

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo desta tese
será disponibilizado somente a partir
de 07/07/2022.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CÂMPUS
DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE
NITROGÊNIO NA BIOMASSA E NITROGÊNIO
ACUMULADO EM CANA-DE-AÇÚCAR EM
LATOSSOLO NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Hugo Miranda Faria

Engenheiro Agrônomo

2021

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**EFEITO DE DOSES E ÉPOCAS DE
APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA BIOMASSA
E NITROGÊNIO ACUMULADO EM CANA-DE-
AÇÚCAR EM LATOSSOLO NO ESTADO DE
SÃO PAULO**

Discente: Hugo Miranda Faria

Orientador: Prof. Dr. José Eduardo Corá

**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).**

2021

F224e Faria, Hugo Miranda
Efeito de doses e épocas de aplicação de nitrogênio na biomassa e nitrogênio acumulado em cana-de-açúcar em latossolo no estado de São Paulo. / Hugo Miranda Faria. -- Jaboticabal, 2021
62 f. : il., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: José Eduardo Corá

1. Agronomia. 2. Adubação nitrogenada. 3. Cana-de-açúcar. 4. Manejo de solo e planta. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.]

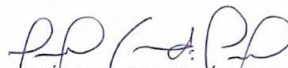
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

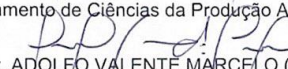
TÍTULO DA TESE: EFEITO DE DOSES E ÉPOCAS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NA BIOMASSA E NITROGÊNIO ACUMULADO EM CANA-DE-AÇÚCAR EM LATOSSOLO NO ESTADO DE SÃO PAULO

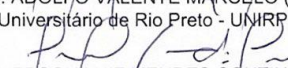
AUTOR: HUGO MIRANDA FARIA

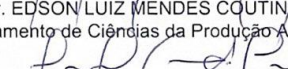
ORIENTADOR: JOSÉ EDUARDO CORÁ

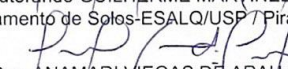
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (PRODUÇÃO VEGETAL), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. JOSÉ EDUARDO CORÁ (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. ADOLFO VALENTE MARCELO (Participação Virtual)
Centro Universitário de Rio Preto - UNIRP / São José do Rio Preto/SP


Prof. Dr. EDSON LUIZ MENDES COUTINHO (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Solos e Adubos) - Aposentado / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pós-Doutorando GUILHERME MARTINI SANCHES (Participação Virtual)
Departamento de Solos-ESALQ/USP / Piracicaba/SP


Profa. Dra. ANAMARI VIEGAS DE ARAUJO MOTOMIYA (Participação Virtual)
Universidade Federal da Grande Dourados-UFGD / Dourados/MS

Jaboticabal, 07 de julho de 2021

Banca Examinadora

Prof. Dr. José Eduardo Corá – UNESP/FCAV – Presidente

Prof. Dr. Adolfo Valente Marcelo – Centro Universitário de Rio Preto (UNIRP)

Profa. Dra. Anamari Motomiya – UFGD/Dourados

Pós doutorando Dr. Guilherme Mastineli Sanches – ESALQ/Piracicaba

Prof. Dr. Edson Luiz Mendes Coutinho – UNESP/FCAV

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ser o motivo de tudo.

À minha família, meus pais Gilmar Miranda e Tânia dos Santos, meu irmão Heitor Miranda, por todo apoio que sempre me deram, não deixando faltar nada para que eu pudesse cumprir, com êxito, este objetivo.

À minha namorada Izabella Ferreira, por todo apoio e doação todo este tempo.

Aos membros da banca examinadora pelas valiosas contribuições para melhoria do trabalho.

Ao Professor Dr. José Eduardo Corá, por todo apoio e ensinamento no desenvolvimento deste trabalho. Obrigado pela sua amizade e por ter feito com tamanha responsabilidade sua missão de me orientar.

Aos colegas de Pós-Graduação Almir, Henildo, Samara e Vinicius, por todo apoio e contribuições para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias-FCAV, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), pela oportunidade ofertada.

À toda equipe do Departamento de Solos e Adubos da FCAV/UNESP, em especial ao Adauto da Silva Alves, por toda ajuda e apoio no cumprimento das minhas atividades.

À Fundação de Amparo à pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 2017/18418-2. Obrigado por acreditar no nosso trabalho e financiar nossa pesquisa.

Por fim, a todos que de forma direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho e conquista deste título, muito obrigado.

Sumário

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	8
CAPÍTULO 2 - Efeito de doses e momentos de aplicação de nitrogênio na biomassa e nitrogênio acumulado em cana-de-açúcar em Latossolo	11
Resumo.....	11
1. INTRODUÇÃO	13
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1. Descrição do local e delineamento experimental	17
2.2. Produção de Biomassa.....	19
2.3. Análise de dados	22
3. RESULTADOS	22
3.1. Matéria seca e N acumulado na biomassa.....	22
3.2. Produtividade e Açúcar Total Recuperável (ATR).....	33
3.3. Análise de agrupamento.....	35
4. DISCUSSÃO	40
5. CONCLUSÃO	42
6. REFERÊNCIAS	43
CAPÍTULO 3. Determinação de zonas homogêneas de manejo por meio de imagens de sensores multiespectrais acoplados em VANT no cultivo de cana-de-açúcar utilizando NDVI e NDRE	46
RESUMO	46
1. Introdução	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1. Descrição do local	50
2.2. Determinação de zonas homogêneas de manejo.....	50
2.3. Produção de Biomassa.....	52
2.4. Análise de solo	52
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4. CONCLUSÃO	60

CAPÍTULO 2 - Efeito de doses e momentos de aplicação de nitrogênio na biomassa e nitrogênio acumulado em cana-de-açúcar em Latossolo

Resumo

A cana-de-açúcar é uma cultura de suma importância para economia do Brasil, crescendo anualmente a área plantada no país. O cultivo de cana requer uma alta quantidade de nutrientes, principalmente o nitrogênio, para que a planta se desenvolva adequadamente. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e momentos de aplicação do fertilizante, na produção de matéria seca e N acumulado na biomassa da cana-de-açúcar, produtividade e ATR, em dois anos de cultivo de cana (2ª e 3ª soca), durante o ciclo da cultura. O experimento foi conduzido em uma área comercial de cana-de-açúcar localizada no Estado de São Paulo, Brasil (21 ° 22'38.48 "S, 47 ° 57'28.01" O). O experimento foi instalado em esquema fatorial 4x3, mais o tratamento controle, distribuídos em blocos ao acaso com quatro repetições. Foram realizadas duas aplicações do fertilizante nitrogenado. A primeira foi realizada logo após a colheita e a segunda aplicação foi realizado quando a cultura estava com aproximadamente 1,10 m de altura. Os tratamentos foram 4 doses de nitrogênio, 54, 109, 163 e 218 kg ha⁻¹ de N, mais o tratamento controle (0 kg ha⁻¹ de N) e três momentos de aplicação: 1) aplicação de todo o fertilizante na primeira aplicação; 2) aplicação do N parcelado, a primeira metade da dose na primeira aplicação e a outra metade na segunda aplicação 3) aplicação de todo fertilizante na segunda aplicação. A cultivar implantada no experimento foi a RB85-5156. Analisou-se matéria seca (MS) e N acumulado da parte aérea da cana-de-açúcar (biomassa), dividido em ponteiro e colmo, ATR e produtividade, em dois anos de cultivo (2018/2019 e 2019/2020), durante o ciclo da cana-de-açúcar. Observaram-se maiores quantidades de MS e N acumulado no ponteiro, colmo e biomassa, quando aplicado todo fertilizante logo após a colheita, no início do ciclo da cultura, antes dos 191 dias após a colheita (DAC). No entanto, após a segunda aplicação, seja todo o fertilizante ou parceladamente, foi possível observar que as quantidades de MS e N acumulado no ponteiro, colmo e biomassa foram maiores. Não foi observado diferença estatística para produtividade da cana-de-açúcar entre os tratamentos avaliados. Porém, observou-se maior quantidade de ATR, no primeiro ano agrícola, quando aplicado todo o fertilizante no momento em que a cultura estava com aproximadamente 1,10 m de altura. A quantidade de dias chuvosos, por período de amostragens da cana, foi determinante na produção de biomassa e produtividade.

Palavra-chave: Adubação nitrogenada; Parcelamento de adubação; *Saccharum spp.*

Effect of rates and times of nitrogen application on biomass and accumulated nitrogen in sugarcane in an Oxisol

Abstract

Sugarcane is a crop of paramount importance for the Brazilian economy, with the planted area growing annually. Sugarcane cultivation requires a high amount of nutrients, mainly nitrogen, for the plant to develop properly. This study aimed to evaluate the effect of nitrogen rates and fertilizer application times on dry matter production and accumulated N in sugarcane biomass, yield, and total recoverable sugar (TRS) during two years of sugarcane cultivation (2nd and 3rd ratoon) in the crop cycle. The experiment was conducted in a commercial sugarcane area located in the State of São Paulo, Brazil (21°22'38.48"S, 47°57'28.01"W). The experiment was set up in a 4x3 factorial scheme plus the control treatment, distributed in randomized blocks with four replications. Two applications of nitrogen fertilizer were carried out. The first application was carried out right after harvest and the second application was performed when the crop was approximately 1.10 m high. The treatments consisted of four nitrogen rates (54, 109, 163, and 218 kg N ha⁻¹) plus the control (0 kg N ha⁻¹) and three application times, as follows: 1) application of all the fertilizer in the first application; 2) split N application, the first half of the rate in the first application and the other half in the second application; and 3) application of all fertilizer in the second application. The cultivar RB85-5156 was used in the experiment. Dry matter (DM) and accumulated N of the sugarcane shoot (biomass), divided into top and stalk, TRS, and yield were analyzed in two years of cultivation (2018/2019 and 2019/2020), during the sugarcane cycle. Higher amounts of DM and N accumulated in the tops, stalk, and biomass were observed after the second application of nitrogen fertilizer, when a crop was approximately 1.10 m high, a period with a high precipitation. No statistical difference was observed for sugarcane yield between the evaluated treatments. However, a higher amount of TRS was observed in the first agricultural year, when all the fertilizer was applied when the crop was approximately 1.10 m high. The number of rainy days per sugarcane sampling period was decisive for biomass production and yield.

Keywords: Nitrogen fertilization; Fertilizer splitting; *Saccharum* spp.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas cultivadas, no âmbito econômico, em mais de 70 países, em uma ampla gama de ambientes nos trópicos e subtropicais (FAO, 2014). Estima-se que a área utilizada para o cultivo de cana-de-açúcar no Brasil se expanda rapidamente, com uma área cultivável em 2019 de 10,13 milhões de hectares, 14% a mais que em 2016 (CONAB, 2019). A cana-de-açúcar é uma planta tropical (Humbert, 1968) e requer clima quente e úmido para produção adequada. A FAO fez uma estimativa em 2018 de uma queda na produção de cana de açúcar no ano agrícola 2018/2019 no Brasil, devido às condições climáticas geralmente desfavoráveis para a produção de cana de açúcar (FAO, 2018). No ano agrícola 2018/2019 houve redução na produção de 4,2% em relação à safra 2017/18 (CONAB, 2019), como previsto pela FAO.

Inúmeros fatores são responsáveis pelo baixo rendimento da cana de açúcar no Brasil, incluindo a escassez de água e o uso inadequado de fertilizantes. A cana-de-açúcar é uma cultura de ciclo longo, entre cortes (até 18 meses), que requer uma alta quantidade de nutrientes. Um cultivo de cana com rendimento de 100 t ha⁻¹ extrai 207 kg N, 30 kg P₂O₅ e 233 kg K₂O do solo (Jagtap et al., 2006). Portanto, esses elementos devem ser adicionados em quantidades adequadas durante o ciclo da cultura para obter maior rendimento. Dentre esses elementos, nitrogênio (N) é o nutriente primário que limita a produção de cana (Wiedenfeld e Enciso, 2008) em todo o mundo. Globalmente, aproximadamente 2,5 Tg de fertilizante N são aplicados todos os anos em canaviais, representando 2% do uso total de fertilizante N (Robinson et al., 2011). As taxas recomendadas

de fertilizante N para produção de cana variam entre 45 e 300 kg ha⁻¹ ano⁻¹ (Srivastava e Suarez, 1992).

O aumento significativo no cultivo de cana-de-açúcar no mundo, conseqüentemente, gera um aumento na demanda por N, impactando diretamente o meio ambiente, com o aumento da lixiviação de NO₃⁻, eutrofização dos corpos d'água (Yeoh et al., 2016) e aumento na emissão de óxido nitroso (N₂O) (Meurer et al., 2016). Em um ano de produção de cana-de-açúcar a emissão total de gases de efeito estufa (GEE) foi de 2.316,5 kg CO₂ eq ha⁻¹ ano⁻¹, sendo fertilizantes nitrogenados responsáveis por 42,5% de toda a emissão de GEE geradas durante a produção de um ano de cultivo de cana de açúcar (Bordonal, Figueiredo e La Scala, 2013). Portanto, é necessário realizar um manejo adequado da adubação nitrogenada para aumentar o uso eficiente do N (UEN), reduzindo perdas e danos ao meio ambiente.

Muitas alternativas de gestão para o UEN estão sendo estudadas e praticadas na agricultura. Em um estudo sobre métodos de aplicação de N, foram observadas concentrações mais altas de N-NH₄⁺ e N-NO₃⁻ nos tratamentos em que o fertilizante foi aplicado sob a palha e incorporado no solo, em comparação com os tratamentos em que o fertilizante foi aplicado acima da palha sem incorporação (Borges et al., 2019 e Castro et al., 2017), sendo este um exemplo de manejo para aumento do UEN. As principais formas de N que as plantas absorvem são amônio (NH₄⁺) e nitrato (NO₃⁻). O N utilizado pelas plantas são provenientes da mineralização da matéria orgânica do solo ou via fertilizantes nitrogenados, sendo uréia a fonte mais utilizada de fertilizante nitrogenado, devido ao seu menor custo por unidade de N e por obter, em sua composição, maior quantidade de nitrogênio (46%).

Após a aplicação da uréia-N no solo ocorre processo de hidrólise da ureia pelas enzimas ureases formando carbonato de amônio $[\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3]$, que se decompõe rapidamente, formando amônio (NH_4^+), bicarbonato e hidroxila $[(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- + \text{HCO}_3^-]$. Como há a formação de hidroxila no processo bioquímico da ureia, o pH ao redor do grânulo fica acima de 7 e parte do NH_4 se converte em NH_3 , que apresenta o maior potencial de perda de volatilização em sistemas agrícolas (IPCC, 2014), podendo perder de 0 a 64% da quantidade aplicada, dependendo da dose, fonte e eficiência da aplicação (Pan et al., 2016). Em condições tropicais, como no Brasil, a perda de $\text{NH}_3\text{-N}$ representa aproximadamente 30% da uréia-N aplicada (Mira et al., 2017).

Em estudo realizado no Paquistão, testando diferentes doses de N e momentos de aplicação na produção de cana-de-açúcar em dois anos de cultivo, observou-se que os resultados mais satisfatórios nas variáveis estudadas foram obtidos quando o fertilizante nitrogenado foi aplicado em parcelas, metade da dose após a colheita e a outra metade 90 dias após plantio (DAP) a uma dose de $252 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ (50% a mais do que o recomendado) (Saleem et al., 2012). Outro estudo que corrobora com Saleem et. al. (2012) conclui que a aplicação da dose recomendada de fertilizante (150 kg ha^{-1}) em duas parcelas iguais, no plantio e nos 30 dias após o plantio, ou nos 30 e 60 DAP, beneficiou a produtividade da cana (Lakshmi et al., 2003). Quando o fertilizante nitrogenado é aplicado totalmente no início do ciclo, ocorre uma redução no rendimento da cana e, quando aplicado muito tarde, ocorre uma redução na produção de açúcar (Wiedengeld, 1997). Além disso, pode-se concluir que altas doses de N não estão diretamente relacionadas à alta produtividade da cana-de-açúcar (Saleem

et al., 2012), porque quando aplicada uma maior dose de fertilizante N (225 kg ha⁻¹) em comparação com menores doses (175 ou 150 kg ha⁻¹) houve acúmulo de matéria seca na cana e não conversão em produtividade (LAL, 1991).

A porcentagem do teor total de N decorrente do fertilizante nas plantas (NDFP) na época da colheita varia normalmente entre 10 e 28% (Trivelin et al., 1995; Gava et al., 2003; Faroni, 2008; Basanta et al., 2003; Gava et al., 2001; Franco et al., 2011; Vieira-Megda et al., 2015), ou seja, 28% do N total na planta são provenientes de fertilizantes nitrogenados e 72% são de outras fontes, como mineralização de palha, fixação biológica de N, entre outros. No mesmo estudo, concluiu-se que o NDFP é maior nos estágios iniciais de crescimento, diminuindo nos estágios finais. O NDFP na cana-de-açúcar atingiu 60 a 70% nos estágios iniciais e caiu para 10 a 20% no momento da colheita (Franco et al., 2011 e Vieira-Megda et al., 2015), o que demonstra a importância da fertilização nitrogenada nos estágios iniciais e reserva no solo pelos períodos restantes, ou parcela da adubação, a fim de fornecer o nutriente para a planta no momento correto. Contudo, o objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de doses de nitrogênio e momentos de aplicação do fertilizante, na produção de matéria seca e N acumulado na biomassa da cana-de-açúcar, produtividade e ATR, em dois anos de cultivo de cana (2^a e 3^a soca), durante o ciclo da cultura.

As hipóteses do presente trabalho foram: 1) Aplicação de fertilizante nitrogenado via ureia em dose total logo após a colheita é ineficiente devido à baixa eficiência no uso do N aplicado; 2) Maior produção e produtividade no cultivo de cana-de-açúcar quando aplicado fertilizante nitrogenado parceladamente ou em dose total no período chuvoso; 3) Efeitos climáticos, principalmente precipitação, são limitantes na produção da cana-de-açúcar.

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que foi possível determinar Zonas Homogêneas de Manejo por meio de imagens NDVI e NDRE, obtido por sensores multiespectrais acoplados em VANT.

Devido à saturação do NDVI em médias e altas quantidades de biomassa, o NDRE foi mais eficiente para determinar a variabilidade espacial no cultivo de cana-de-açúcar no período de novembro a março, período de maior produção de biomassa da cultura.

Financiamento

Fundação de Amparo à Pesquisa do estado de São Paulo (FAPESP) – São Paulo, Brasil.

5. REFERÊNCIAS

Adhikari K., C. F., Toth G. And Montanarella L. Site Specific Land Management; General Concepts and Applications. EUR -Scientific and Technical Research series, p.60. 2009.

Amaral, L. R., Molin, J.P. The effectiveness of three vegetation indices obtained from a canopy sensor in identifying sugarcane response to nitrogen. Soil fertility & crop nutrition. Agronomy Journal. v.106, n.1, p.273-280. 2014.

Fridgen, J.J., Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Drummond, S.T., Wiebold, W.J., Fraisse, C.W. Management Zone Analyst (MZA): Software for Subfield Management Zone Delineation. Agronomy Journal, v.96, n.1, p.100-108. 2004.

Gee, G.W. & Bauder, W. Particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. Methods of soil analysis. Madison, American Society of Agronomy, 1986. Part 1. p.383-409. (Agronomy, 9).

Gitelson, A.A., Kaufman, Y.J., Stark, R., Rundquist, D. Novel algorithms for remote estimation of vegetation fraction. Remote Sens. Environ., 80, pp. 76-87. 2002.

Gitelson, A.A. Wide dynamic range vegetation index for remote quantification of biophysical characteristics of vegetation. J. Plant physiol., 161, pp.165-173. 2004.

Honda, B.; Jorge, L. Computação Aplicada À Agricultura De Precisão. Rev. Científica Eletrônica UNISEB, Ribeirão Preto, v.1, n.1, p.111-132, jan./jun.2013. Disponível em: <http://uniseb.com.br/presencial/revistacientifica/arquivos/8.pdf>

Kriegler, F.J., Malila, W.A., Nalepka, R.F., Richardson, W. Preprocessing transformations and their effects on multispectral recognition. Proceedings of the Sixth International Symposium on Remote Sensing of Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI, pp. 97-131. 1969.

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994. Remote Sensing and Photo Interpretation, 3rd. ed. John Wiley & Sons: New York. 750 p.

Luchiari, A. Jr., Shanahan, J., Francis, D., Schlemmer, M., Schepers, J., Liebig, M., Schepers, A., Payton, S. Strategies for Establishing Management Zones for Site Specific Nutrient Management. University of Minnesota 2000. In: International Conference On Precision Agriculture, 5, 2000.

Miranda, J. I. Interpolação. In: MIRANDA, J. I. Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas. 2. ed. rev. e atual. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2010. cap. 8, p. 265-304.

Molin, J. P.; Amaral, L. R.; Colaço, A. F. Agricultura de precisão. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2015.

Motomiya, A.V.A., Molin, J.P., Motomiya, W.R., Baio, F.H.R. Mapeamento Do Índice De Vegetação Da Diferença Normalizada Em Lavoura De Algodão.

Goiânia, v. 42, n. 1, p. 112-118, jan./mar. 2012. Disponível em: <http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/view/14251>.

Mzuku, M.; Khosla, R.; Reich, R.; Inman, D.; Smith, F. ; Macdonald, L. Spatial Variability of Measured Soil Properties across Site-Specific Management Zones. Madison, WI: Soil Science Society. 69: 1572-1579 p. 2005.

Plant, R.E. Site-specific management: The application of information technology to crop production. *Computers and Electronics in Agriculture*, v.30, n.1, p.9-29. 2001.

Shaver, T.M., Khosla, R., Westfall, D.G. Evaluation of two crop canopy sensors for nitrogen variability determination in irrigated maize. *Precision Agriculture*, v.12, p.892-904. 2011.

Wang, Z. X., Liu, C., Huete, A. From AVHRRNDVI to MODIS-EVI: Advances in vegetation index research. *Acta Ecologica Sinica*, v.23, n.5, p.979-988, 2003.

Yao, R.J.; Yang, J.S.; Zhang, T.J.; Gao, P.; Wang, X.P.; Hong, L.Z. ; Wang, M.W. Determination of site-specific management zones using soil physico-chemical properties and crop yields in coastal reclaimed farmland. *Geoderma*, v.232-234, p.381- 393. 2014.