

# MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL POR MEIO DE AERONAVE NÃO TRIPULADA NA ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE SANTA RITA EM ARIZONA: ESTUDO DE CASO

HUMBERTO ALVES BARBOSA<sup>1</sup>  
ABIGAIL STELLA ROANHORSE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UFAL – Universidade Federal de Alagoas – Instituto de Ciências Atmosféricas  
Caixa postal 80, 57072–970, Alagoas, Maceió, Brasil  
humberto@ag.arizona.edu

<sup>2</sup>University of Arizona – Department of Agricultural and Biosystems Engineering  
P.O. Box 210038 – Tucson – AZ 85737, U.S.A.  
abigail@email.arizona.edu

**Abstract.** The applications of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) into local-scale land cover mapping can fill a critical gap between ground-based observations and spaced-based remote sensing imagery. Therefore, the purpose of this work was to assess the utility of a low cost UAV for mapping of vegetative cover. Because the conversion of the native shrublands to the invasive shrubs (velvet mesquite) that is a significant problem in the Santa Rita Experimental Range (SRER) of Green Valley, Arizona (USA). A low cost UAV was fitted with camera, sensors, communications equipment and other payload, and flown over a sampling frame of 38 selected points containing the invasive velvet mesquite (*Prosopis juliflora*, var. *velutina*) in the SRER. The normalized difference vegetation index (NDVI) was derived from the UAV based down-looking radiometer DYCAM with removed internal visible and near-infrared filters. For red and near-infrared bands were linearly correlated to NDVI. Red and NDVI showed a strong linear relationship with more than 95% of variation explained by a simple linear model ( $R^2 = 0,79$ ). Overall, the methodology applied to this study area proved to be useful in the availability of land cover data.

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicle, Vegetation Index, Invasive Shrub

## 1. Introdução

Nos últimos anos têm-se verificado um grande interesse nas aplicações de imagens geográficas com diferentes níveis de resolução (tipo as imagens orbitais por satélites óticos, RADAR, sensores aerotransportados, entre outras) para o monitoramento de fenômenos dinâmicos e de mudanças produzidas no ambiente. Dentre as imagens geográficas de alta resolução espacial, as imagens obtidas através de veículos aéreos não tripulados (VANT) têm grande potencial para monitorar a variabilidade espacial das alterações no estado da cobertura vegetal (Quilter e Anderson, 2001). A utilização desses sistemas autônomos pode suprir uma lacuna entre levantamentos de campos e imagens de satélites orbitais tanto em cobertura espacial como no monitoramento contínuo (Hardin e Jackson, 2005).

A principal diferença entre as imagens obtidas por aeronave não tripulada e por satélite está relacionada aos diferentes níveis de resolução espacial que cada plataforma fornece. Enquanto a imagem do satélite Landsat-7 tem uma resolução espacial de 30 x 30 m de *pixel*. Já a aeronave não tripulada apresenta resolução espacial que pode ser regulada pela altitude da aeronave, variando entre centímetros até alguns metros. No entanto ao contrário do satélite, a resolução temporal da aeronave não tripulada permite a escolha do período de repetição do levantamento, o que facilita o acompanhamento dinâmico dos alvos sobre uma região. Por outro lado, uma vez que a aeronave não tripulada caracteriza-se pelos recentes avanços em tecnologias, verificam-se a inexistência de imagens de anos anteriores para se fazer comparações temporais. Outra vantagem apresentada por estas aeronaves é não estarem dependente das interferências das nuvens na obtenção das imagens em regiões de clima

tropical e subtropical. Além de um custo muito baixo de suas imagens quando comparados às imagens de satélites de alta resolução (IKONOS, QUICKBIRD), as aeronaves não tripuladas podem operar em condições impraticáveis para as plataformas orbitais e não requerem meios humanos significativos de apoio (Newcome, 2004).

É fato que em muitos países do continente Americano, da África, do sul da Ásia e da Austrália, as mudanças ecossistêmicas e perda de diversidade biológica são ainda provocadas por ação de plantas invasoras. As espécies invasoras mais comuns nas regiões áridas acima são *Prosopis juliflora*, *P. pallida*, *P. glandulosa* e *P. velutina* (todas espécies de algaroba). Como principais conseqüências dessas alterações, podem-se citar as mudanças no microclima e na ciclagem de nutrientes do solo. Embora, nos últimos anos, os estudos sobre plantas invasoras em ecossistemas brasileiros são escassos. Alertando pesquisadores sobre a necessidade de realizar estudos metódicos sobre os efeitos dessas invasões biológicas nos diferentes domínios fitogeográficos inter e subtropicais brasileiros.

Dentro deste contexto, as técnicas de sensoriamento remoto mostram-se altamente efetivas para identificar e mapear áreas infestadas por plantas invasoras, considerando as imagens como fotografias aéreas (Hardin e Jackson, 2005). Através dos valores de respostas espectrais, permitem a derivação de índices de vegetação (IV) que caracterizam o tipo, a quantidade e a condição da vegetação presente no solo. Já o índice de vegetação da diferença normalizada (NDVI) foi introduzido para separar vegetação verde de solo, utilizando primeiramente imagens do Landsat MSS (Rouse et al., 1974). É expresso como a diferença entre as reflectância do infravermelho próximo e vermelho normalizada pela soma de suas reflectância [NDVI = (reflectância no IV próximo – reflectância no vermelho)/( reflectância no IV próximo + reflectância no vermelho)]. Este é um dos VI mais antigo e mais comumente empregado (Barbosa et al., 2006), a sua escala de medida tem a propriedade de variar de -1 a +1 (quanto mais próximo de +1, maior a densidade de cobertura vegetal).

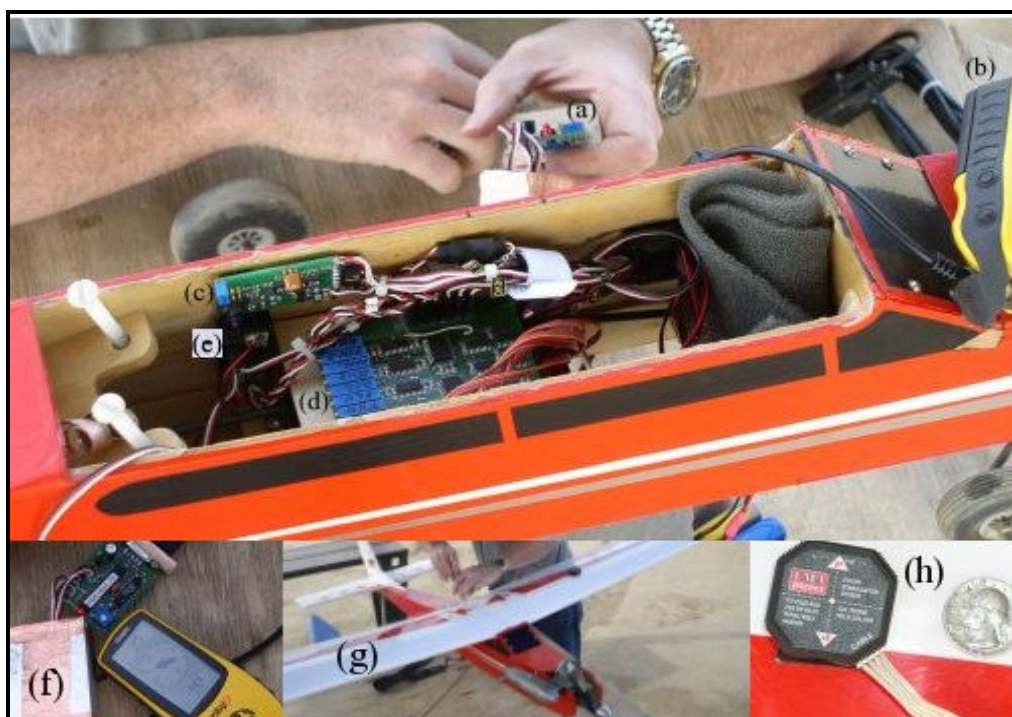
Este trabalho teve como objetivo geral demonstrar a potencialidade do uso da aeronave não tripulada, por meio da utilização dos valores de NDVI derivados de leituras radiométricas, para o mapeamento da cobertura vegetal na Estação Experimental de Santa Rita em Tucson (Arizona) gerenciada pela Universidade do Arizona (EUA).

## **2. Sobrevôo Aéreo, Equipamentos e Processamento**

A área sobrevoada faz parte da Estação Experimental de Santa Rita, gerenciada pela Universidade do Arizona. A Estação se encontra operacional desde 1903 e está localizada cerca de 40 km ao sul de Tucson, no Arizona (EUA). As coordenadas geográficas centrais aproximadas são: latitude 32°29'81"N e longitude 110°54'91"W. De acordo com McClaran et al. (2002), a área total da Estação é de 22 mil hectares. As áreas (ou os pontos) da Estação para avaliação da aeronave foram selecionadas de acordo com os seguintes critérios: representar os diversos usos e coberturas do solo existentes na Estação e ter extensão compatível com a resolução espacial da aeronave. A precipitação média anual varia em função da altitude, de 250 mm a 900 m para 500 mm a 1,300 m. As áreas selecionadas, limitadas por algaroba *Prosopis juliflor*, var. *Velutina*, têm historicamente sofrido intervenções antrópicas desde o início dos anos 1900s. É uma espécie exótica que tem se apresentado altamente adaptada às condições áridas do Arizona (McClarran et al., 2002).

Os seguintes materiais foram instalados na aeronave não tripulada: a) receptor GPS de navegação; b) GPS Garmin 12 XL; c) altímetro; d) piloto automático; e) nivelador de asa; f) sistema GPS; h) VANT (aeromodelo adquirido em loja de aeromodelismo, peso de 5,2 kg, asa de 0,7 m) e h) nivelador de asa. A Figura 1 mostra estes equipamentos. Outros materiais também foram utilizados no presente trabalho: câmera fotográfica digital (Sony DSC-P200 7

com o FOV de 53,1°); radiômetro DYCAM, filtros (visível e infravermelho próximo) e laptop. As informações de telecomando enviadas da estação em solo são responsáveis pelo controle remoto da aeronave, como por exemplo, controle da aeronave, leme de direção, flaps e aceleração do motor, ou em outros tipos de dispositivos. As informações de telemetria geradas pela aeronave são transmitidas à estação através de um link analógico em intervalos 500 ms, como por exemplo, a direção e a altitude.



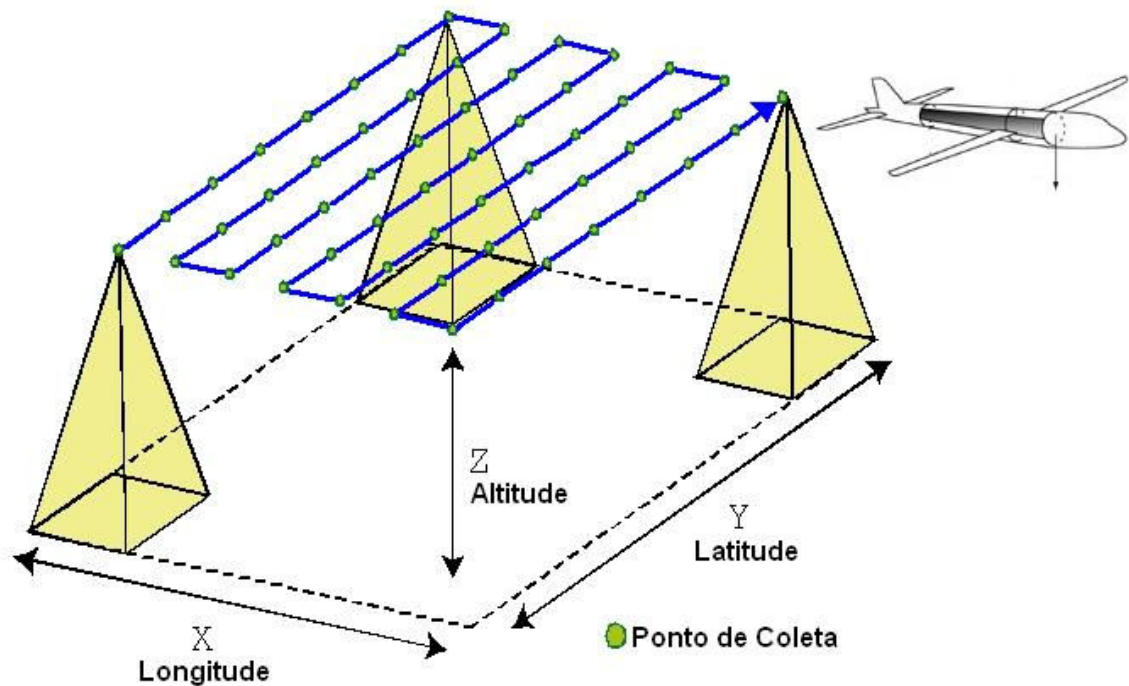
**Figura 1** – a) receptor GPS de navegação; b) GPS Garmin 12 XL; c) altímetro; d) piloto automático; e) nivelador de asa; f) sistema GPS; h) VANT (peso de 5,2 kg, asa de 0,7 m) e h) nivelador de asa.

O sobrevôo aéreo foi realizado no dia 6 de junho de 2005, no período entre as 11:40 da manhã e 12:15 horas da tarde. As condições atmosféricas reinantes eram ideais para a tomada de imagens aéreas e leituras radiométricas coletadas a bordo da aeronave. Estes dados foram obtidos e transmitidos a uma altura de vôo de 150 m, com aeronave voando a uma velocidade de 40 km/h (11 m/s). Este sobrevôo abrangeu 38 pontos (ou áreas) sobre o solo para mapear as áreas infestadas por algaroba (Figura 2). As imagens aéreas capturadas apresentaram o tamanho do *pixel* de 5 x 5 cm (Figura 3). As leituras radiométricas coletadas também foram convertidas para a obtenção do fator de reflectância (reflectâncias médias) dos dois canais do radiômetro (vermelho e infravermelho próximo). A partir das reflectâncias médias foram computados os valores do NDVI para cada ponto selecionado. O processamento das imagens foi feito com o software Erdas Imagine 9.0 (Leica Geosystems Geospatial Imaging, LLC).

### 3. Resultados

As reflectâncias médias relativas às bandas do radiômetro e os valores de NDVI foram os principais parâmetros utilizados na análise final deste trabalho, considerando um total de 38 pontos para cada variável coletada no dia do sobrevôo. Analisando a distribuição espacial dos valores de NDVI (Figura 4) observa-se uma grande amplitude dos valores entre os pontos coletados. Os valores de NDVI variam 0,21 a 0,57 para todos os pontos, uma

variação de 37%. Isso pode ser explicado pela variabilidade da fração de cobertura vegetal em áreas de algaroba, diminuindo a resposta espectral de solo exposto. À medida que o NDVI aumenta, diminui a área de solo exposto, como consequência do aumento da biomassa foliar. Observou-se que os valores de NDVI derivados permitiram diferenciar a quantidade de cobertura vegetal por área de solo. Neste caso, podendo variar de 0,21, solo exposto, a 0,57, solo parcialmente coberto por vegetação. Para distinguir os valores de NDVI em relação as reflectâncias médias, fez-se o diagrama de dispersão de todos os pontos de NDVI versus as reflectâncias médias (vermelho e infravermelho), apresentado na Figura 4.



**Figura 2** – Pontos de observação no sobrevôo aéreo da aeronave não tripulada (altitude de 150m e FOV de 53,1°).

Analisando a Figura 4 pode-se visualizar as diferenças entre os valores de NDVI e as reflectâncias médias das bandas usadas no presente estudo. Pela análise do diagrama de dispersão dos pontos, observa-se a linear negativa dependência entre o NDVI e a banda do vermelho, com 95% da variação explicada pelo modelo (melhor ajuste  $R^2 = 0,79$ ,  $NDVI = -0,79 \cdot \text{vermelho} - 2,98$ ,  $p < 0,05$ ,  $n = 38$ ). A Figura 4 mostra que, para as proporções de cobertura vegetal entre 0,45 e 0,55, as proporções de vermelho se situaram entre 0,08 e 0,12. Enquanto para proporções de cobertura vegetal inferiores a 0,35, as proporções de vermelho foram superiores a 0,14. À medida que a proporção de cobertura vegetal por proporção de vermelho aumenta, diminui a resposta do solo, devido ao maior peso desta banda no cálculo do parâmetro NDVI.

Por outro lado, conforme indicado na Figura 4, observa-se a independência da proporção de cobertura vegetal por fração de infravermelho próximo. Não existindo tendência de agrupamento dos pontos de NDVI em relação à banda do infravermelho próximo, com  $R^2$  de 0,15 [melhor ajuste  $NDVI = -2,38 \cdot (\text{infravermelho próximo})^2 + 20 \cdot (\text{infravermelho próximo}) - 35$ ,  $p < 0,05$ ,  $n = 38$ ]. Isso sugere que a proporção de infravermelho próximo por proporção de solo exposto pode se a maior causa da não linearidade do NDVI – que por sua vez é uma



transformação não linear da proporção simples entre o infravermelho próximo e o vermelho (Huete et al., 1997).

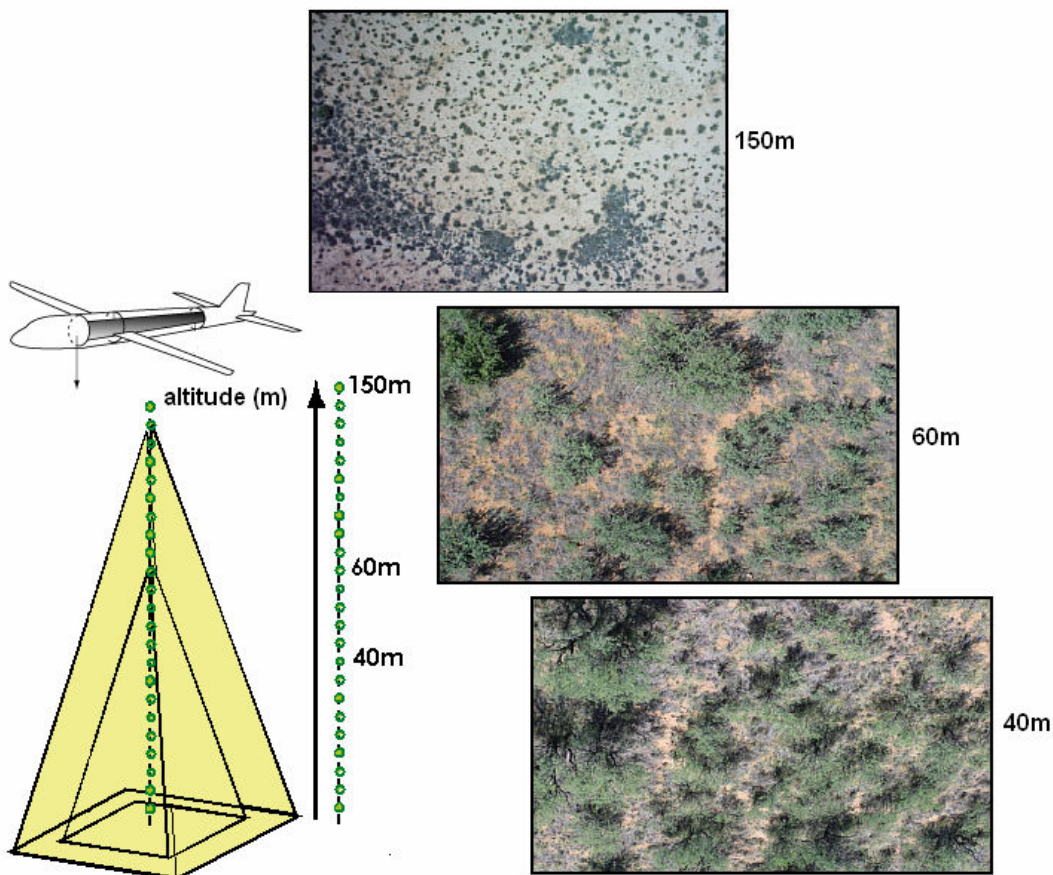


Figura 3 – Fotografia aérea mostrando a localização do ponto observado (alvo).

Ponto de Observação (sobrevôo aéreo)

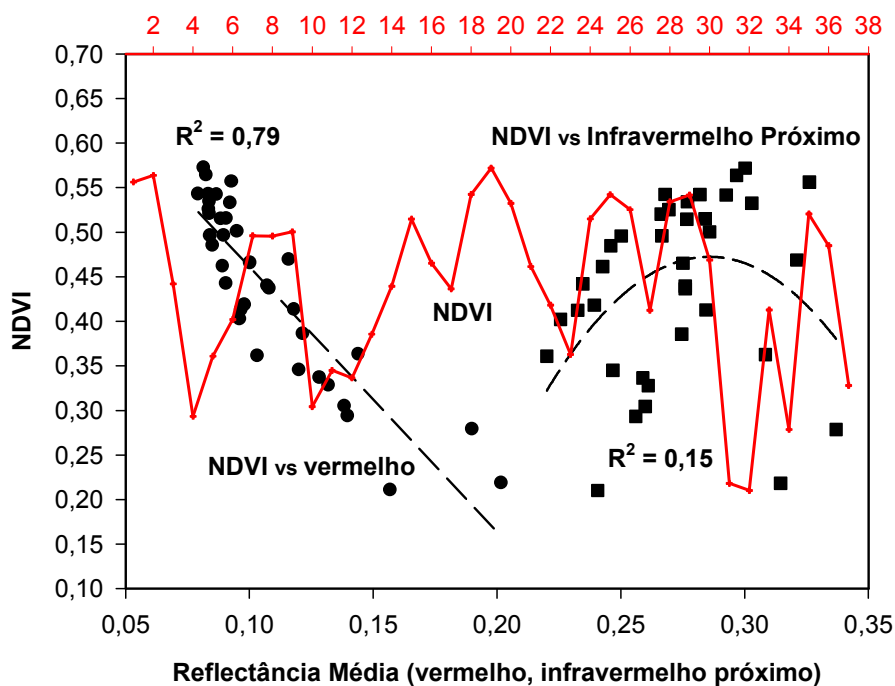


Figura 4 – Diagrama de dispersão de todos os pontos de NDVI versus reflectância média. A distribuição espacial dos valores de NDVI em função dos pontos (curva em vermelho).

#### 4. Considerações Finais

A estratégia metodológica utilizada neste estudo, a partir de dados da aeronave não tripulada, mostrou-se eficaz para verificar as modificações no estado da cobertura vegetal, utilizando, para isso, a combinação de leituras radiométricas das bandas do vermelho e infravermelho próximo. Os resultados permitiram concluir que os dados de NDVI podem ser utilizados para mapear áreas infestadas por algaroba.

#### 5. Agradecimentos

Ao Eng. Vince Jenkins, da Securaplane Technologies, por efetuar o vôo aerofotográfico sobre a Estação Experimental do Santa Rita. Aos administradores da Estação Experimental de Santa Rita.

#### Referências

BARBOSA, H. A.; HUETE, A. R.; BAETHGEN, W. E. A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, 67, 288-307, 2006.

HARDIN, P. J.; JACKSON, M. W. An unmanned aerial vehicle for rangeland photography. **Rangeland Ecology and Management**, 58, 439-42, 2005.

HUETE, A. R.; LIU, H. Q.; VAN LEEUWEN, W. J. D. The use of vegetation indices in forested regions: Issues of linearity and saturation. In: Proceedings of IGARSS '97 - International Geoscience and Remote Sensing Seminar, 4. 1997, Noordwijk. **Anais. Noordwijk**: ESA Publications, 1966-1968, 1997.

MCCLARAN, M. P.; ANGEL, D. L.; WISSLER, C. Santa Rita Experimental Range Digital Database: user's guide. **Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-100**. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 13 p, 2002.

NEWCOME, L. R. Unmanned Aviation: A Brief History of Unmanned Aerial Vehicles. **Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.**, 2004.

QUILTER, M. C.; ANDERSON, V. J. A proposed method for determining shrub utilization using (LA/LS) imagery. **Journal of Range Management**, 54, 378-381, 2001.

MCCLARAN, M. P.; ANGEL, D. L.; WISSLER, C. Santa Rita Experimental Range Digital Database: user's guide. **Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-100**. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 13 p, 2002.

ROUSE, J. W.; HASS, R. H.; DEERING, D. W.; SCHELL, J. A. **Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation**. Austin: Texas A. M. University, College Station, 1974.