

## Sensoriamento remoto aplicado à caracterização de paleopaisagens quaternárias amazônicas e impacto na distribuição florística atual

Dilce de Fátima Rossetti<sup>1</sup>  
Thiago Castilho Bertani<sup>1</sup>  
Ericson Hidecki Hayakawa<sup>1</sup>  
Hiran Zani<sup>1</sup>  
Édipo Henrique Cremon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE  
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil  
{rossetti, thiagob, ericson, hzani, cremon}@dsr.inpe.br

**Abstract.** Determining the factors with the highest influence in the origin of floristic patterns in Amazonian areas is troublesome, and this issue has motivated great debates in the international literature. Understanding the sharp contacts between large areas of savanna and rainforest has been of particular interest. In this study, we applied different remote sensing techniques (Landsat, ASTER, JERS-1, MDE-SRTM, high resolution Image GOOGLE) in order to characterize four areas with occurrences of savanna within the Brazilian Amazonia forest. The results revealed an abundance of paleomorphologies chiefly related to fluvial paleochannels, some in association with megafan depositional systems. The dynamics of sediment deposition as these depositional environments became abandoned in the Amazonian landscape during the late Quaternary had strong influence to determine the types of floristic composition. Hence, as active channels became abandoned and filled up to the surface, they became sites favorable for herb growth. However, with increased time of abandonment, this vegetation pattern was progressively replaced by bushlands, woodlands and, then, forest lands, when they become undistinguishable in forested areas. These subtle changes in plant composition in Amazonian areas reflect a set of characteristics of the physical environment, such as topography, lithology, flooding regime, and soil, which are strongly controlled by the geological history related to the evolution of the depositional systems during the late Quaternary.

**Palavras-chave:** Amazonia, paleomorphology, depositional system, late Quaternary, plant distribution, Amazônia, paleomorfologia, sistema deposicional, Quaternário tardio, distribuição de plantas.

### 1. Introdução

Grande esforço tem sido despendido na compreensão de fatores que determinam a distribuição de padrões vegetacionais. Esse tema tem sido desenvolvido com base em estudos regionais de caracterização de vegetação, aliados com análises locais consistindo em inventários florísticos em combinação com descrições de variáveis intrínsecas ao ambiente físico. Tais abordagens têm tido sucesso limitado, o que é reflexo da grande complexidade e variabilidade espacial e temporal das comunidades florísticas (Rowe e Sheard, 1981).

Embora sendo primariamente dominada por floresta tropical densa, a região amazônica apresenta contrastes vegetacionais significativos, sendo os mais expressivos representados por manchas de savana que ocupam áreas de grandes dimensões (p.e., Takeuchi, 1960; Sanaiotti et al., 2002). A floresta densa também apresenta diferenças composicionais e estruturais relevantes (p.e., Kubitzky, 1989; Puhakka e Kalliola, 1993; Ruokolainen e Tuomisto, 1993; ter Steege et al., 2006).

Ferramentas de sensoriamento remoto têm tido ampla aplicação na caracterização da vegetação em várias áreas da Amazônia brasileira, utilizando instrumentos ópticos (Salo et al., 1986; Kalliola et al., 1992; Tuomisto et al., 1994; Shimabukuro et al., 2002) ou radares (Alsdorf et al., 2000; Rosenqvist et al., 2000; Siqueira et al., 2000; Costa et al., 2002; Hess et al., 2003; Costa, 2004). São poucos os estudos, entretanto, que enfatizam as fitofisionomias amazônicas analisando seus fatores controladores, tema ainda totalmente aberto a debates (p.e., Salovaara et al., 2005; Pessenda et al., 2001; Coudun et al., 2006).

Da mesma forma, tem sido crescente o volume de trabalhos utilizando produtos de sensoriamento remoto na detecção de morfologias relacionadas a paleodrenagens na paisagem amazônica (Latrubesse, 2002; Zani et al., neste volume; Rossetti e Valeriano, 2007; Rossetti et al., 2008; Mantelli et al., 2009; Hayakawa et al., 2010). Publicações recentes têm proposto que o desenvolvimento dessas paleomorfologias nos últimos milhares de anos teve papel determinante na distribuição florística atual (Hayakawa et al., 2009; Rossetti et al., 2009).

Este trabalho tem o objetivo de ilustrar como técnicas de sensoriamento remoto podem ser exploradas visando analisar o relacionamento entre padrões vegetacionais em áreas amazônicas e paleomorfologias representativas de sistemas deposicionais que predatam o desenvolvimento do sistema fluvial atual. Com base nessa análise, pode-se elaborar um modelo para explicar sucessões florísticas em função de alterações progressivas relacionadas com o abandono de sistemas deposicionais durante o final do Quaternário.

## 2. Material e Métodos

Selecionou-se, para este estudo, um total de quatro áreas da região amazônica (Figura 1A), incluindo-se: ilha de Marajó (nordeste do Pará), margens do rio Madeira (sul do Amazonas), Parque Nacional do Viruá (centro sul de Roraima) e interflúvio dos rios Negro e Branco (divisa do Amazonas e Roraima). A escolha dessas áreas tomou por base a ocorrência de registros prévios de paleomorfologias na paisagem associadas a diferentes padrões vegetacionais.

Produtos de sensoriamento remoto incluíram: imagens Landsat-5/TM (disponibilizadas gratuitamente no endereço eletrônico [www.dgi.inpe.br](http://www.dgi.inpe.br)); imagens ASTER; imagens de radar derivadas em banda L com polarização HH pelo *Japanese Earth Resource Satellite-1* (JERS-1); modelos digitais de elevação (MDE) em resolução espacial de 3" (aproximadamente 90 m) adquiridos em banda C pela *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), e disponíveis no endereço eletrônico <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/cbanddataproducts.html>.

As imagens Landsat foram selecionadas com base na ocorrência de baixa cobertura de nuvens. Composições coloridas foram geradas para ressaltar as feições de interesse, utilizando-se o aplicativo SPRING. Algumas imagens foram processadas procedendo-se com a subtração de imagens de seca e de inundação derivadas da banda 5, a fim de realçar áreas com diferentes efeitos de inundação, facilitando assim a visualização de morfologias no terreno.

As imagens ASTER, com nível de processamento L1A e resolução de 15 m, foram adquiridas do endereço eletrônico <http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>. Essas imagens foram processadas de forma a obter ajustes automáticos e manuais por meio de curvas Gaussianas e equalizações utilizando-se o aplicativo ENVI. Várias composições de banda foram testadas a fim de salientar as feições de interesse para este estudo.

As imagens JERS-1, correspondentes ao período de seca, foram processadas apenas para ajustes de luminosidade, saturação e intensidade.

Os dados SRTM foram processados no aplicativo *Global Mapper* com intuito de ressaltar e melhorar a visualização das feições de interesse para este estudo. O procedimento contemplou a customização de cores e de níveis de cinza, que foram atribuídas a conjuntos de valores de elevação aplicando-se procedimentos simples de criação de paletas disponíveis no aplicativo utilizado. Após isto, procede-se com a interpretação visual no intuito de identificar e vetorizar as feições de interesse.

As observações foram complementadas utilizando-se imagens ópticas de alta resolução capturadas do *Image Google*. Essas imagens foram capturadas e sua qualidade foi melhorada aplicando-se ajustes lineares e equalizações automáticas.

### 3. Descrição das Áreas

#### 3.1. Ilha de Marajó

Morfologias relacionadas com paleodrenagens na ilha de Marajó são abundantes, ocorrendo tanto em áreas dominadas por campos em sua porção leste (Figura 1B), quanto por floresta densa em sua porção oeste e sul (Figura 1C-F). Essas feições, expressas principalmente sob forma de paleocanais, são facilmente detectadas em produtos de sensoriamento remoto, particularmente em imagens Landsat, o que se deve ao predomínio de vegetação aberta do tipo campo. Estas feições consistem em malhas complexas de cordões alongados e contínuos, geralmente sinuosos, que individualmente contém larguras de até 1.2 km. Informações de subsuperfície disponíveis na literatura (Rossetti et al., 2008) indicam que esses paleocanais contém depósitos predominantemente arenosos, que ocorrem em contato brusco com argilas depositadas em planícies de inundação de seu entorno. A superfície dos terrenos correspondentes aos paleocanais é caracterizada por solo exposto, ou é revestida por vegetação do tipo campo. Porém, muito frequentemente, essas morfologias são ressaltadas na paisagem por conterem vegetação arbórea que ocorre em contraste brusco com a vegetação de campo de seu entorno.

Paleocanais são igualmente abundantes na porção ocidental florestada da ilha de Marajó, onde eles aparecem em duas situações. Em sua porção sul (Figura 1D-F), ocorre um conjunto de paleocanais estreitos, i.e., geralmente com larguras >500 m, que são passíveis de detecção principalmente em imagens ópticas (Landsat e ASTER), embora sejam também perceptíveis em produtos de micro-ondas. A superfície destes paleocanais, que são comumente interceptados por drenagens atuais de dimensões similares, mas de direcionamentos contrários àqueles, é revestida por vegetação aberta do tipo campo ou savana, que ocorre em contato brusco com a vegetação *Ombrophyla* dos terrenos adjacentes. A observação de imagens ópticas de alta resolução evidenciou, ainda, que parte da vegetação aberta sobre os paleocanais passa gradativamente a floresta caracterizada por dossel relativamente mais baixo que a floresta do entorno. No restante da porção ocidental da ilha, em particular em sua região sudoeste, pode-se mapear inúmeros paleocanais (Figura 1C), que são visíveis somente com base em MDE-SRTM. Estas feições, com larguras de até 2,6 km, formam uma complexa malha de canais superimpostos contínuos ou constituídos por uma série de segmentos isolados que podem ser lateralmente correlacionados. Terrenos correspondentes tanto aos paleocanais, quanto às suas áreas adjacentes, são cobertos por vegetação florestal densa do tipo *Ombrophyla*. Similarmente ao registrado no leste da ilha, investigações de subsuperfície nesta área revelaram composição litológica arenosa nos paleocanais, e argilosas de suas áreas de entorno.

#### 3.2. Margens do Rio Madeira

Paleocanais representam morfologias comuns tanto na margem direita como na margem esquerda do rio Madeira, estando particularmente concentrados em as ambas margens desse rio nos trechos entre os rios Jiparaná e Manicoré, e em sua margem esquerda no trecho a sudeste de Humaitá. Os paleocanais da margem direita do rio Madeira (Figura 1G) são, em geral, prontamente revelados em todos os produtos de sensoriamento remoto analisados, configurando cordões alongados de geometria sinuosa. Esses cordões apresentam dimensões variáveis, atingindo até 220 km de comprimento e 1 a 2 km de largura, embora localmente larguras de até 10 km sejam registradas. Esses cordões ocorrem em segmentos contínuos ou descontínuos, que ocorrem isolados ou se organizam em uma rede complexa de paleocanais superpostos, como o verificado na ilha de Marajó.

A grande maioria dos paleocanais detectados na área do rio Madeira apresenta sua

superfície coberta por vegetação do tipo campinarana e/ou arbustiva, que está em contato brusco com a floresta de seus entornos. Entretanto, a análise de dados do MDE-SRTM revelou que é possível estender estas paleomorfologias também em áreas uniformemente dominadas por floresta. Paleocanais revestidos por este tipo de vegetação mostram-se contínuos com aqueles vegetados por campinaranas.

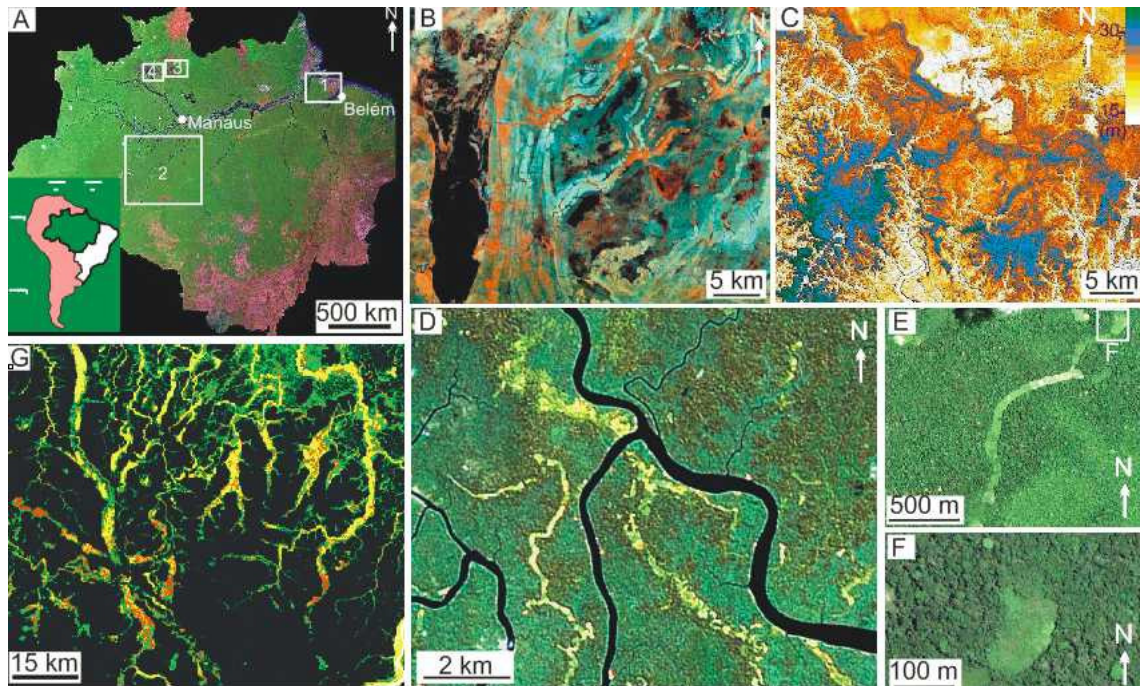


Figura 1. A) Localização das áreas de estudo na Amazônia brasileira. B) Imagem Landsat com composição de banda R(4)G(5)B(7) do leste da ilha, com canais parcialmente cobertos por floresta (vermelho) em área de campo e solo exposto. C) MDE-SRTM de área de floresta no sudoeste da ilha, com canais igualmente cobertos por floresta. D) Imagens Spot (*Image 2007, Digital Globe*) em área de floresta do sul da ilha, com paleocanais cobertos por vegetação herbácea e arbustiva (amarelo claro), que são interceptados por canais atuais (preto). E,F) Imagens *QuickBird (Image 2007, Digital Globe)* de área de floresta no sul da ilha, com detalhes de canal ressaltado por vegetação herbácea e arbustiva, parcialmente substituída por floresta (F). G) MDE-SRTM ilustrando a complexa rede de paleocanais cobertos por vegetação herbácea/arbustiva (amarelo e laranja) na margem direita do rio Madeira.

### 3.3. Parque do Viruá

Este parque, localizado no município de Caracaraí, ocorre na depressão mais pronunciada de todo o Estado de Roraima. Esta localidade destaca-se por uma paleomorfologia triangular de grande dimensão (Figura 2A), com comprimento aproximado de quase 60 km, podendo ser observada em dados ópticos e de radar, incluindo o MDE-SRTM. Esta se caracteriza por topografia extremamente plana, variando de 53 m em seu ápice, a nordeste, para 43 m em sua porção distal, a sudoeste, com média de 47m. A declividade média é de apenas 0,34°. Nesta região, destaca-se a abundância de paleocanais arranjados em padrão distributário, que contrasta com a malha de drenagem tipicamente tributária das bacias amazônicas. A combinação dessas características, apresentadas em mais detalhe em trabalho à parte neste volume (i.e., Zani et al., neste volume), suportam a proposição da existência de um sistema deposicional do tipo megaleque nesta área, hoje em processo de abandono na paisagem. A visualização desta feição é destacada em produtos de sensoriamento remoto pela sua

associação com vegetação predominantemente do tipo campinarana que contrasta com as áreas de floresta densa do seu entorno.

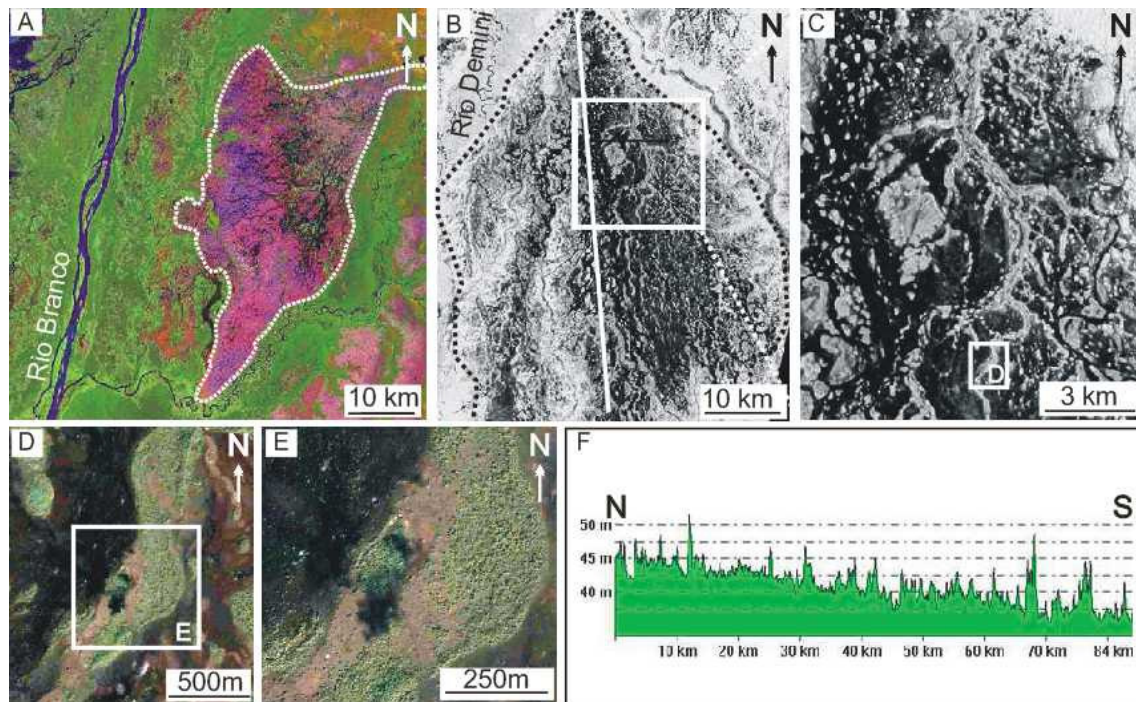


Figura 2. A) Imagem Landsat ilustrando o megaleque Viruá (linha hachurada), coberto por vegetação predominantemente aberta com gramíneas e arbustos (magenta) em contato brusco com floresta (verde). B,C) Imagem de radar de parte do megaleque do rio Demini (linha hachurada), que é também dominado por vegetação herbácea e arbustiva (B). Grande parte das canalizações observadas na superfície deste leque corresponde a paleocanais distributários (quadro interno localiza a figura C; linha branca=perfil topográfico mostrado em F). Notar detalhe de paleocanais arranjados em padrão distributário (C). D,E) Imagens *Quick Bird* (*Image 2007, Digital Globe*) com detalhe de paleocanal distributário, cuja superfície está sendo gradativamente colonizada por vegetação arbustiva e arbórea (ver localização da figura D em C e da E em D). F) Perfil topográfico derivado do MDE-SRTM, representativo da superfície do megaleque Demini (ver localização na figura B; altitude na vertical).

### 3.4. Interflúvio Negro-Branco

Similarmente ao verificado no Parque Viruá, a comparação de vários produtos de sensoriamento remoto, particularmente imagens ópticas, auxiliou a revelar paleomorfologia triangular ou em megaleque também presente no interflúvio dos rios Negro e Branco, exceto que neste caso esta feição é ainda maior, atingindo comprimento de, aproximadamente, 170 km (Figura 2B-F). Além disto, da mesma forma que naquela área, este megaleque, que ocorre em associação com o rio Demini, configura uma ampla depressão sujeita a inundações periódicas. Dados derivados do MDE-SRTM indicam que o megaleque mostra variações topográficas progressivamente mais baixas de norte para sul, ou seja, longitudinalmente à paleomorfologia analisada. Esta variação é acompanhada por um gradiente de declividade equivalente à média de  $0,072^\circ$  (Figura 2F). Da mesma forma que o megaleque Viruá, este megaleque apresenta uma abundância de paleocanais em sua superfície, os quais são também arranjados em padrão distributário, caracterizado por avulsões sucessivas (Figura 2B-C). Outra característica comum a esses megaleques é a cobertura vegetal, caracterizada também nessa área por predomínio de campinarana. Esta se acha em contraste brusco com a vegetação

de floresta densa do entorno, o que favorece a detecção da paleomorfologia em megaleque. Nas áreas de megaleque, nota-se que apenas os cinturões alongados correspondentes aos terrenos de paleocanais mostram vegetação arbustiva e/ou arbórea, enquanto os terrenos do entorno permanecem sítios com elevada porcentagem de solo exposto e/ou são revestidos somente por vegetação herbácea (Figura 2D-E), situação similar ao encontrado na parte leste da ilha de Marajó.

Embora a apresentação de dados de campo relacionados com a geologia das áreas de estudo está além dos objetivos do presente estudo, é importante salientar que as informações derivadas dos mapas geológicos indicam somente terrenos formados no final do Quaternário em todas as áreas acima descritas.

#### **4. Discussão do Modelo Evolutivo**

A análise comparativa dos produtos de sensoriamento remoto derivados das cinco áreas aqui descritas forneceu informações que revelam forte influência do desenvolvimento dos sistemas deposicionais como fator de relevância no controle na distribuição florística da Amazônia. Os resultados aqui apresentados permitem propor que pelo menos uma importante parcela dos contrastes vegetacionais dessa região coincidem com limites de ambientes deposicionais.

A diversidade de tipos de paleocanais registrados neste trabalho, bem como de seus padrões vegetacionais associados, leva a propor modelo que denota estágios evolutivos diferenciados durante o processo de abandono. Uma vez que o fluxo de água é interrompido dentro de canais, inicia-se o processo de colmatção, que ultimamente culmina com a formação de terrenos de terra firme. Porém, enquanto o canal ainda se configura em depressão sujeita a frequentes inundações durante cheias, há desenvolvimento restrito de vegetação apenas durante períodos de seca, quando sedimentos arenosos recém depositados são expostos à superfície. Durante os curtos períodos de exposição, apenas tipos herbáceos conseguem se estabelecer. Em áreas florestais, como no caso do sul da ilha de Marajó e nas adjacências do rio Madeira, a presença desses canais com vegetação herbácea resulta em forte contraste tanto de reflectância, quanto de textura e altitude relativa, o que favorece sua detecção seja em imagens ópticas, seja em produtos de radar. Por outro lado, em áreas de campos, como na porção oriental de Marajó, e nas áreas de megaleques nos estados de Amazonas e Roraima, canais neste estágio evolutivo podem ser de difícil detecção em MDE-SRTM, embora sua impressão no terreno seja prontamente revelada em imagens ópticas.

Canais em estágio de abandono mais evoluído, ou seja, cuja depressão inicial já foi totalmente nivelada com a superfície, tornando-se terrenos de terra firme, se constituem em locais favoráveis à colonização progressiva por espécies arbustivas e arbóreas derivadas de áreas florestais adjacentes. Neste caso, pode-se perceber que os cinturões representativos dos terrenos de paleocanais, que são arenosos e, portanto, facilmente drenados, tornam-se sítios favoráveis ao crescimento de vegetação, enquanto seu entorno, argiloso e pobremente drenável devido à impermeabilidade dos estratos, permanece por mais tempo sem vegetação terrestre. Dado um tempo prolongado de abandono dos canais, os terrenos de terra firme sobre suas superfícies, então expostos à atuação de processos pedogenéticos, passam então a ser totalmente colonizados por espécies arbóreas. Este modelo explica a presença de paleocanais cobertos por floresta em contraste brusco com a vegetação de campo de seu entorno no leste da ilha de Marajó e no megaleque do rio Demini. Tem-se sugerido (i.e., Rossetti et al., 2010) que diferenças topográficas sutis resultantes de compactação diferencial entre areias (menos compactáveis) e argilas (mais compactáveis), podem também ter contribuído para destacar áreas de paleocanais na paisagem, favorecendo o crescimento de vegetação arbórea em sua superfície devido à sua maior proteção de inundações.

Paleocanais totalmente revestidos por espécies arbóreas localizados em áreas de florestas, como no sudeste da ilha de Marajó, são de difícil detecção em imagens ópticas dada a tendência de uniformização do dossel. Nestes casos, entretanto, é possível sua detecção em MDE-SRTM devido a diferenciações sutis na altura do dossel e/ou na topografia do terreno pelo processo de compactação acima explicado.

## 5. Conclusão

A utilização de dados de sensoriamento remoto comparando diferentes áreas da região amazônica permite delinear modelo preliminar que pode explicar muitas das áreas com contrastes vegetacionais que ocorrem nessa região. A determinação do padrão vegetacional a ser instalado em determinada área depende de uma série de fatores, incluindo principalmente topografia, litologia, regime de inundação e solo. Estes, por sua vez, sofrem forte influência da história geológica relacionada à evolução dos ambientes físicos, havendo rápidas alterações em composição florística à medida que os sistemas deposicionais deixam de ser ativos ao longo do tempo geológico.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (Proc.# 2010/09484-2) e ao CNPq (Proc.# 471483/06-0) pelos auxílios à pesquisa e concessão de bolsas de estudo. Beatriz de Aquino Ribeiro Lisboa e Antonio Lisboa auxiliaram o acesso e apoiaram a campanha de campo no Parque Nacional do Viruá. A CPRM e o Museu Paraense Emílio Goeldi forneceram apoio a campanhas de campo em Humaitá e na ilha de Marajó.

## Referências Bibliográficas

- Alsdorf, D.E.; Melack, J.M.; Dunne, T.; Mertes, L.A.K.; Hess, L.L.; Smith, L.C. Interferometric radar measurements of water level changes on the Amazon flood plain. **Nature**, v. 404, p. 174–177, 2000.
- Costa, M.P.F.; Niemann, O.; Novo, E.M.; Ahern, F. Biophysical properties and mapping of aquatic vegetation during the hydrological cycle of the Amazon floodplain using JERS-1 and Radarsat. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, p. 1401–1426, 2002.
- Hayakawa, E.H.; Rossetti, D.F.; Valeriano, M.M. Applying DEM-SRTM for reconstructing a late Quaternary paleodrainage in Amazonia. **Earth and Planetary Science Letters**, v. 297, p. 262–270, 2010.
- Hess, L.L.; Melack, J.M.; Novo, E.M.L.M., Barbosa, C.C.F. & Gastil, M. Dual-season mapping of wetland inundation and vegetation for the central Amazon basin. **Remote Sensing of Environment**, v. 87, p. 404–428, 2003.
- Kalliola, R.; Salo, J.; Puhakka, M.; Rajasilta, M.; Häme, T.; Neller, R.J.; Räsänen, M.E.; Danjoy Arias, W.A. Upper Amazon channel migration: implications for vegetation perturbation and succession using bitemporal Landsat MSS images. **Naturwissenschaften**, v. 79, p. 75–79, 1992.
- Kubitzki, K. The ecogeographical differentiation of Amazonian inundated forests. **Plant System Evolution**, v. 162, p. 285–304, 1989.
- Mantelli, L.R.; Rossetti, D.F.; Albuquerque, P.C.G.; Valeriano, M.M. Applying SRTM digital elevation model to unravel Quaternary drainage in forested areas of Northeastern Amazonia. **Computers & Geosciences**, v. 35, p. 2331–2337, 2009.
- Puhakka, M.; Kalliola, R. La vegetación en áreas de inundación en la selva baja de la Amazonia peruana. In: Kalliola, R.; Puhakka, M.; Danjoy, W. (Eds). **Amazonia peruana: vegetación húmeda tropical en el Llano Subandino**. Jyväskylä: Editora Gummerus, 1993. p.113–138.
- Rosenqvist, A.; Forsberg, B.R.; Pimentel, T.; Rauste, Y.A.; Richey, J.E. The use of spaceborne radar data to model inundation patterns of trace gas emissions in the central Amazon floodplain. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, p. 1303–1328, 2002.

Rossetti, D.F.; Almeida, S.; Amaral, D.D.; Lima, C.M.; Pessenda, L.C.R. Coexistence of forest and savanna in an Amazonian area from a geological perspective. **Journal of Vegetation Science**, v. 21, p. 120-132, 2010.

Rossetti, D.F.; Valeriano, M.M. Evolution of the lowest Amazon basin modeled from the integration of geological and SRTM topographic data. **Catena**, v. 70, p. 253-265, 2007.

Rossetti, D.F.; Valeriano, M.M.; Góes, A.M.; Thalles, M. Palaeodrainage on Marajó Island, northern Brazil, in relation to Holocene relative sea-level dynamics. **The Holocene**, v.18, p. 1-12, 2008.

Rowe, J.S.; Sheard, J.W. Ecological land classification: a survey approach. **Environmental Management**, v. 5, p. 451-464, 1981.

Ruokolainen, K.; Tuomisto, H. La vegetación de terrenos no inundables (tierra firme) en la selva baja de la Amazonia peruana. In: Kalliola, R.; Puhakka, M.; Danjoy, W. (Eds). **Amazonia peruana: vegetación húmeda tropical en el Llano Subandino**, Jyväskylä: Editora Gummerus, 1993. pp. 139–153.

Sanaïotti, T.M.; Martinelli, L.A.; Victoria, R.L.; Trumbore, S.E.; Camargo, P.B. Past vegetation changes in Amazon savannas determined using carbon isotopes of soil organic matter. **Biotropica**, v. 34, p. 2-16, 2002.

Salo, J.; Kalliola, R.; Häkkinen, I.; Mäkinen, Y.; Niemelä, P.; Puhakka, M.; Coley, P.D. River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest. **Nature**, v. 322, p. 254–258, 1986.

Siqueira, P.; Hensley, A.; Shaffer, S.; Hess, L.; McGarragh, G.; Chapman, B.; Freeman, A. A continental-scale mosaic of the Amazon Basin using JERS-1 SAR. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 36, p. 2638–2643, 2000.

Shimabukuro, Y.E.; Novo, E.M.; Mertes, L.K. Amazon river mainstem floodplain Landsat TM digital mosaic. **International Journal of Remote Sensing**, v. 23, p. 57–69, 2002.

ter Steege, H.; Pitman, N.C.A.; Phillips, O.L.; Chave, J.; Sabatier, D.; Duque, A.; Molino, J.F.; Prevoist, M.F.; Spichiger, R.; Castellanos, H.; von Hildebrand, P.; Vasquez, R. Continental-scale patterns of canopy tree composition and function across Amazonia. **Nature** v. 443, p. 444–447, 2006.

Tuomisto, H.; Linna, A.; Kalliola, R. Use of digitally processed satellite images in studies of tropical rain forest vegetation. **International Journal of Remote Sensing**, v. 15, p. 1595–1610, 1994.

Takeuchi, M. A estrutura da vegetação na Amazônia. II - As savanas do Norte da Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, v. 7, p. 3-14, 1960.

Salovaara, K.J.; Thessler, S.; Malik, R.N.; Tuomisto, H. Classification of Amazonian primary rain forest vegetation using Landsat ETM+ satellite imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 97, p. 39-51, 2005.

Coudun, C.; Gégout, J.C.; Piedallu, C.; Rameau, J.C. Soil nutritional factors improve models of plant species distribution: an illustration with *Acer campestre* (L.) in France. **Journal of Biogeography**, v. 33, p. 1750-1763, 2006.

Pessenda, L.C.R.; Boulet, R.; Aravena, R.; Rosolen, V.; Gouveia, S.E.M.; Ribeiro, A.S.; Lamotte, M. Origin and dynamics of soil organic matter and vegetation changes during the Holocene in a forest-savanna transition zone, southern Amazon state, Brazilian Amazon region. **The Holocene**, v. 11, p. 250-254, 2001.

Latrubesse, E. M. Evidence of Quaternary palaeohydrological changes in middle Amazônia: the Aripuanã-Roosevelt and Jiparaná “fans”. **Zeitschrift fuer Geomorphologie**, v. 129, p. 61-72, 2002.

Zani, H.; Rossetti, D.F.; Andrades Filho, C.O. Análise temporal de imagens Landsat aplicada à extração de canais do megaleque Viruá, Estado de Roraima. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba, **Anais...São José dos Campos: INPE**, 2011. neste volume.