

Avaliação da Importância Ambiental da *Wetland* do Riacho Fundo, DF, por meio dos Dados dos Sensores Aerotransportados MSS e OIS

Ana Raíssa Amorim dos Santos¹
Breno Ricardo de Araújo Leite^{1,2}
Gustavo Macedo de Mello Baptista¹
Henrique Llacer Roig¹

¹ Universidade de Brasília - UnB/IGD
Caixa Postal 4465 - 70910-900 - Brasília - DF, Brasil
ana.raissa@gmail.com
{gmbaptista, roig}@unb.br

² Segundo Esquadrão do Sexto Grupo de Aviação – 2º/6º GAv
Caixa Postal 811 - 75001-970 - Anápolis - GO, Brasil
breno.97@terra.com.br

Abstract. The aim of this paper is present the environmental importance of the Riacho Fundo's Wetland, in Paranoá's Lake. For this we used the MSS and OIS sensors to investigate three aspects: suspended solids retention; the carbon dioxide sink; and the thermal comfort. The results showed that the wetland is able to retain the suspended solids coming from upstream, sinks carbon more strongly than the areas of margins and appears colder than the edges. The MSS and ISO sensors were effective for the investigation of environmental services provided by the Riacho Fundo's Wetland.

Palavras-chave: Wetland, MSS, OIS, Lake Paranoá, Wetland, MSS, OIS, Lago Paranoá.

1. Introdução

O termo *wetland* é usado para caracterizar áreas de transição entre um sistema terrestre e um aquático. Sob esse termo genérico estão agrupados diversos habitats úmidos como banhados, pântanos, brejos, zonas alagadiças, charcos, manguezais e áreas similares (ANJOS, 2003).

Na região do Distrito Federal existe uma *wetland* de grande dimensão e importância, sendo tratada neste estudo como *Wetland* do Riacho Fundo. Como o próprio nome sugere, sua localização é na foz do Riacho Fundo, antes desse desaguar no Lago Paranoá. Os sólidos em suspensão no riacho, despejados principalmente pela ocupação desordenada à montante, levaram ao assoreamento e criaram as condições ideais para a proliferação de macrófitas e o estabelecimento da *wetland* em questão, conforme pode ser observado na Figura 1.

Apesar de restringir a navegabilidade no lago e prejudicar a harmonia paisagística, fatores que colocam em risco a permanência dela naquele lugar, a *Wetland* do Riacho Fundo possui um importante papel na melhoria da qualidade da água do Lago Paranoá, além de contribuir para uma melhor condição atmosférica na região em torno dela.

Para o estudo espectral do alvo foi utilizada uma imagem do sensor imageador multiespectral de varredura MSS (*MultiSpectral Scanner*) e para complementar a análise do comportamento término da *wetland* foram utilizadas imagens termais do sensor óptico e infravermelho OIS (*Optical Infrared Sensor*), todos embarcados na aeronave R-99.

O objetivo deste estudo é comprovar, por meio dos dados dos sensores MSS e OIS, a importante função executada pela *Wetland* do Riacho Fundo na retenção dos sedimentos e

sólidos em suspensão no riacho, além da intensa atividade fotossintética (sequestro de carbono) e o comportamento térmico da *wetland*.



Figura 1 – *Wetland* do Riacho Fundo

2. Sensor Imageador Multiespectral de Varredura MSS (MultiSpectral Scanner)

O MSS é um sensor aerotransportado de varredura linear, que é operado pela Força Aérea Brasileira a partir da aeronave R-99, responsável pela coleta de dados para o Sistema de Proteção da Amazônia (SIPAM). O sensor trabalha com dois modos espectrais: Low Resolution (11 bandas) e High Resolution (31 bandas), abrangendo a região espectral do visível ao infravermelho termal. O campo de visada instantâneo (IFOV) pode ser selecionado entre as opções de 1,25 e 2,5 mRad e a velocidade de varredura é ajustável entre 2 e 100 scan/seg, sendo capaz de gerar imagens com até 50 cm de resolução espacial e 16 bits de resolução radiométrica (Figura 2).



Figura 2 - Sensores imageadores embarcados na aeronave R-99

3. Sensor Óptico e Infravermelho OIS (Optical Infrared Sensor)

O OIS, que também está embarcado na aeronave R-99, é constituído de uma plataforma estabilizada (Torreta FLIR), a qual contém um sensor FLIR (Forward Looking Infrared), uma câmera colorida CCD e uma câmera colorida Spotter Scope. O sensor FLIR possui três ajustes de campo de visada e trabalha na faixa espectral de 3 a 5 μm , a câmera CCD possui Zoom de 10 vezes e objetiva de 13 a 130 mm e a Spotter Scope possui uma teleobjetiva de 688 mm. O campo de trabalho da torreta é de 360° no eixo horizontal e +30° a -120° no eixo vertical. Na Figura 2 podemos verificar a localização dos sensores OIS e MSS embarcados na aeronave R-99, além do radar SAR que não foi alvo deste estudo.

4. Material e Métodos

As imagens MSS utilizadas no presente trabalho foram obtidas em 28 de maio de 2009, às 10h30min da manhã, na região do Lago Paranoá, Brasília – Distrito Federal.

A princípio, o mês de maio na região do Distrito Federal apresenta características de seca e estiagem, mas analisando-se o balanço hídrico do ano de 2009, nota-se que no mês de abril houve uma grande quantidade de precipitação (aproximadamente 380 mm), demonstrando que ainda havia um grande aporte de água na região estudada.

As imagens foram processadas no software ENVI®, versão 4.7. Foi utilizada, nas imagens, a conversão dos ND para valor de radiância, expressos em $\mu\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}\cdot\text{sr}^{-1}$, para as bandas de 1 a 28, conforme proposto por Lisita e Moreira (2009), dada pela Equação 1.

$$\text{RU} = \frac{\text{PV} - 32,768}{1000} \quad (1)$$

Onde PV é o valor do pixel e RU o valor de radiância.

Após a conversão foram selecionadas duas regiões de interesse (ROI) sendo uma para água turva, e outra para água limpa, visando avaliar o comportamento da *wetland* quanto à retenção de sólidos em suspensão. Para tal, uma ROI foi estabelecida nos dois braços de deságue do Riacho Fundo (em vermelho na Figura 3) e a outra, baseando-se num curso d'água cuja nascente se situa atrás do Colégio Marista e que deságua próximo à área, mas que não sofre processo de assoreamento e nenhuma influência direta da bacia do Riacho Fundo (em amarelo na Figura 3).



Figura 3 Regiões de interesse, destacadas com círculos brancos, utilizadas no processamento dos dados, onde a água limpa encontra-se em amarelo e a água turva, em vermelho.

4.1 Retenção dos sólidos em suspensão

A partir da seleção das ROIs, aplicou-se o método *Spectral Angle Mapper* que avalia a similaridade entre o espectro de cada pixel da imagem e o espectro dos *endmembers* de cada classe (KRUSE *et al.*, 1993).

O método transforma as respostas dos ROIs (*endmember* ou referência) em vetores n-dimensionais, nos quais n é o número de bandas e os compara com a imagem, por meio da determinação do ângulo entre eles e os vetores gerados para cada pixel. Ângulos menores representam maior semelhança com os *endmembers* e a imagem gerada representa a espacialização da água turva e da água limpa.

4.2 Atividade fotossintética da *wetland*

Segundo Rahman *et al.* (2000) o seqüestro de carbono pela vegetação depende da integração de dois índices espectrais do tipo “diferença normalizada”, são eles: *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) (ROUSE *et al.*, 1973) e *Photochemical Reflectance Index* (PRI) (GAMON *et al.*, 1997).

O NDVI é um método de determinação do vigor da vegetação por meio de diferença normalizada entre o pico de reflectância no infravermelho próximo e a feição de absorção de luz na região do vermelho utilizada na fotossíntese. Já o PRI mede, também por diferença normalizada, a relação entre a feição de absorção na região do azul e o pico de reflectância da vegetação na região do verde (BAPTISTA & MUNHOZ, 2009).

Diversos estudos recentes mostram que o índice espectral PRI pode ser correlacionado com o uso eficiente da luz no processo da fotossíntese e, como citado anteriormente, o NDVI com o seqüestro de carbono. Isso é facilmente compreendido, pois quanto maior for a atividade fotossintética, maior serão as feições de absorção nas faixas do azul e do vermelho e mais expressivos serão os valores.

Os índices espectrais NDVI e PRI são expressos de acordo com as equações 2 e 3, respectivamente:

$$\text{NDVI} = \frac{R_{787,3} - R_{685,5}}{R_{787,3} + R_{685,5}} \quad (2)$$

e

$$\text{PRI} = \frac{R_{497,4} - R_{564,1}}{R_{497,4} + R_{564,1}} \quad (3)$$

Onde R_i é o valor de radiância em cada comprimento de onda, em nm, de valor i (BAPTISTA, 2003).

4.3 Comportamento térmico da *wetland*

Para a análise de comportamento térmico foi usada a banda 31 (10500 nm) do sensor aerotransportado MSS, e aplicada tabela de cores *purple-red + stripes*. Essa tabela de cores foi escolhida por permitir a identificação de alvos quentes e frios e suavizar o ruído existente nesses dados. Além da banda 31, foram utilizados dados da câmera OIS para da identificação térmica das áreas, na qual foi aplicada a tabela de cores *rainbow*.

5. Resultados e Discussão

Vale ressaltar que há uma semelhança na resposta de alguns pixels nos arredores da imagem, mas que na verdade correspondem às áreas urbanizadas, e não às áreas de interesse do presente trabalho.

5.1 Retenção dos sólidos em suspensão

Após a determinação das ROIs exportou-se os espectros que pode ser verificado na Figura 4. Nota-se que o espectro referente a água que vem do Riacho Fundo apresenta seu pico de reflectância mais afastado em direção a maiores comprimentos de onda que o espectro da chamada água limpa. Como pode ser visto em Novo (2008), quanto maior a carga de sedimentos, mais deslocado fica o pico de reflectância em direção ao NIR.

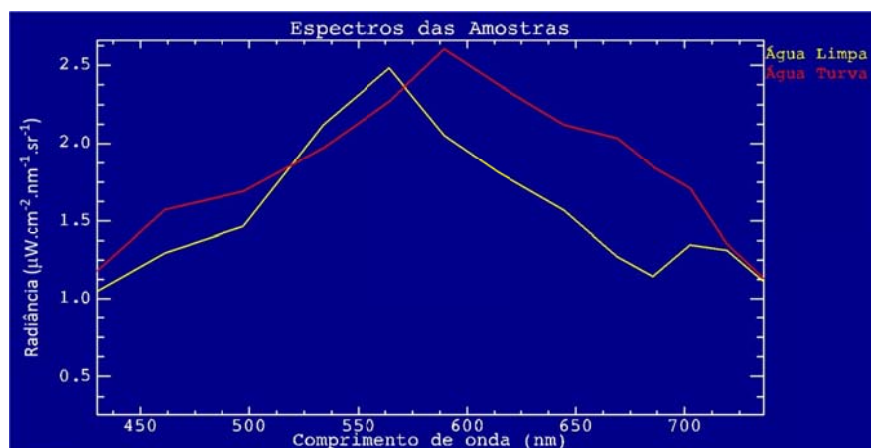


Figura 4 - Espectros das amostras utilizadas como referência para água limpa e água turva, na qual nota-se o deslocamento em direção ao NIR da água turva.

Com a aplicação do método SAM, obteve-se a Figura 5, que mostra em amarelo as áreas de baixa concentração de sólidos em suspensão e em vermelho as regiões de alta concentração de sólidos em suspensão. Observa-se na imagem, que as áreas de maior retenção de sólidos em suspensão coincidem com as áreas das *wetlands*, o que permite que o restante do lago, após o deságue, mantenha um padrão de água sem a presença de sólidos em suspensão.

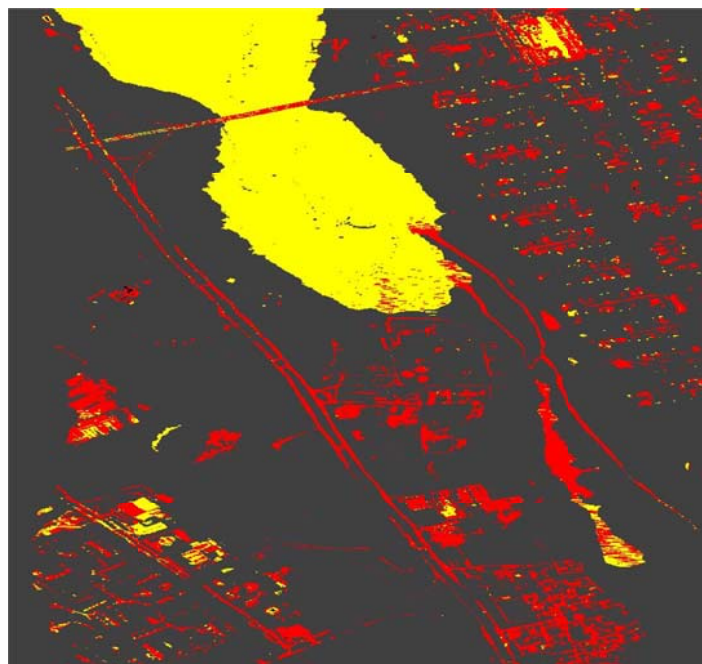


Figura 5 - Imagem obtida após o processamento pelo método SAM. As áreas em amarelo apresentam baixa concentração de sólido em suspensão, e as áreas em vermelhos apresentam alta concentração de sólidos em suspensão.

5.2 Atividade fotossintética da *wetland*

Ao observar o resultado do modelo de Rahman et al. (2000), o CO₂flux por meio de seu histograma (Figura 6), nota-se a presença de duas modas, sendo a primeira de respostas não fotossinteticamente ativas (VNFA) que vai de -0,03 a , e a segunda de respostas fotossinteticamente ativas (VFA). Feito o processamento das imagens, foram divididas 4 classes (Tabela 1) para melhor visualização dos resultados nas imagens, nos quais a cor verde claro e a verde escuro representam as zonas de maior sequestro de gás carbônico (Figura 7). Pode-se observar que em relação principalmente a margem esquerda, a *wetland* representa as regiões de maior fluxo de CO₂.

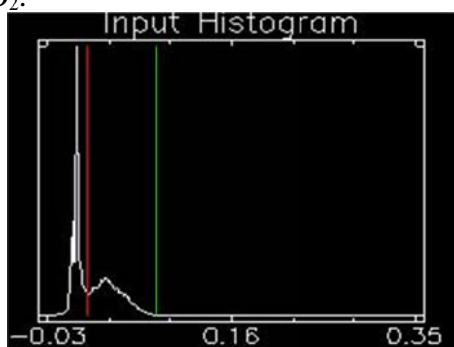


Figura 6 - Histograma o qual se pode observar a região marcada entre as linhas vermelha e verde que representa a moda da VFA.

Tabela 1 Intervalos de classe e suas respectivas cores

<i>Intervalo de classe</i>	<i>Cor utilizada</i>
0,01 – 0,0275	Amarelo
0,0275 – 0,045	Ocre
0,045 – 0,0625	Verde Claro
0,0625 – 0,09	Verde Escuro

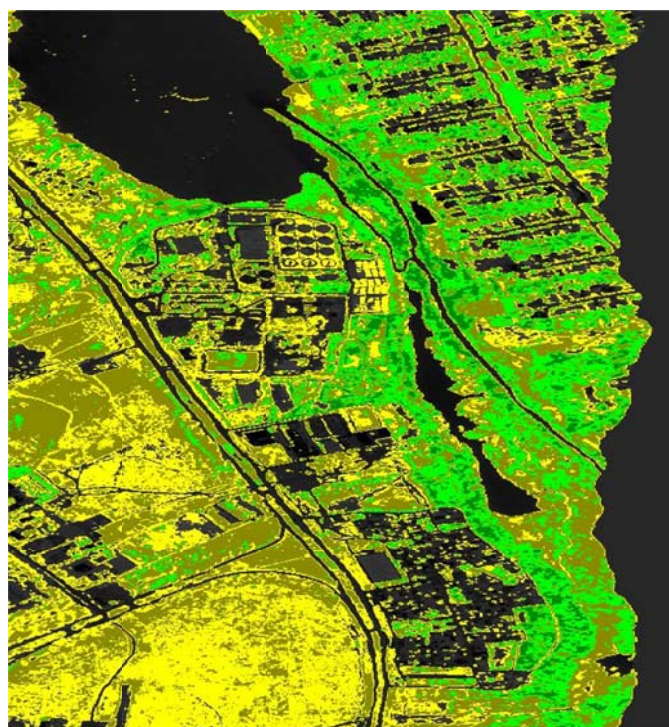


Figura 7 – Espacialização do fluxo de CO₂ (destacadas nas cores verde claro e escuro) coincidentes com a área da *wetland*.

5.3 Comportamento térmico da *wetland*

Como era de se esperar, as áreas de *wetland* apresentam temperaturas significativamente menores do que os alvos próximos. A tabela de cores utilizada indica nas cores azul e púrpura as regiões de menor temperatura (Figura 8).

Para contribuir e reforçar a afirmação citada acima foi utilizada uma imagem termal do OIS obtida no dia 18 de novembro de 2010, às 17h10min UTC, que apresentou claramente a diferença de temperatura existente entre a *wetland* e as margens do rio, bem como o próprio lago Paranoá, conforme se observa na figura 9.

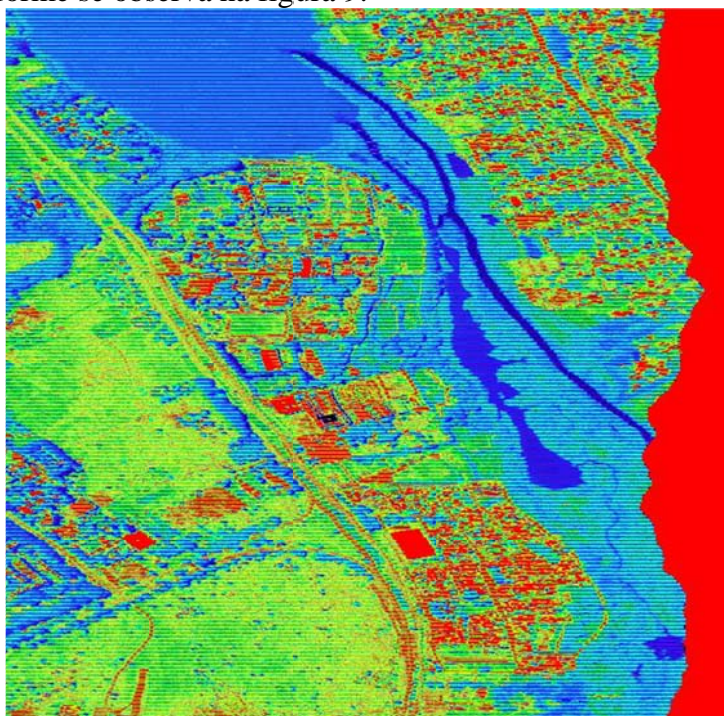


Figura 8 Imagem termal da região da *wetland*, onde as cores azul e ciano representam as menores temperaturas.

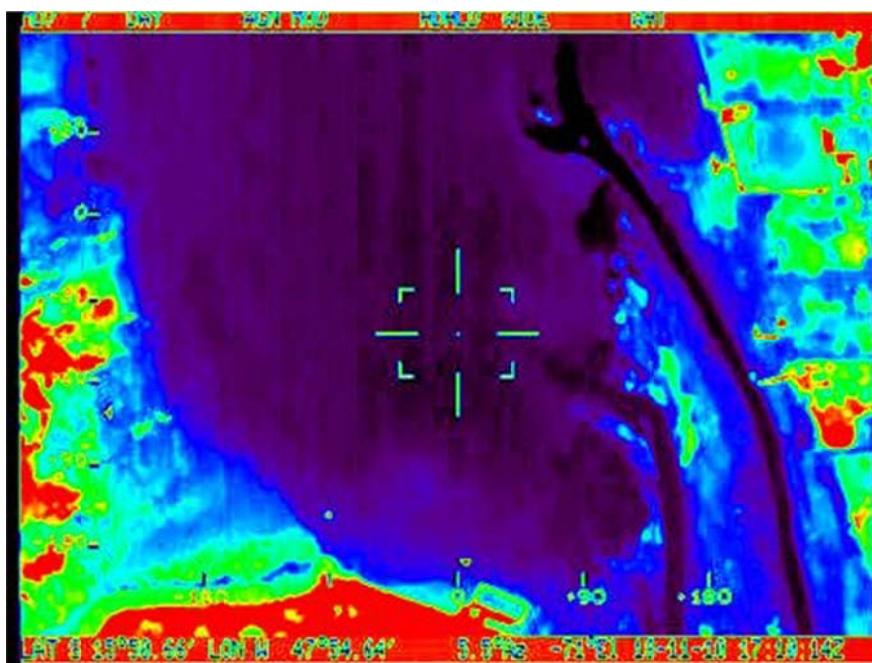


Figura 9 - Imagem termal do sensor OIS, onde os alvos mais frios estão em cores preta, púrpura e azul.

6. Conclusões

O presente estudo permitiu comprovar, por meio das imagens MSS e OIS processadas, que a *Wetland* do Riacho Fundo possui importância ambiental, sendo responsável por reter os sólidos em suspensão advindos de montante e, com isso, melhorar a qualidade da água desse braço do Lago Paranoá. Além disso, a *wetland* contribuía para uma melhor qualidade do ar e do conforto térmico, devido à elevada atividade fotossintética e a manutenção da temperatura do ambiente ao seu redor em valores mais baixos, que pode ser comprovado pelas imagens termais do MSS e OIS.

Tendo em vista todos esses fatores, pode-se concluir que os prejuízos de navegabilidade e harmonia paisagística que são atribuídos a *wetland* do Riacho Fundo podem ser reduzidos a valores pouco significativos em relação aos serviços ambientais por ela prestados, não justificando as especulações que sugerem a retirada desse importante ecossistema.

Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem o apoio do COMAER, do COMGAR e do 2º/6º Grupo de Aviação, que cederam equipamentos e dados para sua realização.

Referências Bibliográficas

Anjos, J. A. S. A. Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (*wetland*) no controle da poluição por metais pesados: O caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA. 2003. 328 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2003.

Baptista, G. M. M. Validação da modelagem de seqüestro de carbono para ambientes tropicais de cerrado, por meio dos dados AVIRIS e HYPERION. In: XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Belo Horizonte. **Anais em CD-ROM**. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003.

Baptista, G.M. M.; Munhoz, C.B.R. Comportamento do seqüestro florestal de carbono, do conteúdo de CO₂ atmosférico e do conteúdo de umidade da vegetação no Pantanal de Nhecolândia, MS, por meio de sensoriamento remoto hiperespectral. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal. **Anais...** São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2009, p. 1071- 1078.

Gamon, J. A.; Serrano, L.; Surfus, J. S. The photochemical reflectance index: an optical indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types, and nutrient levels. *Oecologia*, vol. 112, pp. 492-501, 1997.

Kruse, F. A., Lefkoff, A. B., Boardman, J. B., Heidebrecht, K. B., Shapiro, A. T., Barloon, P. J., and Goetz, A. F. H. The Spectral Image Processing System (SIPS) - Interactive Visualization and Analysis of Imaging spectrometer Data. *Remote Sensing of Environment*, 1993. V. 44, p. 145 – 163

Lisita, A.; Moreira, R. C. Estudo espectral com imagens do sensor aerotransportado MSS. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. p. 1127-1133.

Rahman, A.F.; Gamon, J.A.; Fuentes, D.A.; Roberts, D.; Prentiss, D.; Qiu, H. Modeling CO₂ flux of boreal forests using narrow-band indices from AVIRIS imagery. *AVIRIS Workshop*, JPL/NASA, Pasadena, Califórnia, 2000.

Rouse, J.W.; Haas, R. H.; Schell, J. A.; Deering, D. W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: *Proceedings of the Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium*, 3rd, Washington. Washington: NASA, v.1, p.309-317, 1973