

# EMPREGO DE DADOS LiDAR NA FORÇA AÉREA BRASILEIRA

## USE OF LiDAR SET IN BRAZILIAN AIR FORCE

O Cap Eng Gabriel Dietzsch possui graduação em Engenharia Cartográfica pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Mestrado em Engenharia da Computação com ênfase em Geomática pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Atualmente é pesquisador da Subdivisão de Sensoriamento Remoto (ECR-S) do Instituto de Estudos Avançados.

Contato: dietzsch@ieav.cta.br



O Cv Roberto Neves Salles possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Itajubá (2001). Atuou como monitor de programação durante a graduação e participou de iniciação científica em visão robótica. Obteve titulação de Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2011) onde é atualmente doutorando. É pesquisador concursado da Subdivisão de Sensoriamento Remoto (ECR-S) do Instituto de Estudos Avançados.

Contato: salles@ieav.cta.br



### RESUMO

Os experimentos expostos neste artigo foram desenvolvidos com o objetivo de conquistar um desafio internacional do *Institute of Electrical and Electronics Engineers*. Este desafio forneceu uma imagem gerada a partir do sensor LiDAR, um mapa de elevação e a nuvem de pontos, sendo a última uma nova forma de aquisição de informações não fornecida por outros sensores. Assim que as primeiras informações foram extraídas da nuvem de pontos, vislumbraram-se diversas aplicações dessa tecnologia no âmbito da Força Aérea Brasileira. Os dados LiDAR possibilitam aplicações diretas para diferentes propósitos e, ainda, é um fator de relevante contribuição para aplicações de inteligência. No presente trabalho são sugeridos alguns empregos através das descobertas da Subdivisão de Sensoriamento Remoto, Divisão de C4ISR, do Instituto de Estudos Avançados. Foi possível demonstrar a aplicabilidade do sensor no cumprimento de missões da Força Aérea Brasileira.

**Palavras-Chave:** Laser, LiDAR, Nuvem de Pontos, Identificação, Feições, Sensoriamento Remoto.

### ABSTRACT

The experiments presented in this article were developed with the aim of winning an international challenge from the Institute of Electrical and Electronics Engineers. The challenge provided an image generated from the LiDAR sensor, an elevation map and the cloud point data, the latter a new way of acquisition of information not available using other sensors. As soon as the first information was extracted from the LiDAR data set point cloud, applications of this technology were envisaged within the interest of the Brazilian Air Force. LiDAR data set enable direct applications for different purposes and it is a contributing factor for intelligence applications. In the present work some applications are suggested through the discoveries of the Remote Sensing Division, from C4ISR Division, from the Institute for Advanced Studies. It was possible to demonstrate the applicability of this sensor to aid the Brazilian Air Force missions.

**Keywords:** Laser, LiDAR, Point Cloud, Identification, Features, Remote Sensing.

## I – INTRODUÇÃO

LiDAR (da sigla inglesa *Light Detection And Ranging*) é uma tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida de modo a obter a distância e outras informações a respeito de um determinado objeto distante.

O estudo desse tipo de dados dentro do IEAv foi possível devido à participação de grupos de pesquisadores no *Data Fusion Contest*, organizado pelo *Data Fusion Technical Committee* do IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*).

O desafio é anual e de nível mundial, envolvendo áreas da computação e do sensoriamento remoto. O desafio de 2018 foi a classificação de regiões de uso do solo através de dados LiDAR.

A equipe dedicou boa parte do tempo ao entendimento das grandezas e estruturas envolvidas neste tipo de dado. Então, partiu-se para investigações sobre como extrair da nuvem de pontos valores de intensidade, densidade, geração de Modelo Digital de Terreno (DTM), geração de Modelo Digital de Superfície (DSM), correções de pontos de saturação, segmentação da imagem resultante por limiar de altura, máscaras e k-médias e, por fim, a escolha de atributos para a classificação através de técnicas de inteligência artificial.

A principal dificuldade foi definir atributos capazes de diferenciar, por exemplo, trem de carro, trem de caminhão, arruamentos de estacionamentos e a diferenciação de arruamentos em geral.

A partir desse momento, a equipe de pesquisadores vislumbrou a potencialidade do uso desses dados em aplicações militares com o objetivo de proporcionar maior grau de detalhes na identificação de alvos, bem como aproveitar todos os subprodutos oriundos da manipulação da nuvem de pontos que, comparados a técnicas usuais, proporcionam grande consciência situacional em pouco tempo após a sua aquisição.

Faz-se uma ressalva quanto a capacidade computacional necessária para o processamento desses dados. Um simples voo com a plataforma LiDAR gera milhões de pontos, cada um carregando seus atributos.

Os dados LiDAR facilitam a identificação de feições por apresentarem a componente vertical, i.e. a altura dos pontos. Através de técnicas computacionais é possível filtrar informações até a exata identificação de um objeto.

A seguir, com o intuito de possibilitar a visualização das potenciais aplicações desses dados no âmbito da FAB, serão apresentados, em linhas gerais, conceitos sobre os dados LiDAR e a plataforma originadora, técnicas computacionais utilizadas e resultados obtidos.

## II – DESENVOLVIMENTO

### A. LiDAR

A nuvem de pontos foi obtida através de aerolevanteamento com a plataforma *Optech Titan MW (14SEN/CON340)* [1]. O *Titan MW* opera três canais com diferentes comprimentos de onda de laser e ângulos. O canal 2 assemelha-se a um sistema tradicional de um único canal e possui um laser de 1064nm (infravermelho próximo) digitalizado com um espelho oscilante em um arco de  $\pm 30^\circ$  do nadir. O canal 1 possui um laser de 1550nm (infravermelho próximo) e é escaneado através do mesmo espelho e ângulo de varredura do canal 2, mas está apontado  $3,5^\circ$  para frente do nadir. O canal 3 opera um laser de 532nm escaneado com o mesmo espelho e ângulo, mas orientado  $7^\circ$  para a frente do nadir. Ele também pode ser utilizado para a realização de batimetria.

Cada canal pode operar em frequências de repetição de pulso (PRF) de 50 a 300 kHz para um PRF total combinado (e sincronizado) de 150 a 900 kHz. A Fig.1 mostra a nuvem de pontos resultante de um voo de escaneamento sem nenhum tratamento.

A coloração dos pontos foi gerada a partir das intensidades de retorno de cada uma das bandas. Essa visualização se deu pelo *software Global Mapper*, da Blue Marble GeoGraphics, e seu módulo de processamento de dados LiDAR [2]. Nota-se a presença de alguns pontos soltos no espaço e visivelmente não relacionados a nenhuma feição: trata-se de ruídos gerados pelo sensor e que foram removidos para dar continuidade aos experimentos.

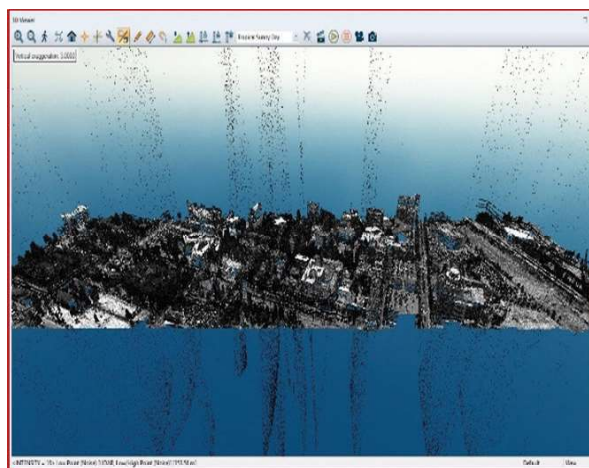


Figura 1 - Nuvem de pontos.

### B. Experimentos Integrados à Plataforma Aero-graf

Utilizando os recursos de visualização 3D da Plataforma Aero-graf [3], foi criado um *plugin* básico de visualização e com ele foi possível investigar os arquivos da nuvem de pontos (extensão “.las”). Foi possível observar nitidamente a separação de alguns alvos apenas pela informação do grupo e do número do retorno dos pontos, antes mesmo de qualquer análise da intensidade ou banda.

A partir desta observação foram criados três grupos distintos (Fig. 2), posteriormente utilizados na extração de informações. Com base nessa análise foram produzidas diversas imagens 2D derivadas da nuvem de pontos, permitindo melhor separação das classes de interesse.

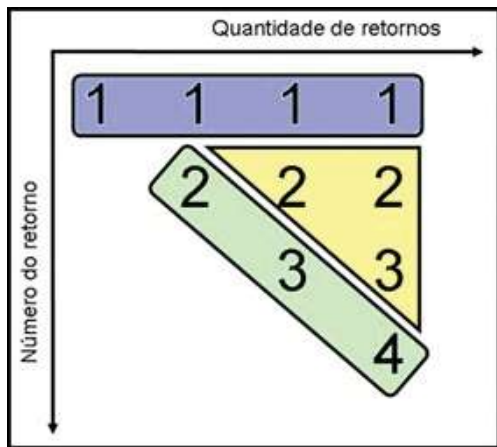


Figura 2 - Número do retorno e quantidade de retornos de um mesmo pulso.

Em azul estão destacados os primeiros retornos, ou Retorno 1 (R1). Eles representam a primeira informação retornada pelo laser, ou seja, o que estava diretamente visível ao sensor na cena. Em amarelo e verde temos informações secundárias não diretamente visíveis, derivadas de reflexões e transmissão da energia. A informação em verde está fortemente associada à Superfície Escondida (SE). A informação em amarelo representa um preenchimento, um Meio (ME), uma posição entre a primeira superfície e a última possível, pontos nem diretamente visíveis e nem associados ao solo, sendo fortemente correlacionados com a presença de árvores. A Fig. 3 ilustra uma célula de resolução contendo pontos capturados pelo sensor LiDAR.

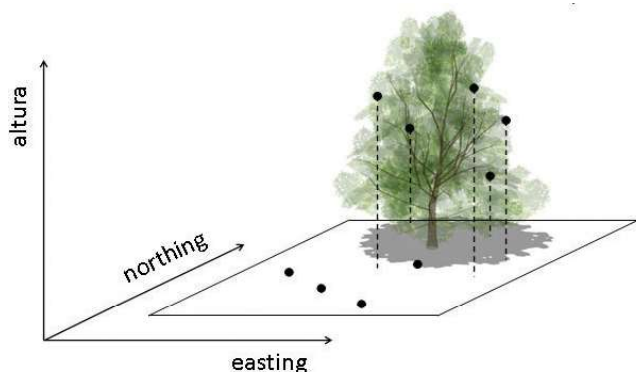


Figura 3 - Célula de resolução e nuvem de pontos LiDAR.

Os pontos estão referenciados por coordenadas UTM e possuem informação de intensidade do retorno. Para a geração das imagens 2D da subseção seguinte foram utilizadas células de 0,5m por 0,5m de resolução, ou seja, cada pixel foi gerado a

partir da manipulação dos pontos contidos na célula, selecionados usando o critério apresentado na Fig. 2.

### C. Extração de Informações

A Fig. 4 mostra uma composição de falsa cor da intensidade média do primeiro retorno do pulso de laser (R1). Todas as composições apresentadas nesta subseção do artigo seguem a seguinte especificação: *Red* = canal 1, *Green* = canal 2 e *Blue* = canal 3.

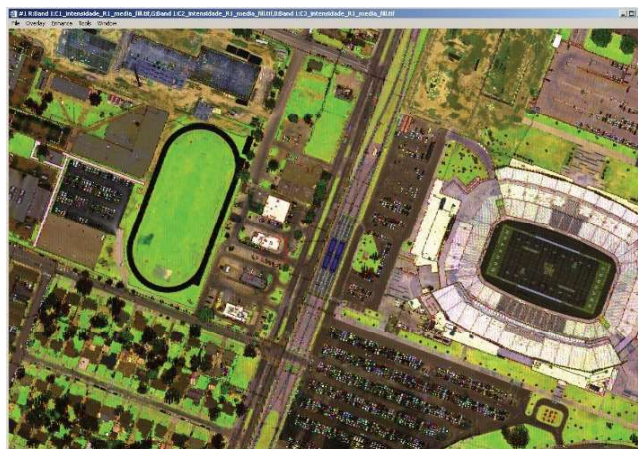


Figura 4 - Composição falsa cor com primeiro retorno.

A composição da Fig. 5 utiliza a intensidade média dos pontos do meio (ME). É possível notar que as vegetações são fortemente destacadas e a resposta desaparece em várias superfícies regulares pois elas possuem apenas o primeiro retorno (R1).

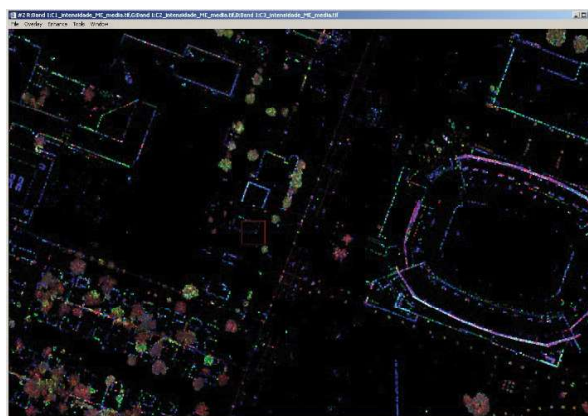


Figura 5 - Intensidade média.

A composição da variância das alturas está representada na imagem da Fig. 6, onde é possível ver com nitidez os postes do estacionamento abaixo do estádio, ao mesmo tempo em que os carros desaparecem. Esta composição destaca como mais claros os pixels das células onde os pontos pertencentes tiveram uma grande variação de altura em suas dimensões verticais.

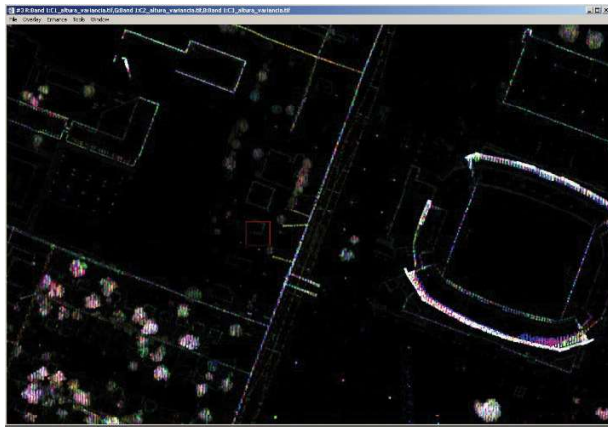


Figura 6 - Variância das alturas.

A quarta composição, Fig. 7, mostra a composição da informação de altura média presente nas 3 bandas, com as cores destacando divergências entre medidas adquiridas, de outra sorte formando uma imagem em tons de cinza quando as 3 bandas informam a mesma altura.



Figura 7 - Informação de altura.

A quinta composição, Fig. 8, mostra a intensidade média da superfície escondida (SE). Esta composição destaca algumas feições interessantes como as sombras das linhas de transmissão, os gols dos campos de futebol entre outras feições projetados no terreno.

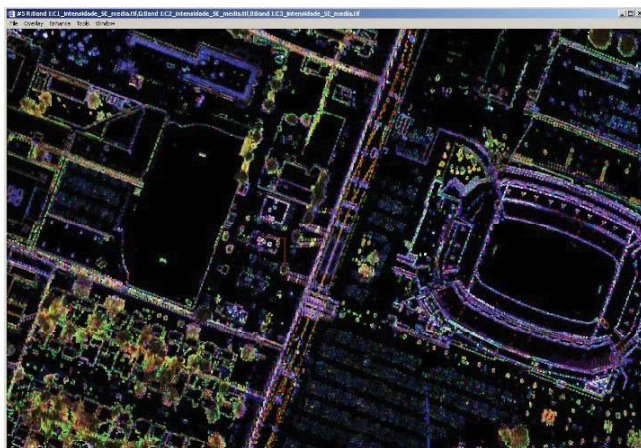


Figura 8 - Superfícies ocultas.

A penúltima composição, Fig. 9, gerada a partir do cálculo da variância da intensidade R1 destaca fortemente células cujos pontos capturaram informações de intensidade diferentes. Neste caso destacam-se os carros estacionados e os assentos do estádio.

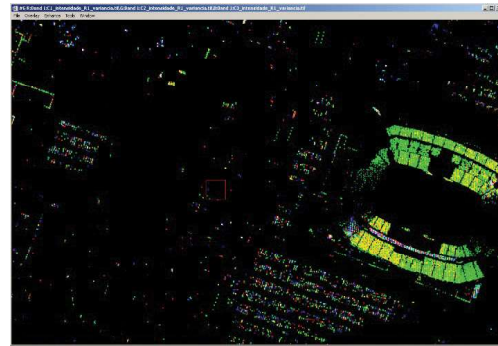


Figura 9 - Variância da intensidade.

Por fim, a Fig. 10 apresenta a densidade de pontos na grade: quanto mais pontos estão presentes na célula de resolução, mais clara ela será, sendo que regiões totalmente pretas não possuem nenhum ponto. Esta imagem permite ter uma noção do recobrimento realizado pela aeronave que transportou o sensor LiDAR. Através dela é nítida a necessidade futura de amarrar o conjunto de medições a uma medida de qualidade (i.e. incerteza) pois algumas células possuem muito mais amostras de pontos do que outras células.

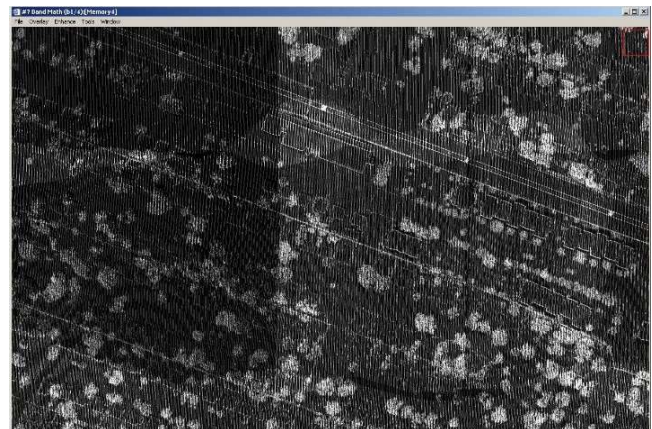


Figura 10 - Mapa de densidade de pontos.

### III - CONCLUSÕES

A nuvem de pontos da plataforma LiDAR gera de imediato uma visualização tridimensional da região escaneada. A partir dos dados sem nenhuma análise mais rigorosa, já é possível obter produtos com aplicações operacionais diretas, por exemplo, modelos digitais de terreno e de superfície, que podem apoiar o posicionamento de tropas e armamento.

mento. Caso haja algum tratamento criterioso do registro da posição da aeronave no instante de coleta dos dados, esses podem servir como base para a geração de produtos cartográficos e dados de terreno e obstáculos.

Após a compreensão dos dados gerados e à realização de experimentos voltados ao desafio do IEEE, conclui-se que o tratamento de dados LiDAR pode contribuir para o cumprimento das missões de alguns esquadrões da Força Aérea Brasileira, principalmente em esquadrões de reconhecimento e de patrulha.

A partir das composições utilizando intensidade média e variância de intensidade, é possível separar vegetação de algumas feições antrópicas (construções e veículos). Pode ser mais uma forma de reconhecimento de veículos ou instalações camufladas.

A composição de superfícies ocultas pode auxiliar a identificação de feições verticais como antenas e linhas de transmissão. Essas feições, dependendo da região onde estão localizadas, são de difícil identificação em imagens aéreas ou orbitais e até mesmo a olho nu.

Numa visão prospectiva, dar continuidade às investigações de aplicações de dados LiDAR no âmbito da Força Aérea e conceber sistemas de reconhecimento automático de feições se mostraram um fator relevante, tanto na aquisição de dados, quanto na extração de informações e apoio à tomada de decisão.

Atualmente, nenhum país da América do Sul possui tal plataforma e poucas instituições tiveram acesso a esse tipo de dado, mais especificamente deste sensor, que possui três bandas de operação, o que coloca a Subdivisão de Sensoriamento Remoto, da Divisão de C4ISR, do IEAv, na fronteira do conhecimento deste seguimento e contribui para assimetria de poder na região.

## AGRADECIMENTO

Ao Sr. Laurent Martin, diretor da EngeSat – Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento, distribuidor exclusivo do Global Mapper no Brasil, pela autorização de uso de uma licença de avaliação do software Global Mapper, possibilitando o nosso primeiro contato com dados dessa natureza.

## REFERÊNCIAS

[1] **Optech Titan Multispectral Lidar System.** Disponível em: < <https://www.teledyneoptech.com/wp-content/uploads/Titan-Specsheet-150515-WEB.pdf> >. Acesso em: 13 mai. 2018.

[2] **Blue Marble GEOGRAPHICS.** Disponível em: <[http://www.bluemarblegeo.com/products/global\\_mapper-download.php](http://www.bluemarblegeo.com/products/global_mapper-download.php)>. Acesso em: 13 mai. 2018

[3] PETERSEN J.F.; AQUINO, M.R.C.; SALLES, R.N. **Plataforma AEROGRAF: um SIG voltado para a Força Aérea.** SPECTRUM: Revista do Comando-Geral de Operações Aéreas, v. 1, n. 11, p. 26–28, Set. 2008.

[4] **LAS SPECIFICATION VERSION 1.4 – R13** Disponível em: < [https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2010/12/LAS\\_1\\_4\\_r13.pdf](https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2010/12/LAS_1_4_r13.pdf) >. Acesso em: 10 fev. 2018.

[5] MAUNE D.F., **Digital Elevation Model Technologies and Applications: The DEM Users Manual,** 2nd Edition.