950, 2002. 10.1080/01431160110075631.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Brasília: Conab, v.7, n.3, 2019. 106p.
- CRUSIOL, L.G.T.; CARVALHO, J.D.F.C.; SIBALDELLI, R.N.R.; NEIVERTH, W.; RIO, A.; FERREIRA, L.C.; PROCÓPIO, S.O.; MERTZ-HENNING, L.M.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER N.; FARIAS, J.R.B. NDVI variation according to the time of measurement, sampling size, positioning of sensor and water regime in different soybean cultivars. *Precision Agriculture*, v.18, n.4, p.470-490, 2016. 10.1007/s11119-016-9465-6.
- FEITOSA, P.H.C.; ANDRADE, K.S.; BARBOSA, M.P.; RIBEIRO, G.N. Avaliação do processo de degradação da cobertura vegetal em Serra Branca e Coxixola-PB. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.5, n.1, p.01-07, 2010.
- FRANCHINI, J.; BALBINOT JUNIOR, A.A.; JORGE, L.D.C.; DEBIASI, H.; DIAS, W.; GODOY, C.; OLIVEIRA, M.C.N. Uso de imagens aéreas obtidas com drones em sistemas de produção de soja. 1. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 39p.
- FRANCISCO, P.R.M.; CHAVES, I.B.; CHAVES, L.H.G.; LIMA, E.R.V. Estimativa da degradação da biomassa da vegetação de caatinga através de índices de vegetação. *Revista Polêmica*, v.12, n.2, p.306-321, 2013. 10.12957/polemica.2013.6433.
- GAGO, J.; DOUTHE, C.; COOPMAN, R.E.; GALLEGO, P. P.; RIBASCARBO, M.; FLEXAS, J.; ESCALONA, J.; MEDRANO, H. UAVs challenge to assess water stress for sustainable agriculture. *Agricultural Water Management*, v.153, p.9-19, 2015. 10.1016/j.agwat.2015.01.020.
- GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V.I. Precision agriculture and food security. *Science*, v.327, n.5967, p.828-31, 2010. 10.1126/science.1183899.
- GENÚ, A. M.; DEMATTÊ, J. A. M. Informações espectro eletromagnéticas e topográficas na determinação de teores de componentes do solo. *Bragantia*, v.69, n.1, p.157-164, 2010. 10.1590/S0006-87052010000100020.
- GREGO, C.R.; ARAÚJO, L.S.; VICENTE, L.E.; NOGUEIRA, S.F.; MAGALHÃES, P.S.G.; VICENTE, A.K.; BRANCALIÃO, S.R.; VICTORIA, D.C.; BOLFE, E.L. Agricultura de precisão em cana-de-açúcar. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (eds.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. cap.45. p.442-477.
- GRENZDÖRFFER, G.J.; ENGEL, A.; TEICHERT, B. The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, v.31, n.B3, p.1207-1214, 2008.
- GURTLER, I.D.S.S.; FORMAGGIO, A.R. Discriminação de variedades de citros em imagens CCD/CEBERS-2. *Ciência Rural*, v.38, n.1, p.103-108, 2008. 10.1590/S0103-84782008000100017.
- GUSSO, A. Integração de imagens NOAA/AVHRR: Rede de cooperação para monitoramento nacional da safra de soja. *Ceres*, v.60, n.2, p.194-204, 2013.
- HUETE, A.R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). *Remote Sensing of Environment*, v.25, p.295-309, 1988.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/home/pmc/brasil>>. Acesso em: 07 abr. 2020.
- INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C.C. Agricultura de precisão. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (eds.). *Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar*. Brasília: Embrapa, 2014. cap.1. p.21-33.
- INAMASU, R.Y.; BERNARDI, A.C.C.; VAZ, C.M.P.; NAIME, J.M.; QUEIROS, L.R.; RESENDE, A.V.; VILELA, M.F.; JORGE, L.A.C.; BASSOI, L.H.; PEREZ, N.B.; FRAGALLE, E.P. Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. In: INAMASU, R.Y.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; BERNARDI, A.C.C. (eds.). *Agricultura de precisão: um novo olhar*. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2011. cap.1. p.14-26.
- JENSEN, J.R.; EPIPHANIO, J.C.N. Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres. 2.ed. São José dos Campos: Parênteses. 2011. 598p.
- JORGE, L.A.C.; INAMASU, R.Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em Agricultura de Precisão. In: BERNARDI, A.C.C.; NAIME, J.M.; RESENDE, A.V.; BASSOI, L.H.; INAMASU, R.Y. (eds.). *Agricultura de*

- precisão: resultados de um novo olhar. Brasília: Embrapa, 2014. cap.8. p.109-134.
- KAPP JUNIOR, C.; GUIMARAES, A.M.; CAIRES, E.F. Use of active canopy sensors to discriminate wheat response to nitrogen fertilization under no-tillage. *Engenharia Agrícola*, v.36, n.5, p.886-894, 2016. 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p886-894/2016.
- KUIAWSKI, A.C.M.B.; SAFANELLI, J.L.; BOTTEGA, E. L.; OLIVEIRA NETO, A.M.D.; GUERRA, N. Vegetation indexes and delineation of management zones for soybean. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.47, n.2, p.168-177, 2017. 10.1590/1983-40632016v4743904.
- KUNTSCHIK, G. Estimativa de biomassa vegetal lenhosa em Cerrado por meio de sensoriamento remoto ótico e de radar. 2004. 154f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Biociências. USP, São Paulo. 2015.
- LIU, W.T.H. Aplicações de sensoriamento remoto. 2. ed. Campo Grande: UNIDERP. 2015. 900p.
- MATSCHULLAT, J.; OTTENSTEIN, R.; REIMANN, C. Geochemical background - can we calculate it?. *Environmental Geology*, v.39, p.990-1000, 2000.
- MEDEIROS, F.A. Desenvolvimento de um veículo aéreo não tripulado para aplicação em agricultura de precisão. 2007. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.
- MENESES, P.R. Sensores imageadores multiespectrais na faixa óptica (0,45-2,5 µm). In: MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. (eds.). *Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto*. Brasília: UnB, 2012. cap.2. p.34-46.
- MILELLA, A.; REINA, G. 3D reconstruction and classification of natural environments by na autonomous vehicle using multi-baseline stereo. *Intelligent Service Robotics*, v.7, n.2, p.79-92, 2014. 10.1007/s11370-014-0146-x.
- MOGILI, U.R.; DEEPAK, B.B.V.L. Review on application of drone systems in precision agriculture. *Procedia computer science*, v.133, p.502-509, 2018. 10.1016/j.procs.2018.07.063.
- MORAIS, L.G.B.D.L.; FRANCISCO, P.R.M.; MELO, J.A.B. Análise da cobertura vegetal das terras de região semiárida com o uso de geotecnologias. *Polêm!ca*, v.13, n.3, p.1345-1363, 2014. 10.12957/polemica.2014.11667.
- MOREIRA, M.A.; RUDORFF, B.F.; BARROS, M.A.; FARIA, V.G.; ADAMI, M. Geotecnologias para mapear lavouras de café nos estados de Minas Gerais e São Paulo. *Revista Engenharia Agrícola*, v.30, n.6, p.1123-1135, 2010. 10.1590/S0100-69162010000600013.
- NAUE, C.R.; MARQUES, M.W.; LIMA, N.B.; GALVÍNCIO, J.D. Sensoriamento Remoto como ferramenta aos estudos de doenças de plantas agrícolas: uma revisão. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.3, n.3, p.190-195, 2010.
- NASCIMENTO, F.C.A.; ARAÚJO, F.R.C.D. Estudo comparativo entre o IVDN e a Precipitação na região Oeste Potiguar. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.9, n.3, p.269-274, 2014.
- NASCIMENTO, H.R.; ABREU, Y.V.D. Geração de informações sobre a agricultura de energia por meio das geotecnologias. *Interações*, v.13, n.2, p.181-189, 2012. 10.1590/S1518-70122012000200005.
- NOVO, E.M.L.M. *Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações*. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher. 2010. 388p.
- OLIVEIRA, W.J.C.; SANTOS, P.P.; SANTOS, D.R.O.; ARAUJO, G.; FERRAZ, S.; BARROS, M.M. Estimativa do custo horário de equipamentos e serviços em diferentes níveis de tecnificação em agricultura de precisão. *Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, v.59, n.4, p.378-385, 2016.
- POVH, F.P.; MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L.M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J.V. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.8, p.1075-1083, 2008. 10.1590/S0100-204X2008000800018.
- 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, n.3, p.468-479, 2010. 10.1590/S0100-69162010000300011.
- RAMME, F. L. P; LAMPARELLI, R. A. C.; ROCHA, J. V. Perfis temporais NDVI, na cana-soca, de maturação tardia. *Engenharia Agrícola*, v.30, n.3, p.480-494, 2010. 10.1590/S0100-69162010000300012.
- RÊGO, S.C.A.; LIMA, P.P.S.; LIMA, M.N.S.; MONTEIRO, T.R.R. Análise comparativa dos índices de vegetação NDVI e SAVI no município de São Domingos Cariri – PB. *Revista Geonorte*, v.2, n.4, p.1217-1229, 2012.
- RISSINI, A.L.D. NDVI, crescimento e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio. 2011. 53f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava. 2011.
- RISSO, J.; RIZZI, R.; RUDORFF, B.F.T.; ADAMI, M., SHIMABUKURO, Y.E.; FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, R.D.V. Índices de vegetação Modis aplicados na discriminação de áreas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.47, n.9, p.1317-1326, 2012. 10.1590/S0100-204X2012000900017.
- ROUSE, J. W. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. Texas: Texas A&M University Remote Sensing Center, 1973. 120p.
- SABARÁ, H.H.R. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) na identificação do percevejo marrom em lavouras de soja usando técnicas de reconhecimento de padrões e aprendizado de máquinas. 2018. 76f. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. 2018.

- 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*, v.45, p.488-496, 2010. 10.1590/S0100-204X2010000500008.
- SOARES FILHO, R.; CUNHA, J. Agricultura de precisão: particularidades de sua adoção no sudoeste de Goiás–Brasil. *Engenharia Agrícola*, v.35, n.4, p.689-698, 2015. 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v35n4p689-698/2015.
- SUBRAMANIAN, V.; BURKS, T.F.; ARROYO, A.A. Development of machine vision and laser radar based autonomous vehicle guidance systems for citrus grove navigation. *Computers and electronics in agriculture*, v.53, n.2, p.130-143, 2006. 10.1016/j.compag.2006.06.001.
- WANG, T.; WU, Y.; LIANG, J.; HAN, C.; CHEN, J.; ZHAO, Q. Analysis and Experimental Kinematics of a Skid-Steering Wheeled Robot Based on a Laser Scanner Sensor. *Sensors*, v.15, n.5, p.9681-9702, 2015. 10.3390/s150509681.
- WATZLAWICK, L.F.; KIRCHNER, F.F.; SANQUETTA, C. R. Estimativa de biomassa e carbono em floresta com araucária utilizando imagens do satélite IKONOS II. *Ciência Florestal*, v.19, n.2, p.169-181, 2009. 10.5902/19805098408.
- YUHAS, A.N.; SCUDERI, L.A. MODIS-derived NDVI characterization of drought-induced evergreen dieoff in Western North America. *Geographical Research*, v.47, n.1, p.34-45, 2009. 10.1111/j.1745-5871.2008.00557.x.
- ZHANG, D.; ZHOU, X.; ZHANG, J.; LAN, Y.; XU, C.; LIANG, D. Detection of rice sheath blight using an unmanned aerial system with high-resolution color and multispectral imaging. *Plos One*, v.13, n.5, p.1-14, 2018. 10.1371/journal.pone.0187470.