

Experiências Atuais do SR&SIG para Estudos Florestais

Current Experiences in the Use of RS&GIS for Forest Studies

João Roberto dos Santos¹

Attilio Antonio Disperati²

Luciano Farinha Watzlawick³

Resumo

As ferramentas tecnológicas de sensoriamento remoto (RS) e de sistemas de informações geográficas (GIS) são muito importantes para mapear, inventariar e monitorar os recursos florestais, pois contribuem com os procedimentos mais efetivos de planejamento e fiscalização desses recursos. Considerando a diversidade de dados sensoriados disponíveis (em termos de características espectral, radiométrica, temporal e espacial), torna-se sempre importante estar atualizado nos procedimentos de extração de informações. Nesse contexto, o presente artigo faz uma síntese das pesquisas e aplicações atuais do uso dessas ferramentas tecnológicas, com o objetivo de compor a abertura desse Número Especial da Revista *Ambiência* que trata exclusivamente dos avanços do RS&SIG para avaliar as condições dos recursos florestais (povoamentos natural e implantado). Experiências sobre os mecanismos de análise da cobertura vegetal, seja natural ou implantada, na América Latina, Europa e EUA, são mostradas, tornando possível uma rápida atualização de conhecimento aos usuários que atuam nessa área.

Palavras-chave: sensoriamento remoto; SIG; inventário; monitoramento; engenharia florestal.

Abstract

The technological tools of Remote Sensing (RS) and Geographic Information Systems (GIS) are very important to map, inventory and monitor the forest resources, contributing to more effective planning and control procedures of

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT. E-mail: jroberto@dsr.inpe.br

²Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. E-mail: disperati@avalon.sul.com.br;

³Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO. E-mail: farinha@unicentro.br

these resources. Taking into account the diversity of available remote sensing data (referring to its spectral, radiometric, temporal and spatial characteristics) it is very important to be always updated about the procedures for information gathering. In this context, this article presents a synthesis of the current research and applications on the use of these technological tools, aiming to introduce this special issue of *Ambiência Journal*, which considers exclusively the advances of RS and GIS on evaluating the forest resources conditions (stands of natural and implanted forest). Experiences on the mechanisms for the analysis of natural or implanted vegetative cover in Latin America, Europe and USA are shown, allowing a fast updating of knowledge for those who make use of these tools.

Key words: remote sensing; GIS; inventory; monitoring; forestry engineering.

Introdução

O controle e a fiscalização dos recursos florestais têm importante destaque nas diretrizes da política ambiental do país, onde os ferramentais de Sensoriamento Remoto (SR), subsidiados por Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) na manipulação de dados, têm demonstrado uma efetiva capacidade no suprimento de informações atualizadas às necessidades do levantamento e monitoramento desses recursos. Essa potencialidade, em contínua investigação dos produtos e técnicas de SR&SIGs nesse contexto florestal, pode ser tratada sob duas visões técnicas: (1) a primeira, direcionada à cobertura vegetal natural, com fins preservacionistas ou de manejo sustentável, ou ainda onde tem havido uma maior aplicabilidade, na detecção e acompanhamento dos processos de degradação florestal, derivados de acelerados processos de desmatamentos e queimadas, ocasionando perda de biodiversidade, fragmentação dos habitats e perda de solo, perante, sobretudo, os interesses de aumento da fronteira agrícola; (2) a segunda, direcionada aos povoamentos florestais homogêneos, onde os produtos sensoriados e os SIGs são vitais para o gerenciamento das extensas áreas de produção.

A partir desses fatos e levando em conta a necessidade de atualização da comunidade que lida com o setor florestal, este artigo visa a demonstrar o estágio atual e perspectivas da aplicabilidade dos produtos e técnicas de extração e manipulação de dados derivados da tecnologia de sensoriamento remoto, dentro de uma linha de raciocínio que considera a disponibilidade de dados em nível aéreo e orbital. A conjuntura que explicita esses rumos do SR&GIS no campo florestal está detalhada no decorrer deste número especial da *Revista Ambiência* (artigos científicos, relato de caso e revisão bibliográfica), decorrente de um elaborado processo de seleção de artigos científicos que contemplam as mais variadas experiências de utilização de produtos e técnicas, no domínio de conhecimento tanto nacional como internacional.

SR&SIGs como Mecanismos de Análise da Cobertura Vegetal Natural

O primeiro passo para se efetivar uma análise das condições da cobertura florestal do país é dispor de elementos de observação que possam expressar as características espaciais e temporais dos fenômenos que atuam sobre esse alvo e as suas causas decorrentes, muitas resultantes do processo antrópico. Em passado recente, produtos decorrentes de sensores de baixa resolução e alta temporalidade, como o do AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) da série de satélites NOAA, com 1Km de resolução espacial, eram amplamente utilizados para gerar índices de vegetação para o acompanhamento, numa escala mais regional, fenológico da cobertura vegetal; indicar os focos de calor decorrentes do processo de queima; além do avanço do desflorestamento sem contudo, precisar de uma melhor acurácia no que se refere à definição em área de alguns desses fenômenos.

Com o advento de sensores MODIS/TERRA e AQUA, de resolução um pouco mais refinada (250m), de significativa temporalidade e uma variedade de imagens-produto, essa questão de monitorar as mudanças na paisagem, quer por alterações fenológicas numa escala perceptível pelo sensor, quer pelos processos de derrubada e queima, tornaram-se mais eficientes. Isso fica comprovado, no caso brasileiro, pela estruturação de um importante projeto denominado DETER (<http://www.obt.inpe.br/deter/index.html>), cuja experiência está sendo expandida para uso metodológico nos demais países vizinhos que completam a Amazônia sul-americana.

É importante destacar que, na América Central, o México já vem adotando o monitoramento dos recursos florestais a partir desses dados MODIS (MAS, et al., 2006). Com a disponibilização da série de produtos MODIS, de elevada frequência de aquisição, torna-se necessário dispor de procedimentos metodológicos mais refinados, principalmente quando se trata das imagens EVI ou NDVI, como demonstram: Pardi Lacruz e Santos (2006) em estudos de corredores ecológicos utilizando análise harmônica para tratar séries temporais de dados sensoriados; Anderson et al. (2005) na temática de caracterização de desflorestamentos; Ratana et al. (2006) nas questões de acompanhamento fenológico da cobertura vegetal nos domínios amazônicos e dos cerrados. Nesse tema de caracterização florestal e suas variações fenológicas, utilizando-se imagens numa escala de melhor resolução (por exemplo, do TM/Landsat), pode-se referenciar o trabalho de Nelson (2006), com uma importante área investigativa de levantamento das formações de bambus em meio às florestas tropicais. As ferramentas de SIG, onde planos temáticos e cartográficos, de fontes e escalas diversas, somam-se às informações sensoriadas, contribuem sobremaneira na planificação, gerenciamento e avaliação florestal, como bem o demonstram Frau et al. (2006) e Carneiro et al. (2006).

Um outro setor da ciência florestal cujos dados sensoriados têm contribuído diz respeito a caracterização de áreas afetadas por incêndios florestais e por infestação de

pragas e doenças. No primeiro caso, tendências metodológicas vêm sendo implementadas para fazer de imagens MODIS uma ferramenta de detecção de focos de calor que, apoiada por um banco de dados ambientais (tipo de vegetação, radiação, valores de precipitação,...) permitem criar um prognóstico de áreas susceptíveis a ocorrência desse tipo de degradação. Variação na abordagem de tratamento dos dados sensoriados, via análise de mistura espectral e classificação orientada a objetos, é uma experiência tida na Espanha, conforme demonstrada por Quintano et al. (2006). No segundo caso, de caracterização de infestações em povoamentos florestais, amplia-se o escopo dos produtos sensores, do uso de fotografias aéreas de pequeno formato (CIESLA, 2000 e 2006; MARTINS et al., 2006) até dados MERIS (Medium Resolution Imaging Spectrometer)/ENVISAT na definição de níveis de desfoliação (SANDEN et al., 2006), conforme demonstrado na avaliação de danos em espécies da floresta boreal.

Em período recente, dados LIDAR (*Light Detection and Ranging*) são cada vez mais utilizados no espaço da comunidade florestal, sobretudo para prover informações acerca de mensurações tri-dimensionais da estrutura florestal (LIM et al., 2003; LOOS e NIEMANN, 2006; LANG et al. (2006). O espectro de aplicação é cada vez mais diversificado, desde a identificação de espécies de árvores (HOLMGREN e PERSSON, 2004), até a verificação de qualquer tipo de degradação em ambientes florestados, como a aplicabilidade em manguezais relatados por Zhang et al. (2006). Estudos também recentes que integram dados de radar, na sua forma PolInSAR, com dados LIDAR para estabelecer a modelagem dos parâmetros biofísicos que modelam a estrutura florestal em 3-D e por conseguinte, um melhor entendimento volumétrico ou de biomassa, podem ser encontrados nos trabalhos conduzidos por Treuhaft et al. (2006) e Kenyi et al. (2006).

Um outro foco de atuação florestal é aquele que se refere à qualidade das imagens coloridas de alta resolução obtidas em nível aéreo, principalmente aquela do tipo “*pushbroom*” que se caracteriza por uma imagem contínua, gerada a partir de um arranjo linear de sensores (SILVA E GALLO, 2006). Tais imagens de elevado nível de resolução são radiometricamente superiores àquelas obtidas por câmaras convencionais, que há longo tempo têm mostrado aplicabilidade na atividade florestal (FRANKLIN, 2001), tal como demonstram Disperati e Oliveira Filho (2006) na identificação e delineamento individual da araucária num povoamento natural de Floresta Ombrófila Mista. Com o avanço tecnológico, são necessárias novas técnicas interpretativas para viabilizar o mapeamento florestal com imagens de alta resolução, como atestam Gougeon e Leckie (2003), especificamente com fotografias e imagens aéreas, de escalas diversificadas, como demonstram Wulder et al. (2004) e Disperati et al. (*submetido*) utilizando a técnica de filtragem de máximas locais. Utilizando videografia com o uso de imagens aéreas multiespectrais para classificação automática em classes de vegetação foi realizado por Silva Filho (2006) realizou levantamentos da silvicultura para identificação, classificação, e quantificação das estruturas urbanas e cobertura vegetal proporcionada pelas árvores.

SR&SIGs como Mecanismos de Análise de Povoamentos Florestais Homogêneos

De uma maneira geral, dados de sensoriamento remoto integrados com informações temáticas e cartográficas em um SIG têm mercado garantido no controle das atividades florestais das empresas de reflorestamento, conforme demonstra o trabalho de Amaral e Ferreira(2004), Felicísimo et al.(2002). Na área de inventário florestal, a evolução metodológica das geotecnologias emprega inclusive técnicas de geoestatística para mapear a variabilidade espacial do potencial produtivo de povoamentos de *Eucalyptus*, considerando a diversidade edáfica do sítio plantado (RUFINO et al., 2006), onde técnicas de krigagem são fontes de análise. Várias outras patamares técnico-científicos vêm sendo estabelecidos para esse ganho inovador no conhecimento florestal, com desafios na aquisição de informações, além daqueles tradicionais com uso de fotografias aéreas de média e grande escala, ou mesmo imagens de satélite, como aquelas do TM/Landsat e, mais recentemente, do CCD/CBERS-2 (SANTOS et al., 2005). Como primeiro exemplo, cita-se o trabalho de Araújo et al. (2006), que vem procurando utilizar Veículos Aéreos Não Tripulados (UAV) para avaliações da qualidade de plantios recentes em povoamentos de *Eucalyptus*, assegurando informações sobre área de copa, mortalidade, dentre outras informações. Uma outra inovadora maneira de assegurar informações é por meio de dados de radar, como demonstra Gama et al. (2006), ao tratar dados polarimétricos em bandas X e L no estabelecimento de relações sensoriadas com parâmetros biofísicos de povoamentos de *Eucalyptus*, com vistas à determinação das condições volumétricas e de biomassa dos talhões, o que abre um campo promissor para investigação e aplicabilidade junto às empresas de reflorestamento.

Num outro patamar de investigação, que tem trazido promissores resultados, é o uso de dados LIDAR. Alguns atributos do inventário florestal (altura do povoamento, cobertura de copa, volume,...) podem ser derivados desses dados LIDAR e têm merecido considerável atenção na comunidade científica de sensoriamento remoto e usuários florestais. Watt et al. (2004) avaliam as variações nas predições da altura de povoamentos florestais derivadas de dados LANDSAT/ETM+, IKONOS e LIDAR, fazendo ainda uma análise da relação das informações LIDAR com aquelas mensuradas em trabalho de campo. Estudos como o monitoramento do corte de árvores, a determinação do crescimento da floresta, além da detecção de mortalidade de árvores no dossel, são experiências LIDAR reportadas por Yu et al. (2004) e Andersen et al.(2005). Investigações pioneiras vêm se realizando no Brasil com vistas à estimativa volumétrica em povoamentos de *Pinus* (LINGNAU et al., 2006). Adicionalmente a essas experiências tratadas, os pontos de retroespalhamento LIDAR e suas intensidades podem trazer ainda informações sobre a composição de espécies no povoamento, a inferência da idade do plantio e a

estrutura florestal, tais como o arrançamento e densidade das árvores, a forma de desgalhamento que define a copa das árvores no dossel e, até mesmo, o conteúdo de umidade do sítio. Com preocupações metodológicas na linha investigativa de estimativas de biomassa e carbono orgânico, Watzlawick et al. (2004) fizeram uso de imagens IKONOS II, com um importante experimento em plantações de *Araucaria angustifolia*, no qual foram gerados modelos matemáticos para tal objetivo, mostrando assim a potencialidade da técnica como forma de mensurações não destrutivas.

Conclusões

Nesse assunto de SR&GIS na área florestal, fica evidente que essa síntese dos rumos técnico-científicos atuais tomados não se esgota com as referências ora citadas e com os artigos que são apresentados nesse número especial da Revista *Ambiência*, mas é certo que o significativo material aqui encontrado serve de ponto de partida para uma atualização de conhecimentos, que possam suportar o inventário e a gestão dos recursos florestais. Os produtos sensoriados, sobretudo aqueles que permitem caracterizações em 3D a partir das quais se podem extrair informações de certos parâmetros biofísicos, têm uma significativa contribuição nos variados propósitos da aplicabilidade florestal.

Desde a contribuição no planejamento e economia florestal até nos domínios da ecologia florestal, cujo conhecimento acerca da avaliação das condições de fitossanidade e/ou de crescimento do povoamento, ou o estágio de fragmentação florestal e seus conseqüentes impactos, como exemplos, tornam esses ferramentais integrados das geotecnologias (SR&SIGs) necessários aos gestores que lidam com o meio ambiente.

Agradecimentos

Os autores agradecem: à Reitoria da Universidade Estadual do Centro-Oeste Paraná, UNICENTRO, pelo interesse demonstrado na publicação desta edição especial da Revista *Ambiência*, contendo especificamente os artigos sobre SR&GIS&Floresta; à Empresa VOTORANTIM CELULOSE E PAPEL S/A, pelo suporte financeiro na edição. O conjunto dessa obra científica é resultante da parceria técnica da Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE/MCT e do Departamento de Engenharia Florestal, Campus Universitário de Irati, UNICENTRO, no contexto do Grupo de Pesquisa do CNPq “Biodiversidade e Sustentabilidade de Ecossistemas Florestais”.

Referências

AMARAL, A.P.H.; FERREIRA, R. Otimização da produção florestal da Boise Cascade do Brasil LTDA., integrando SIG e programação linear. In: *Aplicações de Geotecnologias na Engenharia Florestal*. Ed., Atílio Antonio Disperati, João Roberto dos Santos. Curitiba, PR: Copiadora Gabardo Ltda., 2004. p.225-233. [ISBN 85-904724-1-8].

ANDERSEN, H.E.; McGAUGHEY, R.J.; REUTEBUCH, S.E. Estimating forest canopy fuel parameters using LIDAR data. *Remote Sensing of Environment*, v.94, p. 441-449, 2005.

ANDERSON, L. O.; SHIMABUKURO, Y. E.; DEFRIES, R. S.; MORTON, D. Assessment of Deforestation in Near Real Time Over the Brazilian Amazon Using Temporal Fraction Images Derived From Terra MODIS. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, v. 2, n. 3, 2005.

ARAÚJO, M.A. et al. Avaliação do potencial de produtos derivados de aeronaves não tripuladas na atividade florestal. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p. 69 - 82, 2006. (Nesta edição).

CARNEIRO, C.M.R. O programa de avaliação dos recursos florestais mundiais da FAO e o seu componente de sensoriamento remoto. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 7. 2006. Curitiba. *Anais...* Curitiba: FUPEF, Fundação de Pesquisas Florestais, 2006, p. 17-19 [CDROM].

CIESLA, W.M. *Remote sensing in forest health protection*. USDA Forest Service, Forest Health Technology Enterprise Team, Remote Sensing Applications Center. FHTET Report nº 00-03, 2000, 266p.

CIESLA, W.M. Describing signatures: a key to successful use of remote sensing for forest damage assessment. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p.155-167, 2006.(Nesta edição).

DISPERATI, A.A.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Copas de araucária observadas em fotografias aéreas 70 mm colorido normal em escala muito grande (1:1.000). *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2. Edição Especial 1, p.137-149, 2006. (Nesta edição).

DISPERATI, A.A. et al. Aplicação da técnica do “local maximum filtering” em fotografia aérea digital para estudos de reflorestamento com *Pinus elliotti*. Submetido à *Revista Árvore*. 24p.

FELICISIMO, A.M. et al. Modeling the potentials distribution of forests with a GIS. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, p.455 – 462. 2002.

FRANKLIN, S.E. *Remote sensing for sustainable forest management*. Lewis Publishers, 2001. 407p.

FRAU, C.M.; et al. Teledetección y sig en el ámbito forestal: experiencias en Chile. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v.2. Edição Especial 1, p.171-195, 2006.

GAMA, F.F.; et al. Estimativa de parâmetros biofísicos de povoamentos de eucalyptus através de dados SAR. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p.29-42, 2006.(Nesta edição).

GOUGEON, F.A.; LECKIE, D.G. Forest information extraction from high spatial resolution images using an individual tree crown approach. Pacific Forestry Centre, Victoria, British Columbia. *Information Report BC-X-396*, 2003, 26p.

HOLMGREEN, J.; PERSSON, A. Identifying species of individual trees using airborne laser scanner. *Remote Sensing of Environment*, v.90, p.415-423, 2004.

KENYI, L. et al. Comparison of forest canopy structures in SRTM to LIDAR data. In: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS'06*. Denver, EUA, 31 Jul.-4Aug., 2006. Proceedings. [CDROM].

LANG, S.; et al. 3D Forest structure analysis from optical and LIDAR data. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p. 95-110, 2006.(Nesta edição).

LINGNAU, C.; ZANDONÁ, D. F.; NAKAJIMA, N. Extração de variáveis dendrométricas através de dados laser aerotransportado. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 7. Curitiba, 2006. Curitiba: FUPEF, Fundação de Pesquisas Florestais, 2006. *Anais*. [CDROM].

LIM, K. et al. LIDAR remote sensing of forest structure. *Progress in Physical Geography*, v. 27, n.1, p. 88-106, 2003.

LOOS, R.; NIEMANN, O. Identification of individual trees and canopy shapes using LiDAR data for fire management. In: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium – IGARSS'06*. Denver, EUA, 31Jul.-4 Aug., 2006. Proceedings. [CDROM].

MARTINS, L. M.; CASTRO, J. P. M; MACEDO, F.W. Fotografia aérea de pequeno formato na monitorização da tinta do castanheiro no norte de Portugal. In: *Fotografias aéreas de pequeno formato: aplicações ambientais*, Guarapuava: Unicentro. Organizadores: Attilio A. Disperati, Ricardo F. do Amaral, Carlos A. B. Schuler, capítulo 5, 2006 (no prelo).

MAS, J. F.; GUTIÉRREZ, I.G. Evaluación de imágenes modis para el monitoreo de la deforestación en México. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p. 19-27, 2006.(Nesta edição).

NELSON, B. Detecção de perturbações naturais da floresta tropical utilizando imagens ópticas orbitais. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 7. Curitiba (PR), 17-19 out., 2006. FUPEF - Fundação de Pesquisas Florestais, 2006. *Anais*. [CDROM].

PARDI LACRUZ, M.S.; SANTOS, J.R. Monitoramento da paisagem de unidades de conservação. In: Bernardo F. T. Rudorff; Yosio E. Shimabukuro e Juan C. Ceballos (Org.). *O sensor MODIS e suas aplicações ambientais no Brasil*. 1ª ed., São José dos Campos: Bookimage, 2006, v. 1, p. 171-180.

QUINTANO, C.; et al. Sinergias entre el modelo de mezclas espectrales y el análisis de imágenes basado en objetos en el estudio de incendios forestales. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p.121-134, 2006.(Nesta edição).

RATANA, P.; HUETE, A.R.; DIDAN, K. MODIS EVI-based Variability in Amazon Phenology across the Rainforest-Cerrado Ecotone. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM – IGARSS'06. Denver, EUA, 31Jul.-4 Aug., 2006. Proceedings. [CDROM].

RUFINO, T.M.C.; et al. Uso da geoestatística no estudo da relação entre variáveis dentrométricas de povoamentos de *Eucalyptus sp.* e atributos do solo. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 EDIÇÃO ESPECIAL 1, p.83-93, 2006. (Nesta edição).

SANDEN, J.J. et al. Using MERIS to Assess Insect Defoliation in Canadian Aspen Forests. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM – IGARSS'06. Denver, EUA, 31Jul.-4 Aug., 2006. Proceedings. [CDROM].

SANTOS, J.R.; MALDONADO, F.D.; GRAÇA, P.M.L.A. New change detection technique using ASTER and CBERS-2 images to monitor Amazon tropical forest. In: IEEE INTERNATIONAL GEOSCIENCE AND REMOTE SENSING SYMPOSIUM – IGARSS'05. Seoul, Korea, 2005. Proceedings. [CDROM].

SILVA, I; GALLO, G. Qualidade das Imagens de Alta Resolução Geradas por Sensores Aéreos Digitais. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p.43-54, 2006.(Nesta edição).

SILVA FILHO, D.F. da. Videografia aérea multiespectral em silvicultura urbana. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p.55-68, 2006.(Nesta edição).

TREUHAF, R. et al. Estimating 3-Dimensional structure of tropical forests from radar interferometry. *Revista Ambiente*, Guarapuava, v.2 Edição Especial 1, p.111-119, 2006.(Nesta edição).

WATT, P.J. et al. Predicting forest height from IKONOS, LANDSAT and LIDAR imagery. In: *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium – ISPRS (Working Group VIII/2): Laser-scanners for forest and landscape assessment*. Freiburg, Germany, 3-6 Oct., 2004. Proceedings, vol. XXXVI, part 8/w2, p. 228-231.

WATZLAWICK, L. F. ; KIRCHNER, F. F. ; COUTO, L. C. ; SANTOS, R. T. Estimativa de biomassa e carbono orgânico em plantios de *araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze utilizando imagens do satélite ikonos II. *Biomassa & Energia*, Viçosa - MG, v. 1, n. 2, p. 209-219, 2004.

WULDER, M.A. et al. Comparison of airborne and satellite high spatial resolution for the identification of individual trees with local maxima filtering. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, n.11, p. 2225-2232, 2004.

YU, X. et al. Automatic detection of harvested trees and determination of forest growth using airborne laser scanning. *Remote Sensing of Environment*, v. 90, p. 451-462, 2004.

ZHANG, K. et al. Airborne Laser Mapping of Mangroves on the Biscayne Bay Coast, Miami, Florida. In: *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium – IGARSS'06*. Denver, EUA, 31Jul.-4 Aug., 2006. Proceedings. [CDROM].