

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**  
**ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ”**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**  
**LABORATÓRIO DE AGRICULTURA DE PRECISÃO**

**ESTÁGIO SUPERVISIONADO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS II**

**OBTENÇÃO DE DADOS COM SENSOR DE DOSSEL VISANDO A GERAÇÃO DE CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE INSUMOS EM TAXAS VARIÁVEIS NO CULTIVO DE ALGODÃO (*Gossypium* sp.)**

**ORIENTADOR: Profº Drº José Paulo Molin**

**ALUNO: Leonardo Vargas Posada**

**JULHO 2013**

# **OBTENÇÃO DE DADOS COM SENSOR DE DOSSEL VISANDO A GERAÇÃO DE CURVA DE CALIBRAÇÃO PARA APLICAÇÃO DE INSUMOS EM TAXAS VARIÁVEIS NO CULTIVO DE ALGODÃO (*Gossypium* sp.)**

## **ESUMO:**

O algodão (*Gossypium* sp.) é a principal cultura para a produção de fibra têxtil no mundo. Sendo uma cultura altamente tecnificada e de grande aporte de insumos, o correto uso dos mesmos vem a ser prioritário. No âmbito da agricultura de precisão, o uso de sensores de vegetação se apresenta como uma alternativa promissora ao gerenciamento georreferenciado de insumos na lavoura. Este projeto foi realizado em fazendas pertencentes ao Grupo Wink, em Chapadão do Céu, GO. O objetivo desta pesquisa é obtenção de dados com um sensor óptico ativo (N-Sensor<sup>TM</sup> ALS) visando à geração de curva de calibração para aplicação de nitrogênio, reguladores de crescimento e desfolhante em taxas variáveis no algodão. Utilizou-se duas áreas comerciais da cultura, uma semeada de forma convencional (116 ha) e outra com a cultura adensada (142 ha). Em cada área, cinco épocas de leituras do sensor e posterior coleta de dados amostrais foram utilizadas, em torno de 40, 55, 90, 125 e 180 dias após a semeadura (DAS). Nas três primeiras leituras foram coletadas 30 amostras de biomassa do cultivo em cada amostragem (ambas as áreas) assim como a altura da cultura, e número de plantas. Estas foram divididas em cinco classes amostrais para estabelecer uma relação entre os valores obtidos com o sensor e a biomassa. Observou-se que o sensor possui uma relação positiva significativa com a biomassa e altura das plantas, porém não apresentou relação com o número de plantas.

## **INTRODUÇÃO**

O algodão é um dos mais importantes produtos agrícolas na economia global, a maior parte de sua produção concentrando-se no continente asiático (62,94%), seguido pela América com a 25,15%, sendo China, EUA, Índia, Paquistão e Uzbequistão os cinco primeiros países com a maior produção (FAO, 2011). O algodão é a principal planta cultivada para a produção de fibra do mundo e de grande importância como matéria-prima para a fabricação de têxteis e vestuário (Silva, 2005).

A necessidade de aumentar a produção e para minimizar o impacto ambiental dos processos agrícolas, leva ao desenvolvimento de novas tecnologias, tais como o uso de sensores de reflectância, que mede a relação entre a energia eletromagnética incidente com respeito à potência que é refletida numa interface (cultura do algodão). Esta tecnologia permite a avaliação e monitoramento de variáveis de interesse agrícola com maior precisão, o que permite a aplicação de insumos em taxas variáveis em tempo real com maior eficiência e com ganhos em produtividade da cultura (Whelan e Taylor, 2013).

O N-Sensor<sup>TM</sup> ALS, é um sensor óptico ativo de dossel (com fonte de luz própria) permitindo ser operado na ausência de luz ambiente. Sua função principal é estimar biomassa a partir de um índice de vegetação específico e por meio de uma curva de calibração previamente estabelecida (YARA, 2008). O CropSpec<sup>TM</sup> é uma versão miniaturizada do N-Sensor desenvolvido pela empresa Topcon (Topcon Corporation) em cooperação com a Yara International. O sensor mede a reflectância das plantas para estimar, em primeira instância, biomassa e indiretamente clorofila, o que está intimamente relacionado com a concentração de nitrogênio na planta (TOPCON, 2009).

Fertilizantes químicos, particularmente fertilizantes nitrogenados (N), são um dos mais importantes fatores de produção no cultivo de algodão. O nitrogênio é o nutriente que tem o maior efeito sobre a fisiologia e o rendimento das plantas. É essencial para a produção de matéria seca da planta, assim como muitos compostos orgânicos, como a clorofila, que atua diretamente na fotossíntese e produção de biomassa (Wu Fei *et al.*, 1998). Existe uma ótima relação entre o teor de N na planta e a assimilação de CO<sub>2</sub> (Sinclair e Horie, 1989). Fernandez *et al.*, (1996) encontraram que o déficit de N inibiu o crescimento das folhas, pecíolos e ramos de algodão. A falta de correspondência entre a oferta e a procura de N na safra também pode dificultar o crescimento da cultura ou prejudicar o meio ambiente, produzindo uma baixa eficiência de utilização do nitrogênio e perdas

econômicas. O excesso de N muitas vezes leva a um aumento do risco de contaminação das águas subterrâneas como resultado da lixiviação de  $\text{NO}_3^-$  (Carpenter *et al.*, 1998).

Várias abordagens têm sido utilizadas para tentar aumentar a produtividade do algodão. A aplicação de reguladores de crescimento de plantas (PGR), como retardadores de crescimento pode manter os equilíbrios hormonais internos e relacionamentos fonte - dreno, portanto, melhorar a produtividade da lavoura (Singh *et al.*, 1987). Cloreto de Mepiquat e cloreto de clorocolina foram encontrados por Dippenar *et al.*, (1990) e Pipolo *et al.*, (1993) para restringir o crescimento vegetativo e, portanto, melhorar o crescimento dos órgãos reprodutivos da planta de algodão (Wang *et al.*, 1995).

Destes estudos, é possível fazer uso de técnicas específicas de gestão e a aplicação de vários insumos, representando uma nova opção para a estratégia da otimização da produção agrícola. Seu embasamento está na análise da variabilidade espacial dos fatores de produção, para a prescrição das operações e a aplicação de insumos na forma localizada e com doses precisas (Molin, 2003).

## OBJETIVO

Monitorar lavouras de algodão utilizando os sensores de dossel e coletar amostras de plantas em momentos específicos para a geração de um primeiro conjunto de dados que permitam a obtenção de relações entre o índice de vegetação do sensor, de biomassa da cultura e de teores de N nas plantas.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em dois talhões de algodão comercial, o primeiro de 116 ha, localizado na fazenda Novo Milênio (18°28'S 52°44'O) e o segundo de 142 ha, localizado na fazenda Amambai (18°21'S 52°34'O), ambos pertencentes ao Grupo Wink, em Chapadão do Céu, GO. Os talhões constaram de semeaduras em densidades distintas. O primeiro talhão (convencional), com espaçamentos de 0,8 m entre fileiras e 70000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ , foi semeado no dia 13 de dezembro de 2012; o segundo talhão (adensado) foi semeado no dia 8 de janeiro de 2013 com espaçamento entre fileiras de 0,4 m e 120000 plantas  $\text{ha}^{-1}$ .

Os talhões de algodão foram monitorados usando o sensor N-Sensor<sup>TM</sup> ALS (Yara International ASA, Duermen, Alemanha). É um sensor óptico ativo de dossel (com fonte de luz própria) permitindo ser operado na ausência de luz ambiente. O dispositivo emite um fecho de luz de xênon de amplo espectro e absorve a reflexão nos comprimentos de onda de 730 nm (red edge) e 760 nm (infra-vermelho próximo). O sensor foi montado no teto da cabine a uma altura de montagem de 2 a 4 m. Sua função principal é estimar biomassa a partir de um índice de vegetação específico (IV), como mostrado na equação 1 e por meio de uma curva de calibração previamente estabelecida (YARA, 2008).

$$IV = (\ln R_{760} - \ln R_{730}) \times 100 \quad (1)$$

Os talhões também foram monitorizados com o sensor CropSpec<sup>TM</sup> para comparar os valores de leitura entre sensores. O CropSpec<sup>TM</sup> tem dois sensores pequenos e fáceis de instalar. Os sensores foram montados no teto da cabine a uma altura de montagem de 2 a 4 m. O CropSpec<sup>TM</sup> emite luz de amplo espectro através de LED's e captura a reflectância de foto diodos em duas porções do espectro, vermelho e infravermelho (730-740 nm e 800-810 nm). Seu ângulo de visão é de 45° a 55°. O sensor mede a reflectância das plantas para estimar clorofila e biomassa, o que está intimamente relacionado com a concentração de nitrogênio na planta (TOPCON, 2009).

As datas das leituras e amostragens foram ajustadas para os talhões de algodão em espaçamento convencional (Tabela 1) e espaçamento adensando (Tabela 2).

Tabela 1. Relatório dos monitoramentos e síntese das operações, produtos e quantidades aplicadas em talhão convencional.

MONITORAMENTO		DATA	OPERAÇÕES	PRODUTO	DOSE (L)	TOTAL (L)
PROGRAMA DO (DAS)	EXECUTADO (DAS)					
40	47	29 Janeiro	Aplicação de fungicidas, inseticidas, herbicidas, fertilizantes e óleo mineral.	BION 500WG	20 g	2000 g
				PRIORI XTRA	0,09	9
				PARACAP	1	100
				PREMIO	0,05	5
				VERDICT R	0,05	50
				MAP PURIFICADO	1,75	175
				SAG 10-00-00	0,02	2
55	66	16 Fevereiro	Aplicação de inseticidas, regulador de crescimento, micronutriente, herbicidas, fertilizantes e óleo mineral.	SAFETX	0,5	31
				LARVIN WG	0,2	12
				PIX HC	0,08	4,8
				PROFOL SUPERA	0,75	45
				PODIUM EW110	0,8	50
				TRIUNFO FLEX	0,016	1
90	118	09 Março	Aplicação de defensivos, inseticidas, herbicidas, micronutrientes.	TRACER	0,08	8
				FURY 200 EW	0,25	25
				OBERON SC 240	0,4	40
				VERDICT R	0,4	40
				FUZILADE 250	0,8	80
				SOLOPOTASSE SULFATO K	1,2	125
				TRIUNFO FLEX	0,012	1,2
125	166	27 Maio	Aplicação de inseticidas e micronutrientes.	TALSTAR 100 EC	0,5	50
				CHESS 500 WG	0,4	40
				AMPLIGO	0,1	10
				TRIUNFO FLEX	0,012	1,25
180	181	11 Junho	Aplicação de inseticidas e micronutrientes.	DROPP ULTRA	0,33	2,5
				FURY 200 EW	0,25	2
				TRIUNFO FLEX	0,033	0,25

(Mais detalhes ver anexo).

Tabela 2. Relatório dos monitoramentos e síntese das operações, produtos e quantidades aplicadas em talhão adensado.

MONITORAMENTO		DATA	OPERAÇÕES	PRODUTO	DOSE (L)	TOTAL (L)
PROGRAMADO (DAS)	EXECUTADO (DAS)					
40	51	05 Março	Aplicação de inseticidas, herbicidas, fertilizantes.	ENGEO PLENO	0,4	43
				MAP. PURIFICADO	1,5	181
				FUSILADE	0,8	16
				ALAMO	0,4	8
55	81	10 Abril	Aplicação de inseticidas, herbicida e micronutriente.	DANIMEN	0,4	44
				DIPEL	0,5	55
				POLO	0,5	55
				FUSILADE	0,8	88
				PROFOL N30	2,0	220
90	113	06 Maio	Aplicação de inseticida e micronutriente	KLORPAN	1,0	110
				AVAUNT	0,3	33
				BULLDOCK	0,1	11
				TRIUNFO F	0,013	1.5
125	170	12 Junho	Aplicação de inseticida e micronutriente	TASLPAR	0,5	55
				DIPEL	0,4	44
				PROFOL SUPERA	0,5	70
				TRIUNFO F	0,014	1.4
180	195	07 Julho	Não tem registro			

(Mais detalhes ver anexo).

- 15-20 dias após a semeadura (DAS) - a primeira aplicação de nitrogênio em cobertura (as aplicações de nitrogênio foram feitas a lanço aplicando nitrato de amônio, 32%N).
- 40 DAS - segunda aplicação de nitrogênio em cobertura
- 55 DAS - primeira aplicação de reguladores de crescimento
- Entre 55 e 125 DAS – segunda e terceira aplicação de reguladores de crescimento
- 125 DAS - última aplicação de reguladores de crescimento.
- 180 DAS - aplicação de desfolhantes

O N-Sensor<sup>TM</sup> ALS e o CropSpec<sup>TM</sup> foram conectados a uns receptores GPS e o veículo andou pelos dois talhões comerciais em 47 fileiras de 0,8 m (adensado) e 33 fileiras de 0,4 m (convencional). Depois de escaneados, os dados dos sensores foram inseridos em um software SIG (SSToolbox<sup>®</sup>, SST Development Group, Stillwater, OK, USA). Para cada talhão e medição excluiu-se os pontos fora do talhão e pontos discrepantes. Os dados foram interpolados usando pixels de 10 m pelo método do inverso da distância na segunda potência, estabelecendo cinco classes amostrais pelo método de quebras naturais para expressar a variabilidade do índice de vegetação lido pelo sensor dentro do talhão durante o escaneamento.

Seis pontos amostrais foram alocados no meio de áreas representativas de cada classe, somando 30 pontos por talhão para cada data de escaneamento. Cada ponto amostral consistiu de três fileiras de algodão de 1 m de

comprimento. Cada ponto amostral foi alocado no centro do pixel de 10 m. O número de plantas foi contado estimando-se a densidade, assim como a altura média das plantas mensurada. Amostras de matéria fresca foram coletadas cortando três fileiras de 1 m. Amostras de biomassa foram pesadas no campo e foram enviadas para laboratório, e sub-amostras foram secas para estimar a produção de matéria seca, (Portz *et al*, 2012).

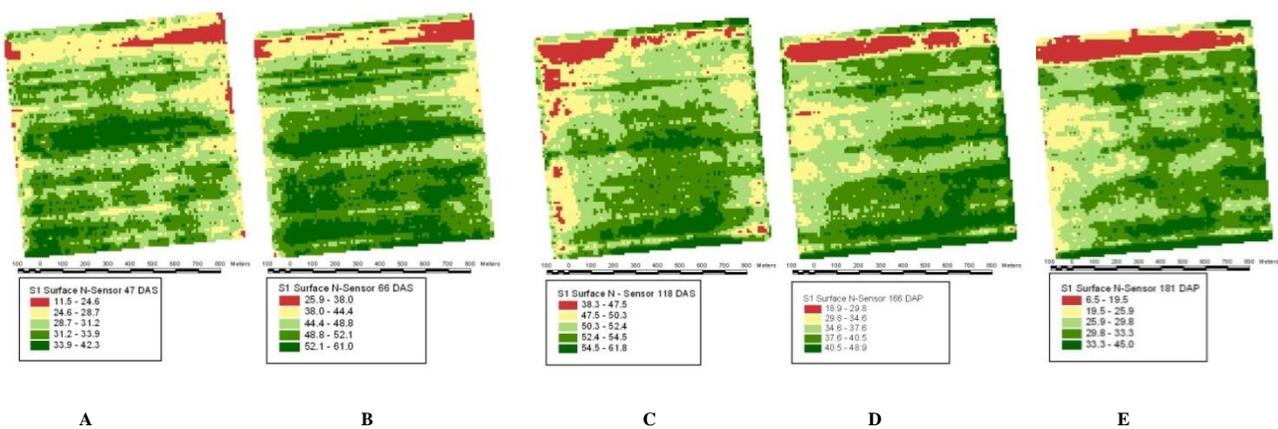
Processou-se os dados obtidos das variáveis (altura de plantas, conteúdo de Nitrogênio, número de plantas, matéria seca e fresca, valores dos IVs do de N-Sensor<sup>TM</sup> ALS e do CropSpec<sup>TM</sup>), no software Microsoft Excel<sup>®</sup>, em cada amostragem e foram feitas as correlações entre as variáveis e os valores dos sensores.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

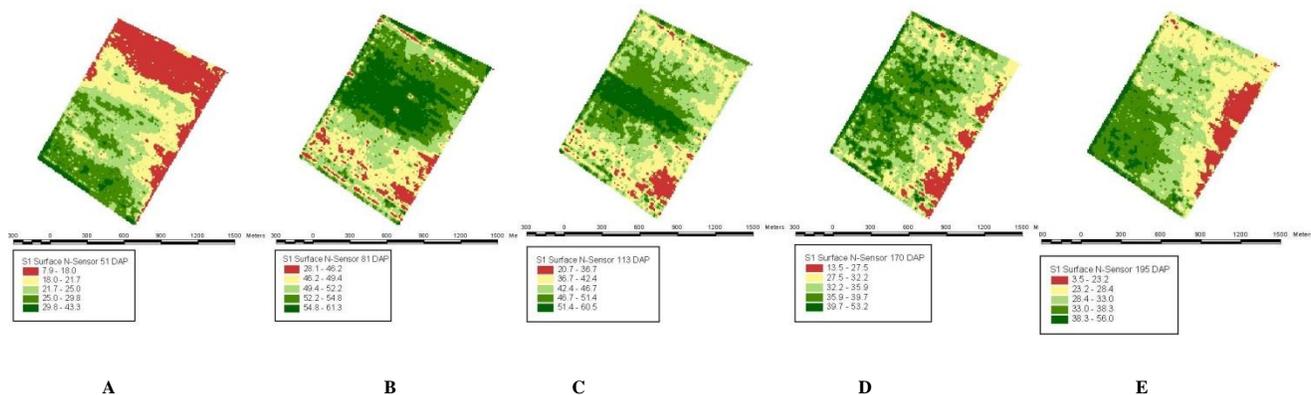
Observaram-se variabilidades distintas em todas as datas de leitura, houve mudanças no comportamento espacial de índice de vegetação avaliada em cada data, de modo que as legendas dos mapas resultantes são diferentes para cada momento de leitura (Figuras 3 e 4).

O cultivo convencional (Fazenda Novo Milênio) começou com um estágio vegetativo normal, onde se registou aumento da taxa de biomassa ao longo do tempo (até 66 DAS) e, em seguida, houve redução (entre 118- 181 DAS). Esse comportamento é dado pelas aplicações de reguladores de crescimento (cloreto de mepiquat - CM). De acordo com McGuire (2005) a indeterminação de crescimento do algodão pode levar ao crescimento vegetativo excessivo que pode causar problemas na gestão de doenças e criar dificuldades na colheita. Por isso é necessário o uso de reguladores de crescimento, que atuam reduzindo o comprimento do entrenó, ou seja, há um menor alongamento da planta e conseqüente redução do seu porte, facilitando a colheita mecanizada. Isso permite que foto assimilados sejam direcionados em maior quantidade para as estruturas frutíferas e menos para o crescimento vegetativo. De acordo com Ferreira *et al.*, (1998) a aplicação de CM aumentaram o rendimento do algodão no ramo por planta de 13% a 14% em relação às plantas não tratadas, que é em parte explicado por um aumento de 7% em peso de maçãs e um aumento na retenção dos frutos de 5,3% para 7,0%. Um estudo mais detalhado sugere que a concentração ótima de CM é de 8 a 12 ppm para algodão (Cothren e Oosterhuis, 2010).

O cultivo adensando (Fazenda Amambai) teve um comportamento atípico inicial, que apresentou uma grande zona de baixos valores de IV do sensor (classe com baixa biomassa). Esta anomalia se deu pela fitotoxicidade de herbicida. Também houve ausência de chuva, reportando-se apenas 51 mm no mês de janeiro, segundo pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), que gerou um atraso no desenvolvimento da cultura. De acordo com Douglas *et al.*, (2012), a seca é um dos mais importantes fatores de estresse abiótico que limita o crescimento das plantas. A exposição ao estresse de seca apresenta uma grande variedade de respostas nos níveis de planta, celular e molecular (Chaves *et al.*, 2009). No nível morfológico, o efeito do estresse de seca geralmente é percebido como um declínio na fotossíntese e crescimento, que está associado a alterações no metabolismo do carbono e nitrogênio (Lawlor e Cornic, 2002). Os resultados da primeira amostragem (51 e 47 DAS) indicam que todas as variáveis têm valores mais baixos no talhão adensado em relação ao talhão convencional, devido à fitotoxicidade (Figuras 3 e 4).



**Figura 3.** Mapas do índice de vegetação N-Sensor<sup>TM</sup> ALS do talhão da fazenda Novo Milênio (convencional) em 47 (A), 66 (B), 118 (C), 166 (D) e 181 (E) dias após a semeadura (DAS).

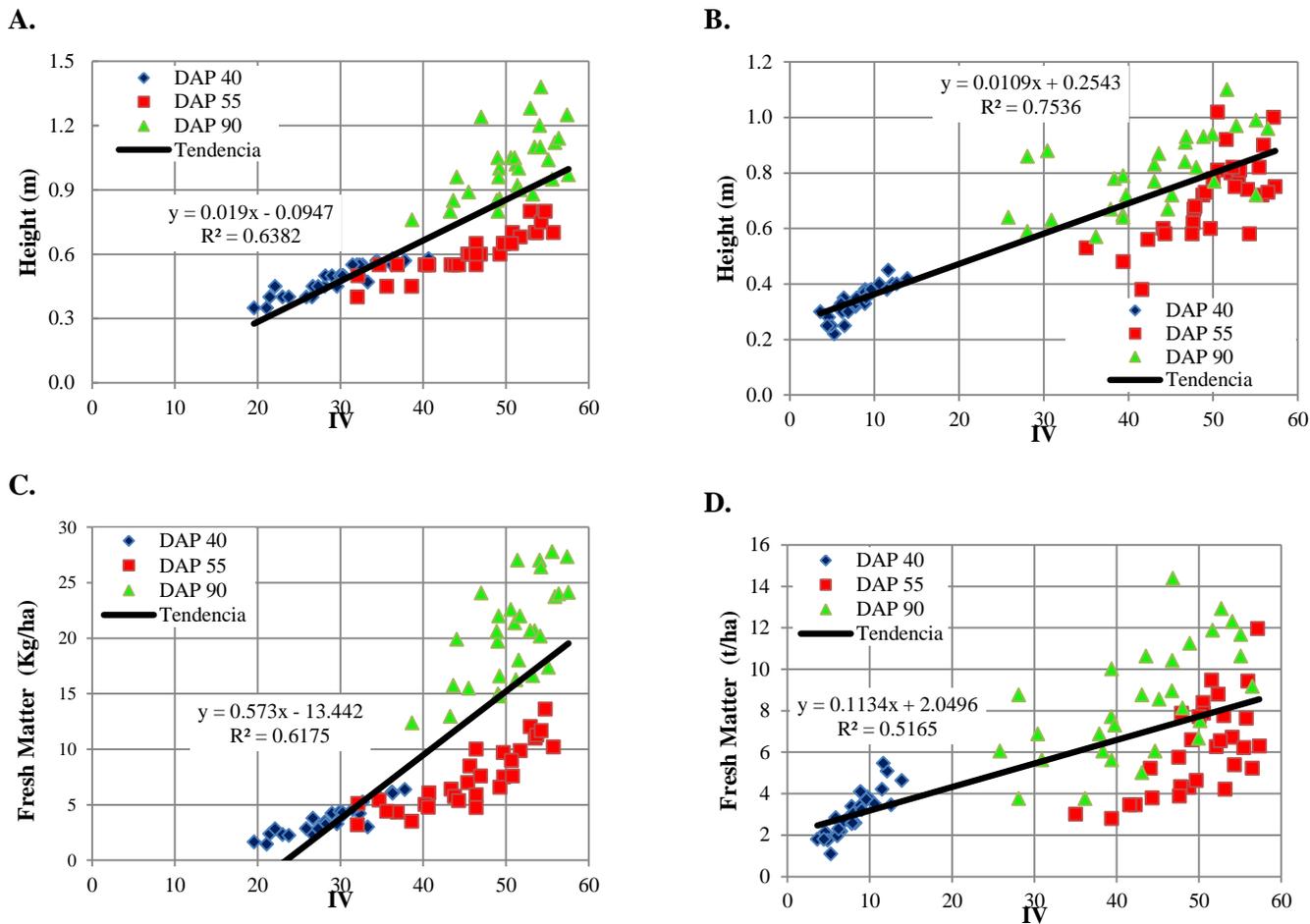


**Figura 4.** Mapas do índice de vegetação N-Sensor<sup>TM</sup> ALS do talhão da fazenda Amababai (adensado) em 51 (A), 81 (B) 113 (C) e 170 (D) dias após a semeadura (DAS).

Analisaram-se as variáveis medidas no campo com as leituras de cada sensor para determinar a relação que existia entre eles. Na variável altura encontrou um  $R^2=0,64$  para o talhão convencional e para o talhão adensado  $R^2=0,75$ , o que significa que o sensor poderia estimar a altura do cultivo. De acordo com Martinez *et al* (2009), em seu estudo sobre a caracterização de modelos de regressões estadísticos, a altura e o índice de vegetação (valores do sensor) tem uma relação moderada a forte porque o seu  $R^2$  está entre 0,51 - 0,75. No talhão de espaçamento adensado se registrou plantas de um tamanho menor comparadas como talhão de espaçamento convencional. Em um estudo de Ernest *et al.* (2006) foram obtidos resultados semelhantes. Utilizaram tratamentos com diferentes taxas de fertilização nitrogenada (0, 50, 101 e 151 kg ha<sup>-1</sup>) e diferentes distâncias entre fileiras de 19, 38 (talhões adensados) e 76 cm (talhão convencional). Os resultados indicaram que a redução do espaçamento entre fileiras reduziu a altura das plantas e peso das maçãs, mas houve uma maior percentagem de fibra (Figura 3).

A matéria fresca teve um comportamento crescente ao longo das três amostragens. Na leitura aos 90 DAS os dados mostraram uma dispersão, sendo que a maioria dos dados não seguem a linha de tendência. Isso pode ter sido causado erro desaturação das leituras do sensor. Isso ocorre porque o cultivo estava em uma fase vegetativa com grande quantidade de biomassa e o sensor registrou dados com valores muito elevados. Estes resultados são consistentes com as correlações, com valores baixos, mas aceitáveis. O talhão de espaçamento convencional teve  $R^2$  de 0,61 e o de espaçamento adensado teve  $R^2$  de 0,51, o que significa que o sensor pode estimar a matéria

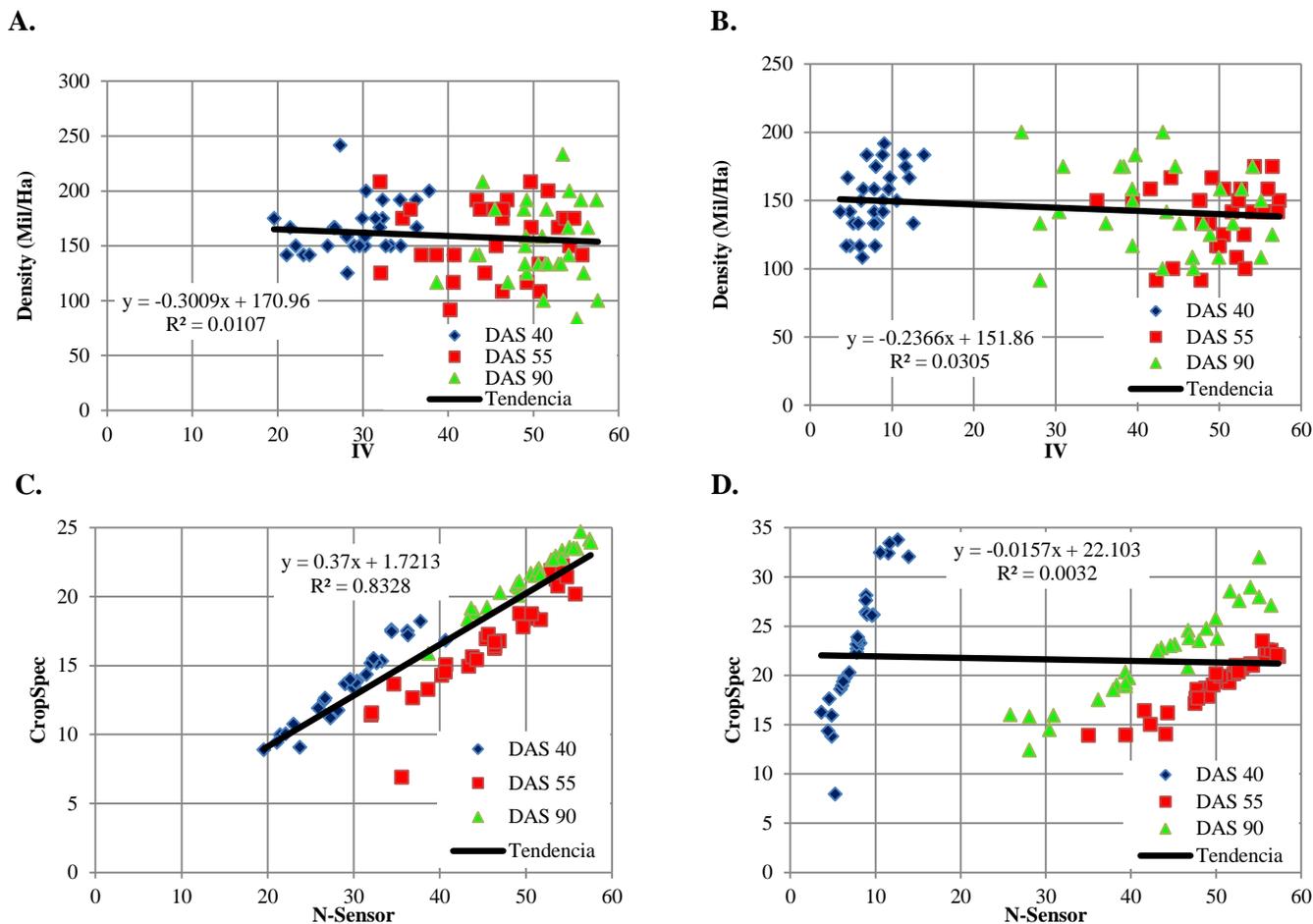
fresca da cultura. De acordo com Martinez *et al.* (2009), entre a matéria fresca e o índice de vegetação (valores do sensor), existe uma relação entre moderada e forte, porque o seu  $R^2$  está entre 0,51- 0,75 (Figura 3).



**Figura 5.** Talhão Convencional (esquerda) e adensando (direita); altura de plantas vs. valores do índice de vegetação obtido com o sensor (A, B); matéria fresca vs. valores do índice de vegetação obtidos com o sensor (C, D); matéria seca vs valores do índice de vegetação obtidos com o sensor (E, F).

Os valores de IV relacionados com densidade de plantas ao longo das amostragens resultaram em correlação praticamente nulas, o que sugere que o sensor não é capaz de estimar a densidade populacional e, por conseguinte, não deve ser uma variável medida para pesquisas futuras (Figura 3).

Comparando-se os valores obtidos com os dois sensores no talhão de espaçamento convencional tem-se  $R^2$  de 0,83, o que indica que as leituras dos dois sensores são comparáveis. No entanto, para o talhão de espaçamento adensado foi observado um comportamento inicial atípico na amostragem aos 40 DAS, CropSpec<sup>TM</sup> relatou valores elevados em comparação com aqueles do talhão de espaçamento convencional. Observou-se posteriormente que o sensor não estava ajustado e seus valores da primeira amostragem (40 DAS) não mostraram uma concordância com os dados obtidos nos monitoramentos que se seguiram (Figura 6).



**Figura 6.** Talhão Convencional (esquerda) e adensando (direita); densidade de plantas vs. valores do índice de vegetação obtido com o sensor (A, B); valores do índice de vegetação obtido com o sensor CropSpec™ vs. valores do índice de vegetação obtidos com o sensor (C, D).

## CONCLUSÕES

As correlações permitiram destacar variáveis que não deve ser medidas na seqüência dos estudos, como a densidade de plantas e fortaleceu as variáveis envolvidas diretamente com biomassa e leitura do sensor. Observou-se que o N-Sensor™ ALS tem uma relação positiva significativa com a biomassa e a altura da planta.

Em condições normais os dois sensores resultaram em dados comparáveis entre si.

## REFERÊNCIAS

Brett Whelan B. and Taylor J. 2013. Precision agriculture for grain production systems. Collingwood, Vic. CSIRO Publishing, (2013),p. 3-10.

Carpenter S., Caraco N., Correll D., Howarth R., Sharpley A. and Smith, V. 1998. Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications, 8, p. 559-568.

Chaves M., Flexas J. and Pinheiro C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany, 103(2009),p. 551- 560.

- Cothren T. and Oosterhuis D. 2010. Physiology of Cotton: Chapter 26: Use of Growth Regulators in Cotton Production. University of Arkansas, Fayetteville: Springe, 2010. 563 p.
- Deeba F., Pandey A., Ranjan S., Mishra A., Singh R., Sharma Y., Shirke P. and Pandey V. 2012. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 53(2012), p. 6-18.
- Dippenaar M., Nolte C., and Barnard C. 1990. Controlling excessive growth in cotton by multiple applications of low concentrations of mepiquate chloride. *South African Journal of Plant and Soil*, 7, p. 50-54.
- Ernest L., Clawson J., Cothren T. and Blouin D. 2006. Nitrogen Fertilization and Yield of Cotton in Ultra-Narrow and Conventional Row Spacings. *Agronomy Journal*, 98(1), p. 72-79.
- FAO 2011. Food and Agriculture Organization, Faostat. <http://faostat.fao.org/>. Data 24 maio 2013.
- Feibo W., Lianghuan W. and Fuhua X.. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Field Crops Res.* 56, 309-314.
- Fernández J., Elledge R., Foutz T. and Rangel F. 1998. Effects of Mepiquat Chloride on Growth and Yield of Upland Cotton Grown Under Deficit Irrigation. BL-RC10. In *Bottom Lines: An overview of research and extension projects*. Texas A&M University Agricultural Research and Extension Center. The Texas Agricultural Experiment Station. The Texas A&M University System. Uvalde, TX.
- Fernandez L., Cothren J., and McInnes K. 1996. Partitioning of biomass in water- and nitrogen stressed cotton during pre-bloom stage. *Journal of Plant Nutrition*.19, 595-617.
- INEMET. Instituto Nacional de Meteorologia. Estação automática: A730- Chapadão do Sul. <http://www.inmet.gov.br>. Data 18 junho 2013.
- Jasper J., Reusch S., and Link A. 2009. Active sensing of the N status of wheat using optimized wavelength combination—impact of seed rate, variety and growth stage. In E. J. Van Henten, D. Goense, & C. Lokhorst (Eds.), *Precision agriculture'09 Proceedings of the 7th European conference on precision agriculture* (pp. 23–30). Wageningen, The Netherlands: Academic Publishers.
- Lawlor D. and Cornic G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant Cell Environment Journal*. 25(2002), p. 275-294.
- Martínez R., Tuya L., Martínez M. Pérez A. y Cánovas A. 2009. Caracterización del coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana. Facultad de Ciencias Médicas Dr. Enrique Cabrera. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*. 8(2).p 1-19.
- McGuire C. 2005. Evaluation of PGR Properties of Trimax in Cotton. Thesis of Master Science. Texas A&M University. College Station, Texas, United States.
- Molin J. 2003. Agricultura de Precisão: O gerenciamento da variabilidade. *Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)*. Divisão de Biblioteca e Documentação- Campus “Luiz de Queiroz”. Fundação Biblioteca Nacional. Piracicaba, Brasil. pp 1-83.
- Pipolo E., Athayde F., Pipolo C., and Parducci S. 1993. Comparison of different rates of chlorocholine chloride applied to herbaceous cotton. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 28, 915-923.
- Portz G., Molin J., and Jasper J. 2012. Active crop sensor to detect variability of nitrogen supply and biomass on sugarcane fields. *Precision Agriculture* 13 (1), pp 33-44.

Silva C. 2005. Algodón Genéticamente Modificado. Publicación de Agro-Bio<sup>®</sup> Copyright AGRO-BIO. Primera edición. Bogotá, Colombia. pp 1-49.

Singh H., Chandra S., and Jolly R. 1987. Effect of growth regulators in relation to time of sown and yield of soybean cultivars. *Annals of Applied Biology* 3, 36-43.

TOPCON. 2009. CropSpec<sup>™</sup> Operator's Manual. Part Number AGA3946. Rev 1.0. Mawson Lakes, South Australia. pp 1-36.

Wang ZhenLin, Yin YanPing, and Sun XueZhen. 1995. The effect of DPC (N, N-dimethyl piperidinium chloride) on the  $^{14}\text{CO}_2$ -assimilation and partitioning of  $^{14}\text{C}$  assimilates within the cotton plants interplanted in a wheat stand. *Journal Photosynthetica* 31, 197-202.

YARA. 2008. Operation Manual for the Yara N-Sensor Software release 2.10. © YARA GmbH & Co. KG. Oslo, Noruega. pp 1-44.

## ANEXO

Fazenda Novo Milênio: Relatório dos monitoramentos e síntese das operações, produtos e quantidades aplicadas em talhão convencional.

DATA	OPERAÇÕES	PRODUTO 1		PRODUTO 2		PRODUTO 3		PRODUTO 4		PRODUTO 5		PRODUTO 6		PRODUTO 7	
		DOSE (L)	TOTA L (L)	DOSE (L)	TOTA L (L)	DOSE (L)	TOTA L (L)	DOSE (L)	TOTA L (L)	DOSE (L)	TOTA L (L)	DOSE (L)	TOTAL (L)	DOSE (L)	TOTA L (L)
10/11/2012	Aplicação de defensivos, inseticidas e micronutrientes.	GLISMAX		SUMIZIM		LOSRBAN 480BR		TRIUNFO FLEX							
		2	200	0,075	7,5	0,5	50	0,015	1,5						
13/11/2012-15/11/2012	Aplicação de herbicidas	PROFIT		HOSTATION		FLEX		ZAPP		TRIUNFO FLEX					
		1,2	122,5	1	102	1,5	152,5	1,6	163,5	0,043	4,5				
03/01/2013	Aplicação de herbicidas, inseticidas e óleo mineral.	ENVOKE		STAPLE 280CS		LOSRBAN 480BR		TRIUNFO FLEX		SAG 10-00-00					
		3 g	270 g	0,09	8,25	1	90	0,015	1,5	0,01	1				
15/01/2013	Aplicação de herbicidas, inseticidas e óleo mineral.	ENVOKE		STAPLE 280CS		BELT		LOSRBAN 480BR		SAG 10-00-00					
		3 g	270 g	0,09	9	0,05	5	1	100	0,02	2				
22/01/2013	Aplicação de fungicidas, inseticidas, herbicidas, fertilizantes e óleo mineral.	BION 500WG		PRIORI XTRA		PARACAP		PREMIO		VERDICT R		MAP PURIFICADO		SAG 10-00-00	
		20 g	2000 g	0,09	9	1	100	0,05	5	0,05	50	1,75	175	0,02	2
11/02/2013	Aplicação de inseticidas, regulador de crescimento, micronutriente, herbicidas, fertilizantes e óleo mineral.	SAFETX		LARVIN WG		PIX HC		PROFOL SUPERA		PODIUM EW110		TRIUNFO FLEX			
		0,5	31	0,2	12	0,08	4,8	0,75	45	0,8	50	0,016	1		
01/03/2013	Aplicação de fungicidas, inseticidas e defensivos.	BION 500WG		POLO		BULLDOCK 125SC		INTREPID 240		PRIORI 250		SCORE			
		15 g	1000 g	0,5	30	0,1	6	0,3	20	0,3	20	0,3	20		
05/03/2013	Aplicação de fertilizantes e inseticidas.	MAP PURIFICADO		ENGEIO PLENO											
		1,75	175	0,5	30										
11/03/2013	Aplicação de fertilizantes e inseticidas.	BULLDOCK 125SC		TURBINE		DIPEL		PROFOL N 30							
		0,1	10	75 g	7500 g	0,6	60	3	300						
24/03/2013	Aplicação de inseticidas, fungicidas, reguladores de	PIRATE		BULLDOCK 125 SC		ACTARA		PRIORI XTRA		SCORE		PIX HC		SAG 10-00-00	



Fazenda Amambai: Relatório dos monitoramentos e síntese das operações, produtos e quantidades aplicadas em talhão adensado.

DATA	OPERAÇÕES	PRODUTO 1		PRODUTO 2		PRODUTO 3		PRODUTO 4		PRODUTO 5		PRODUTO 6	
		DOSE (L)	TOTAL (L)	DOSE (L)	TOTAL (L)	DOSE (L)	TOTAL (L)	DOSE (L)	TOTAL (L)	DOSE (L)	TOTAL (L)	DOSE (L)	TOTAL (L)
29/12/2012	Aplicação de Herbicida, Inseticida, Micronutriente e óleo mineral.	ZAPP		FLEX		HOSTATION		TRIUNFO F		SAG			
		2	230	1.5	162.5	1.0	115	0,017	2	0,017	2		
04/02/2013-05/02/2013	Aplicação de herbicidas, inseticidas e micronutrientes.	PODIUM GW		VERDICT		ACTARA		PREMIO		TRIUNFO FLEX			
		0,75	75.5	0.37	39	0.3	30	0.05	5	0.018	2		
21/02/2013	Aplicação de herbicidas, inseticidas e micronutriente s.	FINALE		CEFANOL		BION		FOX		TRIUNFO FLEX			
		1.66	192	1.0	110	0.013kg	1	0.4	45	0.013	1		
23/02/2013	Aplicação de herbicidas e inseticidas	SOBERAN		ATRASINA GRDA		KARATE							
		0.2	2.0	1.6	16	0.04	0.4						
09/03/2013	Aplicação de inseticidas, herbicidas, fertilizantes.	ENGEO PLENO		MAP. PURIFICADO		FUSILADE		ALAMO					
		0.4	43	1.5	181	0.8	16	0.4	8				
05/04/2013	Aplicação de inseticidas, defensivo, regulador de crescimento, micronutriente, herbicidas e fertilizantes.	CEFANOL		TRACER		PIX		LIBERT		STARPHOS		LORSABAN	
		1.2	78	0.08	8.8	0.08	8.8	1.6	176	1.0	115	1.2	55
18/04/2013	Aplicação de inseticidas, herbicidas e micronutrientes.	DANIMEN		DIPEL		POLO		FUSILADE		PROFOL N30			
		0.4	44	0.5	55	0.5	55	0.8	88	2.0	220		
23/04/2013	Aplicação de	MERTIN		BULLDOCK		TRIUNFO F							

3	fungicidas, inseticidas e micronutrientes.	0.4	44	0.4	44	0.012	1.5						
27/04/2013	Aplicação de inseticidas, micronutriente, regulador de crescimento.	AMPLIGO		LORSBAN		VERTIMEC		NITRAK		TUVAL		TRIUNFO F	
		0.16	17	1.0	116	0.6	66	1.5	180	0.5	55	0.13	1.5
03/05/2013	Aplicação de inseticida, micronutriente,	AMPLIGO		FURY 200		HOSTATHION		POLYTRIN		SUMITHION		NITRAK	
		0.16	18	0.25	27	2.0	40	1.07	10	1.0	80	1.14	125
09/05/2013	Aplicação de inseticida e micronutriente	KLORPAN		AVAUNT		BULLDOCK		TRIUNFO F					
		1.0	110	0.3	33	0.1	11	0.013	1.5				
17/05/2013	Aplicação de inseticidas e micronutrientes	TASLPAR		VERTIMEC		PREMIO		TRIUNFO F					
		0.5	55	0.3	33	0.08	9	0.013	1.5				
05/06/2013	Aplicação de inseticidas e micronutrientes	TASLPAR		DIPEL		PROFOL SUPERA		TRIUNFO F					
		0.5	55	0.4	44	0.5	70	0.014	1.4				