

# Geotecnologias: a chave da integração de dados para otimizar o inventário e monitoramento florestal

## Geo-technologies: the key for data integration for the improvement of forest inventory and monitoring

Attilio Antonio Disperati<sup>1</sup>  
João Roberto dos Santos<sup>2</sup>

### Resumo

Em um ambiente globalizado é cada vez maior a busca de produtos florestais, como também está mais intensa a consciência ecológica. Assim, manter atualizada uma base espacial da cartografia dos recursos florestais existentes, em níveis regional e global, quer seja para estimativas volumétricas ou de biomassa, análise de diversidade e condições da fragmentação de habitats, favorece um planejamento de uso em regime sustentável. Para tal, a tecnologia que envolve o sensoriamento remoto tem demonstrado importante contribuição com seus produtos aerotransportados ou orbitais e suas técnicas de extração de informações, nas tarefas de mapeamento, inventário e monitoramento florestal. Com objetivo de compor a abertura desse número especial da Revista *Ambiência*, o presente artigo mostra de maneira sintetizada os novos rumos das pesquisas e aplicações em sensoriamento remoto, como ferramenta tecnológica capaz de subsidiar a avaliação e acompanhamento dos recursos florestais.

**Palavras-chave:** sensoriamento remoto; vegetação; mapeamento; inventário; monitoramento; meio ambiente.

### Abstract

In a globalized world, the demand for forest products increases strongly as well as the ecological consciousness. So, in order to keep a spatial

---

1 Dr.; Engenheiro Florestal; Prof. Adjunto do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Estadual do Centro-Oeste; Email: disperati@avalon.sul.com.br

2 Dr.; Engenheiro Florestal; Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE; Email: jroberto@itid.inpe.br

database of forest resources updated, at local, regional and global levels, for the estimation of volume or biomass, for the diversity analysis and habitat fragmentation, the geo-technologies eases planning activities. Remote sensing technologies give an important contribution for tasks of forest mapping, inventory and monitoring, using specific techniques for information extraction. This article opens a special issue of the periodical *Ambiência*, showing briefly the new directions of remote sensing research and applications, as a technological tool to support the assessment and monitoring of vegetation cover.

**Key words:** remote sensing; vegetation; mapping; inventory; monitoring; environment.

## **Introdução**

Os ferramentais disponíveis da tecnologia aerotransportada ou orbital nesse vasto campo de sensoriamento remoto têm trazido um efetivo avanço nas tarefas de mapeamento, inventário e monitoramento da tipologia florestal, quer seja de coberturas vegetais naturais e/ou implantadas. Isso tem permitido aos órgãos públicos governamentais atuar com maior rapidez no controle e fiscalização dos recursos florestais, inclusive revendo formas de atuações nas diretrizes ambientais. Por seu lado, organizações não-governamentais (ONGs) têm se utilizado desse ferramental tecnológico para monitorar o processo de degradação que se expande em determinadas regiões e alertando em muitos casos, os órgão competentes pelo descaso.

Nesse contexto, faz-se uma síntese dos trabalhos técnico-científicos que atualmente mostram o avanço dos produtos e técnicas de extração e manipulação de informações derivadas do sensoriamento remoto, com objetivo de compor a abertura desse Número Especial da Revista

*Ambiência*, dedicado exclusivamente ao campo da Engenharia Florestal. É evidente que tais linhas de pesquisa e aplicações relatadas aqui pelos autores, não esgotam as possibilidades do ferramental tecnológico.

## **Os Atuais Caminhos do Uso de Dados Sensoriados em Nível Aero-transportado**

Há uma dinâmica em expansão no tocante ao uso de recursos florestais que torna necessário uma atualização da cartografia da tipologia vegetal, quer com finalidades de preservação ou de um uso sustentável. No caso específico de áreas reflorestadas, por exemplo, levantamentos aéreos expeditos como suporte ao mapeamento e inventário e conseqüente tomada de decisões por parte de empresas florestais, são práticas ainda empregadas, como demonstram Santos e Pabis (2008), citando a importância dessas informações cadastrais decorrentes no planejamento estratégico de colheita e reforma de talhões, de estratificação por densidade e condições do povoamento

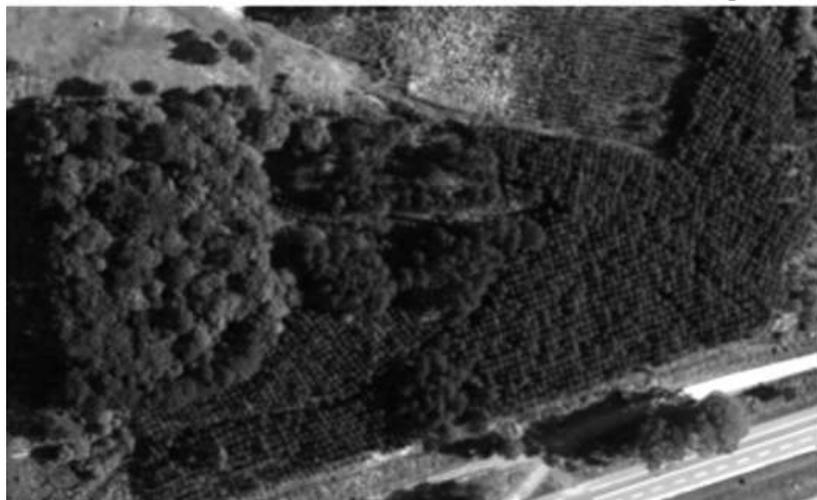
florestal, dentre outras. Ainda em florestas implantadas, há importante tendência de uso da videografia aérea multispectral para, através de formulações empíricas (índices de vegetação) de bandas espectrais derivadas desse produto sensor e de técnicas de análise estatística, fazer a estimativa de biomassa de tronco, carbono, e CO<sub>2</sub> equivalente (COUTO et al. ., 2008).

Câmaras digitais aerofotogramétricas vem sendo utilizadas em mapeamentos detalhados de áreas florestais, com geração de imagens pancromáticas, colorido normal e infravermelho colorido, de elevada resolução espacial, o que permite, como aquela do tipo ADS40 empregada por Disperati et al. (2008), individualizar copas, detectar condições de mortalidade em plantios, dentre outras aplicabilidades (Figura 1 ).

Informações florestais decorrentes de dados aerotransportados LIDAR (*Light Detection and Ranging*) têm ocupado maior espaço quer junto da comunidade

científica e suas discussões na busca metodológica de melhor extração e manipulação e/ou, de empresas florestais que vêm utilizando tais sistema a laser para aquisição de conhecimentos mais precisos acerca das mensurações tridimensionais da estrutura florestal e sua dinâmica. A arquitetura multi-escala torna muitas vezes complexo o sistema estrutural da cobertura florestal demonstrando, para seu entendimento, a necessidade do uso de técnicas não-invasivas, com essa abordagem via LIDAR. Exemplos variados dessa aplicabilidade podem ser constatados em Maltamo et al. (2004), Loos and Niemann (2006), Yañez et al. (2008), Reitberger et al. (2008), Zawila-Niedzwiecki et al.; (2008). Mensurações de parâmetros dendrométricos de árvores individuais a partir da varredura LIDAR, mas em nível terrestre, vêm sendo tratadas como subsídio de informações da produção e colheita florestal, como demonstram

**Figura 1.** Imagem da câmara LEICA ADS40 pan mostrando povoamento natural de Floresta com Araucária e área reflorestada com *Pinus sp.*



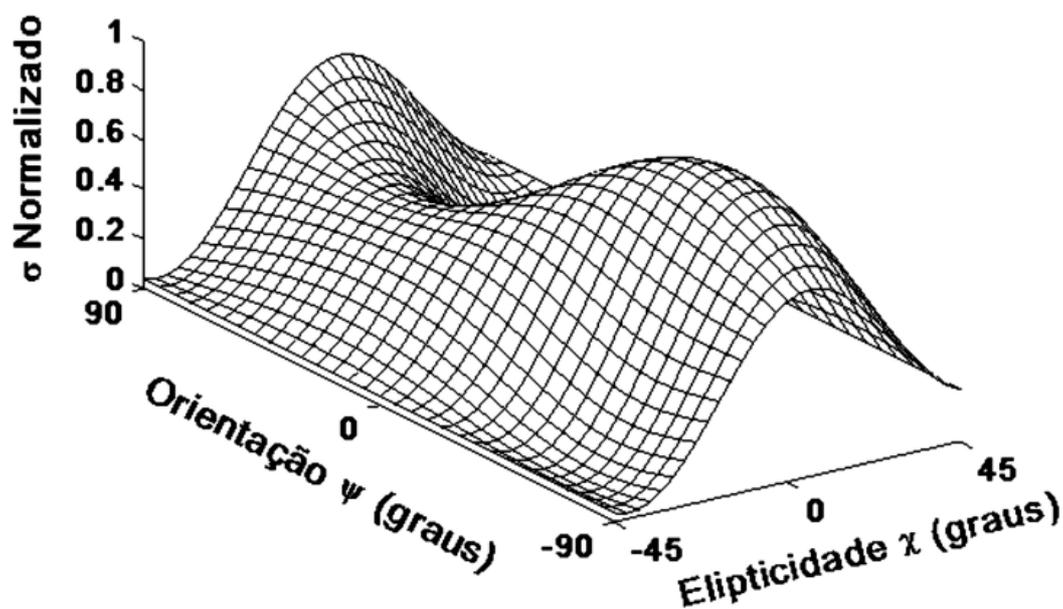
Fonte: DISPERATI et al. (2008); cortesia ESTEIO

estudos de Lingnau et al. (2008), Zawila-Niedzwiecki et al. (2008), testando inclusive, a potencialidade do sistema em diferentes condições geomorfológicas.

Uma corrente de pesquisa ora em desenvolvimento está na combinação de distintos sensores que possam registrar o retorno de informações decorrentes de parâmetros biofísicos, a altura da superfície do terreno, a distribuição de superfícies vegetadas, o conteúdo de água na cobertura florestal, bem como sua estrutura espacial. A sinergia de dados LIDAR e de radar fazem parte desse importante escopo, podendo prover oportunidades de mapeamento em escalas local e regional de parâmetros da estrutura florestal, como bem o demonstram os artigos de Niemann et al. (2008), Baltzer et al. (2008) e Wulder et al. (2008). Mais direcionado ao conhecimento estrutural

de povoamentos florestais e também para discriminação da variada tipologia de uso e cobertura da terra, os dados de radar de abertura sintética (SAR), em nível aerotransportado, quer seja através do modo polarimétrico (PolSAR) vêm demonstrando significativas contribuições, como as apresentadas por Santos e Gonçalves (2008) e Santos et al. (2008) que fizeram uso de dados do SAR R99B/CENSIPAM (Figura 2) e/ou, do modo interferométrico (InSAR) conforme Treuhft et al. . (2008). Todas essas referências citadas procuram o conhecimento físico sobre os atributos que regem os mecanismos de interação da radiação registrada nos dados PolInSAR com a parte estrutural, de volume ou de biomassa florestal, estudando florestas primárias e estágios sucessionais. Em áreas reflorestadas com *Eucalyptus*, pode-se

**Figura 2.** Exemplo de resposta polarimétrica de floresta sob regime de exploração madeireira na região do Tapajós, obtida através de radar aerotransportado (R99B/CENSIPAM) em banda L



citar como inovador o trabalho de Gama et al. (2006), cuja linha de investigação vem sendo aprimorada no que se refere ao uso de análise multivariada para tratar variáveis como o espalhamento volumétrico (VSI), a coerência polarimétrica SAR da banda P e a altura interferométrica derivada do DEM (Modelo Digital de Elevação) da integração das bandas X e P, para estimar o volume florestal.

### **Os Atuais Caminhos da Aplicação de Dados Sensoriados em Nível Orbital**

A comunidade científica vem ultimamente direcionando esforços técnicos em potencializar o conhecimento da área de sensoriamento remoto nas questões de “sustainable forest”, manejo da paisagem, degradação das terras e desertificação. Produtos-sensores orbitais de alta, média e baixa resolução espacial e temporal têm sido investigados, através de específicas abordagens de extração de informações, respeitando-se evidentemente as características do fenômeno sob estudo, quer em nível local, regional e global. A abordagem por mineração de dados, apoiada com informações de contexto (BERNAL et al. 2008) e a extração de aspectos multi-escala a partir da transformada *wavelets* em séries temporais (SILVEIRA et al., 2008), são algumas técnicas que exemplificam os avanços na potencialidade classificatória das imagens de satélite na temática florestal. São variadas as maneiras de tratar os problemas florestais, mas exemplificando-se com alguns casos particulares, pode-se verificar o alcance ora atingido na busca de um maior conhecimento no campo da engenharia florestal.

Produtos de elevada temporalidade, como as imagens do sensor MODIS/TERRA ou AQUA de resolução espacial mais grosseira, através de índices de vegetação (NDVI e EVI) vem sendo largamente empregadas num contexto mais regional para monitorar as mudanças da paisagem florestal, permitindo monitorar certas condicionantes ambientais, como os níveis de evapotranspiração, o rendimento hidrológico de certas bacias hidrográficas florestadas, a dinâmica do processo de queima, o avanço de espécies invasoras e regime de aridez, temáticas essas investigadas por Baldi et al. (2008) e Erdenetuya (2008). Ainda com enfoque regional, mas tratando com as recentes imagens de radar, oriundas do ALOS/PALSAR e do TerraSAR-X, que devem ganhar mercado, pode-se citar o trabalho de Rauste et al. (2008), que procura estimar a biomassa de florestas boreais através de dados dual-polarizados. A comunidade técnica internacional vem trabalhando para mostrar a viabilidade desses produtos-sensores quer na forma de imagens únicas polarizadas e/ou imagens mosaicadas, dependendo da abrangência geográfica. Estudos-pilotos em áreas da Amazônia brasileira vêm sendo conduzidos para demonstrar a capacidade desses dados de SAR orbital para: (a) reconhecimento das assinaturas polarimétricas de feições da floresta primária, floresta degradada e de estágios sucessionais; (b) entendimento dos mecanismos de espalhamento que regem tal diversificação de configurações; (c) modelagem volumétrica e/ou de biomassa florestal a partir de dados polarimétricos. Acrescente-se a isso, os estudos de potencialidade quanto a caracterização e

estimativa de áreas desflorestadas, como abordagem substitutiva naquelas áreas historicamente cobertas por nuvens na Amazônia e que os sensores ópticos têm limitações de imageamento.

Numa escala local, com necessidade de estudos de conceituação mais detalhada, dados hiperspectrais e dados de alta resolução em nível orbital, têm ultimamente ampliado seu escopo de aplicabilidades na área florestal. A exploração da característica de hiperspectrabilidade do Hyperion/EO-1, do CHRIS/PROBA, tem permitido ampliar a análise dos espectros representativos de certas fitofisionomias da vegetação e inclusive, facilitar a modelagem com parâmetros biofísicos, conforme se pode constatar em Souza et al. (2008) e Galvão et al. (2008/in press). Em operações de planejamento em povoamento florestal homogêneo, imagens de sensores de alta resolução, como o Quickbird, EROSB, FORMOSAT-2 têm demonstrado que certas atividades são dinamizadas e têm seus custos mais reduzidos (COURA e DUTRA, 2008). A identificação de espécies florestais fazendo uso de métodos de segmentação multi-resolução e classificação orientada a objetos (GOMES et al. 2008), é outro exemplo da praticidade desse produto e das técnicas empregadas na caracterização da tipologia florestal.

## **Conclusões**

A diversidade de produtos, de resoluções espectrais, espaciais e tempo-rais distintas, tratada por técnicas específicas para cada caso e referenciada no presente artigo, faz apenas parte de uma coletânea das experiências que permite ao usuário

florestal familiarizar-se com os rumos que os avanços tecnológicos estão tomando nessa área de geotecnologias. Sem dúvida, não se esgota aqui o assunto, pois há diversas outras experiências em debate, como a sinergia de produtos como de LIDAR e SAR (BALTZER et al. 2008), LIDAR e imagens de alta resolução (WULDER et al. 2008), dentre outras importantes, para entendimento da estrutura da paisagem florestal e dos processos que nela atuam.

Com uma gama de aplicações disponíveis no campo da engenharia florestal, atualizar-se continuamente acerca de produtos-sensores tidos no mercado e de qual melhor maneira processar e integrar tais dados de diversas fontes, pode levar o gestor que lida com os recursos florestais, quer seja numa visão de utilização sustentável, de preservação ou de contínua fiscalização, a dispor de um ferramental tecnológico importante para lidar com o segmento do meio-ambiente.

## **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Reitoria da Universidade Estadual do Centro-Oeste -UNICENTRO, Paraná; à Empresa Votorantin Celulose e Papel S/A pelo suporte financeiro na edição. O conjunto dessa obra científica faz parte da co-operação técnica entre especialistas da Divisão de Sensoriamento Remoto, INPE/MCT e do Departamento de Engenharia Florestal-Campus de Irati/UNICENTRO, no contexto do Grupo de Pesquisas “Biodiversidade e Sustentabilidade de Ecossistemas Florestais” cadastrado no CNPq.

## Referências

- BALDI, G.; NOSETTO, M. D.; JOBBÁGY, E. G.. 2008. El efecto de las plantaciones forestales sobre el funcionamiento de los ecosistemas sudamericanos. *Ambiência* (Nesta edição).
- BERNAL, J. A. G.; CAMACHO; J. F. R.; ROBLES, L. A. . 2008. Minería de datos con información de contexto para la clasificación de imágenes satelitales. *Ambiência* (Nesta edição).
- COUTO, H.T.Z., JUSTO, G.C.; POLIZEL, J.L.; SILVA FILHO, D. F. Videografia digital na estimativa de carbono em florestas implantadas com espécies nativas. *Ambiência* (Nesta edição).
- COURA, S.M.C.; DUTRA, L.C. 2008. Análise multi-sensor de alta resolução espacial para aplicações florestais. In.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].
- DISPERATI, A.A., OLIVEIRA FILHO, P.C.; BRANDALIZE, A.; KRUGER, A. 2008. Potencial das imagens ADS40 para estudos florestais no contexto da floresta com Araucária. In.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].
- ERDENETUYA, M. 2008. Environmental monitoring in Mongolia supported with MODIS and FY-2C Satellite Data. 2008. IN: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium – ISPRS, Jul., 3-11, 2008. Beijing, China, Vol. XXXVII, Part B8. pp. 877 - 881.[CDROM].
- GALVÃO, L.S.; PONZONI, F.J.; LIESENBERG, V.; SANTOS, J.R. 2008. Possibilities of discriminating tropical secondary succession in Amazônia using hyperspectral and multiangular CHRIS/PROBA data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. (Article in press).
- GAMA, F.F. G.; SANTOS, J.R.; MURA, J.C.; RENNÓ, C.D. 2006. Estimativa de parâmetros biofísicos de povoamentos de Eucalyptus através de dados SAR. *Revista Ambiência*, Guarapuava, v. 2, p. 29-42. Edição Especial 1.
- GOMES, P; FERREIRA, M. C.; LINGNAU, C.; BOLFE, E.; SIQUEIRA, M. 2008. Segmentação e classificação de dossel florestal em imagens Quickbird. *Ambiência* (Nesta edição).
- LINGNAU, C.; SILVA, M. N.; LIMA, J.G.S.. 2008. Mensuração de árvores individuais a partir de dados LASER terrestre. *Ambiência* (Nesta edição).
- 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, 31 Jul.- 4 Aug., 2006. Proceedings. [CDROM].

MALTAMO, M., EERIKÄINEN, K., PITKÄNEN, J., HYYPPÄ, J., VEHMAS, M., 2004. Estimation of timber volume and stem density based on scanning laser altimetry and expected tree size distribution functions. *Remote Sensing of Environment* 90 (2004), pp. 319 -330.

NIEMANN, K.O.; FRAZER, G.; LOOS, R.; STEPHEN, R.; VISINTINI, F. Fusion of multisensor airborne data for tactical forest assessment. In.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].

SANTOS, A.L.; PABIS, L. Levantamento aéreo expedito para inventário florestal de reconhecimento. In.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].

SANTOS, J.R.; MURA, J.C.; PARADELLA, W.R.; DUTRA, L.V.; GONÇALVES, F.B. 2008. Mapping recent deforestation in the Brazilian Amazon using simulated L-band MAPSAR images. *International Journal of Remote Sensing*, v. 29, Issue 16, p. 4879 - 4884.

SANTOS, J.R.; GONÇALVES, F.G. 2008. Configuration of L-band polarimetric signatures and scattering mechanisms of forest targets in the Brazilian Amazon. IN: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium – ISPRS, Jul., 3-11, 2008. Beijing, China, Vol. XXXVII, Part B8. pp. 1075-1079.[CDROM].

SILVEIRA, E. M. O., CARVALHO, L. M. T.; ACERBI-JÚNIOR, F. W., MELLO, J. M.. 2008. Multiscale feature extraction of MODIS multitemporal vegetation index using wavelets. IN.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].

SOUZA, A.A.; GALVÃO, L.S.; SANTOS, J.R. 2008. Caracterização espectral de fisionomias de cerrado com dados hiperespectrais do sensor hyperion/eo-1. In.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].

TREUHAFT, R. N., CHAPMAN, B.D., SANTOS, J. R., GONÇALVES, GONÇALVES, F.G.; DUTRA, L. V.; GRAÇA, P. M. L. A. G., DRAKE, J.B.. 2008. The vegetation extinction ambiguity in forest profiles estimated from multibaseline interferometric SAR. In.: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS APLICADOS À ENGENHARIA FLORESTAL, 8. 2008 [CDROM].

RAUSTE, Y.; LONNQVIST, A.; AHOLA, H. 2008. Mapping boreal forest biomass with imagery from polarimetric and semi-polarimetric SAR sensors. *Ambiência* (Nesta edição).

REITBERGER, J.; SCHÖRR, CL.; KRZYSTEK, P.; STILLA, U. 2008. 3D segmentation of full waveform LIDAR data for single tree detection using normalized cut. IN: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium – ISPRS, Jul., 3-11, 2008. Beijing, China, Vol. XXXVII, Part B7. pp. 77-84.[CDROM].

WULDER, M. A.; WHITE, J. C.; COOPS, N. C.; MCDERMID, G. J.; HILKER, T.; FRANKLIN, S. E. 2008. Integration of LIDAR, optical remotely sensed, and ancillary data for forest monitoring and Grizzly bear habitat characterization. *Ambiência* (Nesta edição).

YÁÑEZ L.A.; HOMOLOVÁ L.B.; MALENOVSKÝ Z.A.; SCHAEPMAN, M. 2008. Geometrical and structural parameterization of forest canopy radiative transfer by LIDAR measurements. IN: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing Symposium – ISPRS, Jul., 3-11, 2008. Beijing, China, Vol. XXXVII, Part B7. pp. 45-50. [CDROM].

ZAWILA-NIEDZWIECKI, T., STERENCZAK, K.; BALAZY, R.; WENCEL, A.; STRZELINSKI, P.; ZASADA, M. 2008. The use of terrestrial and airborne LIDAR technology in forest inventory. *Ambiência* (Nesta edição).