

Referências para a Técnica 'Airborne Laser Scanning' ALS: Principais Autores e Trabalhos Publicados por Área de Aplicação

Maria Cecília Bonato Brandalize, *PUC Curitiba*
Jürgen Philips, *UFSC Florianópolis*

Conteúdo [[esconder](#)]

1. Introdução
2. Termos de Referência
3. Referências Básicas e Gerais para a Técnica ALS
4. Referências por Área de Aplicação
5. Considerações Finais

▶ [Resumo](#)

1. Introdução

A tecnologia LIDAR, graças ao desenvolvimento e aos avanços alcançados por outras áreas da ciência, vem ampliando substancialmente o conjunto de técnicas e sistemas de medição específicos de suas áreas de aplicação. Tal tecnologia compreende, entre outras, a técnica de varredura laser aerotransportada, também conhecida como técnica ALS (do inglês *Airborne Laser Scanning*).

Assim, ao iniciarmos o estudo do emprego da técnica ALS e dos sistemas de varredura laser a ela associados, deparamo-nos com uma série de publicações que incluíam desde artigos comerciais e científicos, até relatórios de agências e órgãos governamentais internacionais, além de alguns trabalhos de pesquisa nos níveis de mestrado e doutorado.

Ressaltamos, no entanto, que apesar da tecnologia LIDAR já existir a mais de três décadas, apenas recentemente (últimos sete anos) os sistemas de varredura laser aerotransportados conseguiram atingir o nível de desenvolvimento e eficácia que os tornou capazes de competir com processos tradicionais de obtenção de dados espaciais, como por exemplo, os levantamentos aerofotogramétricos.

Mas foi a entrada de alguns destes sistemas no mercado nacional, há mais de três anos, que despertou o interesse de diversos pesquisadores brasileiros fazendo surgir uma demanda por publicações na área. Verificamos, no entanto, que pela recente evolução e dissiminação da técnica ALS, poucos são os trabalhos publicados a nível mundial e raríssimos são os trabalhos publicados em português.

Nosso objetivo é, portanto, a partir de uma vasta pesquisa bibliográfica realizada nos últimos três anos, apresentar as publicações mundialmente reconhecidas como essenciais aos trabalhos de pesquisa desenvolvidos nesta área.

2. Termos de Referência

A tecnologia LIDAR, ao contrário do que muitos pesquisadores possam pensar, emprega sistemas sensores ativos tanto terrestres como aerotransportados, sendo que algumas áreas de aplicação compreendem, ainda, o emprego de sistemas espaçotransportados.

Uma vez que as pesquisas atualmente realizadas, em qualquer área ou nível de escolaridade, são todas desenvolvidas com base em informações obtidas via World Wide Web (WWW), é muito comum o pesquisador perder um tempo precioso com consultas e visitas a páginas ou sites que pouco ou nada tem a ver com o assunto pesquisado.

Por estas razões, concluímos ser importante apresentar, em primeiro lugar, os diferentes termos compreendidos pela tecnologia LIDAR (e que os diferenciam dos empregados pela técnica ALS), com o intuito de auxiliar pesquisadores iniciantes a otimizar seu tempo de consulta à Internet.

É importante ressaltar que a tecnologia LIDAR é bem mais abrangente e compreende outras técnicas além da ALS, portanto, a lista de termos de referência a seguir pretende identificar cada técnica e, simultaneamente, ampliar o conhecimento dos pesquisadores iniciantes no assunto.

TERMO PRINCIPAL	SIGNIFICADO ORIGINAL	TERMOS ASSOCIADOS
LIDAR	Light Detection and Ranging	Laser RADAR LADAR (Laser Detection and Ranging)
		Atmospheric LIDAR
ALS	Airborne Laser Scanning	Laser Altimetry Topographic LIDAR Airborne Laser Mapping ALSM (Airborne Laser Swath Mapping) ALTM (Airborne Laser Terrain Mapper)
ALB ALH	Airborne Laser Bathymetry Airborne Laser Hydrography	Bathymetric LIDAR Hydrographic LIDAR
LS	Laser Scanning	Terrestrial Ground-Based Tripod-Mounted
		Airborne
		Spaceborne

O quadro acima identifica, portanto, a tecnologia LIDAR e os termos a ela associados, bem como, identifica os termos associados à técnica ALS, os termos associados às demais técnicas (batimétrica ou hidrográfica e atmosférica) e os termos gerais empregados em função da plataforma utilizada (terrestre, aerotransportada e espaçotransportada).

3. Referências Básicas e Gerais para a Técnica ALS

Classificamos ainda, em relação à técnica ALS, algumas publicações consideradas essenciais àqueles que estão iniciando seus estudos neste assunto. As publicações relacionadas a seguir compreendem, portanto, conceitos básicos, principais tecnologias associadas, sistemas e aplicações.

AUTOR	ARTIGO PUBLICADO	CONTEÚDO
ACKERMANN, F. (1999)	Airborne laser scanning: present status and future expectations	Descrição dos principais componentes de um sistema ALS, comparação com a Fotogrametria, desenvolvimentos futuros
AXELSSON, P. (1999)	Processing of laser scanner data: algorithms and applications	Etapas do processamento dos dados obtidos com sistemas ALS
BALTSAVIAS, E. (1999)	Airborne laser scanning: basic relations and formulas	Visão geral das relações básicas e fórmulas relativas aos sistemas de varredura laser aerotransportados
	Airborne laser scanning: existing systems and firms and other resources	Visão geral dos recursos de vários sistemas ALS.
	A comparison between photogrammetry and laser scanning	Aspectos comuns e maiores diferenças entre as duas técnicas
BURTCH, R. (2002)	LIDAR principles and applications	Descrição da técnica ALS, vantagens e desvantagens, acurácias
CASELLA, V. (1999)	Introduction to airborne laser scanning: a GPS-INS based technique	Principais características da varredura laser, captura e processamento de dados ALS
GUANGPING, H. E. (1997)	Airborne laser survey systems: technology and applications	Descrição dos componentes de um sistema ALS, procedimentos de levantamento e aplicações
HANCOCK, J. et al. (1998)	Active laser radar for high performance measurements	Estado da arte da tecnologia Laser Radar 3D
PETZOLD, B. et al. (1999)	Laser scanning: surveying and mapping agencies are using a new technique for the derivation of digital terrain models	Descrição de vários testes realizados na Alemanha com base em dados espaciais obtidos com sistemas ALS
SATALE, D. M. e KULKARNI, M. (2002)	LIDAR in mapping	Comparação e integração com a Fotogrametria, aplicações

TURTON, D. e JONAS, D.(1999)	Airborne laser scanning: a new technology for the supply of spatial data	Discute a tecnologia, algumas aplicações, acurácias e produtos derivados
WEHR, A. e LOHR, U.(1999)	Airborne laser scanning: an introduction and overview	Introdução e visão geral de vários tópicos relacionados à varredura laser aerotransportada
WEVER, C. e LINDENBERGER, J. (1999)	Experiences of 10 years laser scanning	Princípios da varredura laser, produtos, aplicações, acurácia

Os trabalhos relacionados acima constituem artigos publicados em eventos internacionais (conferências, simpósios e congressos), bem como, em revistas e jornais especializados. As publicações que tratam o assunto em maior profundidade, como livros (ou partes de livros) e relatórios de pesquisa, estão relacionadas a seguir.

AUTOR	LIVRO OU RELATÓRIO PUBLICADO	CONTEÚDO
AIRBORNE 1 CORPORATION (2004)	LIDAR industry directory	Relatório publicado anualmente sobre os sistemas ALS fabricados e comercializados no mundo e sobre as principais indústrias fabricantes, prestadoras de serviço e voltadas à pesquisa
LILLESAND, T. M. e KIEFER, R. W. (2000)	Remote sensing and image interpretation	Capítulo 8 – Microwave Sensing, Seção 8.21, descreve os princípios da tecnologia LIDAR e as diversas técnicas por ela compreendidas
MAUNE, D. F. (2001)	Digital elevation model technologies and applications: the DEM users manual	Capítulo 7 – Topographic LIDAR, explica as capacidades e limitações da técnica ALS

4. Referências por Área de Aplicação

A técnica ALS é aplicada, principalmente, em levantamentos de:

- Superfícies cobertas por água ou gelo
-
- Zonas costeiras
-

- Áreas de vegetação
-
- Áreas urbanas
-
- Áreas de risco
-
- Faixas de dutos, linhas de transmissão e estradas (ferrovias, rodovias, hidrovias)
-

Assim, na seqüência encontram-se as principais publicações relativas às aplicações elencadas acima.

AUTOR	TRABALHO PUBLICADO	CONTEÚDO
GEIST, T. et al. (2003)	Airborne laser scanning technology and its potential for applications in glaciology	Monitoramento glacial, aquisição de dados ALS e geração de DEMs, comparação com outras técnicas de Sensoriamento Remoto
JONAS, D. (2001)	Dunwich irrigation area: comparing airborne laser scanning with photogrammetry	Relatório sobre o emprego da técnica ALS em áreas de irrigadas densamente vegetadas
LUTZ, E. et al. (2003)	Investigations of airborne laser scanning signal intensity on glacial surfaces: utilizing comprehensive laser geometry and orthophoto surface modeling	Estudo sobre a influência da geometria e tipo de superfície na intensidade do sinal laser emitido por sistemas ALS
PEREIRA, L. M. e WICHERSON, R. J.(1999)	Suitability of laser data for deriving geographical information: a case study in the context of management of fluvial zones	Monitoramento de zonas fluviais utilizando a técnica ALS.
SPINNEY, J. (2001)	Environmental application of LIDAR data: exploring high-resolution watershed delineation	Geração de DEMs de alta resolução para o delineamento de divisores de água secundários e terciários
TURTON, D. e O'HAGAN, B. (2002)	The story of a survey to determine water storage capacity	Gerenciamento de recursos hídricos utilizando a técnica ALS.

AUTOR	TRABALHO PUBLICADO	CONTEÚDO
FLOOD, M. (2000)	Airborne laser altimetry: a cost effective tool for mapping coastal zone topography	Aplicações da técnica ALS no gerenciamento de zonas costeiras

MEREDITH, A. W. et al. (1998)	An assessment of NASA's airborne topographic mapper instrument for beach topographic mapping	Necessidades e benefícios potenciais da aplicação da técnica ALS no mapeamento costeiro
NOAA (USA) (2000)	Topographic LIDAR: an emerging beach management tool – the Northwest Project	Relatório do NOAA sobre a conservação e gerenciamento dos recursos costeiros dos EUA utilizando a técnica ALS
POPULUS, J. et al. (2001)	Assessment of the LIDAR topographic technique over a coastal area	Discute os resultados obtidos em levantamentos realizados, sobre áreas costeiras, empregando a técnica ALS
POPULUS, J. et al. (2004)	Surveying coastal zone topography with airborne remote sensing for benthos mapping	O emprego da técnica ALS na determinação do relevo e no mapeamento da biodiversidade de áreas costeiras

AUTOR	TRABALHO PUBLICADO	CONTEÚDO
DUBAYAH, R. O. e DRAKE, J. (2000)	LIDAR remote sensing for forestry applications	Revisão de conceitos sobre a tecnologia LIDAR, seu uso corrente e futuro em florestas
GILLESPIE, D. (2001)	Characterization of spatial relationships among forest canopy height, proximity to streams, and slope using LIDAR	Estudo sobre as variações de altura da cobertura vegetal e da relação entre esta altura e a declividade, utilizando dados LIDAR
MIQUELES, M. e CENTENO, J. (2003)	Deteção e caracterização de vegetação usando dados do laser scanner aerotransportado	Apresenta os resultados obtidos de um estudo cuja finalidade é classificar diferentes tipos de vegetação sobre imagem obtida com a técnica ALS
MORS DORF, F. et al. (2003)	The potential of high resolution airborne laser scanning for deriving geometric properties of single trees	Implementação de um algoritmo para a derivação de parâmetros estruturais para árvores individuais
SCHIMIDT, F. (2000)	Agricultural applications of laserscanner DEMs: quality requirements and analysis methods	O uso de DEMs gerados por varredura laser como fonte de dados valiosa para a agricultura de precisão

WITTE, C. et al. (2000)	Airborne laser scanning: a tool for monitoring and assessing the forests and woodlands of Australia	Relatório que descreve uma metodologia para inventário florestal utilizando sistemas de varredura laser aerotransportados
--------------------------------	--	--

AUTOR	TRABALHO PUBLICADO	CONTEÚDO
CENTENO, J. et al. (2000)	Análise de modelos numéricos de elevação derivados de laser scanner para o monitoramento urbano	Detecção de construções irregulares e alterações das construções existentes a partir de dados coletados da varredura laser
HAALA, N. e BRENNER, C. (2001)	City model data acquisition from laser scanning	Reconstrução geométrica de ambientes urbanos, avaliação da qualidade e aspectos da automação
MAAS, H.-G. (1999)	Fast determination of parametric house models from dense airborne laserscanner data	Detecção e modelagem de objetos artificiais urbanos (edificações) a partir de dados ALS
PALMER, T. e SHAN, J.(2002)	A comparative study on urban visualization using LIDAR data in GIS	Aplicação de dados LIDAR e imagens digitais na visualização 3D de cenas urbanas em um ambiente SIG
STEINLE, E. et al. (1999)	Assessment of laser scanning technology for change detection in buildings	A viabilidade de aplicação da varredura laser na detecção de mudanças no ambiente urbano
VÖGTLE, T. e STEINLE, E. (2000)	3D modeling of buildings using laser scanning and spectral information	Modelagem 3D d edificações baseada em dados ALS (DEMs) combinados a informações espectrais
VOSELMAN, G. (2003)	3D reconstruction of roads and trees for city modeling	Produção de modelos urbanos 3D por meio de dados altimétricos obtidos de varredura laser

AUTOR	TRABALHO PUBLICADO	CONTEÚDO
HARDING, D. (2000)	Fault scarp detection beneath dense vegetation cover: airborne LIDAR mapping of the Seattle fault zone	Traçado de feições geomórficas associadas a linhas de falha por meio da técnica ALS

KRAUS, K. (2003)	Laserscan DTMs for modeling flood risk areas	Vantagens da aplicação de modelos digitais do terreno na modelagem de áreas com risco de enchente
RIAÑO, D. et al. (2003)	Modeling airborne laser scanning data for the spatial generation of critical forest parameters in fire behavior modeling	Apresenta métodos de varredura laser aerotransportados na recuperação de parâmetros florestais que são críticos à modelagem e ao estudo do comportamento do fogo
SARKILLA, J. (2001)	Digital terrain modeling for flood analysis and impact assessment in emergency action planning	Aplicação de métodos automáticos na produção de modelos acurados e econômicos para análise de enchentes
VALLET, J. et al. (2000)	Development of a helicopter-based integrated system for avalanche mapping and hazard management	Mapeamento de desastres naturais com o auxílio de sistemas que integram várias tecnologias: varredura laser, GPS, INS e câmaras digitais

AUTOR	TRABALHO PUBLICADO	CONTEÚDO
BERG, R. eFERGUSON, J.(2000)	Airborne laser mapping for highway engineering applications	Investigação do potencial do mapeamento laser no levantamento de rodovias e no estudo de traçados e rotas
BRZEZINSKA, D. et al. (2001)	Traffic management: sensor and platform issues	Relatório de um projeto para seleção de plataformas apropriadas, de sensores de navegação e de sensores imageadores para estimativas de fluxo de tráfego por sensoriamento remoto
HATGER, C. (2002)	Assigning the 3rd. dimension to roads by use of laser scanning data	Apresenta uma abordagem para identificar objetos relacionados a estradas nos conjuntos de dados ALS
JASELSKIS, E. et al. (2003)	Pilot study on improving the efficiency of transportation projects using laser scanning	Relatório que descreve os resultados de um projeto piloto para investigação do uso da varredura laser em aplicações de transporte

VENEZIANO, D. et al. (2002)	Evaluation of LIDAR for highway planning, location and design	Propõe uma metodologia para utilizar dados LIDAR em conjunto com mapeamento fotogramétrico para acelerar a locação de estradas e as atividades de projeto
-----------------------------	---	---

Obviamente que a quantidade de trabalhos publicados (artigos e relatórios de pesquisa) é maior do que a apresentada acima. O nosso objetivo, no entanto, não é indicar todas as referências disponíveis, mas, chamar a atenção do pesquisador para os principais trabalhos e autores de cada área de aplicação, bem como, para as variadas formas utilizadas na referenciação de cada assunto.

5. Considerações Finais

Ressaltamos que os trabalhos acima apresentados encontram-se todos disponíveis na Internet, no formato PDF. Encontram-se também disponíveis trabalhos publicados no formato HTML e algumas apresentações no formato PPT.

É possível encontrar ainda, na Internet, listas de bibliografias relacionadas ao assunto, com links para os resumos (*abstracts*), para o artigo integral (*full paper*) ou para a página particular do autor (ou autores).

Entre os sites mais completos encontram-se:

- O da Universidade de Delft (Holanda):
 - <http://www.geo.tudelft.nl/frs/laserscan/index.html>
 -
 -
- O da Universidade de Stuttgart (Alemanha):
 - www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/
 -
 -
- O da Universidade de Zurich (para o termo ALS):
 - <http://www.geo.unizh.ch/rsi/services/bibliographies/lidar/Keyword/AIRBORNE-LASER-SCANNING.html>
 -
 -
- O da Universidade de Zurich (para o termo LS):
 - <http://www.geo.unizh.ch/rsi/services/bibliographies/lidar/Keyword/LASER-SCANNING.html>
 -
 -
- O do professor Hans-Gerd Maas (Universidade de Dresden):
 - http://rcswww.urz.tu-dresden.de/~hmaas/hg_maas.html
 -
 -
- O do professor Norbert Pfeifer (Universidade de Delft):
 - <http://www.geo.tudelft.nl/frs/staff/norbert/articles+abstracts/publications.html>
 -
 -
- O da GISDevelopment (artigos apresentados em conferências, foruns e workshops):
 - <http://www.gisdevelopment.net/proceedings/>
 -
 -
- O do Workshop da ISPRS de 2003 sobre Dados ALS e INSAR:

- http://www.isprs.org/commission3/wg3/workshop_laserscanning/
-
-

Esperamos que, com as informações disponibilizadas neste artigo, alunos de graduação, mestrado e doutorado possam realizar suas pesquisas nesta área do conhecimento, de forma mais rápida e eficiente.