

SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUPORTE PARA A HISTÓRIA CARTOGRÁFICA DO TERRITÓRIO PAULISTA ENTRE 1500 E 1822.

*P.R Martini; **I. Kantor; **B. R. Bueno; *J.Godoy;
*G.G. Silva; *R.G.C. Arduino; *S.P. Coimbra.

*Divisão de Sensoriamento Remoto; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
**Cátedra Jaime Cortesão; FFCL-Universidade de São Paulo

Palavras chaves: Sensoriamento Remoto, História, Estado de São Paulo.

Abstract

Satellite images were used as supporting tools to map the historical evolution of the borders of Sao Paulo State between the discovery of Brazil in the year of 1500 and the Independence in 1822. The images were those collected by TERRA-MODIS, SHUTTLE-SRTM and LANDSAT-TM. GEOCOVER-NASA mosaics were used to rectify the images by means of SPRING processing tool. The images gave adequate support to geocode a large amount of historical data. These data were collected by researchers from Jaime Cortesão Historical Faculty of University of Sao Paulo. The historical data included the bounds of Tordesilhas Treaty of the XVI Century, the Map of the Courts of 1650 and several inter-land trails known locally as “bandeiras”, monções, and “tropeirismos”. All the pioneering actions, missions and agreements that helped to integrate Sao Paulo territory and so mostly of the Brazilian geographic identity were traced in the images. A pre-Columbus myth known as “Brazilian Island” and some possible connections between Amazon and Prata basins were also analyzed based on their geomorphologic attributes. Results were integrated in an 800 Mbytes data bank. Resulting image-maps were displayed in the famous Ipiranga Museum of Sao Paulo State.

1. Antecedentes.

A consolidação do território paulista contada a partir do descobrimento forma um rico painel de novas trilhas e novas fronteiras que colaboraram muito para o estabelecimento da identidade espacial brasileira. Ciente deste enfoque, a Cátedra Jaime Cortesão procurou o INPE no sentido de apresentar a história dos domínios territoriais paulistas segundo ferramentas e procedimentos menos convencionais e mais precisos com base em Sensoriamento Remoto e Geo-Processamento.

Os estudos partiram da documentação histórica e cartográfica recuperada pelas historiadoras da Cátedra. Fazem parte deste os documentos de Alegria (sem data), Cortesão (2001), Ferreira (sem data). Estes documentos foram analisados e transpostos para os produtos recolhidos dos bancos de imagens da NASA e do INPE através de processamentos com ferramenta SPRING. Os procedimentos para gerar os produtos, os métodos de análise aplicados a eles, bem como exemplos subamostrados das cartas produzidas, estão apresentadas nos itens que se seguem.

2. Os mosaicos MODIS.

O MODIS-Espectro-radiômetro Imageador de Resolução Moderada é um sensor de resolução média (500 metros) que opera em 36 faixas de espectro eletro-magnético. Dois sistemas idênticos foram instalados em duas das três plataformas que compõe a plêiade EOS-Earth Observation System. Esta duas plataformas são aquela da manhã (Terra) e aquela da tarde (Acqua). Com estas configurações o MODIS consegue coletar diariamente imagens de praticamente todo o planeta. As limitações provocadas pelas nuvens impõem que várias passagens sejam gravadas de forma a se compor os mosaicos livres de nuvens utilizados neste trabalho. A cobertura MODIS da América do Sul é composta de 12 quadros individuais. Eles foram baixados um a um, em função da cobertura de nuvens, em bandas individuais correspondentes aos canais 1,3 e 4, todos da faixa espectral correspondente ao visível. Os canais foram corrigidos radiometricamente de forma a se ter valores digitais mais coerentes entre os pixel e, também, melhor contraste de tons entre eles.

Uma vez corrigidos na parte radiométrica, foram atribuídas cores (RGB) às respectivas bandas. À banda 1 da faixa vermelha foi atribuída a cor vermelha, à banda 2 (faixa do azul) a cor azul e à banda 3 (faixa do verde) a cor verde. O passo seguinte foi proceder a geo-referenciação onde são definidas: tipo de projeção cartográfica e a correção do posicionamento dos pixel na imagem de forma que toda a cena se apresente com precisão aceitável para a escala do mapa. Este processo é feito através de pontos de controle no terreno, conhecidos. Estes pontos dotam todos os demais com a categoria cartográfica necessária para se tomar medidas internas relativas (e.g. distâncias) e absolutas (latitudes, longitudes) dentro dos erros de precisão. No caso destes mosaicos MODIS, o erro máximo é da ordem de quatro pixel ou 2.000 metros, valor que para a escala de apresentação de 1:5.000.000, está dentro da precisão esperada.



Figura 1. Mosaico MODIS em cores naturais com o limite do Mapa das Cortes.

A figura 1 mostra o mosaico MODIS utilizado neste trabalho onde se reproduziu a América do Sul segundo cores naturais. A figura 2 mostra um mosaico onde as cores RGB são atribuídas aos canais infravermelhos, sendo, portanto de cores falsas.

O Mosaico MODIS da figura 1 serviu como suporte para transpor o Tratado de Tordesilhas, o Mapa das Cortes, as bandeiras, monções e tropeirismos, bem como os diversos limites que as capitanias paulistas mostraram desde suas definições originais. Estas transposições foram

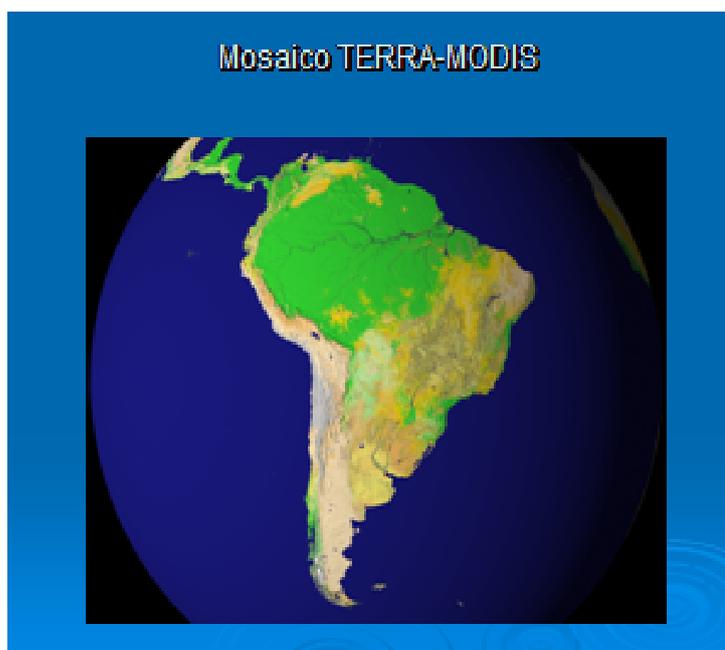


Figura 2. Mosaico MODIS em cores falsas: a cor verde está atribuída à refletividade da floresta na faixa infravermelha do espectro.

feitas a partir da leitura de cópias de documentos e de mapas históricos e da sua interpretação sobre as imagens. O desenho dos limites do Mapa das Cortes teve um suporte muito grande do Mapa de

Cobertura LANDSAT/CBERS em plano digital na escala 1:10.000.000. Os resultados estão dispostos no banco de dados organizados em CDROM.

3. Mosaico SRTM.

A Missão da NASA designada SRTM-Shuttle RADAR Topographic Mission coletou um imenso volume de dados sobre os domínios terrestres do planeta valendo-se da tecnologia de sensores operando na faixa das micro-ondas. Missões anteriores, não topográficas, já haviam antecipado resultados muito interessantes para a área de arqueologia devendo ser citados aqueles obtidos pelo experimento SIR-C/SAR-X de 1994 (NASA-JPL, 2000) e, antes disto, por El-Baz (1997).

Nas faixas de radar podem ser adquiridas imagens independentes da fonte natural de iluminação (sol) e das condições climáticas como cobertura de nuvens e chuva. Este atributo colocou os mosaicos SRTM como ferramentas muito adequadas para estudos do domínio sul americano, bastante comprometido com nuvens na Pan-Amazônia e na região peri-andina. A iluminação da cena sendo gerada a bordo pelo próprio sensor permite, também, que ângulos incidentes mais baixos realcem a topografia disposta nas imagens. Este atributo contribui bastante para se analisar as situações geomórficas mais discretas como aquelas dos divisores de varjões, banhados e pantanais, bem como os interflúvios planos e altos (platôs), que acomodam os divisores Guaporé-Paraguai e Amazonas-Paraná/Prata.

Os mosaicos SRTM foram submetidos aos mesmos processos de correção geométrica e de geoprocessamento descritos anteriormente para o MODIS. A figura 3 mostra o exemplo re-amostrado de imagem colorizada SRTM utilizada neste trabalho. O mosaico original analisado foi aquele em resolução de 90 metros.

Os mosaicos de radar suportados por imagens LANDSAT-5, por mapas 1:1.000.000 da FIBGE e por dados WFI-CBERS (figura 4), serviram como base principal de análise, reconhecimento e traçado do mito da Ilha-Brasil. Os estudos dirigidos aos enlaces (capturas de meandros) das duas grandes bacias hidrográficas, Amazonas e Paraná, foram feitos primeiramente sobre as carta ao milionésimo da FIBGE.

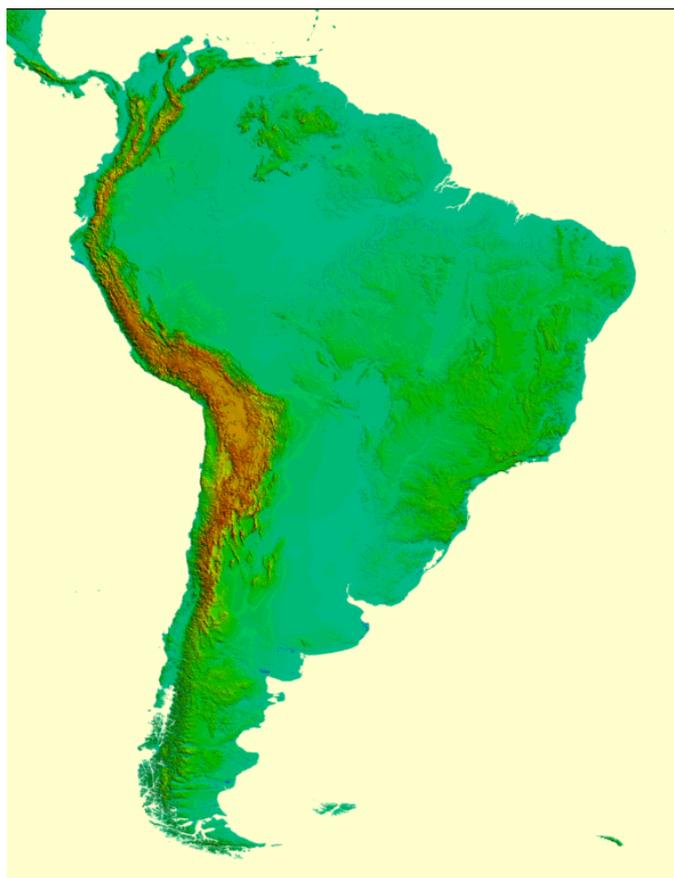


Figura 3. Mosaico SRTM da América do Sul.

Os enlaces ou zonas de captura, foram posteriormente analisados sobre imagens WFI-CBERS e LANDSAT-5, respectivamente nas escalas 1:1.000.000 e 1:250.000.



Figura 4. Imagem WFI-CBERS cobrindo parte da região centro-oeste do Brasil mostrando os rios Araguaia (direita), Xingu (centro-direita) e Teles Pires (esquerda). As cores de tons magenta à esquerda correspondem a áreas agrícolas que ocupam os platôs dos Parecis, zona onde ocorrem os principais enlances das bacias Amazonas e Paraná/Prata. A imagem no terreno corresponde a uma área de 800x800 quilômetros aproximadamente.

Uma vez definidos os cursos de água e os banhados que se interligam nas cheias correntes ou da história recente (ver item Ilha Brasil), os limites foram transpostos para mosaicos SRTM. A figura 5 mostra o exemplo de mosaico sub-amostrado com os limites da Ilha Brasil que foram apresentados pelos nativos aos descobridores em 1500. A figura também apresenta o enlace mais provável das duas grandes bacias sul-americanas, situado na borda oeste da Chapada dos Parecis (veja a diante o item Divisor Amazonas-Paraná/Prata).

A regionalização dos limites da Ilha Brasil e do enlace principal das duas bacias hidrográficas foi facilitada enormemente pela utilização do Mapa de Cobertura LANDSAT/CBERS escala 1:10.000.000 em plano digital.

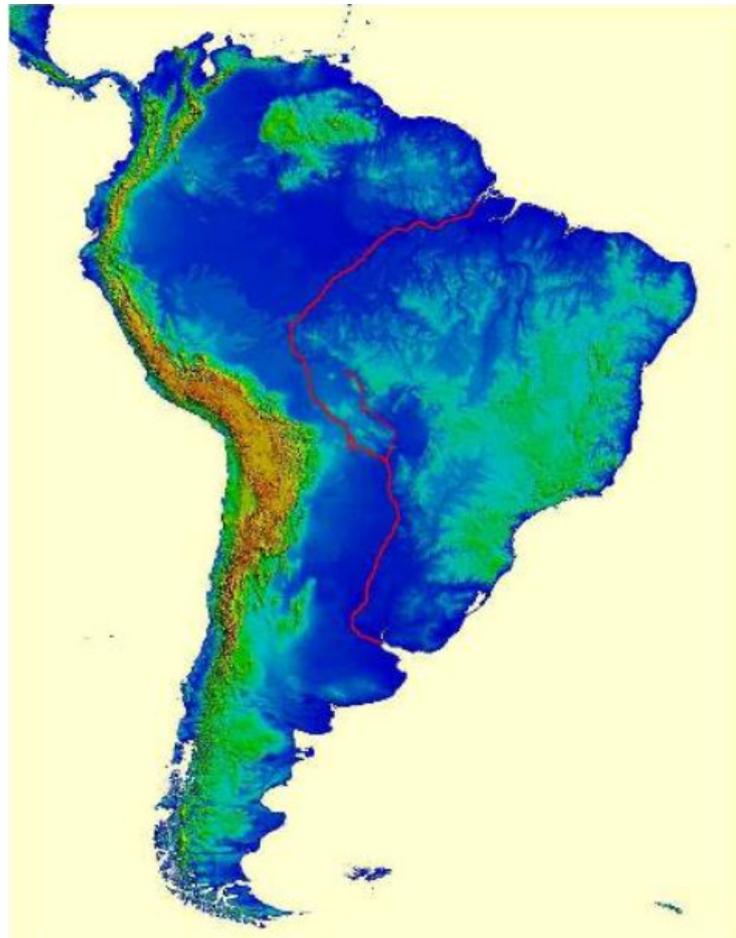


Figura 5. Mosaico SRTM com os limites da Ilha Brasil e o enlace principal das bacias Amazonas e Paraná/Prata.

3.1 O Mito Ilha Brasil.

A leitura integrada do território sul-americano realçada em relevos pelo Radar Topográfico do Ônibus Espacial-SRTM permitiu entender mais facilmente o mito ou o conceito da Ilha Brasil. O mito foi concebido pelos nativos brasileiros pré-colombianos e mantido em memória coletiva verbal e eventualmente gráfica, mas não cartográfica. O mosaico SRTM (figura 3) permitiu que se visualizasse de uma forma mais concreta a Ilha Brasil: seguindo o conjunto de terras baixas ocidentais que deixa o vale do Amazonas pelo Rio Madeira para buscar os varjões do Guaporé e os banhados do Paraguai até chegar ao Rio Paraná e daí prosseguir para o Atlântico Sul.

Esta região compreende a passagem da nascente do Rio São Miguel, afluente do Guaporé, seguindo para sul através da Laguna Concepción passando os Banhados del Izozog, sítios todos localizados em território boliviano. Destes banhados o limite chega ao Rio Lateriquique, marcador local da fronteira.

O conceito da Ilha Brasil apresentado pela imagem SRTM é bem diferente daquele que busca a captura ou a ligação vertentes, perenes ou não, que interligariam localmente duas grandes bacias hidrográfica. A imagem demonstra que a ligação poderia ser mais do que uma vertente ou um riacho capturado. Seria mais um domínio extenso e largo, mas não profundo, por onde se poderia navegar com eficiência com remos e velas. Os varjões e banhados poderiam ser muito mais amplos em épocas pré-colombianas, principalmente anteriores ao Século XV. A pequena era glacial (Bard, 2004 e Simões, 2005), instalada a partir de 1400 A.D., certamente ajudou a desmanchar a Ilha Brasil na medida que em 100 anos (1500 A.D.) as geleiras aumentaram, os mares regrediram e muitos varjões e banhados secaram. Quando os descobridores chegaram o mito existia, mas não o fato. A imagem SRTM mostra que geomorficamente a Ilha Brasil existiu e poderá retornar pelo aumento das temperaturas globais, crescimento do nível do mar e derretimento das geleiras. Dados mostram que a pequena idade de gelo encerrou-se ao redor de 1850 A.D. ingressando-se, então, em um novo período de aquecimento. Esta mudança segue modelos matemáticos de câmbios climáticos globais suportados por dados paleo-climáticos extraídos de sondagens de gelos antárticos e de anéis de crescimentos de árvores centenárias (Nordemann e Rigozo, 2003). O mosaico da figura 5 mostra o desenho mais provável do contorno da Ilha Brasil seguindo na Bolívia os grandes banhados (traço esquerdo). O traço próximo à direita, nesta mesma figura, indica o enlace perene mais provável das bacias Amazonas-Paraná/Prata.

3.2 Divisor Amazonas-Paraná/Prata.

A busca do enlace mais perene entre as duas bacias através de uma vertente local foi feita seguindo a mesma metodologia aplicada ao estudo da Ilha Brasil. Basicamente quatro regiões foram estudadas: i) Vale do Rio Jauru; ii) Chapada dos Parecis; iii) Alto Rio Araguaia, iv) Alto Rio Guaporé. As regiões se encontram todas no Estado do Mato Grosso.

i) Vale do Rio Jauru.

Seu afluente, Rio Iguapeí, encontra a vertente formadora do Rio Alegre à montante de Porto Esperidião. O Rio Alegre flui para o Rio Guaporé. O Rio Iguapeí drena para o Rio Paraguai. As coordenadas deste enlace são: S16:00 e W59:30;

ii) Chapada dos Parecis.

O divisor da Chapada é cortado pelo Rio Jauru. Este rio encontra a cabeceira do Córrego lico-ré que drena para o Rio Sacre, formador do Papagaio que pertence ao alto vale do Rio Juruena. O local é denominado Sítio Fonte de Pau. Suas coordenadas são: S14:30 e W58:35;

iii) Alto Rio Araguaia.

Sítio localizado próximo à cidade de Taquari. Ali o Córrego homônimo está capturando o Ribeirão Guariroba. O Taquari drena para o Pantanal, o Guariroba drena para o Araguaia. Coordenadas: S17:48; W53:02.

iv) Alto Rio Guaporé.

No alagado chamado Melgueira, em território boliviano, nascem os rios La Fortuna e Barbado. O primeiro corre para o Rio Paraguai e o segundo é uma das nascentes do Rio Guaporé. O alagado conforma uma situação típica de águas perenes e emendadas. As coordenadas são: S16:15 e W59:40. Localmente a área é chamada nos mapas como Sítio Belizário.

Os três primeiros sítios conformam vertentes enlaçadas sazonalmente pelas cheias ou sujeitas a captura, em um futuro próximo, fruto da erosão re-montante. O quarto sítio descrito conforma uma nascente perene fluindo para as duas grandes bacias. Este local foi selecionado como a área de conexão corrente entre as águas amazônicas e platinas. Na figura 5 este limite aparece como linha intermitente à direita em contraponto ao traçado à esquerda que indica o limite da Ilha Brasil.

4. Bandeiras, Monções e Tropeirismos.

Os caminhos para o interior seguidos pelos pioneiros paulistas tanto em rios (monções) quanto no terreno (bandeiras e tropeirismos) foram recuperados a partir de devotado trabalho de pesquisa das historiadoras da Cátedra Jaime Cortesão. Este trabalho consistiu no reconhecimento de vilas, aldeias e corruptelas das épocas passadas, ao longo das quais os caminhos foram estabelecidos, nas

idades e distritos com nomes inscritos na Cartografia atual. Com base neste trabalho foram transpostos os marcos zeros dos sítios urbanos correntes, definidos pela FIBGE, para os mosaicos MODIS. A união entre os pontos relativos aos marcos zeros delineou o alinhamento das trilhas em terreno. As trilhas foram posteriormente transferidas para os mosaicos MODIS sendo apresentadas no banco de uma maneira individual e também em conjunto. O conjunto destas trilhas demonstra que muitas rodovias atuais tiveram influência das trilhas antigas. Esta associação já havia sido observada no trabalho sobre a recuperação da trilha do Anhanguera entre as cidades de São Paulo e de Goiás (Martini e outros, 2003)

5. Conclusões.

O suporte de Sensores Remotos para sustentar estudos históricos é ainda pouco exercido mesmo a nível internacional. Neste nível vale dizer que estudos arqueológicos já fazem profícua utilização tanto de instrumentos óticos quanto aqueles de microondas. No Brasil, mesmo em Arqueologia, os exemplos são pontuais. Neste sentido, este trabalho tem um lado pioneiro e inédito, com muito a ser aprendido.

Os resultados até aqui alcançados mostram que estes novos métodos advindos do Sensoriamento Remoto e do Geoprocessamento têm muito a contribuir para as Ciências Históricas.

Esta integração entre cientistas da área de humanas com aqueles da área tecnológica se mostrou altamente produtiva, para ambos, tanto em termos de novas idéias como de novos procedimentos.

Conclusões mais precípuas deste trabalho são as seguintes:

1. As imagens MODIS-TERRA se prestam sobremaneira para a melhor compreensão dos estudos históricos regionais sendo que o mesmo pode ser dito para as imagens WFI-CBERS.
2. As imagens SRTM são alternativas excelentes para se reconhecer limites e percursos pois incorporam à interpretação aspectos texturais e tonais associados ao relevo.
3. A estrutura de banco de dados é fortemente recomendada pela própria metodologia de abordagem científica dos estudos históricos que envolvem sempre múltiplas fontes de informação com diferentes leituras.
4. Os novos conceitos formulados para o mito da Ilha Brasil e os enlaces das bacias Amazonas-Paraná merecem ser estudados com mais intensidade através de simulações dos níveis dos tributários segundo modelos digitais de terreno (MDTs).

6. Bibliografia.

- Alegria, M.F.: Representações do Brasil na Produção dos Cartógrafos Teixeira (C. 1586-1675). Universidade Nova de Lisboa. Xérox sem data, pg. 189-205.
- Bard, E. (2004-2005): Le Climat va-t-il basculer? Les Dossiers de la Recherche, n.17, nov-dez-jan, pg.34-40.
- Cortês, J. (2001): O Tratado de Madri Tomo II. Série Memória Brasileira, Senado Federal, Brasília.
- El-Baz, F. (1997): Space Age Archaeology. Scientific American vol. 277 (part 2), pg.40-45.
- Ferreira, M.C.: Uma idéia de Brasil em um mapa inédito de 1746. Xérox sem data. 11 páginas.
- Fowles, M.J.E. (2000): In the Search of History. Imaging Notes Magazine, vol.15 n.6, nov-dez, pg.18-21.
- Martini, P.R.; Vieira, R.M.S.P.; Valles, G.F.; Leite, F.A., Arduino, R.G.C.; Pizano, M. (2003): Sensoriamento Remoto da Trilha do Anhanguera: mapeando o percurso de um pioneiro no Brasil do século XVIII. XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Belo Horizonte, Anais. CD ROM.
- NASA-JPL. (2000): Seeing Earth in a new way: SIR-C/X-SAR Experiment. Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena-CA. Report JPL-400-823.
- Nordemann, D.J.R; Rigozo, N.R. (2003): As Árvores contam uma História do Sol. Scientific American-Brasil, ano II nr. 14, julho, pg. 30-37.
- Reeves, R.G.-ed. (1974): Manual of Remote Sensing. Chapter 26: People: Past and Present. American Society of Photogrammetry, Falls Church, VI.
- Simões, J.C. (2005): O gelo também é nosso. Revista Pesquisa FAPESP n.109, março. Entrevista para Marcos Pivetta.