

SENSORIAMENTO REMOTO E RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA

Pedro Walfir Martins e Souza Filho;
Waldir Renato Paradella; Carlos Souza Júnior;
Dalton de Morisson Valeriano; Fernando Pellon de Miranda

A região amazônica abrange as bacias hidrográficas do rio Amazonas, Araguaia-Tocantins, bacias costeiras do Norte e bacias costeiras do Nordeste Ocidental (Figura 1A). A bacia do rio Amazonas constitui a mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, que ocupa uma área total de 7.008.370 km², abrangendo territórios do Brasil (63,88%), Colômbia (16,14%), Bolívia (15,61%), Equador (2,31%), Guiana (1,35%), Peru (0,60%) e Venezuela (0,11%) (www.ana.gov.br). Além da bacia do rio Amazonas, o bioma Amazônia cobre parte das bacias hidrográficas dos rios Araguaia-Tocantins, das bacias costeiras do Norte e das bacias costeiras do Nordeste Ocidental e drenam áreas de 767 mil km², 80.051,15 km², e 354.857,78 km², respectivamente. Essas bacias hidrográficas que atingem a Zona Costeira Amazônica (ZCA) carreando sedimentos, nutrientes e matéria orgânica (dissolvida, particulada e organismos) drenam uma área de aproximadamente 8.210.279 km². Uma população de 21 milhões de habitantes (4,5% da população do país) vive na região, com uma densidade populacional média de apenas 3 hab./km² (www.ibge.gov.br). A vasta extensão geográfica, sua riqueza biológica e mineral e a diversidade e complexidade de seus ecossistemas fazem com que o sensoriamento remoto seja uma ferramenta imprescindível para a Amazônia, permitindo o mapeamento e monitoramento rápido e de baixo custo. Nesse contexto pode-se considerar a importância que tem a observação da região amazônica e de seus recursos naturais por meio da utilização de dados de sensores remotos.

MONITORAMENTO E CONSERVAÇÃO O desmatamento da Amazônia tem avançado em um ritmo alarmante, atingindo taxas anuais superiores a 20 mil km²/ano em três dos últimos cinco anos (1). Imagens do satélite Landsat têm sido a principal fonte de dados para monitorar o avanço do desmatamento da região, por meio do Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal (Prodes) (2) – www.obt.Inpe.br/prodes – que tem estimado a taxa anual de desmatamento na Região (Figura 1). Outras imagens de satélite têm também sido usadas para monitorar o desmatamento em áreas menores da Amazônia. Por exemplo, imagens SPOT-4 *Vegetation* foram utilizadas no monitoramento do desmatamento de Mato Grosso (3) e imagens do satélite sino-brasileiro CBERS para acompanhar o desmatamento em propriedades rurais no estado (4). A partir de 2004, imagens do sensor *Modis* estão sendo utilizadas pelo Inpe em um novo sistema de detecção de desmatamento em tempo real (Deter) (1) www.obt.Inpe.br/deter.

A exploração madeireira e os incêndios têm degradado as florestas da região em taxas similares às do desmatamento (10-20 mil km²/ano) (5, 6). As ima-

gens dos satélite Landsat (7, 8, 9) e Spot (10) têm sido usadas, com sucesso, para identificar e mapear os impactos da exploração madeireira. A dificuldade para monitorar esse tipo de distúrbio florestal reside no fato de que a exploração madeireira altera parcialmente a floresta com a abertura de pátios de estocagem de madeira, de clareiras, e de estradas e ramais (10), enquanto que no desmatamento ocorre a remoção completa da floresta. Essas técnicas foram testadas com sucesso para avaliar a qualidade de planos de manejo florestal na Amazônia. As queimadas em áreas desmatadas eventualmente escapam e queimam extensas áreas de florestas adjacentes (11), aumentando ainda mais a degradação florestal. Queimadas ativas são detectadas em tempo real por sensores a bordo de satélites meteorológicos sensíveis à radiação termal (12) www.cptec.Inpe.br/queimadas. Cicatrizes de queimadas em florestas também podem ser detectadas por satélites (13). Dados de radares orbitais também têm grande potencial de aplicação no monitoramento ambiental da Amazônia por serem capazes de observação através de nuvens (14). A viabilidade de monitoramento da cobertura da terra foi demonstrada com dados de missões experimentais (15) e com satélites operacionais (16). Há também o potencial para o monitoramento da biomassa de florestas secundárias a partir de dados de radar (17, 18) e mesmo de florestas primárias através de técnicas de polarimetria e interferometria de dados de radar (19, 20).

A comunidade científica tem concentrado-se, também, no desenvolvimento de aplicações de sensoriamento remoto no controle, fiscalização e conservação das florestas da Amazônia. Os mapas de desmatamento gerados por imagens Landsat, Modis e CBERS têm sido usados pelo Ibama e órgãos estaduais de meio ambiente (Oemas) no combate ao desmatamento ilegal em Unidades de Conservação (UCs) e em propriedades rurais (21). Além disso, há um esforço para se antecipar ao desmatamento por meio do mapeamento de estradas não-oficiais com imagens Landsat (22). As estradas não-oficiais são abertas ilegalmente por forças econômicas locais (madeireiros, pecuaristas, produtores de soja e grileiros), facilitando a exploração madeireira e o subsequente desmatamento das florestas próximas a essas estradas. Portanto, o sensoriamento remoto tem tido um papel crucial no fornecimento de informações para a sociedade sobre a localização, extensão, intensidade, taxa e frequência temporal do desmatamento e da degradação florestal na Amazônia. Tais informações permitem que políticas e ações de comando e controle possam ser deflagradas para mitigar os impactos negativos da ocupação e desenvolvimento da Amazônia. As aplicações na área de conservação incluem o monitoramento e fiscalização de Reserva Legal e Áreas de Preservação Permanente (APPs) em áreas privadas, e de UCs e terras indígenas. Além disso, o sensoriamento remoto tem fornecido informações sobre áreas de risco, o que permite os governos federal e estaduais se anteciparem na criação de novas UCs. Por último, o sensoriamento remoto terá um papel importante no monitoramento das concessões florestais, com a regulamentação da gestão de florestas em áreas públicas sancionada no dia 2 de março deste ano, Projeto de Lei 4776/05.

SENSORIAMENTO REMOTO NA EXPLORAÇÃO MINERAL O desenvolvimento da mineração tem, historicamente, causado expansão de fronteiras políticas e econômicas do país, ocupando pioneiramente espaços vazios, interiorizando o desenvolvimento e levando infra-estrutura a regiões carentes. Em 2004, o setor mineral participou com 24,1 % do total das exportações brasileiras, registrando US\$ 23 bilhões FOB, um acréscimo

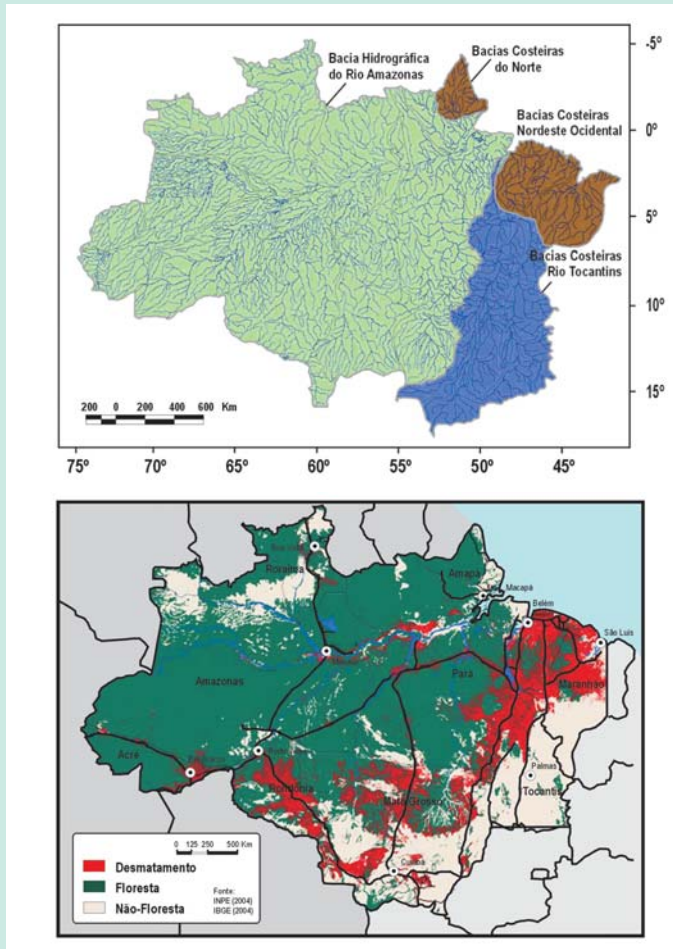


Figura 1. Mapa do desmatamento na Amazônia Legal gerado a partir da análise de imagens Landsat (Fonte: Inpe/Prodes, 2004).

de 34,4% em relação ao ano anterior (23). Pela natureza geológica, o Cráton Amazônico é altamente potencial para recursos minerais, com quase duas dezenas de distritos mineiros para depósitos de grande porte. Contudo, por ser um empreendimento de longa maturação, custo elevado e alta tecnologia, a exploração mineral na região é de risco e onerosa, devido à combinação de fatores como inacessibilidade, infra-estrutura precária, grandes distâncias, inexistência de informações geológicas básicas e ausência de modelos exploratórios que subsidiem a seleção de alvos. O risco é função inversa da disponibilidade de informações. Constatase que os ciclos de descobertas de grandes jazidas das décadas de 1980 e 1990 foram consequência da implantação de programas de levantamentos geológicos básicos das décadas anteriores. Na década de 1990 e início deste século, houve uma interrupção desses levantamentos e a execução de projetos de integração geológica dos dados existentes, que embora tenham favorecido a compreensão do conhecimento, não acrescentaram dados primários que estimulassem novos investimentos. Como consequência, a cartografia geológica continuou precária, com menos de 20% da Amazônia brasileira apresentando conhecimento geológico aceitável na escala 1:250.000 e, na escala 1:100.000, escala mínima para investimento mine-

ral, este índice se reduz a 1% (24). Nesse sentido, a decisão de se priorizar a aerogeofísica e o sensoriamento remoto por radar em levantamentos geológicos básicos do Projeto Exmin-Amazônia, um grande fórum de debates e propostas que reuniu em 2000 o setor mineral, se justifica pela eficiência das tecnologias em prover informação nesse tipo de ambiente (25). A aerogeofísica e sensoriamento remoto são componentes básicos no Programa Geologia do Brasil (PGB) do Serviço Geológico Nacional (26). Grande parte da Amazônia exibe cobertura vegetal densa e variações topográficas são controladas por estruturas geológicas e características erosivas do substrato. O radar imageador opera sob condições atmosféricas adversas e sob visada lateral, ou seja, olhando para o lado, o que maximiza o realce topográfico, mesmo com relevo plano. O radar tem sido a melhor opção para levantamentos geológicos na região desde o início da década de 1970 com o RadamBrasil e, posteriormente, com missões aeroportadas do Sa rex e Intera (27). Esse ímpeto inicial foi muito ampliado com o advento, na década de 1990, dos recobrimentos orbitais (Jers-1 SAR, Radarsat-1). Com a maior disponibilidade de imagens de radar, uma experiência considerável em aplicações geológicas tem sido consolidada no país. As aplicações têm adaptado técnicas de foto-interpretação às características do imageamento radar (imagens de amplitude) e enfocado estudos tectônicos (28), estereoscopia (29), fusão de radar com dados ópticos e aerogeofísica (30, 31, 32) e classificações texturais em pesquisa mineral (33). A integração de radar e aerogeofísica tem sido ferramenta poderosa no mapeamento geológico e pesquisa mineral na região (34, 35, 36).

A experiência da Petróbras na análise de dados de sensoriamento remoto como suporte à exploração petrolífera nas bacias do rio Amazonas-Solimões remonta à década de 80, com a utilização de mosaicos de radar do RadamBrasil (37) e de imagens multiespectrais do satélite Landsat (38). Interpretações morfoestruturais foram realizadas na década seguinte, empregando modelos digitais de elevação (MDE) confeccionados a partir de cartas topográficas convencionais na escala 1:100.000 e mosaicos do Jers-1 SAR/Global Rainforest Mapping Project (GRFM).

O futuro da tecnologia de radar na Amazônia passa pelo uso de abordagens cada vez mais quantitativas. Se for analisada a tendência das aplicações é constatada uma ênfase dominante no uso qualitativo da informação (brilho), restrita à amplitude do sinal retroespalhado. Além da amplitude, a polarização e a fase são importantes fontes de informação dos alvos no radar imageador, que requerem para sua utilização a compreensão dos mecanismos de interação microondas/alvo e radares mais avançados (radares polarimétricos). Tais radares permitem a síntese dos mecanismos de retroespalhamento dos alvos, indicativos de propriedades geométricas e elétricas. Os lançamentos em 2006 dos radares polarimétricos do Japão (Alos/Palsar) e do Canadá (Radarsat-2) irão ampliar as situações de uso da tecnologia em mapeamento geológico, pesquisa mineral e estudos de impacto ambiental causado pela mineração. O potencial para geologia estrutural será ampliado, particularmente pelas inovações do Radarsat-2 (melhor resolução espacial e maior versatilidade pelos quatro azimutes de visada). Pesquisa em ambiente de floresta boreal reforça a importância da polarização cruzada (C-HV) na detecção de estruturas geológicas em direções únicas, pela despolarização do sinal devido a efeitos combinados da vegetação e topografia (39). A possibilidade de uso dos radares polarimétricos do Sivam-Censipam e a disponibilidade de dados aerogeofísicos dos levantamentos do PGB permitirão o uso cada vez maior de produtos integrados no mapeamento geológico e pesquisa

mineral na Amazônia. Os radicais avanços tecnológicos da tecnologia de radar também irão agregar valor à exploração petrolífera na região. Como exemplo, pode ser citada a interpretação morfoestrutural avançada utilizando o MDE interferométrico global, gerado pela Shuttle Radar Topography Mission (SRTM-Nasa), assim como mosaicos digitais em escala continental construídos com dados do Alos/Palsar. Como complemento aos estudos morfoestruturais, pode-se detectar movimentação crustal recente, em escala centimétrica, com a aplicação de técnicas interferométricas em dados dos satélites Radarsat-1 e Radarsat-2. Além disso, o uso combinado do SAR e do sensor hiper-espectral das aeronaves de sensoriamento remoto do Sivam-Censipam permitirá a análise simultânea de dados de alta resolução espacial e espectral, com o objetivo de estudar anomalias geobotânicas associadas a campos de gás na bacia do rio Solimões.

RECONHECIMENTO E VIGILÂNCIA DAS ZONAS ÚMIDAS E DA ZONA ECONÔMICA EXCLUSIVA

As zonas úmidas (*wetlands*) da região amazônica englobam áreas da planície de inundação dos rios (várzea) da Amazônia, assim como a zona costeira. A planície de inundação do Amazonas representa aproximadamente 56% das áreas alagadas do globo (40), sendo estimada em 300 mil km² (41). Na foz do rio Amazonas, uma extensa zona costeira é formada, aqui denominada de Zona Costeira Amazônica, que está inserida no contexto das regiões tropicais úmidas. Nesta região destaca-se a influência do rio Amazonas que despeja um volume de água médio de 6,3 trilhões m³/ano, o que representa aproximadamente 16% de toda a água doce descarregada nos oceanos, apresentando uma descarga líquida máxima de 220 mil m³/s e de sedimentos estimada em 1,2 bilhão de toneladas/ano (42). Tais características ambientais são responsáveis pelo desenvolvimento de uma extensa área de manguezal com aproximadamente 8.386 km², o que representa 83% dos manguezais do Brasil (43). Contígua à Zona Costeira Amazônica, tem-se o mar territorial e a Zona Econômica Exclusiva (ZEE), que acrescenta território ao país e aumenta substancialmente as responsabilidades do Brasil em usá-lo, fiscalizá-lo e protegê-lo.

Uma variedade de técnicas de processamento digital de imagens de sensores remotos tem sido aplicada e avaliada para o reconhecimento e mapeamento das zonas úmidas amazônicas, variando desde modelos digitais de elevação derivados da missão SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission), sensores ópticos (44, 45), radares de abertura sintética (SAR) (46, 47, 48), até fusão de dados de sensores remotos (49).

A partir dos resultados obtidos e das grandes potencialidades de aplicação de dados de sensores remotos no mapeamento e monitoramento de zonas úmidas faz-se necessário o estabelecimento de temáticas prioritárias para implantação de um sistema de observação, dentre as quais destacamos: i) mapeamentos geomorfológicos das zonas úmidas continentais e costeiras; ii) detecção e quantificação das mudanças sazonais relativas à inundação e variações na posição da margem do rio e da linha de costa; iii) monitoramento de processos hidrológicos e oceanográficos físicos; e iv) vigilância fluvial e costeira.

Algumas iniciativas já implantadas são representadas pelos projetos Piatam – Potenciais Impactos e Riscos Ambientais na Indústria do Petróleo e Gás

no Amazonas, (www.piatam.ufam.edu) e Piatam mar – Potenciais Impactos Ambientais do Transporte de Petróleo e Derivados na Zona Costeira Amazônica (www.piatammar.ufpa.br), ambos uma estrutura multidisciplinar e interinstitucional de pesquisa mantida com apoio do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobras (Cenpes). No caso do Piatam, este é financiado também pela Financiadora de Estudos e Projetos (Finep). Vale destacar o desenvolvimento do Projeto de Rede Cooperativa Norte-Nordeste em Monitoramento Ambiental de Áreas sob Influência da Indústria Petrolífera (www.petroamar.geologia.ufm.br), financiado pela Finep. Esses projetos já contribuíram para a construção do gasoduto Coari-Manaus e na definição da sensibilidade ambiental dos ambientes amazônicos ao longo da rota de transporte de óleo e são iniciativas das universidades e institutos de pesquisa em parceria com a Petrobras e a Finep.

Imagens de sensores ópticos têm sido utilizadas para o reconhecimento de ambientes continentais e costeiros (45, 50). Entretanto imagens SAR devem ser utilizadas de forma operacional, pois seu imageamento independe das condições atmosféricas, fornecendo importantes informações sobre os cenários dinâmicos associados aos ciclos das marés e descarga fluvial. Em função da aquisição contínua de imagens de sensores remotos, desde o início da década de 1970, a detecção de mudanças continentais e costeiras é tecnicamente possível, restando apenas sua implantação, juntamente com o monitoramento hidrológico e oceanográfico, que pode ser incrementado pela utilização de plataformas de coleta de dados com transmissão via satélite.

A futura integração da informação espacial e de dados de campo permitirá a implantação de um sistema de vigilância dos rios e da zona costeira amazônica, onde o sensoriamento remoto pode ser considerado a única fonte de dados que fornece informações em múltiplas escalas de tempo e espaço. Portanto, acredita-se que a melhor forma de implantação de um sistema de observação na Amazônia

passa pelo desenvolvimento de uma rede de instituições governamentais e não-governamentais, aliadas às instituições responsáveis pelo gerenciamento do espaço fluvial e costeiro e ao setor produtivo que atua na região, como as empresas de petróleo e companhias portuárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS A observação sinótica da Amazônia através de imagens de sensores remotos orbitais e aerotransportados é uma realidade hoje no Brasil. Nosso país faz parte de um seleto grupo de nações detentoras de satélites orbitais (CBERS) e de sensores aerotransportados (SAR-R99 do Sipam-Censipam). Além destes, uma infinidade de sensores orbitais ópticos (Landsat, Spot, Modis, etc.) e nas microondas (ERS, Jers, Radarsat-1, Envisat Asar), tem a possibilidade de adquirir dados sobre a Amazônia. Neste artigo foram apresentadas diversas aplicações da tecnologia de sensoriamento remoto, desde aquelas aplicadas ao monitoramento e conservação da floresta tropical, reconhecimento de zonas úmidas e vigilância costeira, até aquelas relacionadas à exploração mineral. Entretanto, é importante ressaltar que não foi possível abordar todas as aplicações, como por exemplo, o monitoramento de recursos hídricos. Na academia, diversas técnicas de processamento digital de imagens e integração digital de dados têm sido testadas buscando o desenvolvimento de métodos mais apropriados para investigações na região amazônica, man-

**A MELHOR
FORMA DE
IMPLANTAÇÃO
DE UM SISTEMA
DE OBSERVAÇÃO
NA AMAZÔNIA
PASSA...**

tendo as propriedades originais das imagens, visando uma melhor interpretação e conseqüente extração de informações. De outra forma, desenvolvimentos recentes apontam para o uso de radares com dados multipolarizados e polarimétricos, como o sensor aerotransportado do Sipam, o Alos/Palsar e o Radarsat-2. Da perspectiva nacional, esse panorama promissor pode ser ainda ampliado, se for confirmada a viabilidade do satélite radar (Mapsar) em estudo entre o Brasil e a Alemanha. Esta tecnologia de vanguarda possibilitará um salto qualitativo e quantitativo na utilização de imagens de radar para o monitoramento e estimativa de biomassa da floresta amazônica, mapeamento estrutural e geológico de alta resolução espacial e detecção de zonas úmidas, e monitoramento e vigilância em áreas costeiras. Portanto, em função do atual desenvolvimento tecnológico em que o país se encontra, é prioridade a implantação de meios necessários à vigilância e proteção do seu imenso território, em especial o amazônico, onde se encontra um patrimônio inestimável de recursos renováveis e não-renováveis, cujo aproveitamento ainda está longe de ser pleno. Da mesma forma, deve ser estimulada a formação e fixação de pessoal qualificado nessa tecnologia estratégica, de modo a permitir maior rapidez na extração de informação geambiental do grande acervo de dados já disponíveis e que serão adquiridos pelos programas com sistemas aerotransportados e orbitais.

Pedro Walfir M. Souza Filho é geólogo, com mestrado e doutorado em geologia costeira pela UFPA. Atualmente é professor adjunto do Centro de Geociências (CG) da UFPA e bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq no Laboratório de Análises de Imagens do Trópico Úmido (LAIT/CG/UFPA)

Waldir Renato Paradella é geólogo, com mestrado em sensoriamento remoto pelo Inpe, doutorado em geologia pela USP e pós-doutorado no Centro Canadense de Sensoriamento Remoto. É pesquisador sênior da Divisão de Sensoriamento Remoto do Inpe e bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq.

Carlos Souza Júnior é geólogo, com mestrado em ciências do solo na Universidade Estadual da Pensilvânia – EUA e doutorado em geografia pela Universidade da Califórnia (Santa Bárbara, EUA). Atualmente é diretor executivo do Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon.

Dalton de Morisson Valeriano é biólogo, com mestrado em sensoriamento remoto pelo Inpe e doutorado em geografia pela Universidade da Califórnia (Santa Bárbara, EUA). É pesquisador titular da Divisão de Sensoriamento Remoto do Inpe e coordenador do Programa de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal – Prodes.

Fernando Pellon de Miranda é geólogo, com mestrado em sensoriamento remoto pelo Inpe e doutorado em geofísica pela Universidade de Nevada (EUA). É pesquisador sênior da Gerência de Geoquímica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento da Petrobras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Inpe. Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real. 2005 <http://www.obt.inpe.br/deter/>.
- Câmara, G., Valeriano, D. M. e Soares, J. V. Metodologia para o cálculo da taxa anual de desmatamento na Amazônia Legal. São José dos Campos: MCT/Inpe. 2005. (<http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia.pdf>).
- Carreiras, J. M. B. e Pereira, J. M. C. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 1323-1346, 2005.
- MMA. Sistema de licenciamento ambiental em propriedades rurais do estado de Mato Grosso: Análise de lições na sua implementação. Brasília: Projeto PNUD. 2005.
- Nepstad, D.; A. Veríssimo, A. Alencar, C. Nobre, E. Lima, P. Lefebvre, P. Schlesinger, C. Potter, M. A. Cochrane e Brooks, V. *Nature*, 398, 505-508. 1999.
- Asner, G. P., Knapp, D. E., Broadbent, E. N., Oliveira, P. J. C., Keller, M. e Silva, J. N. *Science*, 310, 480 - 482, 2005.
- Souza Jr., C. M. e Barreto, P. Sistema de fiscalização, licenciamento e monitoramento de propriedades rurais de Mato Grosso. In: *Causas e dinâmicas do desmatamento da Amazônia*, MMA (ed) Brasília, p. 307-341. 2001.
- Asner, G.P., Keller, M., Pereira Jr, R. e Zweede, J.C. *Remote Sensing of Environment*, 80, 83-496, 2002.
- Souza Jr., C. M., Roberts, D., Cochrane, M. A. *Remote Sensing of Environment* 98, 329 - 343, 2005.
- Souza Jr., C., Firestone, L. Silva, M. L., Roberts, D. A. *Remote Sensing of Environment*, 87, 494-506, 2003.
- Cochrane, M.A. e Schulze, M. D. *Biotropica*, 31, 2-16. 1999.
- Pereira, M. C. e Setzer, A. W. *International Journal of Remote Sensing* 14, 583-597, 1993.
- Cochrane, M.A. e Souza Jr., C. *International Journal of Remote Sensing*, 19, 3433-3440, 1998.
- Asner, G.P. *International Journal of Remote Sensing* 22, 3855-3862, 2001.
- Saatchi, S.S.; Soares, J.V.; Alves, D.S. *Remote Sensing Of Environment*, 59, 191-202, 1997.
- Saatchi, S.S.; Nelson, B.; Podest, E.; Holst, J. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 1201-1234, 2000.
- Salas, W.A.; Ducey, M.J.; Rignot, E.; Skole, D. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 1357-1379, 2002.
- Santos, J.R.; Lacruz, M.S.P.; Araujo, L.S.; Keil, M. *International Journal of Remote Sensing*, 23, 1217-1229, 2002.
- Neeff, T.; Dutra, L.V.; Santos, J.R.; Freitas, C.D.; Araujo, L.S. *Science*, 51, 585-594, 2005.
- Tansey, K.J.; Luckman, A.J.; Skinner, L.; Balzter, H.; Strozzi, T.; Wagner, W. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 751-768, 2004.
- Souza Jr., C. e Barreto, P. *International Journal of Remote Sensing*, 21, 173-179, 2000.
- Brandão, A. O. e Souza C. M. *International Journal of Remote Sensing*, 27, 177-189, 2006.
- DNPM. Sumário Mineral-2005, Brasília: DNPM/MME. 2005.
- CPRM. Informativo do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Brasília: MME/SMM. 2004.
- ADIMB. Projeto Exmin-Amazônia (Desenvolvimento Metodológico em Exploração Mineral para a Amazônia), Brasília: Agência para o Desenvolvimento Tecnológico da Indústria Mineral Brasileira, 40 p. 2000.
- CPRM. Programa Geologia do Brasil (PGB), Sistema Operacional, Serviço Geológico do Brasil (CPRM), Brasília: MME/SMM. 2006. (<http://www.cprm.gov.br>).
- Graham, D. F. e Moretzsohn, J. S. *CIM Bulletin*, 90, 108-113, 1997.
- Veneziani, P., Santos, A. R., Paradella, W. R. *Revista Brasileira de Geociências*, 34, 67-78, 2004.
- Santos, A. R., Paradella, W. R., Veneziani, P., Morais, M. C. "A estereoscopia com imagens RADARSAT-1: uma avaliação na Província Mineral de Carajás". *Revista Brasileira de Geociências*, 17, 185-190, 1999.
- Paradella, W.R., Bignelli, P.A., Veneziani, P., Pietsch, R.W., Toutin, T. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 1483-1501, 1997.
- Paradella, W.R.; Santos, A.R.; Dall'Agnoli, R.; Pietsch, R.W.; Sant'ana, M.V. "A geological investigation based on airborne (SAREX) and spaceborne (RADARSAT-1) SAR integrated products in the Central Serra dos Carajás Granite Area, Brazil". *Canadian Journal of Remote Sensing*, 24, 376-392, 1998.
- Pedroso, E.; Rivard, B.; Crósta, A. P.; Souza Filho, C. R.; Miranda, F. P. "Recon-

- naissance geologic mapping in the Tapajós Mineral Province, Brazilian Amazon, using spaceborne SAR imagery and airborne geophysics". *Canadian Journal of Remote Sensing*, 27, 669-678, 2001.
33. Morais, M. C., Paradella, W.R., Freitas, C.C. *Asian Journal of Geoinformatics*, 2, 11-20, 2002.
34. Miranda, F.P., McCaffery, A. E., Taranik, J.V. *Geophysics*, 59, 733-743, 1994.
35. Paradella, W.R.; Santos, A. R.; Veneziani, P.; Morais, M.C. *Revista Brasileira de Geociências*, 30, 538-542, 2000.
36. Teruiya, R. K. "Integração digital de dados multifontes no estudo geológico do granito Cigano, Província Mineral de Carajás-PA". Dissertação de mestrado em SER, INPE, 108 p. 2002.
37. Miranda, F.P., Boa Hora, M.P.P. *Journal of Petroleum Geology*, 9, 163-178, 1986.
38. Mello, M.R., Gonçalves, F.T.T., Babinski, N.A, e Miranda, F.P. "Hydrocarbon prospecting in the Amazon rainforest: the application of surface geochemistry, microbiological and remote sensing methods". In: D. Schumacher and M. Abrams (eds), *Hydrocarbon migration and its near-surface expression*: New York: AAPG Memoir 66, 401-411. 1996.
39. Saint-Jean, R., Singhroy, V., Rheault, M. "Multi-polarized airborne C-SAR images for geological mapping at Lac Volant, Québec". In: 13th Int. Conf. and Workshop Applied to Geological Remote Sensing. Vancouver, pp.411-418. 1999.
40. Mitsch, J.W. e Gosselink, J.G. *Wetlands*. New York: John Wiley & Sons. 920p. 2000.
41. Junk, W.J. Wetlands of tropical South America. In: Whigham D F, Hejny S, Dykyjova D (eds.) *Wetlands of the World*. (pp. 679-739). Netherlands: Kluwer. 1997.
42. Meade, R.H., Dunne, T., Richey, J.E., Santos, U.M., Salati, E. *Science*, 228, 488-490, 1985.
43. Herz, R. *Manguezais do Brasil*. São Paulo: IOUSP. 227p. 1991.
44. Cohen, M. C. L. e Lara R. L. *Wetlands Ecology and Management*, 11, 223-231, 2003.
45. Novo, E.M.L.M., Leite, F.A., Avila, J., Ballester, V., Melack, J.M. *Ciência e Cultura*, 49, 280-284, 1997.
46. Forsberg, B. R., Rosenqvist, A., Miranda, F.P., Hashimoto, Y. *Quaternary International*, 72, 61-66. 2000.
47. Souza Filho, P. W. M. e Paradella, W. R. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 75, 341-356, 2003.
48. Costa, M.P.F. *International Journal of Remote Sensing*, 25, 1817-1835, 2004.
49. Souza Filho, P. W. M. e Paradella, W. R. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 31, 214-224. 2005.
50. Souza Filho, P.W.M., Gonçalves, F.D., Beisl, C.H., Miranda, F.P., Almeida, E.F., Cunha, E.R.P. *Revista Brasileira de Cartografia*, 57, 79-86, 2005.

FORMAÇÃO E FIXAÇÃO DE RECURSOS HUMANOS – AÇÕES ESSENCIAIS PARA A AMAZÔNIA

Adalberto Luis Val

DA HISTÓRIA DISTAL AOS NOSSOS DIAS A necessidade de recursos humanos qualificados para o desenvolvimento da Amazônia se faz sentir desde os tempos coloniais. Ainda no reinado português de D. José I (1750-1777), Marques de Pombal deixava clara a importância estratégica de atrair capitais para o desenvolvimento de atividades econômicas no extenso território que o Tratado de Tordesilhas havia consagrado à Espanha, mas que Portugal aos poucos e pacificamente foi incorporando aos seus domínios. Sabiam todos os governantes da época que não bastava demarcar os novos limites consagrados por meio do novo Tratado de Madri (13 de janeiro de 1750) que reconhecia, então, a soberania lusitana nesse imenso e cobijado mundo anfíbio, a Amazônia: era preciso vencer distâncias e se fazer presente para melhor aproveitar as riquezas da região. É preciso ter em conta que os países europeus eram ávidos por produtos tropicais, aliás, como ainda o são. Hoje, mais do que os produtos, ao mundo interessam informações acerca da complexa relação que permite a existência da própria Amazônia, nos seus mais diversos matizes. Contudo, a avidez européia pelos produtos da região tropical não foi compensada por ações que possibilitassem o seu desenvolvimento. E assim tem sido. Com a subordinação das duas principais capitanias, Grão-Pará e São José do Rio Negro, ao Império do Brasil em 1823, a destinação das riquezas do Norte passou a ser o Sul do Brasil: pirarucu seco, salsaparrilha, tabaco, café, cacau, castanha, manteiga de tartaruga, entre outras. No período de 1844 a 1889, a contribuição do Norte para a receita imperial era de 35%, mas as despesas brutas eram de 16% no Norte e 68,8% no Sul, sendo que 15% das receitas eram repassadas a Londres a título de pagamento da dívida externa (1). No período seguinte, a exportação de borracha cresceu de forma estupenda. Por exemplo, entre os anos de 1890 e 1895, as receitas orçamentárias do Amazonas apresentaram crescimento maior que 350% o que possibilitou, à época, arrojados projetos urbanísticos (2). Em 10 de outubro de 1940, o presidente Vargas ressaltava em seu Discurso do Rio Amazonas: "Todo o Brasil tem os olhos voltados para o Norte, com o desejo patriótico de auxiliar o surto do seu desenvolvimento". Mais uma vez, os investimentos não contemplaram fundamentos para o desenvolvimento científico e tecnológico. A região continuou contribuindo mais como um almoxarifado do que como uma oportunidade de desenvolvimento calçado no conhecimento da sua gente, da sua flora e da sua fauna. A constituição de 1946, em seu artigo 199, define que "Na execução do Plano de Valorização Econômica da Amazônia, a União aplicará, durante pelo menos vinte anos consecutivos, quantia não inferior a três por cento de sua renda tributária". A execução desse plano esteve a cargo da SPVEA (Superintendência do Plano de Valorização Econômica da Amazônia) e não foi capaz de romper com o abandono pelo qual a região passava e nem mesmo propor soluções para superar as dificuldades impostas pela falta de opção econômica e de comércio nacional e internacional para nossos produtos. A SPVEA, sem