



Airborne Laser Scanning: Uma Avaliação dos cinco Anos de Introdução da Técnica no Brasil e sua Contribuição para a Cartografia

Maria Cecília Bonato Brandalize, *PUCPR Curitiba*
Amauri Alfredo Brandalize, *Esteio S.A., Curitiba*

Conteúdo [[esconder](#)]

1. Introdução
2. Sistemas ALS, LIDAR e LADAR
3. Estado Atual dos Sistemas ALS no Mundo e no Brasil
4. Contribuição dos Sistemas ALS para a Cartografia Brasileira
5. Considerações Finais
6. Referências bibliográficas

► Resumo

1. Introdução

A Varredura Laser Aerotransportada, ou *Airborne Laser Scanning* (ALS), utiliza-se de dispositivos de posicionamento (GPS e Giroscópio) e de emissores/receptores/defletores de feixes laser para determinação das distâncias e, conseqüentemente, das coordenadas tridimensionais dos variados elementos que compõem a superfície do terreno. Tal técnica, introduzida no Brasil em 2001, es completando cinco anos de ininterruptas aplicações. O presente trabalho avalia os cinco anos percorridos desde a introdução da técnica no Brasil, apresentando os avanços tecnológicos alcançados pelos fabricantes dos sistemas neste período, relacionando os sistemas atualmente disponíveis mapeamento do território brasileiro, bem como, apresentando as áreas de aplicação da referida técnica. Para tanto, foi realizado um levantamento junto às empresas privadas proprietárias de tais sistemas no território nacional, relativamente às características de cada sistema, dificuldades encontradas para a implantação da técnica em projetos de mapeamento, principais projetos de mapeamento desenvolvidos e produtos obtidos. Do referido levantamento, constatou-se que tantos projetos desenvolvidos no Brasil como os produtos obtidos no período são bastante diversific Evidenciou-se, ainda, um interesse crescente da academia em validar a qualidade de tais produtos e em desenvolver novos processos de avaliação dos resultados obtidos com tais sistemas. A natureza definição e qualidade dos dados ALS são temas constantes de estudo entre os pesquisadores da área, que ainda desenvolvem trabalhos sobre detecção de bordas, volumes urbanos/florestais e mapeamento temático.

2. Sistemas ALS, LIDAR e LADAR

A técnica ALS (*Airborne Laser Scanning*), ou em português VLA (Varredura Laser Aerotransportada), permite a coleta de nuvens de pontos distribuídos (semi ou aleatoriamente) sobre a superfície do terreno e, a partir do processamento *off-line* (pós-processamento) destas nuvens, a obtenção das coordenadas 3D georreferenciadas dos pontos coletados e a conseqüente geração de modelos digitais 3D (DEMs, DTMs e DSMs) da superfície varrida (BRANDALIZE, 2003).

Introduzida no Brasil em 2001, quando uma empresa nacional de aerolevantamentos adquiriu o primeiro sistema ALS comercial da América do Sul, a referida técnica vem sendo empregada como meio de agilizar a coleta de dados de elevação e o conseqüente processo de geração de ortofotocartas

em diversos serviços de mapeamento desenvolvidos no território nacional (BRANDALIZE, 2003).

Um sistema ALS é operado a bordo de aeronaves (aviões ou helicópteros) e é constituído, basicamente, por:

1. LRF (*Laser Rangefinder*), responsável pela medida das distâncias entre o sistema e a superfície do terreno;
2. Sistema de varredura (*Scanner*), responsável pela deflexão dos pulsos laser emitidos pelo LRF, transversalmente à linha de vôo;
3. Sistema que integra instrumentos de posicionamento (GPS - *Global Positioning System*) e orientação (IMU - *Inertial Measurement Unit*), normalmente denominado POS (*Position and Orientation System*);
4. Sistema de imageamento (integração com sensores passivos de diversos tipos: câmaras de vídeo analógicas ou digitais, câmaras digitais não métricas, câmaras métricas analógicas ou digitais, sensores multi e hiperespectrais);
5. Sistema de controle, responsável pelo suprimento de energia necessária ao funcionamento das demais unidades, pela contagem e marcação do tempo relativo a cada medida realizada pelo sistema e, pelo armazenamento dos dados coletados;
6. Estações de referência terrestres (GPS); e
7. Unidades de processamento (computadores e *softwares* específicos).

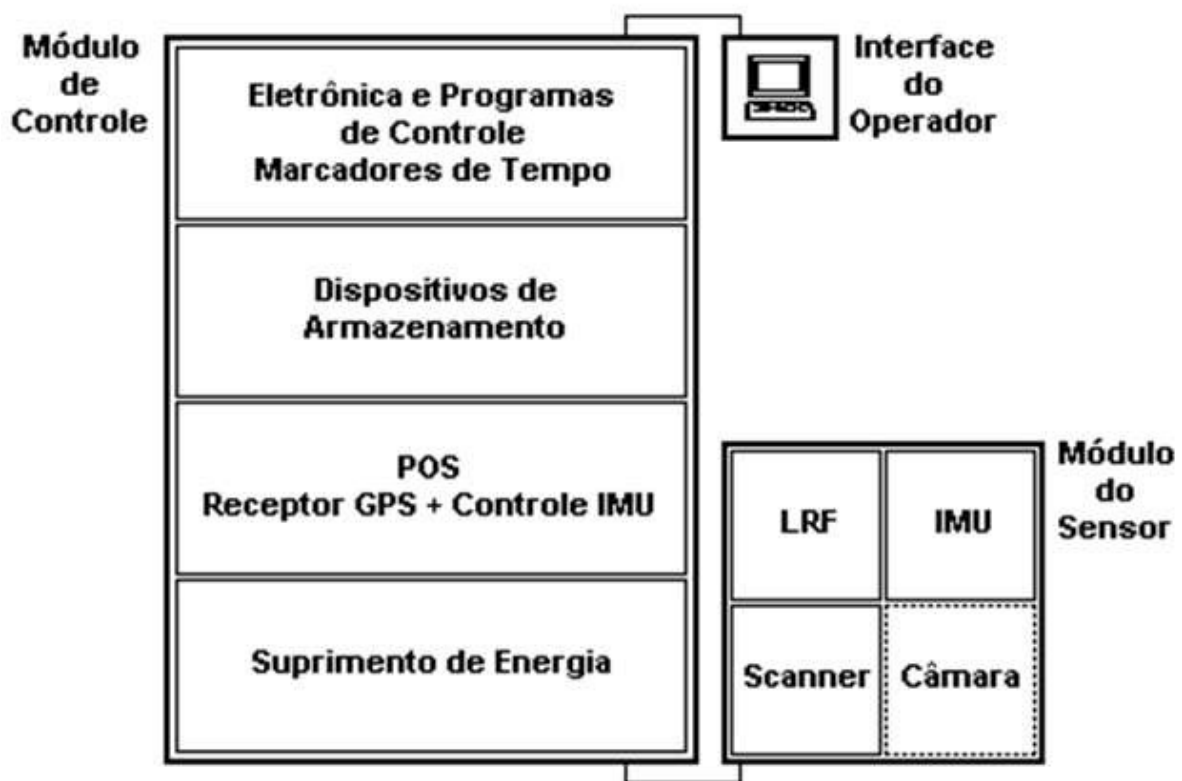


Figura 1 : Elementos de um Sistema ALS: Módulo Aéreo

Fonte: BRANDALIZE (2004)

Outros termos freqüentemente empregados para referência à técnica ALS são: LIDAR (*Light Detection and Ranging*), ou ainda, LADAR (*Laser Detection and Ranging*).

Atualmente, são três os tipos de sistemas LIDAR existentes (FOWLER, 2001): topográficos, batimétricos ou hidrográficos, e atmosféricos. Destes, interessa para o nosso estudo os topográficos, ou seja, aqueles que permitem determinar as coordenadas tridimensionais absolutas de pontos e objetos situados sobre a superfície do terreno.

Segundo LILLESAND & KIEFER (2000), o LIDAR topográfico é um sistema ativo que envolve o uso de uma radiação laser emitida em direção à superfície do terreno e que tem por objetivo a determinação das elevações desta superfície. Ainda segundo estes mesmos autores, os primeiros sistemas exclusivamente topográficos envolviam o uso de dispositivos perfiladores (*profilers*) que obtinham dados de elevação ao longo de uma única linha do terreno (linha de passagem da aeronave) e, devido ao seu funcionamento complexo e utilização limitada, não permitiam o levantamento de grandes áreas da superfície terrestre a um custo viável. Assim, somente a partir da década de 90, com o

desenvolvimento dos dispositivos de varredura, tais sistemas passaram a ser utilizados com mais vantagens.

Outros autores ainda fazem distinção entre os sistemas LIDAR terrestres (utilizam plataformas fixas e móveis sobre o terreno), os aerotransportados (a bordo de aeronaves) e os espaciais (a bordo de espaçonaves e satélites artificiais).

Segundo DUBAYAH et al. (2000), os termos LIDAR e *altimetria laser* têm atualmente o mesmo significado, embora originalmente fossem considerados distintos. Estes mesmos autores afirmam, ainda, que existe um senso comum crescente no sentido de rotular todas as observações laser da superfície terrestre como altimetria laser (*laser altimetry*) e todas as observações laser da atmosfera terrestre como LIDAR.

3. Estado Atual dos Sistemas ALS no Mundo e no Brasil

Uma pesquisa realizada por FLOOD (2003) constatou que, em termos mundiais, até meados daquele mesmo ano, haviam 83 organizações (privadas, governamentais e de pesquisa) operando 86 sistemas ALS, distribuídos conforme a Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 : Distribuição dos Sistemas ALS em Operação no Mundo, até Meados de 2003, por Fabricante

Fonte: BRANDALIZE (2004)

Sistema ALS (Modelo)	Fabricante	Número de Sistemas Comercializados	Mercado
ALTM	Optech Inc.	42	48,8%
ALS	Leica Inc.	16	18,6%
TopEye	TopEye AB	7	8,2%
Falcon	TopoSys GmbH	2	2,3%
Outros	Vários	19	22,1%

Aquela mesma pesquisa apontou como os referidos sistemas encontravam-se geograficamente distribuídos, segundo os continentes (Tabela 2).

Tabela 2

: Distribuição dos Sistemas ALS em Operação no Mundo, até Meados de 2003,
pela Localização Geográfica

Fonte: Adaptado de BRANDALIZE (2004)

Continente	Total Sistemas	Leica	Optech	TopEye	TopoSys	Outros
África	3	-	2	1	-	-
América Norte	46	11	16	2	-	17
América Sul	4	-	3	-	-	1
Ásia e Austrália	12	4	8	-	-	-
Europa	21	1	13	4	2	1
Total Geral	86	16	42	7	2	19

De acordo com os dados compilados por FLOOD (2003), o Brasil dispunha, na época, de três sistemas ALS (apresentados em detalhes na Tabela 3 a seguir).

Tabela 3 : Distribuição dos Sistemas ALS em Operação no Brasil,
até Meados de 2003

Fonte: BRANDALIZE (2003)

Sistema ALS Modelo	Fabricante	Aquisição	Empresa	Sede/Local
ALTM 2025	Optech Inc.	06/2001	Esteio S.A.	Curitiba - PR
ALTM 1225	Optech Inc.	01/2002	Geoid Ltda.	Belo Horizonte - MG
ALTM 2050	Optech Inc.	09/2002	Lactec - UFPR	Curitiba - PR

Adquiridos de um mesmo fabricante (Optech Inc.), os sistemas apresentados têm características bastante semelhantes, diferindo apenas na altitude operacional máxima de vôo (1.200 e 2.000 metros) e na taxa de repetição do laser (25 e 50 kHz) (BRANDALIZE, 2003).

Uma pesquisa recente realizada pela LEICA GEOSYSTEMS INC. (2006) concluiu que houve, de meados de 2003 até meados de 2006, um crescimento de 86,1% relativamente aos sistemas ALS operação no mundo. Porém, o panorama dos fabricantes alterou-se significativamente, como mostra Tabela 4 a seguir.

Tabela 4 : Distribuição dos Sistemas ALS em Operação no Mundo, até Meados de 2006, por Fabricante

Fonte: LEICA GEOSYSTEMS INC. (2006)
* Relativo ao Número de Sistemas por Fabricante

Sistema ALS (Modelo)	Fabricante	Número de Sistemas Comercializados	Mercado	Crescimento* 2003-2006
ALTM	Optech Inc.	70	43,7%	66,7%
ALS	Leica Inc.	49	30,6%	306,3%
TopEye	TopEye AB (Saab)	6	3,8%	-14,3%
Falcon	TopoSys GmbH	3	1,9%	50%
Outros	Vários	32	20,0%	68,4%
Total	160	100%	86,1%	&m;

Da Tabela 4 conclui-se que houve um crescimento significativo do mercado de sistemas ALS por parte da fabricante Leica Geosystems Inc., porém, houve também um crescimento significativo dos sistemas ALS fabricados *in-house* (denominados sistemas proprietários).

No Brasil, houve um crescimento de 33,3% no número de sistemas desde 2003 (passou de três para quatro sistemas em operação), porém, o número de empresas prestadoras de serviços de varredura não se alterou.

Tabela 5

: Distribuição dos Sistemas ALS em Operação no Mundo, até Meados de 2006, pela Localização Geográfica

Fonte: Adaptado de BRANDALIZE (2004)

Continente	Total Sistemas	Leica	Optech	TopEye	TopoSys	Outros
África	4	-	2	1	1	-
América Norte	81	26	27	2	-	26
América Sul	4	1	3	-	-	-
Ásia e Austrália	42	17	21	-	-	4
Europa	29	5	17	3	2	2
Total Geral	160	49	70	6	3	32

Pela Tabela 5 é possível verificar que o número de sistemas em operação, nos últimos três anos, quase duplicou na América do Norte e quase quadruplicou na Ásia e Austrália, permanecendo praticamente o mesmo na Europa, África e América do Sul.

4. Contribuição dos Sistemas ALS para a Cartografia Brasileira

Com a introdução dos sistemas ALS no mercado brasileiro de mapeamento (período 2001-2002), houve uma preocupação inicial, por parte das empresas prestadoras de serviço de mapeamento, bem como, por parte das instituições usuárias de cartografia de base e dos pesquisadores da área de

cartografia, relativamente à qualidade dos dados obtidos das varreduras. Desta forma, vários trabalhos de mestrado e doutorado tiveram como foco, nos anos subseqüentes, a análise da qualidade plano-altimétrica dos resultados obtidos com estes sistemas. Depois de comprovada a qualidade cartográfica destes resultados e verificada sua concordância com os padrões de exatidão cartográfica vigentes (PEC), iniciou-se um processo, tanto nas empresas prestadoras de serviços como nas universidades, de direcionamento dos estudos para as possíveis aplicações dos resultados do sistema. Enquanto o interesse dos prestadores de serviço está voltado para uma maior abertura do mercado de mapeamento e, conseqüentemente, para uma amortização mais rápida dos investimentos que este tipo de sistema requer, o interesse dos pesquisadores está voltado, principalmente, para o desenvolvimento e teste de algoritmos que possam melhor representar o relevo da superfície varrida (modelagem), bem como, para a extração automática de feições, com o objetivo de ampliar o funcionamento de tais sistemas para além do simples georreferenciamento 3D de pontos da superfície levantada.

Assim, em um levantamento realizado junto às empresas nacionais que prestam serviços de varredura laser aerotransportada, verificou-se as tendências de aplicação com base nos projetos executados ao longo dos últimos cinco anos. Observa-se que nem todas as empresas se propuseram a revelar os projetos de varredura executados neste período. Assim, foi feito um levantamento junto ao sítio de algumas destas empresas na Internet a fim de verificar quais projetos foram executados, ou ainda, em quais áreas tais empresas vêm atuando.

Dos levantamentos mencionados, constatou-se que foram varridos (por apenas uma das empresas contatadas):

1. Cerca de 10.000 km² de dutos (óleo e gás);
2. Cerca de 2.400 km² de corredores de energia;
3. Cerca de 2.000 km² de áreas de mineração;
4. Cerca de 1.000 km² de áreas urbanas; e
5. Cerca de 230 km² de estradas.

Os principais produtos gerados destas varreduras foram:

1. Curvas de nível com equidistância de 1m e 5m;
2. Imagens hipsométricas e de intensidade;
3. Imagens de composição;
4. MDEs e MDTs; e
5. MEVs.

Muitos destes levantamentos (executados comercialmente) estão sendo utilizados por pesquisadores (de universidades) para análise da qualidade dos resultados obtidos em áreas específicas (como as urbanas e florestadas), para estudo e desenvolvimento de algoritmos de classificação e filtragem e extração de feições.

Das demais empresas pesquisadas, uma atua na P&D em diversas áreas do conhecimento, especificamente, na área de geração e transmissão de energia e, portanto, as varreduras executadas e as pesquisas realizadas estão relacionadas aos corredores de transmissão de energia (linhas e torres) e às áreas destinadas à geração de energia (bacias hidrográficas e centrais hidrelétricas). Verificou-se pelas publicações, que a empresa também realiza estudos (com base nos resultados de varreduras laser) em hidrologia urbana.

A terceira empresa pesquisada (de acordo com o sítio na Internet) também realiza varreduras nas áreas mencionadas acima (urbana, rural, mineração, energia elétrica, telecomunicações, e reflorestamentos), porém, não foram encontradas publicações nem projetos específicos a ela relacionados.

5. Considerações Finais

No início da década atual (2001), as maiores preocupações dos fabricantes de sistemas ALS giravam em torno da calibração dos sistemas, da sua performance, das ferramentas (*softwares*) utilizadas para o processamento dos dados brutos e do treinamento dos futuros usuários.

Atualmente, superados os problemas iniciais de calibração e de performance, a integração dos sensores em um único sistema está cada vez mais consistente e o desempenho alcançado pelo conjunto é extraordinário, principalmente no que diz respeito à altura de voo (80m a 6.000m), ao ângulo de varredura (0° a ±37,5°), à taxa de repetição do laser (10kHz a 150kHz), ao número de retornos (1 a 4) e à precisão altimétrica dos pontos varridos (±5cm a ±35cm, dependendo das condições da

varredura).

Relativamente às ferramentas utilizadas para o processamento dos dados brutos ALS coletados constata-se uma evolução importante na implementação de novos algoritmos de classificação e filtragem de pontos, de geração de grades e modelagens, de extração de feições e de manipulação das nuvens de pontos resultantes (cada vez maiores). Houve, portanto, neste período (2001-2006) consolidação de *softwares* voltados para a manipulação de dados ALS (desenvolvidos pelos próprios fabricantes e comerciais, tais como o TerraScan e o TerraModeler), além da implementação de rotinas em *softwares* consagrados comercialmente (como o ArcGIS).

Quanto ao treinamento dos usuários, pode-se afirmar que, apesar da constante evolução das interfaces e dos softwares, ainda existe a barreira da língua (todos os softwares proprietários e comerciais são escritos em inglês) e a barreira da tecnologia, que é relativamente nova, não está contemplada pe currículos dos cursos de graduação das áreas afins à cartografia e, portanto, exige um investimento, por parte das empresas prestadoras de serviço, muito grande na formação de pessoal especializado.

Por fim, as contribuições desta tecnologia para com a cartografia são, sem dúvida alguma, muito importantes. A cartografia, por meio da tecnologia ALS, tornou-se muito mais eficiente e eficaz. A rapidez e precisão com que determinados produtos (curvas de nível, modelos digitais e ortofotos) são obtidos atualmente superam as expectativas dos proprietários dos sistemas ALS e validam os investimentos requeridos pela tecnologia.

6. Referências bibliográficas

- **BRANDALIZE, M.C.B.:** *Estado atual dos sistemas ALS no Brasil e no Mundo*, Portal MundoGeo, Revista MundoGeo Online, Seção Mapeamento, set. 2003.
- **BRANDALIZE, M.C.B.:** *A qualidade cartográfica dos resultados do laserscanner aerotransportado*, Tese de Doutorado, UFSC, Florianópolis 2004.
- **DUBAYAH, R.O. et al.:** *Land surface characterization using LIDAR remote sensing*, In: *Spatial information for land use management*, International Publishers Direct, p. 25-38, Singapore 2000.
- **FLOOD, M.:** *Industry directory*, Disponível em: , Acesso em: 16 jun. 2003.
- **FOWLER, R.:** *Topographic LIDAR*, In: MAUNE, D. F. (Ed.), *Digital elevation model technologies and applications*, The DEM users manual, ASPRS, cap.7, p. 207-236, Bethesda 2001.
- **LEICA GEOSYSTEMS INC.:** *ALS market share*, Denver 2006.
- **LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W.:** *LIDAR*, In: *Remote sensing and image interpretation*, John Wiley & Sons, 4.ed., p. 700-710, New York 2000

