

Aplicação de laser scanner para detecção de áreas para coleta de água de chuva

Jorge Antonio Silva Centeno¹
Regina Tiemy Kishi²
Edson Aparecido Mitishita¹

¹ UFPR Universidade Federal do Paraná – Depto. de Geomática
Caixa Postal 19.001- 81.531-970 Curitiba, Paraná, Brasil
{centeno} {mitishita} @ ufpr.br

² UFPR Universidade Federal do Paraná – Depto. de Hidráulica e Saneamento
Caixa Postal 19.011- 81.531-970 Curitiba, Paraná, Brasil
rtkishi.dhs @ ufpr.br

Abstract. This paper describes a methodology for the identification of roofs for rain water collection, based on the use of laser scanner data. The methodology is based on the generation of an altimetric grid and the use of image processing tools, especially mathematical morphology. The discrimination of areas covered by vegetation and roofs, that are difficult to separate analyzing only the height of pixels, becomes possible when the local variation of the heights is analyzed, like the texture. The study shows the viability of the use of laser scanner data for this purpose and proves that the analysis of texture is a powerful tool for discrimination purposes.

Palavras-chave: laser scanner, image processing, hydrology, laser scanner, processamento de imagens, hidrologia.

1. Introdução

O uso da água da chuva torna-se uma prática cada vez mais comum e alternativa economicamente interessante diante da Política Nacional de Recursos Hídricos, que considera a água como um recurso limitado e dotado de valor econômico e que institui um de seus instrumentos a cobrança pelo uso da água.

Num quadro de escassez, como no caso do Nordeste do Brasil, onde a distribuição temporal da precipitação não é uniforme, armazena-se água da chuva durante o período chuvoso para ser utilizada na época de seca. Esta prática se traduz na ampla rede de reservatórios e açudes na região nordeste, principalmente no semi-árido. Porém, pequenas cisternas também são utilizadas para esta finalidade.

Em regiões urbanas, mesmo sem o problema da irregularidade das chuvas, cresce o aproveitamento das águas da chuva coletadas de telhados e/ou áreas impermeáveis. Algumas cidades brasileiras, inclusive, já transformaram em lei a captação da água pluvial nas edificações. Estas superfícies, impermeáveis por natureza, normalmente redirecionam a água da chuva para a rede de drenagem urbana. Porém, coletando esta água antes de ingressar na rede pública pode-se obter uma reserva de água para usos menos exigentes, como descarga de bacias sanitárias, rega de jardim e limpeza de pisos.

Conhecendo a distribuição espacial dos diferentes materiais compoendo as áreas impermeáveis e seu potencial para o armazenamento de água de chuva é possível propor uma política de aproveitamento de água de chuva mais racional, com vantagens econômicas e ganhos ambientais. Nesse sentido, este artigo apresenta um estudo da viabilidade de utilizar dados da varredura a laser (laser scanner) para a detecção de telhados que podem ser aproveitados para a coleta de água em áreas urbanas.

2. Sistema laser scanner

O laser scanner aerotransportado é um sistema usado para determinar a altitude de pontos da superfície da terra e os objetos presentes acima dela, a partir de medições da distância

efetuadas com um pulso laser. Este sistema é instalado em uma plataforma aérea desde onde pulsos são disparados em direção ao terreno. Os pulsos são refletidos pelos objetos e parte do sinal emitido retorna ao sensor. Com base no tempo decorrido entre a emissão e o registro do retorno do sinal calcula-se a altimetria dos objetos (Baltasvias, 1999). O laser scanner aerotransportado é um rápido processo para adquirir coordenadas tridimensionais da superfície visível, com alta precisão e boa resolução espacial.

O conjunto de pontos obtidos, denominado nuvem de pontos, é denso e contém uma elevada quantidade de pontos. Porém, estes pontos não correspondem apenas ao terreno, eles correspondem também a edificações e ao topo da vegetação. Alguns pontos conseguem penetrar na vegetação e podem dar uma noção da topografia em áreas cobertas por vegetação. Em áreas urbanas, onde predominam os telhados, que são sólidos, pontos no terreno ocorrem apenas nas ruas ou pátios.

O problema central, na produção de modelos digitais do terreno em áreas urbanas, é separar os pontos correspondentes ao terreno daqueles originados em construções e árvores. Na literatura encontram-se descritas diferentes alternativas para a solução deste problema, uma revisão pode ser encontrada em Botelho e Centeno (2007). A maior parte desses métodos se baseia na identificação de pontos afastados do terreno em função da declividade local, continuidade da superfície ou da distância do ponto a um plano de referência que corresponderia ao terreno.

Dois conceitos são reconhecidos quanto aos modelos que podem ser produzidos usando os dados do laser scanner. Quando os dados se referem aos pontos que atingiram o terreno, fala-se em modelo digital do terreno (MDT). Já quando o modelo inclui, além do terreno, os objetos a ele superpostos, fala-se em Modelo Digital da Superfície (MDS). Um terceiro conceito se deriva da diferença destes dois, o Modelo Digital de Superfície Normalizado (MDSn). Este modelo apresenta apenas a elevação dos objetos acima do terreno.

O modelo normalizado pode ser utilizado para a extração de construções, como é mostrado em Botelho e Machado (2006). As soluções são várias, e podem ser o uso apenas dos dados de altura, como também da integração de dados laser scanner com fotografias aéreas ou imagens de satélite. Um dos grandes problemas nesta tarefa é a separação de árvores e construções. As árvores podem ter altura igual ou superior às construções, dependendo da região. Assim, apenas a altura dos pixels ou pontos não é suficiente para a discriminação. Neste artigo é apresentado o uso da variação local da altura para discriminação destes dois objetos. A seguir, um exemplo do uso da variação local de altura para a discriminação destes objetos é apresentado.

3. Metodologia

Para a execução desta pesquisa, utilizou-se um conjunto de dados correspondentes a uma região urbana, localizada em Curitiba. Esta região foi selecionada por apresentar, áreas cobertas por árvores e construções de grande porte. A escolha de construções de grande porte se fundamenta no uso dos telhados destas construções para a coleta de água de chuva.

Inicialmente, o modelo digital de superfície, sob forma de uma grade regular, foi gerado. A seguir, o conjunto de pontos foi filtrado usando o programa TerraScan. Em Loch et al (2004) encontra-se uma descrição do funcionamento deste programa. Primeiro, foram procurados pontos iniciais, mínimos locais, que teoricamente pertencem ao terreno, para construir um modelo inicial em formato TIN (Triangular Irregular Network). A seguir, a superfície foi iterativamente aproximada, adicionando novos pontos considerados como sendo do terreno. O resultado pode ser armazenado como TIN ou como grade altimétrica. Para fins deste estudo, os dados altimétricos foram processados como grades.

O seguinte passo consistiu em derivar o modelo de superfície normalizado. Para isto foi efetuada a diferença entre o modelo de superfície original e o modelo digital do terreno obtido

pela filtragem do TerraScan. Neste novo modelo, árvores e construções, junto com outros objetos, encontram-se presentes.

Para identificar os pixels correspondentes aos prováveis prédios, foi realizada a limiarização da grade. Isto significa que os pontos da grade foram classificados em duas categorias: baixos e altos, sendo os altos aqueles que teriam altura suficiente para ser parte de uma construção. Os pontos baixos são eliminados. O resultado inclui lastimosamente, além das construções também as árvores mais altas.

Como o resultado da binarização não é necessariamente um conjunto de regiões compactas e contínuas, além de que ruídos podem estar presentes, é necessário uniformizar as regiões e eliminar as pequenas perturbações. Para isto, foi utilizado um conjunto de operações da morfologia matemática (Sonka, 1998).

A seguir, as regiões foram identificadas utilizando o algoritmo das componentes conexas (Haralick e Shapiro, 1992). Cada região recebeu, assim, um identificador próprio. Após esta rotulação, procedeu-se o cálculo da área de cada região para eliminar as regiões muito pequenas, ou seja, regiões que não são construções de interesse, por não terem área mínima ou por serem restos de vegetação ou árvores isoladas.

As regiões restantes são suficientemente grandes como para serem empregadas para a coleta de água de chuva. Porém, áreas de vegetação também estão presentes. Para discriminar a vegetação de telhados, realizou-se uma análise da variação da altura de cada região. Como os telhados podem ser formados por planos inclinados ou até terem formas cilíndricas, a variação da altura dos mesmos não é uniforme, porém, sua altura sofre variação suave. Ou seja, a variância local é baixa nas áreas de telhado, mesmo que eles sejam inclinados. Já as áreas de vegetação, que não formam superfícies uniformes, são caracterizadas por alta variação local. Para discriminar telhados da vegetação, o gradiente local foi calculado dentro de uma janela 3x3, segundo o método de Sobel. Finalmente, para cada região foi calculado um valor médio que representa a variação das altitudes média. Com os valores médios desta variação é possível discriminar os telhados da vegetação e produzir um mapa de sua localização.

4. Resultados e Discussão

Os dados foram processados segundo a metodologia descrita. A figura 1 mostra o modelo de superfície normalizado. Nota-se, em tons mais claros, a presença de prédios e vegetação.

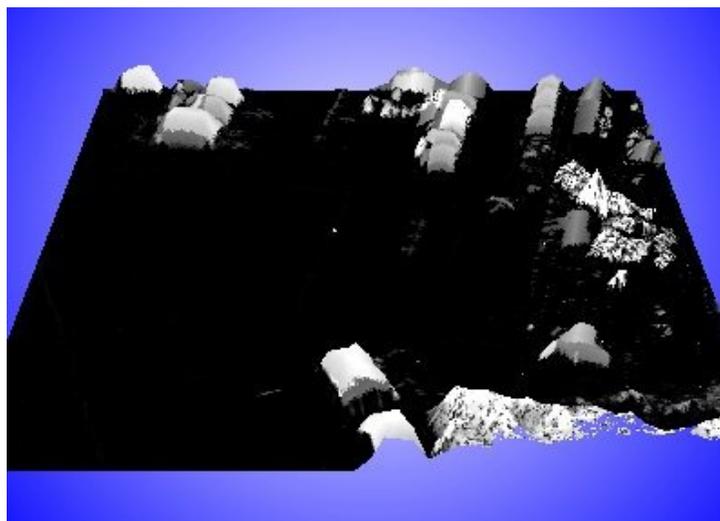


FIGURA 1 – Modelo digital de superfície normalizado MDSn.

A imagem binarizada contendo os objetos altos é apresentada na figura 2a. Para a uniformização das regiões e preenchimento de falhas, foi usado o operador de fechamento, com um elemento estruturante quadrado de 5 pixels de lado. O seguinte passo foi a eliminação de regiões pequenas, que não poderiam ser construções, aplicando o operador de abertura com o mesmo elemento estruturante. O resultado destas duas operações é mostrado na figura 2b e é um conjunto de regiões conexas que inclui árvores e prédios.

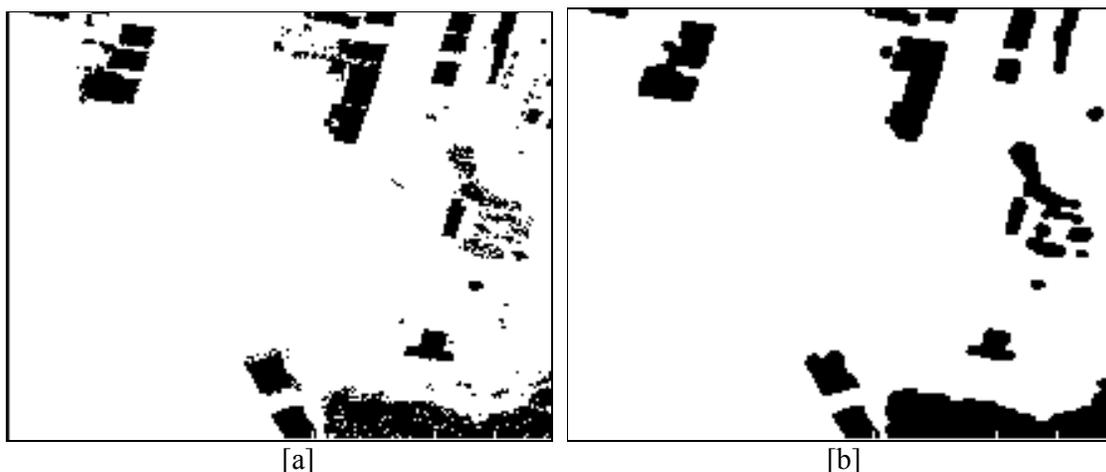


Figura 2 – imagem binarizada (a) e imagem após a filtragem morfológica (b).

Para todos os pixels nas regiões restantes foi calculado o valor do gradiente local e um valor médio foi calculado para cada região, como mostra a tabela 1. Os valores das áreas de vegetação são todos superiores a quatro. Logo, pode-se eliminar as regiões de vegetação suprimindo as regiões com valor da variação média alto.

Tabela 1 – valores do gradiente local médio das regiões

região	Varição média	tipo
1	1.9509	telhado
2	2.8874	telhado
3	2.1717	telhado
4	1.6658	telhado
5	2.8451	telhado
6	5.0133	vegetação
6	1.3856	telhado
8	1.9137	telhado
9	1.3716	telhado
10	2.2753	telhado
11	1.2823	telhado
12	9.3368	vegetação
13	8.8622	vegetação
14	2.0058	telhado
15	6.5227	vegetação

A figura 3 mostra o resultado final da classificação das regiões segundo o parâmetro de textura selecionado. As áreas de vegetação foram eliminadas, ficando apenas aquelas correspondentes às construções.

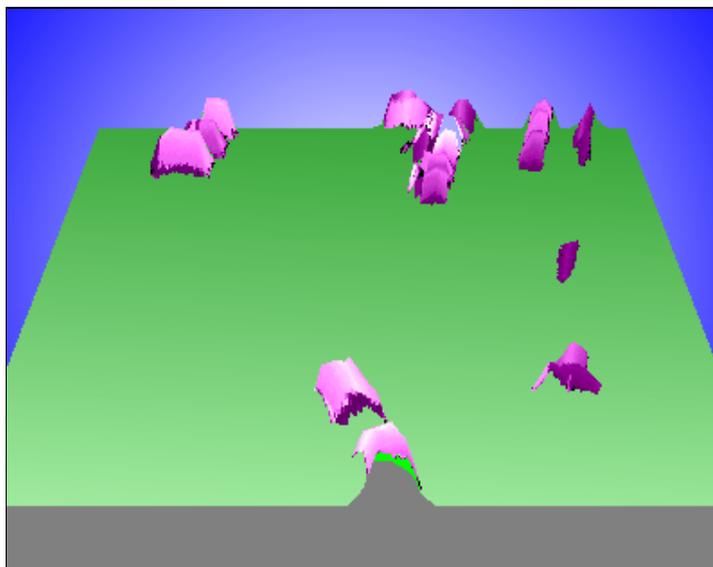


Figura 3 - Vista tridimensional das superfícies propícias para a coleta de água de chuva.

5. Conclusão

Neste artigo, uma metodologia para a identificação de telhados propícios para a coleta de água de chuva, baseada no aproveitamento de dados laser scanner, é apresentada. A metodologia se baseia na geração de uma grade altimétrica e o uso de ferramentas de processamento de imagens, entre eles a morfologia matemática. A discriminação de áreas ocupadas por vegetação e telhados, que dificilmente podem ser discriminadas analisando apenas a altura dos pixels, se torna possível com base na análise da variação local das alturas, ou seja, a textura destes objetos. O estudo mostra a viabilidade do uso de dados laser scanner para esta finalidade e prova que a análise da textura é uma ferramenta poderosa para a discriminação de objetos que, apenas com base na sua elevação, são de difícil discriminação.

Referências

- Baltsavias, E.P. 1999. Airborne Laser Scanning: Basic Relations and Formulas, **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing** 54 :199–214.
- Botelho, M.F. **Modelagem tridimensional de edificações usando dados do sistema laser scanner e imagem orbital de alta resolução espacial**. 2007. Tese de doutorado em Ciências Geodésicas. UFPR, Brasil. 2007.
- Botelho, M.F.; Centeno, J.A.S.. Filtragem e classificação de pontos LIDAR para a geração de Modelo Digital do Terreno. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE p. 3681-3688.
- Haralick R.M.; Shapiro, L. G.. **Computer and Robot Vision**, Addison-Wesley, 1992.
- Loch, R.E.N.; Schäfer, A.G.; Vargas, R.M.A. Filtragem e classificação de pontos laser scanner utilizando o software Terrascan. In: Geodésia Online. Anais. Florianópolis, 2004.
- Machado, A.M.L. **Extração Automática de Contornos de Edificações utilizando Imagem gerada por Câmara Digital de Pequeno Formato e Dados LIDAR**. 2006. Tese de doutorado em Ciências Geodésicas. UFPR, Brasil. 2006.
- Sonka, V. Hlavac, R. Boyle M. **Image Processing, Analysis, and Machine Vision**. International Thomson Publishing Pacific Grove; 770 p. 1998.