

## SISTEMA LASER SCANNER

NASCIMENTO JÚNIOR, J. O. DO<sup>1</sup>; SCHULER, C. A. B<sup>2</sup>; CAVALCANTE, R. B. DE S.<sup>3</sup>

**Resumo:** O sistema de varredura a laser utiliza técnica ativa, na qual o instrumento emite milhares de pulsos lasers por segundo, normalmente de luz infravermelha. Este sistema possibilita a geração de Modelos Digitais do Terreno (MDT) e Modelos Digitais de Elevação (MDE) de uma área de forma relativamente rápida e com precisão altimétrica. O instrumento mede as distâncias, a intensidade da energia refletida pelo objeto e os parâmetros de atitude do feixe, gerando uma nuvem densa de pontos. O objetivo deste trabalho é apresentar como o sistema funciona, suas características e algumas aplicações.

Palavra chave: Laser scanner.

**Abstract:** *The system of laser scanning uses active technical, where the instrument releases millions of lasers pulses per second, normally infra-red ray, with this system is possible to create Digital Terrain Models (DTM) and Digital Elevation Models (DEM) of an area with relative speed and altimetric precision. The scanner measures the distances, the energy intensity reflected by the object and the altitude parameters of the ray released by the scanner, creating a cloud with a big point amount. The main purpose of this paper is explain about the system functioning, its characteristics and some applications.*

Keywords: *Laser Scanning.*

### 1. Introdução

A idéia originaria do que vinha a ser LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, ou amplificação da luz pela emissão estimulada de radiação), foi concebida por volta de 1905, quando Albert Einstein sugeriu que os átomos das fontes luz fossem estimulados artificialmente para emitir fótons. Esta emissão estimulada de luz iria produzir uma fonte de luz altamente concentrada, brilhante, e poderosa.

A partir daí, muitos cientistas desenvolveram vários tipos de lasers, com diversos tipos de materiais diferentes para ser usado como emissor. Nos dias de hoje o laser é usado em inúmeras

<sup>1</sup> Eng. Agrimensor, Eng. Agrimensor, Mestrando em Ciências Geodésicas - UFPE - Recife, PE, jon\_junior\_eng@hotmail.com

<sup>2</sup> Dr. Ciências Florestais Carlos Alberto Borba Schuler – Docente da UFPE - Recife, PE, cschuler@ufpe.br

<sup>3</sup> - Eng. Agrimensor - Mestrando em Ciências Geodésicas - UFPE - Recife, PE, asp\_braga@hotmail.com

aplicações, como a gravação e reprodução de CDs e DVDs, na fibra óptica, do código de barras e até em mísseis teleguiados (MACHADO, 2006).

A tecnologia de varredura a laser é um aperfeiçoamento destes princípios. E nos últimos anos têm sido utilizados em diversas ciências, em especial nas ciências geodésicas, que tem esse sistema laser aplicado em vários trabalhos de engenharia, como: na geração de modelos digitais do terreno, especificamente modelos numéricos de elevações (MNE) com precisa informação altimétrica; em mapeamento topográfico e cartográfico; em levantamento de linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, monumentos históricos, sítios arqueológicos, grandes estruturas como aeronaves e navios, pontes, monitoramento de estruturas, controle de qualidade na indústria.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 - Laser scanner

O Laser scanner é um sistema de sensoriamento remoto ativo utilizado para medir a distância entre o sensor e a superfície dos objetos. Seu funcionamento é baseado na utilização de um feixe de laser que é emitido em direção aos objetos. É composto por três componentes básicos: uma unidade de medição laser, encarregada de emitir e receber o sinal laser, um sistema de varredura optomecânico e uma unidade de registro de medições de apoio (WEHR e LOHR, 1999).

Existem dois tipos principais de laser scanners: baseados no **princípio da triangulação**, que possuem uma fonte laser e um sensor CCD, que captura a luz laser refletida pelo objeto. Utiliza-se o mesmo princípio da intersecção fotogramétrica e a precisão da reconstrução do modelo do objeto depende de elementos geométricos semelhantes, como a relação base/distância. É adequado para a reconstrução de objetos pequenos e a distância máxima de operação dependerá da base empregada pelo scanner, como no método fotogramétrico. Há uma distância máxima de operação para a qual a precisão é satisfatória. Com a exatidão das coordenadas 3D no nível submilimétrico.

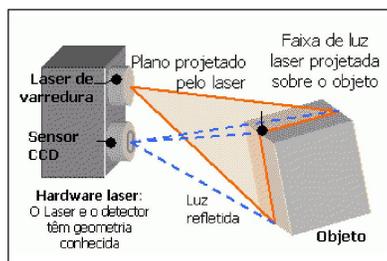


Figura 01: Scanner baseado no princípio da triangulação (TOMMASELLI, 2003).

O problema no método de triangulação é a identificação do ponto laser refletido pelo objeto e registrado pelo CCD, que pode ser limitada pela iluminação do ambiente e pela distância ao objeto. Exemplos de scanners deste tipo são os modelos: Vivid 910, da Minolta, o S25 da Mensi, que pode medir objetos no intervalo de 2m a 25m, com um desvio padrão de 0,6mm a 5 metros.

E os lasers scanners baseado no **tempo de retorno do sinal**, é utilizado para distâncias maiores, medindo a distância através do tempo de retorno do pulso laser (*Time of Flight*), esse sistema

é conhecido como LIDAR (*Light Detection And Ranging*). Neste sistema, o instrumento emite milhares de pulsos laser por segundo, normalmente de luz infravermelha, permitindo o instrumento a medir as distâncias, a intensidade da energia refletida pelo objeto e os parâmetros de atitude do feixe, que são coordenadas polares do ponto, em relação ao referencial do laser. A partir destes dados é possível calcular as coordenadas cartesianas 3D dos pontos medidos e sua resposta espectral.

O resultado final do processo de medição e processamento é uma nuvem de pontos, chamado genericamente, de Modelo Numérico de Superfície, ao qual o valor de reflectância também pode ser associado. Este sistema é possível trabalhar durante a noite, já que não requer luz visível. As nuvens de pontos com coordenadas dos pontos no espaço objeto e seus valores de reflectância são coletados de

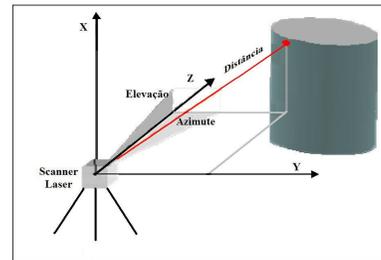


Figura 02: Scanner baseado no tempo de retorno do sinal (TOMMASELLI, 2003).

de vários pontos de vista para eliminar as oclusões devido à perspectiva central. Para referenciar estes pontos a um sistema do espaço objeto, são necessários alguns pontos bem definidos, normalmente proporcionados por alvos especiais (pelo menos quatro pontos). A varredura laser só necessita de uma estação para coletar as coordenadas dos objetos verdadeira grandeza.

Um problema comum aos scanners, tanto por triangulação quanto o LIDAR é a reflectância dos materiais presentes na cena. Se o sinal laser não for refletido adequadamente por um determinado material, não haverá como calcular as coordenadas daquele ponto (TOMMASELLI, 2003).

### 2.1.1 - Sistema LIDAR Aerotransportado (ALS)

Na última década, tem aumentado significadamente o interesse pelo sistema LIDAR aerotransportado (*Airborne Laser Scanning - ALS*), que vem mostrando grandes e importantes evoluções. Os ALS disponibilizados comercialmente utilizam o mesmo princípio: uma aeronave sobrevoa uma região e o equipamento laser efetua uma varredura no chão em direção perpendicular à direção do voo, determinando a distância ao terreno; esta distância é calculada como uma função do tempo exigido pelo raio laser para ir e voltar do equipamento até o terreno, na velocidade da luz.

Para determinar a posição dos pontos no terreno com exatidão o sensor deve contar com apoio de um sistema de posicionamento com precisão compatível. A posição do sensor na hora da medição de cada ponto é determinada mediante um sistema de GPS, que é utilizado em modo cinemático pós-processado. Usualmente os sistemas de varredura laser também são equipados com uma ou mais câmaras que provêem uma documentação visual das regiões varridas. Um segundo sistema de apoio, é a unidade de medição de inércia (IMU: *Inertial Measurement Unit*) que é encarregada de calcular a inclinação do sensor nas três direções (RIBEIRO *et al*, 2002).

O laser tem sua frequência variando na faixa de 500 a 1500nm, com valores típicos de 1040 a 1060nm. Essas frequências são refletidas pelo terreno, vegetações e pelas nuvens, de forma que não se pode operar com nuvens se interpondo entre a aeronave e o terreno.

As múltiplas reflexões de um raio chegam ao receptor em tempos diferentes, de forma que elas podem ser discriminadas. Alguns receptores são capazes de detectar até sete diferentes ecos, enquanto

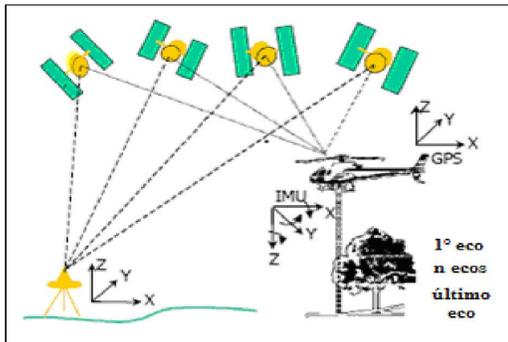


Figura 03: Composição dos sistemas de apoio para determinação precisa dos pontos (RIBEIRO, 2002).

outros podem registrar apenas o primeiro e o último pulsos juntos, e outros ainda podem detectar ou o primeiro (modo de primeiro pulso) ou o último (modo de último pulso) exclusivamente, dependendo do modo operacional selecionado. Uma boa escolha do modo de gravação permite atingir bons e efetivos resultados: levantamento de linhas de transmissão ou topos de árvores utiliza o modo de primeiro pulso; e determinação da altitude de um terreno recoberto de vegetação, utiliza o

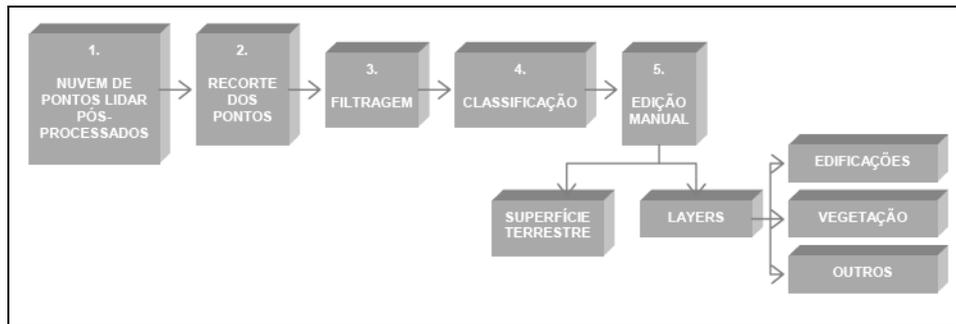
modo de último pulso, de modo que o modelo digital de superfície gerado pela varredura a laser contenha a maior quantidade possível de pontos refletidos pelo solo (WEHR e LOHR, 1999).

## 2.2 - Tratamento da nuvem de pontos provenientes do levantamento Laser scanner

Os dados do Laser Scanner são disponibilizados em três conjuntos: os dados de calibração e parâmetros de montagem (obtidos antes do vôo); as medidas de distâncias laser com seus respectivos ângulos de escaneamento; e os dados POS. Esses dados são processados e integrados, obtendo-se ao final desta etapa uma nuvem de pontos Laser Scanner, tradicionalmente apresentada em um conjunto de coordenadas tridimensionais no sistema WGS-84 e o registro de intensidade dos pulsos laser.

Para diferenciar as informações resultantes da nuvem de pontos, é necessário realizar um tratamento de dados, que se divide em três etapas principais: filtragem, classificação e edição manual da nuvem de pontos.

Na figura 04, apresenta-se o fluxograma desenvolvido para o Tratamento dos Dados Laser Scanner (SCHAFER e LOCH, 2005).



**Nuvem de pontos Laser scanner pós-processados:** são considerados todos os dados LIDAR pós-processados devidamente georreferenciados sem filtragem ou análise adicional; **Recorte da área de estudo;** **Filtragem:** essa etapa diz respeito à remoção de pontos indesejados com o objetivo de separá-los em pontos que tocaram à superfície terrestre e pontos que tocaram outros alvos terrestres. A filtragem pode ser feita pelo software *TerraScan* (da Terrasolid Limited), que possui uma ferramenta específica para esta tarefa; **Classificação:** tem a tarefa de encontrar uma estrutura geométrica ou estatística específica, como edificações, vegetação e outros (linhas e torres de transmissão). São criados *layers* separando os principais elementos encontrados na área de estudo. O objetivo principal da classificação é auxiliar a encontrar pontos pertencentes à superfície terrestre que foram definidos erroneamente como objetos no processo de filtragem; **Edição manual:** como os métodos de filtragem e classificação são automáticos, por algoritmos próprios, faz necessário adicionar ao tratamento de dados à etapa de edição manual, para alcançar resultados satisfatórios. Pode ser utilizado o *software ArcView*. Ao final desta etapa, dispôs-se de um arquivo de pontos separados pelo que tocaram a superfície terrestre e os arquivos de pontos dos *layers* (vegetação, construções e outros), de acordo com SCHAFFER e LOCH, 2005.

### 3. Resultados e Discussão

É um método ativo que não depende da luz visível refletida, alguns modelos de scanners apresentem comportamento inadequado na ausência total de iluminação; Operação remota; varredura pode ser feita com apenas uma estação por visada; resposta em tempo real; milhões de pontos com coordenadas conhecidas; alta densidade de pontos coletados, altíssima redundância na descrição discreta dos objetos; controle de qualidade durante a coleta; exatidão das coordenadas é homogênea; um operador para posicionar e operar o sistema; combina vários modelos numéricos gerados de diferentes posições, o que permite cobrir quase toda superfície visível dos objetos; *Softwares* para a obtenção de descrições paramétricas dos objetos por ajuste à nuvem de pontos.

Essas nuvens pontos podem ser aplicadas em inúmeras aplicações que requerem medidas de objetos e superfície com visão estereoscópica ou 3D, que pode ser atendida pela nova tecnologia laser. Como as seguintes aplicações: levantamento *as-built* para atualização ou reforma de plantas industriais; levantamento de linhas de transmissão, rodovias, ferrovias, monumentos históricos, sítios arqueológicos, grandes estruturas como aeronaves e navios, pontes, sítios para animações na indústria cinematográfica, monitoramento de estruturas, controle de qualidade na indústria, engenharia reversa, aplicações médicas, e inúmeras aplicações. Essas aplicações citadas também podem empregadas por técnicas fotogramétricas (TOMMASELLI, 2003).

#### 4. Conclusão

A tecnologia a laser, cada dia mais vem se desenvolvendo, apresentando mais condições operacionais do que os instrumentais fotogramétricos, o laser scanner não sofre com a falta de iluminação ou com sombras. Como seus sensores são ativos, é possível utilizá-los durante qualquer parte do dia e em qualquer estação. Por esta razão os sistemas LIDAR têm sido usados para avaliações rápidas de danos causados por desastres naturais tais como terremotos, furacões, inundações, e para planejamento efetivo de emergências.

Suas múltiplas reflexões constituem uma poderosa ferramenta, e fornece elementos para a determinação da altura da vegetação existente em uma região, devido a luz do laser ter baixa divergência, tornando seu percurso similar à concepção geométrica da linha reta, mesmo quando o diâmetro de seu cone visual esteja entre 0,30 m e 1,50 m.

Pela mesma razão, a varredura a laser pode ser empregada para detectar cabos suspensos, tais como linhas de transmissão: os fios são finos, mas graças à grande quantidade de raios emitidos e ao seu tamanho não desprezível, a probabilidade de encontro com o fio é notavelmente alta.

Portanto, a tecnologia laser é uma nova ferramenta que pode ser utilizada em diversas áreas, com a devida precisão e exatidão.

#### Referências Bibliográficas

MACHADO, A. M. LIMA. **Extração Automática de Contornos de Edificações Utilizando Imagem Gerada por Câmara Digital de Pequeno Formato e Dados Lidar**. Tese de Doutorado em Ciências Geodésicas. Universidade Federal do Paraná, 2006.

RIBEIRO, S. R. ARANHA *et al.* **Aplicação da Metodologia de dados orientado a objeto na Classificação de uma área urbanizada, utilizando uma imagem digital obtida por meio da**



**tecnologia do Laser Scanner.** Anais do Simpósio Brasileiro de Geomática, Presidente Prudente - SP, 9-13 de julho de 2002. p.144-149.

SCHAFER, A. Gularte & LOCH, R. E. Nogueira. **Aplicação dos dados do sensor Laserscanner para modelagem do terreno visando projetos rodoviários.** Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 749-756.

TOMMASELLI, A. M. Garcia. **Um Estudo sobre as Técnicas de Varredura a Laser e Fotogrametria para Levantamentos 3d a curta Distância.** UNESP Presidente Prudente, 2003. Disponível no site <http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/2003/04.1/AT2003.htm#1>. Acesso em 26 de julho de 2006.

WEHR, A. e LOHR, U. **Airborne laser scanning – an introduction and overview.** Isprs Journal of Photogrammetric and Remote Sensing v. 54, op 68-82, 1999.