

## **Áreas úmidas da América do Sul registradas em imagens de satélites**

Paulo Roberto Martini

Divisão de Sensoriamento Remoto  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
Av. dos Astronautas 1758  
12227-010 São José Campos, SP  
martini@dsr.inpe.br

**Resumo.** Áreas úmidas da América do Sul são discutidas como primeiras indicadoras da elevação do mar devido ao aquecimento global. É realçado que o conhecimento dos atributos naturais das terras úmidas, bem como seu monitoramento diário podem ser feitos através do uso de Sensoriamento Remoto e de tecnologias associadas como Geoprocessamento e Cartografia. O surgimento de catálogos públicos, com imagens distribuídas gratuitamente, é enfatizado, assim como o papel primordial que eles podem desempenhar no estudo de terras úmidas locais e transnacionais. Exemplos de terras úmidas na América do Sul são discutidos resumidamente através de imagens de satélite. As Conclusões assinalam que o território possui um rico patrimônio de água fresca e de terras úmidas estando destinado a desempenhar papel essencial na estratégia global para conservação e gerenciamento desses temas.

**Palavras – chave:** sensoriamento remoto, áreas úmidas e América do Sul.

**Abstract.** Wetlands of South America are discussed as the first indicators of sea rising over land due to global warming. It is shown that knowledge of the natural attributes of humid lands as well their daily monitoring can be easily supported by the use of Remote Sensing and associated technologies such as Geo-processing and Cartography. The coming up of public catalogues with images delivered at no costs are emphasized as well the key role they can play in the study of local and transnational humid lands. Examples of humid lands of South America are discussed by means of satellite images. The conclusion is that the territory owns a wealthy heritage of fresh water and wetlands and so must play a main role in a global strategy to conserve and to manage these themes.

**Key – words:** remote sensing, South America and humid lands.

## 1. Apresentação

O estudo de áreas úmidas quanto as suas dimensões e seus atributos sazonais, seja no tempo humano seja no tempo geológico, é um tema atual e relevante na medida que elas guardam assinaturas climáticas do passado e apontam possíveis feições de mudanças climáticas no futuro próximo.

A América do Sul é portadora de imensas áreas úmidas, sazonais ou permanentes, cujas dimensões ainda não são conhecidas de uma forma integrada e nem mesmo compartimentada. O comportamento sazonal destas áreas tampouco é muito conhecido uma vez que demanda uma repetitividade adequada ao seu comportamento temporal, seja ele estacional, anual, climático ou geológico. Neste sentido tratou-se de se utilizar imagens de satélites para se analisar as áreas úmidas sul americanas. As imagens de sensores remotos orbitais são portadoras dos atributos espaciais e temporais compatíveis com aqueles portados pelas áreas úmidas do grande território e, assim, permitem mapear e registrar as mudanças nestas regiões. No artigo que se segue é feito o mapeamento das algumas grandes regiões úmidas bem como são apresentadas figuras sobre suas importâncias no contexto das mudanças climáticas. Neste sentido vislumbra-se o papel de grandes áreas úmidas como geradoras de gases de efeito estufa quanto como regiões facilmente inundáveis na consequência do aquecimento global. Entende-se que as imagens de satélites de Sensoriamento Remoto, principalmente aquelas tornadas públicas e livres de custos são uma grande contribuição para o estudo de áreas úmidas continentais e desta forma são descritas com certa ênfase no contexto deste trabalho.

## 2. Porque áreas úmidas?

A primeira e a mais óbvia resposta é aquela que está na agenda geral e que trata dos números sobre a demanda global por água. Os números apontam para uma crise de disponibilidade em algumas dezenas de anos. Visto porem de uma forma mais abrangente, as áreas úmidas suportam leituras muito mais complexas. A lista que se segue aponta algumas singularidades destas áreas, sem esgotá-las, entretanto.

- Grandes produtoras de alimentos
- Grandes reservas de biodiversidade
- Grandes reservas de áreas agricultáveis
- Manejo complexo (e.g. New Orleans)
- Agentes de mudanças globais: geração de CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>.
- Áreas de risco com aquecimento global.
- Imensas áreas na América do Sul.
- Relevantes papéis em protocolos sobre o meio ambiente.

Estas singularidades clamam por procedimentos de abordagem eficientes e precisos que envolvem Sensoriamento Remoto, Cartografia e Geoprocessamento. O uso destas tecnologias

pode ser a melhor alternativa para se estudar e se conhecer os atributos complexos das áreas úmidas. Os exemplos que se seguem procuram contribuir para o conhecimento das possíveis aplicações das ferramentas citadas quando utilizadas para as áreas úmidas da América do Sul.

### **3. Os catálogos de imagens públicas para a América do Sul**

A disponibilidade de imagens livres de custos, ou mais propriamente denominadas de imagens “públicas”, posto que custos sempre existem mas se tornam “livres” na medida que alguma autoridade, normalmente pública, os assumem.

O catálogo exemplar neste contexto é aquele do Satélite CBERS-2, um sucesso de distribuição com mais de 100.000 imagens disponibilizadas via rede apenas em seus seis primeiros meses. Antes dele, entretanto, há que se reconhecer que o conjunto de mosaicos GEOCOVER disponibilizados pela NASA para toda a área continental do planeta, mostrou o caminho. Estes mosaicos orto-retificados compostos por imagens ETM+ com 14 metros de resolução espacial formam um marco na proliferação massiva de dados de Sensoriamento Remoto em nível global.

Outra contribuição brasileira importante foi a parceria INPE-FINEP para recuperar e tornar disponível na rede o acervo de imagens LANDSAT 1,2,3 gravadas pela Estação de Cuiabá entre 1973 e 1984.

Mais recentemente as imagens SRTM-Shuttle Radar Topographic Mission, acervo global em banda L, foi tornado disponível através da rede, assim como as imagens dos sensores MODIS das plataformas TERRA e AQUA da NASA. A agência americana também torna disponíveis imagens digitais tomadas pelos astronautas a bordo da Estação Espacial Internacional-ISS.

O último e não menos importante catálogo tornado disponível é aquele do GOOGLE cujo conjunto de imagens de alta resolução vem crescendo rapidamente. Os endereços na rede para consultar ou baixar as imagens dos catálogos mencionados são os seguintes:

- Imagens CBERS-2: [www.dgi.inpe.br/CDSR](http://www.dgi.inpe.br/CDSR)
- Imagens LANDSAT 1-2-3: [www.dgi.inpe.br/CDSR](http://www.dgi.inpe.br/CDSR)
- Mosaicos SRTM: <http://srtm.usgs.gov/data/obtainingdata.html>
- Imagens MODIS: <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>
- Mosaico GEOCOVER: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>
- Acervo GOOGLE-EARTH: <http://earth.google.com/>
- Imagens ISS: <http://eol.jsc.gov>

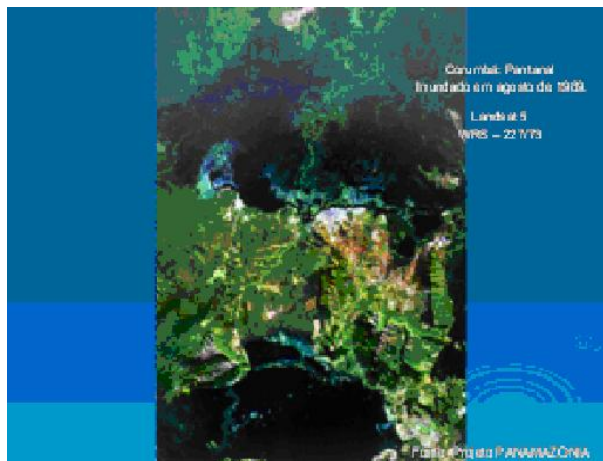
### **4. Exemplos de Áreas Úmidas da América do Sul**

Os exemplos que seguem não tratam de áreas permanentemente úmidas como as superfícies de lagos, naturais ou não, de lagoas e de rios. Procura-se focar mais as regiões afetadas por sazonalidades de cheias ou passíveis de sofrerem modificações em função de mudanças do nível geral das águas provocadas pelo aquecimento global na forma como está sendo antecipado pela literatura científica corrente. Da mesma maneira não se faz uma leitura abrangente envolvendo a totalidade das regiões analisadas. Realçam-se aqueles compartimentos que apresentam os melhores e mais evidentes atributos de acordo com o contexto deste trabalho.

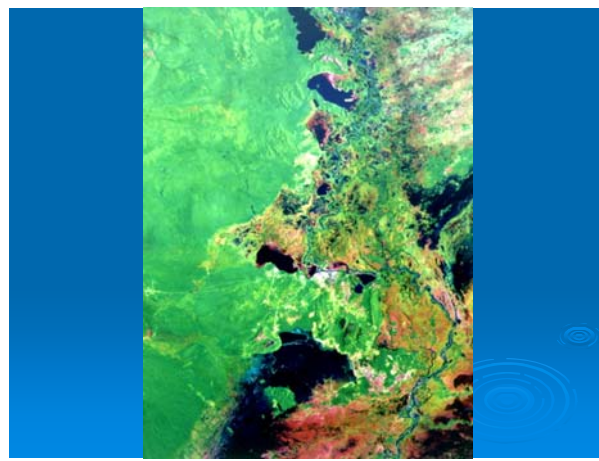
#### **4.1 O Pantanal de Corumbá**

O Pantanal de Corumbá é um dos diversos compartimentos que formam o grande Pantanal Matogrossense. Pelas suas este imenso banhado pode ser abordado em uma única cena inteira seja do Satélite LANDSAT 5 seja da Câmera CCD do CBERS-2. Nas imagens LANDSAT-5

foram analisadas duas datas: agosto e janeiro de 1989, estações seca e chuvosa. Excepcionalmente o Pantanal de Corumbá aparece seco no mês das chuvas e inundado no mês das secas. As **Figuras 1 e 2** mostram a situação das águas naquelas duas datas.



**Figura 1.** Pantanal de Corumbá-MS em agosto de 1989.



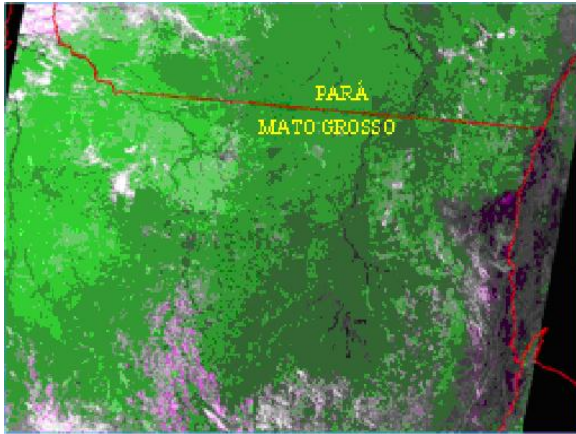
**Figura 2.** Pantanal de Corumbá-MS em de janeiro de 1989.

#### 4.2 O Pantanal do Araguaia

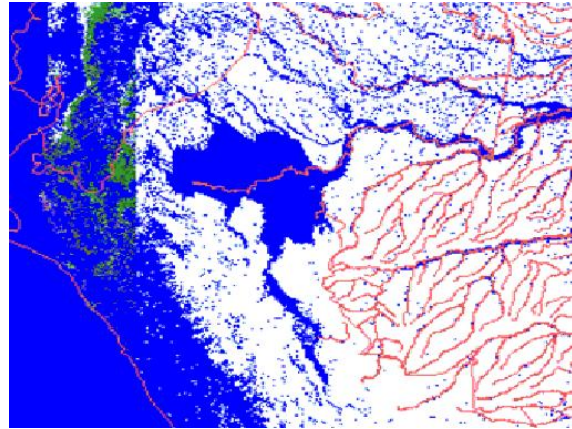
Esta região pantaneira é mais facilmente reconhecida em imagem do mês de abril quando o domínio geomórfico da Ilha do Bananal fica inundado. Seus limites norte-sul alcançam facilmente os 300 quilômetros tendo como eixo o Rio Araguaia. Não sendo compartimentado como o seu par mato-grossense, é possível que o Pantanal do Araguaia seja a maior área pantaneira contínua do Brasil. Sua dimensão requer imagem mais sinótica para ser visualizado integralmente. A imagem WFI do Satélite CBERS-1 mostra perfeita aptidão espacial para isto como demonstra a **Figura 3**.

#### 4.3 “Humedales” do Rio Ucayalli

O baixo Rio Ucayalli, na amazônia peruana, pouco antes de encontrar o Rio Marañon percorre uma grande que na época das cheias naquela região (abril) que se transforma em imenso lago. O nome dado à este tipo de feição é “humedales”. O Ucayalli é uma das mais importantes vertentes formadoras do Amazonas, uma vez que percorre as duas cordilheiras andinas: a ocidental (onde está a origem do Amazonas) e a oriental. O Humedale do Ucayalli pode servir como indicador da intensidade das cheias no Solimões, principalmente a partir do Estreito de Tabatinga. O mapa editado de mosaico GEOCOVER da **Figura 4** mostra a dimensão que a área úmida assume quando inundada.



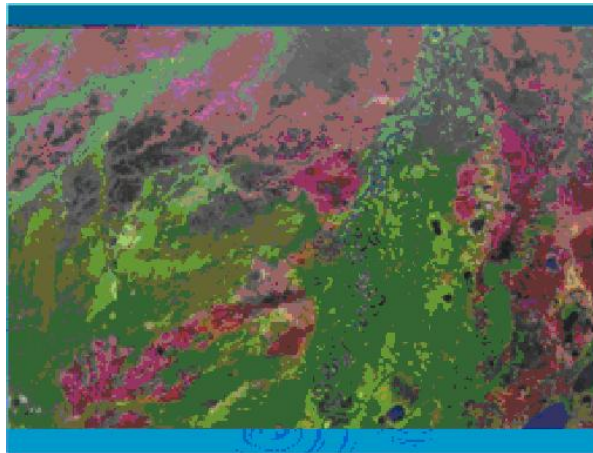
**Figura 3.** O Pantanal do Araguaia aparece na margem direita da Imagem WFI-CBERS.



**Figura 4.** “Humedale” do Rio Ucayalli editado a partir de Mosaico GEOCOVER-NASA.

#### 4.4 “Llanos de Mojos”

As planícies de Mojos na Amazônia da Bolívia é principal região pantaneira do país. A região fica subordinada às cheias do Rio Beni que forma o Rio Madeira junto com o Madre de Dios. A região é descrita como das mais ínvias e insalubres do domínio panamazônico. Seu manejo entretanto pode ter ocorrido em passado pré-colombiano a partir de canais e aterros segundo os arqueólogos (Parsons e Bowen, 1966). O fato de ter permanecido isolada desde então faz dos “Llanos” uma fonte de biodiversidade complexa devido ao meio insalubre. A **Figura 5** mostra como aparece a região em imagem do LANDSAT-5 do período seco.



**Figura 5.** Região dos “Llanos de Mojos.”

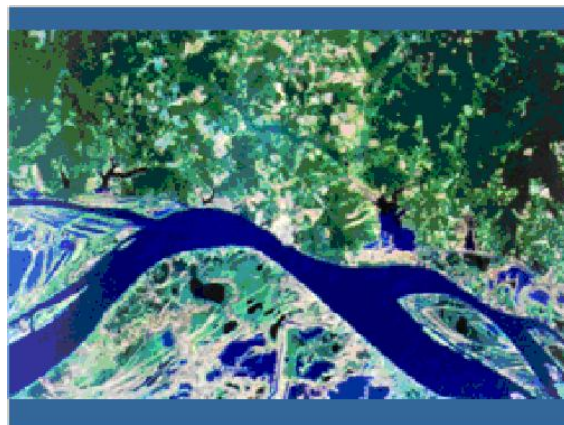
#### 4.5 Várzeas do Rio Amazonas.

As várzeas do sistema Amazonas-Solimões são largas planícies controladas pelos estreitos, aparentemente reflexos de altos estruturais das formações sedimentares ou arcos tectônicos que dividem as bacias sedimentares do Solimões e do Amazonas. O sistema é segmentado pelos estreitos de Tabatinga, Purus, Coari, Itacoatiara, Óbidos, Parintins e Montealegre, entre outros. Os terrenos entre os estreitos se inundam na época das cheias se transformando em vastos pantanais que geram imensas quantidades de gases de efeito estufa, principalmente carbono e metano segundo Lindsay (2005) De acordo com esta autora a quantidade anual de carbono gerado seria da ordem de 0,6 giga-toneladas. O peso das águas que fluem pela várzea

em direção ao Oceano Atlântico gera anomalias no geóide perceptíveis a nível orbital de acordo com as medidas de gravidade obtidas pelos satélites do Sistema GRACE (Ward, 2003). A **Figura 7** mostra o estreito de Óbidos-PA em imagem LANDSAT e a **Figura 6** mostra as águas turvas despejadas pelo Rio Amazonas no Oceano Atlântico em imagem gravada pelo Ônibus Espacial Colúmbia.



**Figura 6.** Imagem da boca do Rio Amazonas tomada bordo do Ônibus Espacial Colúmbia.



**Figura 7.** O Estreito de Óbidos-PA.

#### 4.6 Regiões Costeiras: Caso da Ilha de Marajó e suas Correlações

As mudanças climáticas provocadas pelo aumento médio das águas do planeta vêm se refletindo em áreas chaves de armazenamento delas na forma de gelo, principalmente na Groelândia e na Antártica Ocidental. Weart (2003) alertava que o colapso da cobertura de gelo da Groelândia seria suficiente para aumentar o nível do mar em até 5 metros. Nesta época as medidas apontavam para um aumento médio de 2 milímetros ao ano. Atualmente o quadro está mais dramático (Kerr,2006). Neste contexto foi feita uma análise de como ficaria uma região costeira brasileira onde se pudesse simular o aumento do nível do mar. Foi escolhida a Ilha de Marajó e foram aplicados os dados de altimetria fornecidos pelos mosaicos SRTM corridos em ferramenta IDRISI. O modelo, entretanto, não convergiu quando aplicado à cidade de Santos no litoral de São Paulo. Presume-se que a presença de edifícios na orla do mar tenha confundido o modelo de terreno.

A **Figura 8** mostra a distribuição das áreas alagadas em função de diferentes valores de crescimento do nível do mar para a região de estudo. Assume-se que uma situação muito semelhante poderia ocorrer em outras áreas costeiras do sudeste brasileiro, principalmente nas cidades de Santos e Rio de Janeiro uma vez que os sedimentos que cobrem a Ilha do Marajó são da mesma origem marinha e da mesma idade daqueles que ocupam os domínios urbanos baixos das duas cidades (DNPM-MME,1995). Áreas costeiras dedicadas a outros usos como os agrícolas poderiam sofrer impactos semelhantes agravando também a disponibilidade de alimentos. Nestes casos poderiam ser incluídas a planície costeira do Rio Grande do Sul, grande produtora de arroz irrigado e os alagados dos baixos rios Paraná e Uruguai.

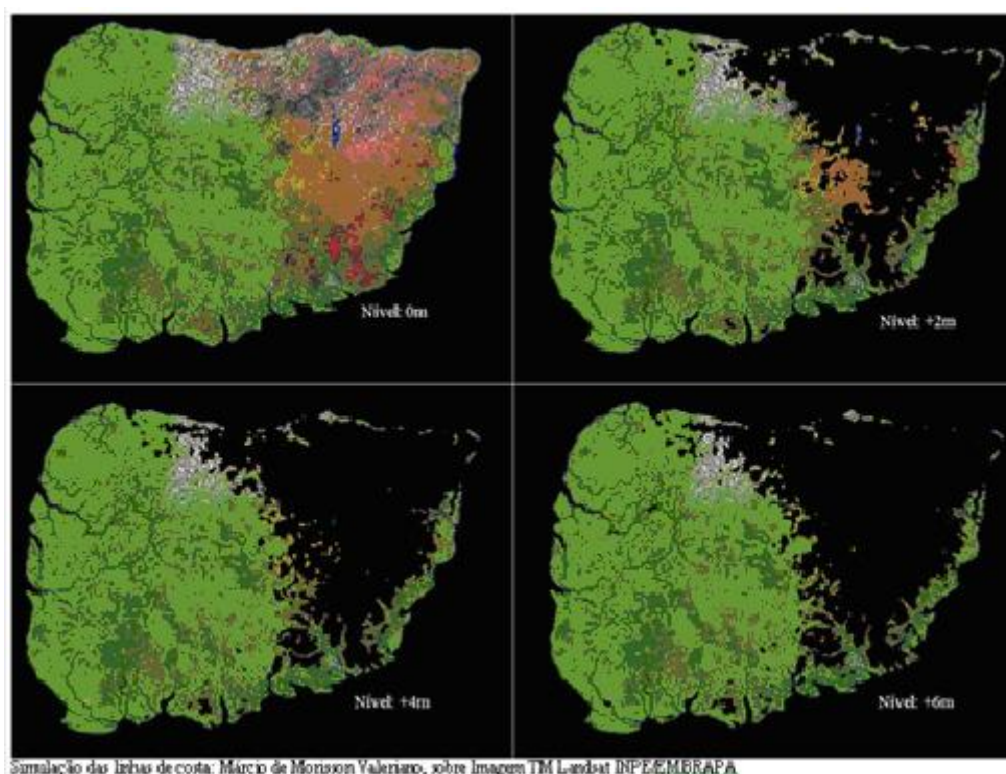


Figura 8. Simulações do avanço do mar para a Ilha de Marajó-PA. Situação atual no canto superior esquerdo e na seqüência com o nível a 2, 4, e 6 metros acima do corrente.

## 5. Sumário e Conclusões

As áreas úmidas como apresentadas neste trabalho podem ser consideradas como as primeiras indicadoras de reflexos em terreno continental de alterações do nível do mar provocadas pelo aquecimento global. O conhecimento de seus atributos naturais e o seu monitoramento contumaz pode ser possível a partir de Sensoriamento Remoto com o apoio de Geoprocessamento e de Cartografia. As imagens de acervos públicos podem desempenhar papel decisivo no estudo de áreas locais e transnacionais. A América do Sul como detentora de um rico patrimônio líquido e úmido deve se transformar em peça principal na estratégia global de conservação e manejo destes temas.

## 6. Bibliografia Consultada

- Broecker, W.S.; Stocker, T.F. (2006). The Holocene CO<sub>2</sub> Rise: Anthropogenic or Natural? EOS Transactions, **American Geophysical Union**, vol.87, n.3, 17 January. P.27
- Kerr, R.A. (2006). Climate Change: a Worrying Trend of Less Ice and Higher Seas. **Letter from the Publisher. Science Magazine Special Issue on Climate Change**, Vol.311, N.5768, March-24.
- Lindsay, R. (2005). Escape from the Amazon. **The Earth Observer**, Jan-Feb. GSFC-NASA
- MME-DNPM (1995). **Economia Mineral do Brasil e Mapa Geológico do Brasil e da Área Oceânica Adjacente em 1:2.500.000.**
- Parsons, J.J.; Bowen, W.A. (1966). Ancient Ridge Fields of the San Jorge River Floodplain, Colombia. **The Geographical Review** vol. LVI, n.3, July, pp.317-343.
- Ward, A. (2003). **Weighing Water from the Space**. <http://earthobservatory.nasa.gov/Study/WeighingWater/>
- Weart, S. (2003). **The Discovery of Rapid Climate Change**. Physics Today. August 2003, pp.30-36