

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO –USP
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA “LUIZ DE QUEIROZ” -
ESALQ

Departamento de Engenharia Rural

COMPORTAMENTO DE UM SENSOR ÓPTICO
ATIVO VARIANDO SUA VELOCIDADE

Marcos Nascimbem Ferraz
Orientador: José Paulo Molin

PIRACICABA
Estado de São Paulo– Brasil

Outubro 2007

COMPORTAMENTO DE UM SENSOR ÓPTICO ATIVO VARIANDO A VELOCIDADE

RESUMO: O teor de nitrogênio das culturas está fortemente associado à reflectância espectral, portanto é possível avaliar o teor desse nutriente nas plantas através de técnicas de sensoriamento remoto, podendo estimar a quantidade que a cultura necessita para evitar desperdícios. Utilizando um sensor ótico capaz de ler a reflectancia e determinar o NDVI (índice de vegetação da diferença normalizada) é possível avaliar em tempo real a necessidade desse nutriente e automatizar a aplicação em taxa variada sem a necessidade de geração de mapas de fertilidade. Para essas aplicaões esses sensores passaria a ser montados em veículos aplicadores de fertilizantes e nesse caso conhecer a influência da velocidade de deslocamento é de grande importância. Este trabalho teve como propósito avaliar um desses sensores em diferentes velocidades visando à utilização do mesmo em uma máquina agrícola.

INTRODUÇÃO

As culturas em geral respondem fortemente aos teores de nitrogênio disponíveis no solo, e a agricultura moderna está sobre pressão para evitar o aumento do nitrogênio aplicado nas culturas, pois quando o suprimento de N excede a necessidade da cultura, o excesso é perdido por escoamento superficial e lixiviação, podendo contaminar ecossistemas aquáticos e o lençol freático (Wood *et al.*, 1993). Essa perda de nitrogênio para o meio ambiente representa também uma perda econômica para os agricultores visto que o nitrogênio é o nutriente de obtenção mais cara. Entretanto, uma redução inapropriada no suprimento de nitrogênio poderia resultar em redução de produtividade e, por conseqüência, perda econômica. Por isso é preciso estimar a quantidade exata que a cultura necessita para evitar desperdícios.

O sensoriamento remoto é a ciência e a arte de observar um alvo sem ter contato físico com o mesmo. Baseando-se apenas na interpretação deste alvo com a radiação eletromagnética (Lillesand & Kiefer, 1995) gera informações que podem, dentre outros, estimar a quantidade de nitrogênio nas culturas, visto que as propriedades espectrais, reflectância e transmitância das folhas são afetadas pela deficiência de nitrogênio (Blackmer *et al.*, 1996), sendo a reflectância

espectral inversamente correlacionada com a quantidade de nitrogênio nas plantas. A maioria dos estudos indica que uma reflectância das folhas de aproximadamente 550 nm tem uma boa correlação com o conteúdo de nitrogênio das folhas.

O índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*) surgiu com o trabalho de Rouse *et al.* (1973), que encontraram uma relação entre medidas espectrais de duas bandas que melhor resolvia o problema das interferências do solo na resposta da vegetação. O NDVI está altamente correlacionado com o teor de nitrogênio nas plantas.

O método de sensoriamento remoto ativo torna possível avaliar em tempo real algumas características da cultura, como, por exemplo, diagnosticar níveis de nitrogênio, além de possibilitar a automação do sistema mecanizado de aplicação de fertilizantes e variar a quantidade de fertilizante aplicado sobre a cultura sem a necessidade de geração antecipada de mapas de fertilidade.

A proposta deste trabalho foi avaliar os resultados obtidos com o sensor trabalhando em diferentes velocidades, para verificar se há diferenças significativas nas leituras obtidas, visando à viabilidade de se utilizar este sensor em uma máquina agrícola.

EXPERIMENTO 1 – ENSAIO UTILIZANDO PARCELAS DE ALGODÃO COM DIFERENTES NÍVEIS DE DOSES DE ADUBAÇÃO NITROGENADA

OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar o comportamento de um sensor ótico ativo em diferentes doses de nitrogênio aplicadas no algodão e a reflectância espectral da cultura, trabalhando com o sensor em diferentes velocidades de deslocamento e parado.

MATERIAIS E MÉTODOS

As leituras foram realizadas em uma área experimental instalada no Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, em Piracicaba (SP), cultivada com algodão da variedade Delta Opal, para avaliar o efeito de diferentes doses de nitrogênio sobre reflectância do algodoeiro. O experimento teve um total de 20 parcelas resultante de quatro repetições e cinco tratamentos de doses de nitrogênio (0, 50, 100, 150 e 200 kg.ha⁻¹ de N). Cada parcela possuía 4 linhas de 5,0 m,

sendo descartada uma linha de bordadura de cada lado da parcela e 0,5 m nas outras duas extremidades. Desta forma, os dados foram coletados em 2 linhas de 4,0 m de comprimento.

O sensor utilizado para coleta de dados foi o GrenSeeker[®] (NTech Industry Inc., Ukiah, CA) que trata-se de um sensor óptico ativo, com dois LEDs que emitem a luz em dois comprimentos de onda, vermelho (660 nm) e infravermelho próximo (780 nm), e a luz refletida é captada pelo detector. A partir da refletância obtida nos dois comprimentos de onda, o sensor calcula automaticamente o índice de vegetação NDVI. A altura de trabalho do sensor, segundo recomendação do fabricante, é entre 0,81 e 0,12 m de distância entre o sensor e o alvo.

No sistema estático, foi avaliado, dentro de cada parcela 20 plantas (cinco em cada linha). Como as linhas são de 4 m, a cada 0,4 m foi feita uma leitura durante 15 segundos. A coleta em movimento foi feita caminhando com o sensor em todas as linhas de forma contínua e em três velocidades previamente calibradas (0,61m/s; 1,14m/s e 4m/s) (Figura 1).

Foi feita a estatística (Teste de Tukey) para cada tratamento separadamente.



Figura 1: Coleta dos dados na área de algodão como parte do experimento 1.

RESULTADOS

Os dados da análise estatística são apresentados na Tabela 1. Observa-se que para algumas doses de nitrogênio, houve diferença significativa entre as diferentes velocidades (200Kg há⁻¹, 150Kg há⁻¹ e 50Kg há⁻¹)

Tabela 1: relação das médias de NDVI nas 4 velocidades com 8 repetições.

200 kg.ha ⁻¹ de N			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.871772 ^a	V1	0.871772 ^a
V2	0.859756 ^{ab}	V2	0.859756 ^a
V3	0.859089 ^{ab}	V3	0.859089 ^a
V4	0.843734 ^b	V4	0.843734 ^a
150 kg.ha ⁻¹ de N			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.860367 ^a	V1	0.860367 ^a
V2	0.856004 ^{ab}	V2	0.856004 ^{ab}
V3	0.861049 ^a	V3	0.861049 ^a
V4	0.830285 ^b	V4	0.830285 ^b
100 kg.ha ⁻¹ de N			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.85482 ^a	V1	0.85482 ^a
V2	0.85670 ^a	V2	0.85670 ^a
V3	0.84355 ^a	V3	0.84355 ^a
V4	0.83194 ^a	V4	0.83194 ^a
50 kg.ha ⁻¹ de N			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.86165 ^a	V1	0.86165 ^a
V2	0.84846 ^a	V2	0.84846 ^{ab}
V3	0.84837 ^a	V3	0.84837 ^{ab}
V4	0.80759 ^b	V4	0.80759 ^b
0 kg.ha ⁻¹ de N			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.81980 ^a	V1	0.81980 ^a
V2	0.79959 ^a	V2	0.79959 ^a
V3	0.78983 ^a	V3	0.78983 ^a
V4	0.76312 ^a	V4	0.76312 ^a

^{a,b}: médias com a mesma letra não são diferentes estatisticamente pelo Teste de Tukey.

Legenda: V1= modo estático; V2= 0,61m/s; V3= 1,14m/s; V4= 4m/s.

Os resultados podem ser visualizados na figura 2, que apresenta os gráficos de cada tratamento nitrogenado separadamente, onde cada linha representa uma velocidade diferente.

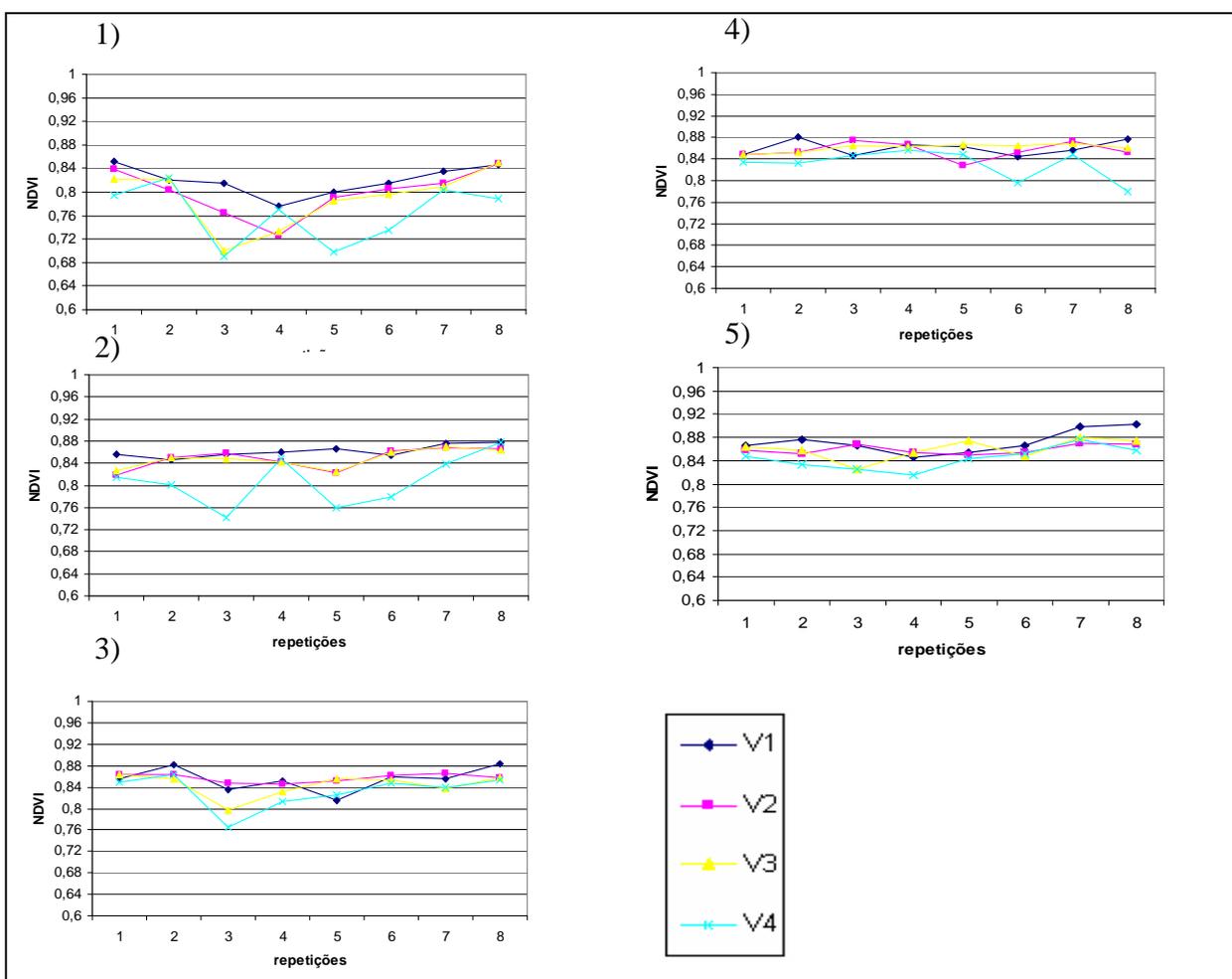


Figura 2: Gráficos representando a variação da velocidade para cada dose nitrogenada ; 1) 0 Kg há⁻¹ 2) 50 Kg há⁻¹ 3) 100 Kg há⁻¹ 4) 150 Kg há⁻¹ 5) 200 Kg há⁻¹

Observa-se uma grande variação na leitura do aparelho mesmo em uma mesma velocidade, demonstrando a heterogeneidade das parcelas, tanto por razões fisiológicas do algodão, quanto por falta de estabilidade na operação de leitura do NDVI.

CONCLUSÃO

Os resultados são diferentes para cada tratamento de adubação utilizado no experimento, por ter sido efetuado no campo, o experimento pode ter sofrido outras influências como variação na altura do sensor, heterogeneidade das parcelas, e até erros de alvo. Como o sensor foi carregado manualmente, apresentou pouca estabilidade, podendo ocorrer movimentação em altas velocidades.

EXPERIMENTO 2 – ENSAIO UTILIZANDO ALVOS MORTOS E VELOCIDADE CONTROLADA COM TRATOR.

OBJETIVO ESPECÍFICO

O objetivo deste experimento foi avaliar a reflectância de três tipos de superfície com o sensor ótico montado sobre um trator submetido a cinco velocidades de deslocamento, de modo a avaliar se há diferença significativa das leituras do sensor nas diversas velocidades sobre os diferentes alvos.

MATERIAIS E MÉTODOS

As leituras foram realizadas em uma área do departamento de Engenharia Rural da USP/ESALQ, em Piracicaba (SP). A área foi dividida em três parcelas de 10 metros de comprimento por 0,75 metros de largura. Na primeira parcela, utilizou-se o próprio asfalto da rua para servir de alvo; na segunda parcela o alvo utilizado foi um pano TNT* de cor verde e na terceira parcela o pano TNT* verde e o asfalto foram alternados (um metro de pano, um metro de asfalto e assim sucessivamente) com a finalidade de forçar variações na taxa de NDVI.

Foi utilizado o mesmo sensor do experimento anterior, porém, desta vez ele foi acoplado em um trator Massey Ferguson 4x2 5285, a 1 metro de altura do chão (alvo), para garantir o máximo de estabilidade do equipamento.

Na medição de velocidade foi utilizado um sensor de giro na roda e os dados de velocidade foram confirmados pelas leituras do GrenSeeker® (NTech Industry Inc., Ukiah, CA) – que produz 10 leituras por segundo.

Foram feitas as medições passando com o sensor a seis velocidades diferentes ($0,433 \text{ ms}^{-1}$; $0,785 \text{ ms}^{-1}$; $1,552 \text{ ms}^{-1}$; $2,286 \text{ ms}^{-1}$; $3,535 \text{ ms}^{-1}$; $6,216 \text{ ms}^{-1}$) por todas as parcelas realizando 3 repetições por velocidade. Os dados foram então separados por alvo e foi feito teste de Tukey para cada alvo e para todo o percurso, que engloba todas as parcelas em uma única leitura. Obteve-se assim quatro superfícies (alternado TNT e asfalto, somente TNT, somente asfalto e todo o percurso) que foram analisadas separadamente.

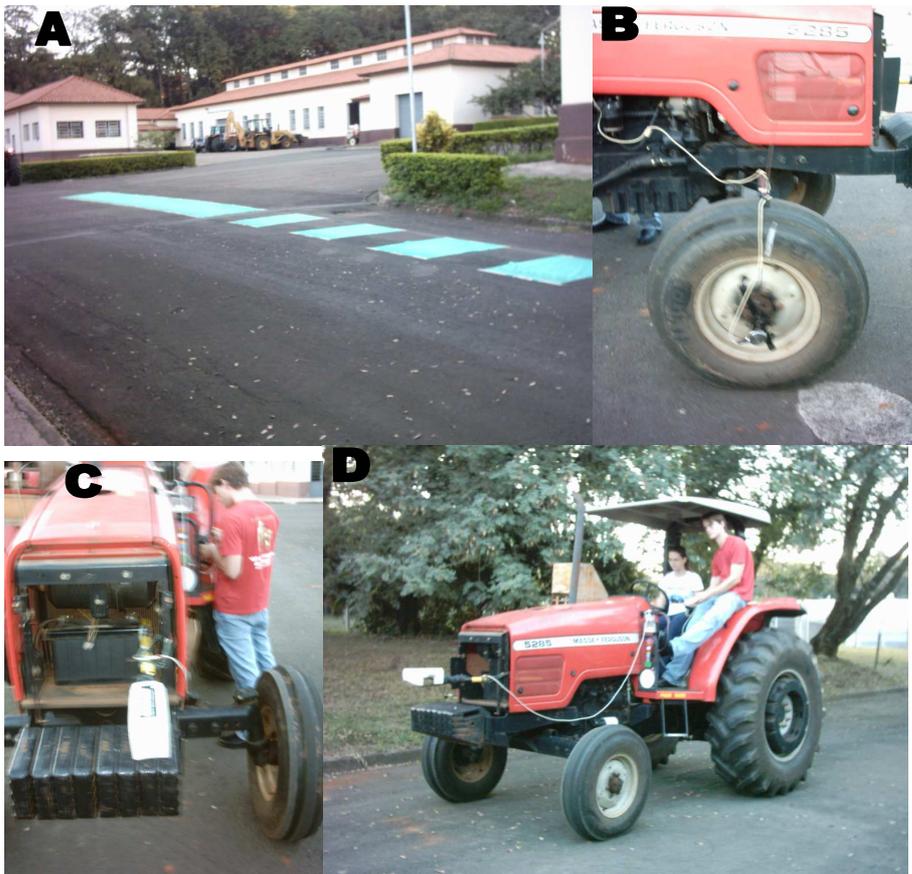


Figura 3: A- Parcelas; B- Sensor de giro instalado na roda; C e D – GrenSeeker[®] acoplado ao trator.

RESULTADOS

Em nenhuma das superfícies houve diferença significativa na leitura do NDVI nas diferentes velocidades, como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2: relação das médias de NDVI nas 6 velocidades com 3 repetições.

SUPERFÍCIE 1 - alternado			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.37335 ^a	V1	0.37335 ^a
V2	0.37008 ^a	V2	0.37008 ^a
V3	0.36849 ^a	V3	0.36849 ^a
V4	0.36983 ^a	V4	0.36983 ^a
V5	0.37759 ^a	V5	0.37759 ^a
V6	0.36838 ^a	V6	0.36838 ^a

SUPERFÍCIE 2 – TNT verde			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.57693 ^a	V1	0.57693 ^a
V2	0.57584 ^a	V2	0.57584 ^a
V3	0.56825 ^a	V3	0.56825 ^a
V4	0.57531 ^a	V4	0.57531 ^a
V5	0.58318 ^a	V5	0.58318 ^a
V6	0.58002 ^a	V6	0.58002 ^a

SUPERFÍCIE 3 – asfalto			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.109413 ^a	V1	0.109413 ^a
V2	0.114488 ^a	V2	0.114488 ^a
V3	0.112135 ^a	V3	0.112135 ^a
V4	0.111487 ^a	V4	0.111487 ^a
V5	0.111289 ^a	V5	0.111289 ^a
V6	0.109514 ^a	V6	0.109514 ^a

SUPERFÍCIE – todo percurso			
5% de tolerância		1% de tolerância	
velocidade	NDVI	velocidade	NDVI
V1	0.341070 ^a	V1	0.341070 ^a
V2	0.343489 ^a	V2	0.343489 ^a
V3	0.332554 ^a	V3	0.332554 ^a
V4	0.344730 ^a	V4	0.344730 ^a
V5	0.354230 ^a	V5	0.354230 ^a
V6	0.354036 ^a	V6	0.354036 ^a

^{a,b}: médias com a mesma letra não são diferentes estatisticamente pelo Teste de Tukey.

Legenda: V1= 0,433 ms⁻¹; V2= 0,785 ms⁻¹; V3= 1,552 ms⁻¹; V4= 2,286 ms⁻¹; V5= 3,535 ms⁻¹; V6= 6,216 ms⁻¹

A figura 4 apresenta os gráficos de cada superfície utilizada, onde o eixo X corresponde as diferentes velocidades utilizadas, e o eixo Y á média do NDVI, obtida nas três repetições.

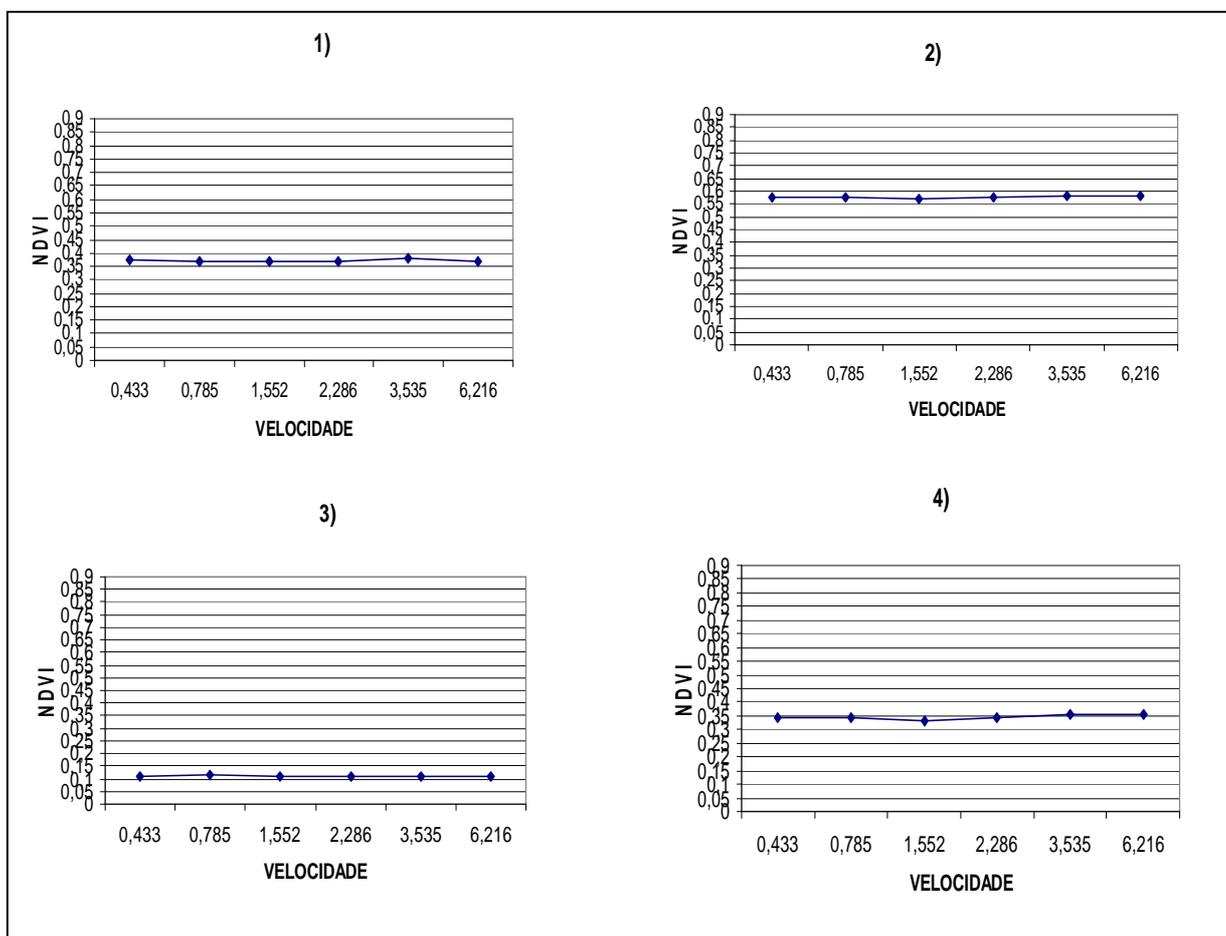


Figura 4: Gráficos representando a variação do NDVI com a velocidade para cada superfície, 1) alternado TNT e asfalto, 2) somente TNT, 3) somente asfalto e 4) todo o percurso.

Neste experimento, além das parcelas homogêneas, houve um maior controle das velocidades e da estabilidade do equipamento. O sensor não apresentou diferença de leitura mesmo a velocidades altas. Pode-se dizer que as diferenças obtidas no experimento um foram devido a erros de estabilidade, porém a nível de campo, a estabilidade ideal pode ser difícil de ser alcançada.

CONCLUSÃO

O aparelho apresentou bom desempenho em um experimento mais controlado, mostrando que mesmo a velocidades elevadas para operações agrícolas comuns é capaz de medir detalhadamente o NDVI da cultura obtendo médias semelhantes às obtidas em velocidades menores.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento 2 apresentou resultados mais confiáveis devido ao nível de controle das velocidades, estabilidade do equipamento e também por ter sido efetuado com alvos mortos. No experimento 1 os resultados podem ter sido influenciados pela falta de estabilidade do sensor sobre as plantas, bem como razões fisiológicas do algodão e devido a um alvo não regular, mostrando que cuidados devem ser tomados quanto a estes padrões . O equipamento demonstrou ser confiável para o uso em veículos mesmo em velocidades elevadas, mas novas investigações devem ser conduzidas, especialmente em alvos reais e em condições com melhor controle experimental.

BIBLIOGRAFIA

READ, J.J; WHALEY, E.L; TARPLEY, L.; REDDY, R. Evaluation of a hand-held radiometer for field determination of nitrogen status in cotton. American Society of Agronomy Special Publication Number 66.p. 177-195, 2003.

MONTOMIYA A. V. A.; MOLIN J. P.; DIAS C. T. S. LIMA V. P. T.; CHIAVEGATO E. J.; FRASSON F. R.; Sensoriamento remoto na detecção da deficiência de nitrogênio em algodoeiro; UEMS, Cassilândia – MS e ESALQ/USP, Piracicaba – SP.

LILLESAND, T.M. & KIEFER, R.W. Remote Sensing and Image Interpretation. 3ª ed., John Wiley & Sons, Inc, New York, 1995.

WOOD, C.W.; REEVES, D.W.; HIMELRICK, D.G. Relationship between chlorophyll meter readings and leaf chlorophyll concentration, N status, and crop yield: a review. In: Proceedings of the Agronomy Society of New Zealand, v.23, p.1–9, 1993.

BLACKMER, T.M.; SCHEPERS, J.S.; VARVEL, G.E.; WALTER-SHEA, E.A. Nitrogen deficiency detection using reflected shortwave radiation from irrigated corn canopies. Agronomy Journal, v.88, p.1–5, 1996.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, 3., Washington, D. C., Proceedings. NASA, Goddard Space Flight Center, 1973. v.1, p.09-317, (NASA SP-351), 1973.