

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 18/07/2020.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA PREDIÇÃO DA
MATURAÇÃO DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)
UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO**

Adão Felipe dos Santos

Engenheiro Agrônomo

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA PREDIÇÃO DA
MATURAÇÃO DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.)
UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO**

Adão Felipe dos Santos

Orientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Coorientadores: Prof. Dr. George Vellidis

Profa. Dra. Priscila Lupino Gratão

Profa. Dra. Brenda Valeska Ortiz

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Produção Vegetal).

2019

Santos, Adão Felipe
S237m Método não destrutivo para predição da maturação de
amendoim (*Arachis hypogaea*) utilizando sensoriamento
remoto / Adão Felipe dos Santos. – – Jaboticabal, 2019,
107 p.: il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2019

Orientador: Rouverson Pereira da Silva
Coorientadores: George Vellidis

1. Agricultura de precisão. 2. Amendoim. 3. Drones. 4.
Satélites. 5. Sensoriamento remoto. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo
autor.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA PREDIÇÃO DA MATURAÇÃO DE AMENDOIM
(*Arachis hypogaea*) UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO

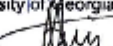
AUTOR: ADÃO FELIPE DOS SANTOS
ORIENTADOR: ROUVÉRSO PEREIRA DA SILVA
COORIENTADORA: PRISCILA LUPINO GRATÃO
COORIENTADORA: BRENDA VALESKA ORTIZ
COORIENTADOR: GEORGE VELLIDIS

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA
(PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ROUVÉRSO PEREIRA DA SILVA
Departamento de Engenharia Rural / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. LUIS CARLOS CIRILO CARVALHO
Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC / Ilhéus/BA


Prof. Dr. CRISTIANE PILON (Videoconferência)
University of Georgia / Athens/Geórgia


Prof. Dr. LEONARDO CAMPOS DE ASSIS
Instituto de Ciências e Tecnologia do Ambiente-Uniube / Uberaba/MG


Prof. Dr. WILLIAMS CÉSAR CARREGA
APTA / Pindorama/SP

Jaboticabal, 18 de julho de 2019

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ADÃO FELIPE DOS SANTOS – nascido em Patos de Minas, Minas Gerais, no dia 16 de janeiro de 1991, filho de Lázaro Rodrigues dos Santos (*in memorian*) e Ilda Rodrigues Galvão (*in memorian*), natural de Lagoa Grande - MG. Cursou o Ensino Fundamental na Escola Estadual Santa Terezinha, deste município, e Ensino Médio na Escola Estadual João Batista de Carvalho concomitantemente com o curso Técnico em Agricultura e Zootecnia no Centro Federal de Educação Tecnológica de Bambuí, na cidade de Bambuí - MG, tendo finalizado no ano de 2008. Ingressou no Ensino Superior no ano de 2009 no curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Tocantins (UFT), Câmpus de Gurupi, obtendo o título de Engenheiro Agrônomo, em outubro de 2014. Durante a graduação foi bolsista de Iniciação Científica (CNPq e UFT) por três anos, na área de Genética e Melhoramento de Soja. Participou do projeto Rondon no ano de 2011, Operação Tuiuiú, como integrante da equipe de Ciências Agrárias. Em março de 2015, iniciou o curso de Mestrado em Agronomia (Produção Vegetal), com concentração na área de Máquinas e Mecanização Agrícolas, pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Jaboticabal, São Paulo, no Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola (LAMMA), onde realizou a dissertação envolvendo o uso do piloto automático com sinal RTX na colheita de amendoim. Em agosto de 2016 iniciou o curso de Doutorado (Produção Vegetal), no mesmo laboratório e instituição, onde realizou pesquisas utilizando sensoriamento remoto para identificar a maturação de amendoim. Em 2018 realizou estágio sanduiche durante 6 meses na Universidade da Georgia, Campus de Tifton, na oportunidade, desenvolveu pesquisas utilizando drones para predizer a maturação de amendoim juntamente com a equipe do Prof. Dr. George Vellidis.

“A vida é como uma câmera. Foque no que é importante, capture bons momentos, desenvolva a vida a partir de negativos. E, se as coisas não derem certo, tire outra foto. ”

(Autor desconhecido)

“A felicidade não se resume na ausência de problemas, mas sim na sua capacidade de lidar com eles. ”

(Albert Einstein)

Aos meus pais Lázaro Rodrigues dos Santos (*in memorian*), Ilda Rodrigues Galvão (*in memorian*) e aos meus tios que me criaram com todo o amor, carinho e educação que se pode dar a um filho, Justina Rodrigues Caetano e Antônio Rodrigues Caetano (*in memorian*).

A vocês, DEDICO!

À todas as minhas irmãs, sobrinhos (as), familiares e amigos, OFEREÇO!

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço a Deus por ter sempre me amparado nas minhas escolhas para que não me arrependesse e nem desistisse delas, por mais difíceis que fossem.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa e oportunidade de realizar um curso de pós-graduação.

À Universidade da Georgia, Campus de Tifton, onde eu realizei os 6 meses de doutorado sanduiche, bem como à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado sanduiche.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Às minhas irmãs, Simonia Aparecida dos Santos, Maria Aparecida dos Santos, Eva Maria dos Santos e Maria Amélia dos Santos e seus filhos, pela paciência e pela ausência em suas vidas, durante todos esses anos de estudos até aqui. Obrigado por vocês acreditarem em mim!

Ao meu estimado orientador Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva, que eu tenho uma admiração e consideração imensa pelo seu trabalho, bem como pela referência que é para todos nós, orientandos. Saiba que aprendi muito com você durante todos esses anos de convivência, tanto pelo lado profissional e principalmente no pessoal. Muito obrigado por todas as oportunidades que me proporcionou, as quais foram importantes para que eu pudesse alimentar a confiança em mim mesmo. Estamos encerrando um ciclo entre orientador e orientando, mas iniciando outro como colegas de trabalho. Conte comigo sempre que precisar, eterno orientador, que muitas vezes é um pai.

Ao meu coorientador da Universidade da Georgia (UGA), Prof. Dr. George Vellidis, por ter me dado à oportunidade de fazer parte do seu time durante o período do doutorado sanduiche. Muito obrigado por todos os ensinamentos, paciência e confiança que foram depositadas em mim para execução do trabalho. Na

oportunidade e não menos importante, também ressalto o meu muito obrigado a Prof. Dra. Cristiane Pilon, fisiologista de amendoim da UGA, que sempre abriu as portas da sua sala para que pudéssemos discutir os resultados que foram encontrados nos experimentos realizados nos EUA.

À minha coorientadora Prof. Dra. Priscila Lupino Gratão que não mediu esforços para poder me ajudar a encontrar respostas para os resultados obtidos dos experimentos no Brasil, bem como nos conselhos toda vez que fui até a sua sala.

Aos Professores. Dr. Carlos Eduardo Angeli Furlani e Cristiano Zerbato, aos Técnicos David Trevizoli, Marquinho e Valdecir Aparício por toda ajuda, conhecimento e experiências trocadas, e a todos os outros funcionários do Departamento de Engenharia Rural.

A toda família da República TOca Fogo, Edgard Silva, Mailson Oliveira, João Godinho, Luan Oliveira, Everton Carvalho, Antonio Tassio, Emmanuel Pereira, Emiliano Brandão, Renato Soares, juntamente com todos aqueles que fazem e fortalecem o nosso círculo de amizade, Taynara Valeriano, Stefany Souza, Maria Albertina, Kárita Almeida, Larissa Nogueira, Letícia Santos e Karol Emiliano Meu muito obrigado por compartilharem comigo desse momentos únicos da minha vida e por suportarem o meu bom-humor matinal e entre outros.

Aos meus amigos e parceiros do Laboratório de Máquinas e Mecanização Agrícola, Alex Gonzaga, Aline Alcântara, Bruno Rocca, Danilo Tedesco, Elizabeth Kazama, Francieli Ferreira, Francieli Morlin, Francisca Nivanda, Francisca Edcarla, Jean Lucas, Lucas Gírio, Mailson Oliveira, Marco Antonio, Patricia Menezes, Paulo Cordeiro, Renata Queiroz, Samira Almeida, Tiago Tavares e Watus Costa, e principalmente à Lígia Negri, a qual foi parceira durante todas as avaliações. Sem a ajuda de vocês não seria possível a realização deste trabalho.

À Lorena Lacerda e Leticia Moreno pela amizade, parceria e toda ajuda durante o doutorado sanduiche, sem vocês provavelmente eu não teria conseguido realizar todas as análises que fizemos. Muito obrigado também pelos finais de semana de descontração em Tifton.

Aos amigos americanos David Daughtry, Chelsey Daughtry e Chyanny Poppe os quais conheci durante o doutorado sanduiche na Universidade da Georgia, que se tornaram uma verdadeira família para mim nos EUA.

Aos colegas de departamento da UGA, Kade Fue Arianna Toffanin, Vasileios Liakos, Dimitris Pavlou, Ahmed Rabia, Aaron Bruce, Matthew Gruver, Anna Orfanou, Stefano Gobbo, Ben Holden e aos brasileiros Beatriz Fabreti, Vinícius Perino e Joara Candian. Muito obrigado por me ensinar um pouco da cultura de cada um de vocês.

Aos meus amigos Aquiles Pinheiro, Priscila Fonseca, Marcela Vidica e Maria Tereza, com os quais mantenho contato desde a graduação e que sei que sempre posso contar.

Aos proprietários da Fazenda Santa Cândida, em especial ao Netto Souza por terem disponibilizado a área experimental e facilitar a realização deste trabalho.

À Cooperativa Agroindustrial de amendoim, Cooplane, representada na pessoa do Pablo e Thais, do setor de tecnologia da mesma, muito obrigado por toda a parceria durante o desenvolvimento deste trabalho

À PlanetScope por disponibilizar o acesso gratuito às imagens de satélite por meio da licença educacional.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, o meu muito obrigado! Vocês sempre serão agraciados de alguma forma.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	xiii
ABSTRACT	xiv
CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais	1
Introdução	1
Hipóteses	3
Objetivos	3
Revisão bibliográfica	4
Panorama da cultura do amendoim	4
Fisiologia do amendoim	6
Flores	6
Folhas	8
Vagens	8
Métodos para avaliar a maturação de amendoim	9
Sensoriamento remoto	15
Índices de vegetação	19
Controle Estatístico de Processo (CEP).....	21
Referências bibliográficas	23
Capítulo 2: Qualidade dos dados obtidos por drone e satélites de alta resolução no monitoramento da maturação da cultura do amendoim	29
Resumo.....	29
Abstract	30
Introdução	30
Material e Métodos.....	32
Resultados	36
Discussão.....	44
Conclusões.....	47
Referências	48
Capítulo 3: Using aerial remote sensing to map in-field variability of peanut maturity	53

Abstract	53
Introduction.....	53
Materials and Methods	56
Results and discussion.....	60
Conclusion.....	66
Acknowledgements	67
Conflict of Interest	67
References	67
Capítulo 4: É possível prever a maturação de amendoim utilizando imagem de satélite?	72
Resumo	72
Abstract	73
Introdução	74
Material e métodos.....	76
Área de estudo	76
Imagens de satélite	76
Análise da maturação.....	78
Análise dos dados	79
Resultados	79
Discussão.....	86
Conclusão	88
Referências bibliográficas	88
Capítulo 5: Considerações finais.....	92

MÉTODO NÃO DESTRUTIVO PARA PREDIÇÃO DA MATURAÇÃO DE AMENDOIM (*Arachis hypogaea* L.) UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO

RESUMO

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto teve expressivo aumento na agricultura nos últimos anos para muitas culturas, contudo, ainda são escassos os trabalhos que envolvem a cultura de amendoim, principalmente os que visam solucionar um dos seus principais problemas, a predição da maturação. Dessa forma, foram desenvolvidos trabalhos no Brasil e nos EUA visando verificar o potencial uso do sensoriamento aéreo e orbital na predição da maturação de amendoim. No primeiro capítulo desta tese, encontra-se a revisão de literatura. No segundo, realizou-se uma análise de variabilidade utilizando cartas de controle para identificar diferenças no comportamento da reflectância espectral e dos índices de vegetação obtidos por imagens de drone e do satélite PlanetScope, em que se chegou à conclusão que as duas plataformas apresentam comportamento similares ao longo do tempo. No terceiro capítulo, foram utilizadas duas áreas comerciais nos EUA, irrigada e não irrigada, e as imagens foram obtidas por meio de drone. Observou-se que os índices de vegetação que tiveram comportamento similar nas duas áreas foram aqueles em que se modificou a equação original, substituindo a banda do *red* pelo *red edge* (NLI e MNLI). No quarto capítulo, utilizou-se uma área comercial no Brasil, sendo as imagens utilizadas para extrair a reflectância obtidas do satélite PlanetScope. Os melhores índices de vegetação, com menores erros na predição da maturação foram o NDVI e o SR. Por fim, no capítulo cinco, tem-se as considerações finais com algumas recomendações e os próximos passos da pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: Predição da maturação, índices de vegetação, colheita de precisão, PlanetScope, Drones.

A NON-DESTRUCTIVE METHOD TO PREDICT PEANUT (*Arachis hypogaea* L.) MATURITY USING REMOTE SENSING

ABSTRACT

The use of remote sensing techniques has had a significant increase in agriculture in recent years for many crops; however, the work involving peanut cultivation is still scarce, especially in order to solve one of the main problems of the crop, the prediction of maturity. Thus, work was developed in Brazil and the USA to verify the potential use of aerial and orbital remote sensing in the prediction of peanut maturity. The first chapter of this thesis is the literature review. In the second, a variability analysis was performed using control charts to identify differences in reflectance response and vegetation indices obtained by drone images and PlanetScope satellite, in which it was concluded that the two platforms have similar response over the period of time. In the third, two commercial areas were used in the USA, irrigated and non-irrigated, and the images were obtained by drone. It was observed that the vegetation indices that had similar response in both areas were those in which the original equation was modified, replacing the red band by the red edge (NLI and MNLI). In the fourth chapter, a commercial area was used in Brazil, with the images used to extract the reflectance obtained from PlanetScope satellite. The best vegetation indices, with the lowest errors in the prediction of maturity, were NDVI and SR. Finally, in chapter five, final considerations with some recommendations and the next steps of the research are stated.

KEYWORDS: Prediction of maturity, vegetation indices, precision agriculture, PlanetScope, Drones.

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

Introdução

Esta tese está estruturada em cinco capítulos, que abordam técnicas de sensoriamento remoto aéreo para prever a maturação de amendoim. Este estudo se mostra relevante, pois traz uma nova abordagem para o setor acadêmico e comercial no monitoramento da maturação de amendoim, principalmente no Brasil.

Atualmente, produtores de todo o mundo utilizam o método *Hull-Scrape* para indicar qual o momento para o início da colheita de amendoim. Apesar de ser utilizado largamente em todos os países produtores de amendoim, o método *Hull-Scrape* é destrutivo, altamente subjetivo e não representa a variabilidade na maturação da área como um todo. Dessa forma, visando melhorar a estimativa do método de maturação, acredita-se que o sensoriamento remoto possa ser uma ferramenta capaz de prever a maturação de forma não destrutiva.

No primeiro Capítulo, é apresentado o referencial teórico que embasa a hipótese de que é possível utilizar o sensoriamento remoto como forma não-destrutiva de prever a maturação da cultura do amendoim, bem como a existência de vários outros trabalhos que estão tentando reduzir a subjetividade do método *Hull-Scrape*.

Como o sensoriamento remoto aéreo pode ser obtido por meio de drones e satélites, no segundo capítulo foi realizada uma análise da qualidade dos dados obtidos pelas duas plataformas (drone e satélite), sendo as imagens obtidas do satélite PlanetScope, satélite de alta resolução (~3 m) e de um drone de uma câmera multiespectral sequoia. A ferramenta utilizada foi o controle estatístico de processo, o qual permite inferir a qualidade de um processo. Os dados utilizados nessa análise foram provenientes de uma área comercial irrigada dos Estados Unidos.

No terceiro capítulo, são apresentados os resultados da utilização do sensoriamento remoto com uma câmera multiespectral sequoia acoplada a um drone em duas áreas comerciais dos EUA (área irrigada e não irrigada). Como a câmera possui quatro bandas espectrais (*green*, *red*, *near infrared* e *red edge*), a gama de índices de vegetação utilizados foi maior que nos demais capítulos, sendo eles, NDVI¹, GNDVI, NLI, MNLI e SR, NDRE, MSR e além desses, foram modificados os NLI, MNLI e SR, sendo a modificação representada pela troca da banda do vermelho pelo red edge.

No quarto Capítulo, os dados utilizados são provenientes de uma área comercial no Brasil, não irrigada, em que os índices de vegetação foram obtidos através de imagens do satélite PlanetScope. Neste Capítulo, foram utilizados os índices de vegetação NDVI, GNDVI, NLI, MNLI e SR. Por fim, no quinto capítulo, são apresentadas as considerações finais da tese, demonstrando os melhores resultados obtidos de forma objetiva e coesa, bem como algumas recomendações e os próximos passos da pesquisa.

¹ NDVI: normalized difference vegetation index; GNDVI: green normalized difference vegetation index; NLI: non-linear index; MNLI: modified non-linear index; SR: simple ration.

Conclusão

Os índices de vegetação (IV) extraídos das imagens do satélite PlanetScope obtiveram correlação com a maturação de amendoim, indicando que é possível monitorar a cultura por meio do sensoriamento remoto orbital de alta resolução e reduzir a subjetividade do quadro de maturação.

A melhor acurácia na predição da maturação utilizando imagens de satélites PlanetScope foi aos 92 e 117 DAS.

O NDVI e SR apresentaram alta acurácia e precisão, porém, esses resultados necessitam de mais estudos para confirmar se esses índices de vegetação permanecerão estáveis ao longo do tempo.

Referências bibliográficas

Al-Gaadi KA, Hassaballa AA, Tola E, Kayad AG, Madugundu R, Alblewi B, et al. (2016) Prediction of Potato Crop Yield Using Precision Agriculture Techniques. PLoS ONE 11(9): e0162219.

Amaral LR, Molin JP, Portz G, Finazzi FB, Cortinove L (2015) Comparison of crop canopy reflectance sensors used to identify sugarcane biomass and nitrogen status. Precision Agriculture 16(1):15-28.

Atzberger, C. 2013. "Advances in Remote Sensing of Agriculture: Context Description, Existing Operational Monitoring Systems and Major Information Needs." Remote Sensing, 5: 949–981. doi:10.3390/rs5020949.

Boote, K. J. (1982) Growth stages of peanut (*Arachis hypogaea* L.). Peanut Science, vol. 9, no. 1, pp. 35–40, 1982.

Carley, D., Jordan, D., Dharmasri, L., Sutton, T., Brandenburg, R., Burton, M., 2008. Peanut response to planting date and potential of canopy reflectance as an indicator of pod maturity. *Agron. J.* 100 (2), 376–380.

Clevers, J. G. P. W., Kooistra, L., Brande, M.M.M.V (2017) Using Sentinel-2 Data for Retrieving LAI and Leaf and Canopy Chlorophyll Content of a Potato Crop *Remote Sens.* 2017, 9(5), 405;

Colvin, B., Rowland, D., Ferrell, J., Faircloth, W. (2014) Development of a digital analysis system to evaluate peanut maturity. *Peanut Science*, 41(1), 8-16.

Eitel JUH (2008) Combined spectral index to improve ground-based estimates of nitrogen in dryland wheat. *Agronomy Journal* 100(6):1694-1702.

Embrapa Solos. Sistema Brasileiro De Classificação De Solos. Centro Nacional De Pesquisa De Solos: Rio De Janeiro; 2013.

Gitelson, A. A. (2019) Remote estimation of fraction of radiation absorbed by photosynthetically active vegetation: generic algorithm for maize and soybean, *Remote Sensing Letters*, 10:3, 283-291, DOI: 10.1080/2150704X.2018.1547445

Helman, D., Bahat, I., Netzer, Y., Ben-Gal, A., Alchanatis, V., Peeters, A., Cohen, Y. Using Time Series of High-Resolution Planet Satellite Images to Monitor Grapevine Stem Water Potential in Commercial Vineyards *Remote Sens.* 2018, 10(10), 1615.

Houborg, R. McCabe, M, F. High-Resolution NDVI from Planet's Constellation of Earth Observing Nano-Satellites: A New Data Source for Precision Agriculture *Remote Sens.* 2016, 8(9), 768.

Marti, J. J. Bort, G. Slafer, J. Araus Can wheat yield be assessed by early measurements of normalized difference vegetation index? *Ann. Appl. Biol.*, 150 (2007), pp. 253-257.

Monsef H. A., Smith S.E., Rowland D. L., Rasol N. A. E. (2019). Using multispectral imagery to extract a pure spectral canopy signature for predicting peanut maturity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162: 561-572.

Mulla, D. J. 2013. Twenty-Five Years of Remote Sensing in Precision Agriculture: Key Advances and Remaining Knowledge Gaps. *Biosystems Engineering* 114 (4): 358–371. doi: 10.1016/j.biosystemseng.2012.08.009.

Oliveira, M. F., Ormond, A.T. S., de Freitas Noronha, R. H., Santos, A. F., Zerbato, C., Furlani, C. E. A. (2019) Prediction Models of Corn Yield by NDVI in Function of the Spacing Arrangement. *Journal of Agricultural Science*, 11(6).

Peel MC, Finlayson BL, McMahon TA. Updated World Map Of The Köppen-Geiger Climate Classification. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. European Geosciences Union. 2007; V. 4, N. 2, P.439-473

Planet Team. (2017). Planet — Planet Imagery Products. Retrieved May 25, 2018, from <https://www.planet.com/docs/spec-sheets/sat-imagery/>

Poursanidis, D., Traganos, D., Chrysoulakis, N., Reinartz, P. (2019) Cubesats allow high spatiotemporal estimates of satellite-derived bathymetry, *Remote Sensing* 11(11), 1299.

Robson, A., Phinn, S. Wright, G., Fox, G., 2004. Combining Near Infrared Spectroscopy and Infrared Aerial Imagery for Assessment of Peanut Crop Maturity and Aflatoxin Risk. *New Directions for a Diverse Planet*, Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, Brisbane, Australia. p. 16.

Rowland, D.L., R.B. Sorensen, C.L. Butts, and W.H. Faircloth. (2006). Determination of maturity and degree day indices and their success in predicting peanut maturity. *Peanut Science*, 33:125-136.

Sadeh, Y., Zhua, X., Chenub, K., Dunkerleya, D. (2019) Sowing date detection at the field scale using CubeSats remote sensing *Computers and Electronics in Agriculture* 157, 568–580.

Sanders TH, Shubert AM, Pattee HE. 1982. Maturity methodology and postharvest physiology. In: Pattee HE and Young CT, editors. *Peanut science and technology*. Yoakum: American Peanut Research and Education Society, Inc; p. 625–627

Santos, A.F., Silva, R.P., Zerbato, C., Menezes P. C., Kazama, E. H., Paixão C. S. S., Voltarelli, M, A (2018). Use of real-time extend GNSS for planting and inverting peanuts Precision Agric. pp 1–17

Shanahan F., Schepers, S.D., Varvel, F. E., Wilhelm, W., Tringe, S., Schlemmer, R., Major, J. Use of remote sensing imagery to estimate corn grain yield Agron. J., 93 (2001), pp. 583-589.

Souza, H.B., Baio, F.H.R., Neves, D.C. (2017) Using Passive And Active Multispectral Sensors On The Correlation With The Phenological Indices Of Cotton Eng. Agríc., Jaboticabal, V.37, N.4, P.782-789, Jul./Ago. 2017

Williams, E. J. and J. S. Drexler, “A non-destructive method for determining peanut pod maturity,” Peanut Science, vol. 8, no. 2, pp. 134–141, 1981.

Yu, N., Li, L. N., Schmitz, L.F. Tian, Greenberg, J.A., Diers, B.W. (2016). Development of methods to improve soybean yield estimation and predict plant maturity with an unmanned aerial vehicle based platform. *Remote Sensing of Environment*, 187, pp. 91-101.