

**Modelo digital de edificações a partir de dados
*LiDAR (Light Detection and Ranging)***

Vitor Hugo Santos da Silva¹
Jean Vinícius de Oliveira Lima²
Giuliano Santa'Anna Marotta³

¹TERRACAP
Caixa Postal 70 - 620 - 000 - Brasília - DF, Brasil
vhugo_topo1@gmail.com

² Universidade de Brasília– IG/UnB
Caixa Postal 70 - 910-900 – Brasília – DF, Brasil
jean11993lima@gmail.com

³ Universidade de Brasília – SIS/UnB
Caixa Postal 70 - 910-900 – Brasília – DF, Brasil
marotta@unb.br

Abstract. This paper describes the semi-automatic modeling of buildings with different shapes and heights from LiDAR (Light Detection and Ranging) data obtained by aerial survey. The methodology involves filtering processes, classification and modeling as well the validation of the results using recommendations of ASPRS (American Society of Photogrammetry and Remote Sensing), maps and GNSS data as support. The steps were developed using CAD software by treatment and modeling LiDAR modules that were subsequently analyzed by software with GIS (geographic information systems) tools. The results showed consistency with the spatial characteristics of the study areas. Were modeled around 100 different buildings, ranging from small houses to complex buildings. LiDAR technology is notable for its precision and agility, creating a dense cloud points, which when combined with semantic data, produce a valuable source of information for urban environments analysis.

Keywords: classification, modeling, LiDAR, classificação, modelagem e LiDAR

1. Introdução

A crescente demanda por informações espaciais exige novas formas de aquisição e representação dos dados geográficos. Nos últimos anos houve uma grande evolução nos equipamentos que registram e processam em tempo real objetos em três dimensões. A representação tridimensional dos elementos da superfície terrestre permite atingir novos patamares nas análises espaciais, trazendo maior proximidade com a realidade implicando em segurança no suporte e tomadas de decisões. Modelos tridimensionais podem ser gerados, basicamente, de duas formas (OLIVEIRA,2000):

- Artística, na qual designers e proprietários de ferramentas de criação de modelos tridimensionais (3D Studio Max, Maya, Google Sketchup, etc.) desenvolvem manualmente objetos baseados em fontes próprias de informação, como fotos, imagens, vídeos ou maquetes, e os inserem nas superfícies pré-existentes.
- Dado real, gerado através de sensores com precisão comprovada. Podem ser gerados com sensores aerotransportados, através da restituição de pares estereoscópicos de imagens de satélite ou aerofotogrametria, ou com mapeamento a laser através de voo na região de interesse. Outra forma de obter o dado real é do próprio chão, através de sensores fixos ou embarcados em veículos.

O levantamento *in situ* utilizando métodos convencionais (p. ex., estação total ou instrumentos GPS) pode fornecer informações x, y, z precisas. Entretanto, os trabalhos de campo demandam tempo e têm um alto custo por ponto adquirido (JESEN, 2009).

O sistema de varredura *laser* (LiDAR) é um sistema ativo usado para medir a distância entre o sensor e a superfície dos objetos e, com isto, estimar a altura dos pontos na superfície. Seu funcionamento baseia-se na utilização de um feixe de laser que é emitido em direção aos objetos. Ao atingir a superfície dos objetos, este feixe é refletido e um eco retorna ao sistema, que faz o papel de emissor e sensor da energia. O sistema é então encarregado de medir este eco e registrar o tempo decorrido entre a emissão e a captação do eco. A partir da intensidade do sinal de retorno é possível derivar informações a respeito da natureza da superfície do objeto, mas o dado mais relevante é o tempo decorrido entre a emissão e o registro do eco, pois permite calcular a distância entre o sensor e o objeto. (CENTENO, 2004)

As principais variáveis relacionadas com o sistema LiDAR de acordo com Baltsavias (1999) são resumidas a baixo:

- Distância (R) – A distância entre o sensor LiDAR e o objeto, está relacionada com a velocidade da luz (c) e o tempo de percurso de um pulso de luz. (Equação 1).

$$R = \frac{tc}{2} \quad (1)$$

- Área de cobertura de um pulso (A) – Área aproximadamente circular que varia com o ângulo de varredura e a topografia. Este valor está relacionado com a altura da aeronave (h), o ângulo de varredura instantâneo (θ_{inst}) e a divergência do feixe laser (ϕ). (Equação 2)

$$A = \frac{h\phi}{\cos^2(\theta_{inst})} \quad (2)$$

- Largura da faixa de cobertura (SW) – Largura limite da faixa de aquisição de pontos perpendicular à trajetória de voo. Está relacionado com o ângulo de varredura (θ). (Equação 3).

$$SW = 2h \tan \frac{\theta}{2} \quad (3)$$

- Espaçamento dos pontos perpendiculares à trajetória (S) – grandeza diretamente proporcional a velocidade angular de varredura instantânea (α) e inversamente proporcional à frequência de repetição de pulso (FRP). (Equação 4)

$$S = \frac{h \times \alpha}{\cos^2(\theta_{inst}) \times FRP} \quad (4)$$

Além dos dados de retorno, a nuvem de pontos obtidos por um sistema LiDAR, normalmente, fornece a informação sobre os picos de intensidade do sinal de retorno que permitem extrair informações sobre a composição dos alvos atingidos. Normalmente, objetos com grande refletividade, como materiais metálicos, mostram um maior valor de intensidade do que objetos escuros, como materiais asfálticos.

Apesar da semelhança, quando comparado com uma banda do infravermelho próximo obtido por sensor ótico passivo, são notadas certas diferenças, como no caso de vegetações densas onde o pulso laser é retroespalhado dentro do dossel das árvores tornando a resposta da intensidade mais baixa se contrapondo ao resultado natural de uma imagem ótica que nesta faixa apresenta um resultado mais brilhante.

Outros fatores também contribuem na influência do valor de intensidade como o ângulo de incidência e a distância do alvo, dessa forma pontos mais afastados do nadir podem ter seus retornos mais alterados por ficarem fora da capacidade de captação dos pulsos envolvidos ou sofrendo maior influência atmosférica.

A grande dificuldade em extrair modelos digitais de edificação é a falta de um processo totalmente automatizado que entregue resultados condizentes com a realidade. Rotinas que combinam fontes de dados com componentes espaciais e espectrais distintas parecem suprir as limitações de particulares cada tipo de dado.

Segundo DEUS et al (2011) nesse sentido, a utilização de dados tridimensionais, como os obtidos por sistema LiDAR, é mais uma fonte de recursos que podem auxiliar na classificação da cobertura do solo, uma vez que a inclusão de dados de altura pode contribuir na discriminação de alguns alvos urbanos que apresentam características espectrais semelhantes.

Partindo destes princípios foram escolhidas duas áreas de estudos distintas e estão situadas na regiões denominadas Setor Habitacional Águas Claras e Arniqueira, na cidade de Brasília (DF). As duas regiões apresentam edificações utilizadas como base para a realização do trabalho. A característica principal da primeira é seu padrão de distribuição bem definido, porém com edifícios apresentando estruturas mais complexas evidenciadas por uma maior variação de alturas. A segunda região se caracteriza por sua ocupação irregular trazendo, portanto diversas formas de edificações e padrões de distribuição espacial.

O objetivo principal do presente trabalho é gerar de forma semiautomática modelos digitais de edificações de diversas alturas e formatos a partir de dados LiDAR obtidos por aerolevanteamento, avaliar a precisão altimétrica dos dados.

2. Aquisição de dados

Durante a aquisição foi utilizado um sensor ALS 60, produzido pela empresa alemã *Leica Geosystems*. Este sensor permite a aquisição de uma nuvem de pontos georreferenciada a partir de diversas plataformas aéreas.

Para este trabalho os dados foram obtidos por levantamento aéreo realizado pela empresa TOPOCART em setembro de 2010, utilizando uma aeronave Seneca. Os dados foram levantados com um ângulo de 30° proporcionando uma densidade de pontos de 3,1 pt/m². A altura média de voo foi de 1350m.

Os dados brutos, provenientes do sensor ALS 60 e dos locais pré-definidos, foram posteriormente convertidos para formato LAS, em sua versão 1.2 (Figuras 12 e 13). Este se apresenta como formato universal e busca facilitar a manipulação da informação em diferentes softwares quando necessário. A tabela 1 apresenta a configuração com que os dados foram adquiridos e transformados para o formato LAS.

Tabela 1 - Quantificação dos dados LiDAR.

Local	Área (Km ²)	Altitude mínima (m)	Altitude Máxima (m)	Número Pontos	Pontos 1° Retorno	Pontos 2° Retorno	Pontos 3° Retorno	Pontos 4° Retorno
Área 1	0,16	1086,69	1163,05	1.005.521	943.933	58.865	2.693	30
Área 2	0,09	1056,40	1188,72	552.157	541.809	10.085	255	8

3. Resultados e Discussão

Após a aquisição os dados foram filtrados (eliminando pontos discrepantes), classificados (distinguindo o que é e o que não é o alvo), validados (através de teste de acurácia como levantamento estático GNSS e teste propostos pela *American Society of Photogrametry na Remote Sensing*, ASPRS) e por fim modelados.

A seguir são apresentados os resultados obtidos visualizados no Microstation. As Figuras 1 (a,b,c) apresentam os modelos obtidos na área de estudo 1 por modelagem assistida. As Figuras 2 (a,b,c), apresentam exemplos dos edifícios da área de estudo 2 obtidos de forma automática sem alteração manuais em suas feições.

O uso de dados cartográficos e GNSS, mais precisos, para validar os resultados evidenciam a qualidade obtida no trabalho. As características da aquisição dos dados LiDAR também contribuíram de sobremaneira nos resultados. A altitude de voo em conjunto com a frequência de emissão dos pulsos laser do levantamento permitiu gerar uma nuvem de pontos densa tanto quanto precisa. A acurácia fundamental foi calculado com nível de confiança de 95% em função do erro médio quadrático.

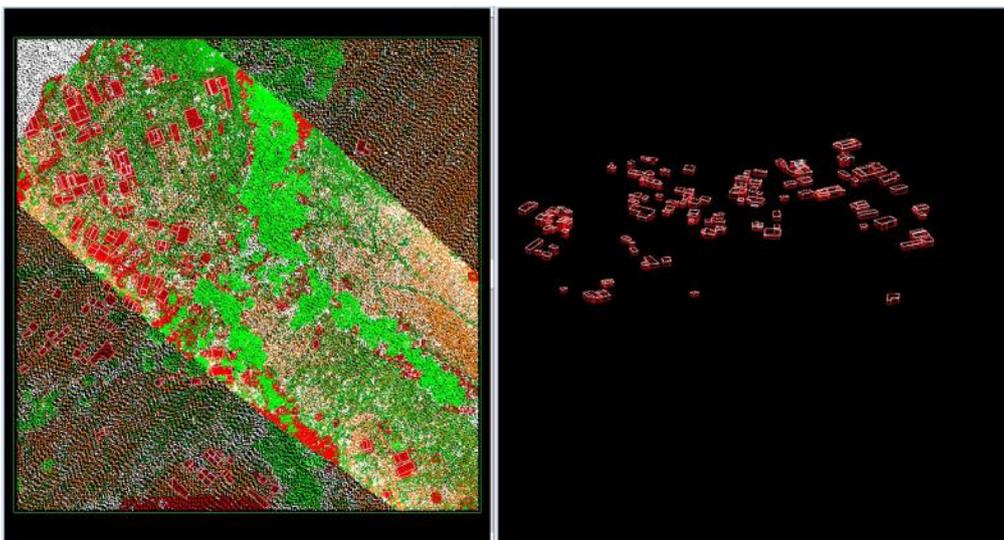
A grande densidade dos pontos utilizados, variando entre 2 a 8 pontos por m², exigiu uma maior atenção na etapa de classificação.

Na área de estudo 1, por exemplo, houve a necessidade de edição posterior a classificação por existir a incidência de vegetação densa e de porte parecido com as edificações locais, contribuindo assim com a classificação errônea de possível telhados devido aos critérios de tolerância vertical registrarem as copas das árvores como possíveis planos inclinados semelhantes aos telhados de construções.

Para a área de estudo 2, não houve a necessidade de edição na classificação tendo em vista que os edifícios, com porte muito maior, e a baixa incidência de grandes corredores arbóreos por se tratar de uma zona densamente urbanizada, não interferiram de forma significativa nos resultados obtidos.

Os modelos gerados da área de estudo 1 possuem maior proximidade com as construções reais pois foram usadas as ferramentas de ajustes disponíveis para o refinamento das formas. Tal procedimento permite gerar modelos mais realísticos, no entanto, as intervenções nos modelos gerados inicialmente, demandam uma análise criteriosa da nuvem de pontos da vizinhança de cada edificação.

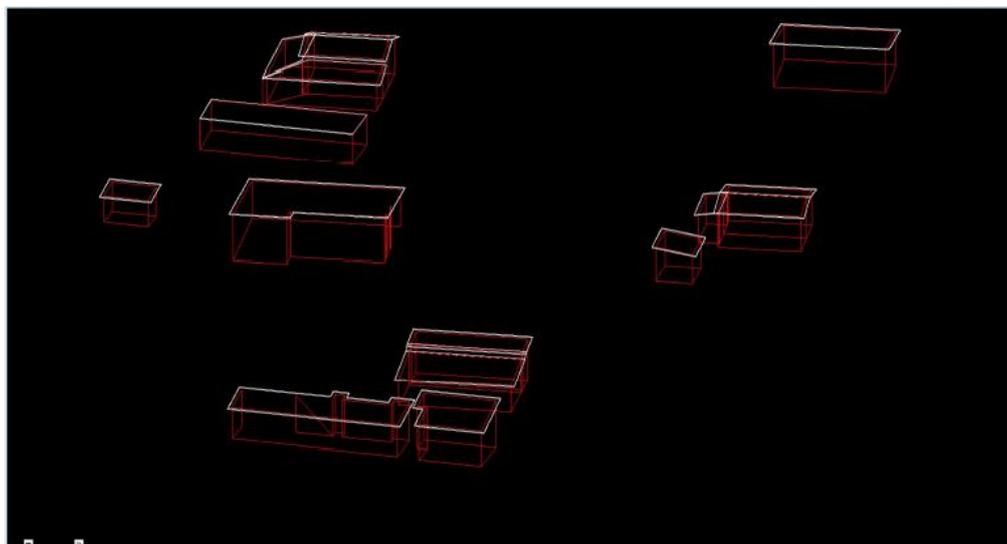
As edificações obtidas na área de estudo 2 de forma automática não passaram por ajustes em suas formas, porém os resultados possuem as características geométricas muito próximas da realidade permitindo assim, de forma expedita, porém precisa, sua aplicação para análises espaciais que necessitem de uma resposta rápida, sem detrimento por falta de pequenos detalhes arquitetônicos.



(a)

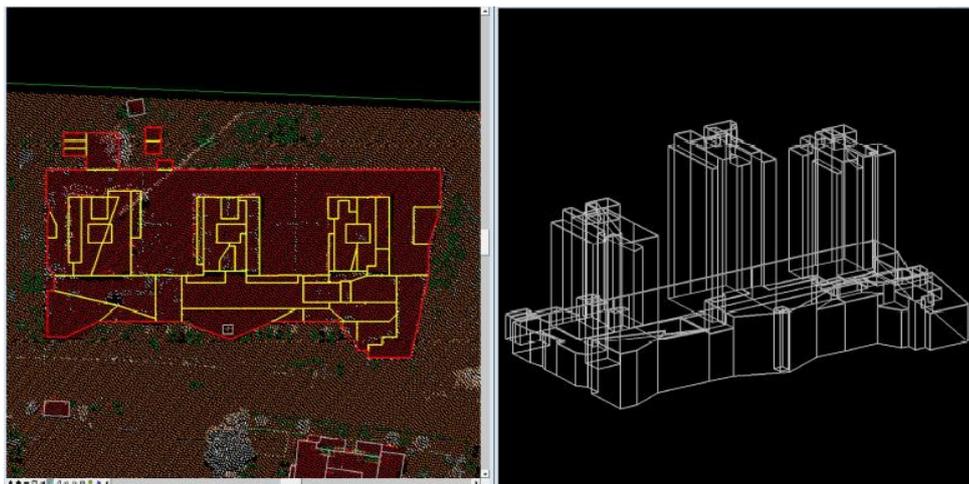


(b)

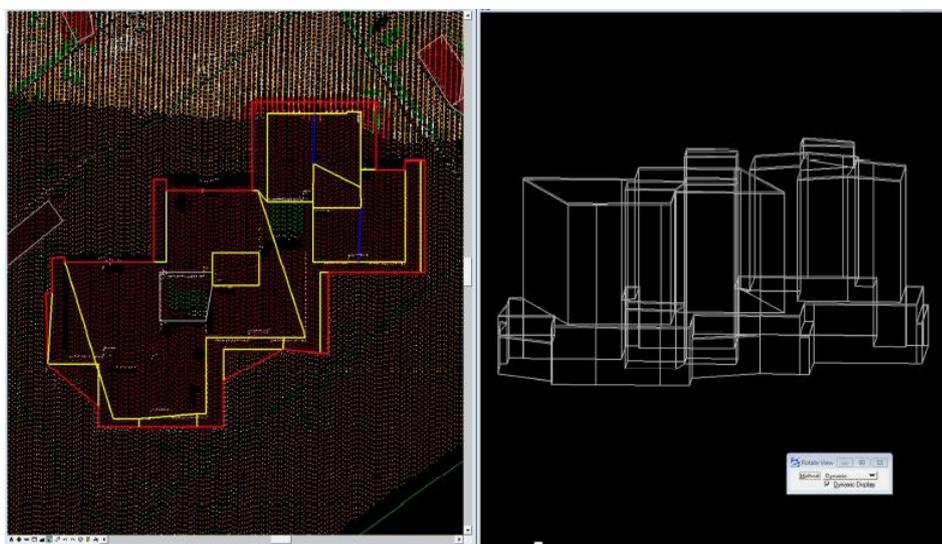


(c)

Figura 1 – modelos obtidos na área de estudo 1 por modelagem assistida.



(a)



(b)



(c)

Figura 2 – exemplos dos edifícios da área de estudo 2 obtidos de forma automática sem alteração manual em suas feições.

4. Conclusões

A tecnologia LiDAR se mostrou adequada para estudos urbanos, permitindo a classificação das edificações mesmo em áreas com grande confusão de temas. A evolução desses sistemas aponta para o crescimento das taxas de observação e a possibilidade do registro contínuo da intensidade registrada na interação laser – alvo, expandindo assim as possibilidades da automação na extração de feições utilizando totalmente as características do laser.

No entanto o uso auxiliar de informações semânticas, qualquer que seja a fonte, ainda é de extrema utilidade, pois são dados exaustivamente testados e com metodologias definidas através dos anos. Por ser uma tecnologia considerada nova, o LiDAR carece de materiais que auxiliem na interpretação da informação qualitativa obtida através das respostas de intensidade. Dessa forma a combinação entre os de fontes diferentes ainda são o melhor caminho para a modelagem dos dados LiDAR.

Agradecimento

Agradeço às empresas TERRACAP e TOPOCART pela aquisição dos dados utilizados neste trabalho, sem a ajuda des

Referências Bibliográficas

BALTSAVIASS, E.P. *Airborne Laser Scanning: Basic Relations And Formulas. International Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* v 54, p.199–214, 1999.

CENTENO, J.A.S. **Sensoriamento Remoto e Processamento de Imagens Digitais**. Curitiba-PR: Ed. UFPR, 2004. 209 p.

DEUS, L.R.; ALFAYA, F.A.V.S.; SOUZA, U.D.V.; FONSECA, L.M.G. Detecção de edificações em áreas urbanas por meio de classificação de pontos LiDAR. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Curitiba – PR, 2011.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva Em Recursos Terrestres**. 2a ed. São José dos Campos-SP: Parêntese, 2009. 598 p.

Oliveira, E.F> E-Cidade. Disponível em :<<http://mundogeo.com/blog/2000/01/01/01e-cidades>> Acesso: 20 de fevereiro de 2011.