

Uso do *laser scanner* na modelagem de voçorocas do estado do Rio de Janeiro

Isabela Queiroz Ramos
Márcio Rocha Francelino
Stephanie Freitas Couto de Magalhães
Carlos Magno Moreira de Oliveira
Samara Salamene

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ
BR 465, km 7 - 23890-000 - Seropédica - RJ, Brasil
{bebela_i, stephanie.magalhaes, cmagnoliveira}@hotmail.com,
{marciorocha, salamene}@ufrj.br

Abstract. The gullies are deep channels opened in the soil by water action, under the influence of factors such as climate, topography, soil and vegetation type. This study aimed to do a gullies modeling by laser scanning method. Three gullies were selected for this study, located in the Pinheiral and Vassouras cities, Rio de Janeiro State, Brazil. The position of the scan laser was measured with GPS. With the data could create a digital elevation model, and from this were estimated as gullies area, volume and drainage flow. Through 3D representation was possible to observe the land slope where of gullies sites, facilitating the visualization and understanding of erosion processes. Local with probable piping presence were also identified. The modeled runoff by accumulated flow created a dense drainage network, with a main waterway which may represent a gully depth line and therefore the susceptible area to soil loss. The results obtained by laser scanning linked to study execution fast demonstrated the potential of this tool for erosion processes studies and monitoring. However, more studies are required to enable a evaluation better of tool, as for example the specific programs use to process the point cloud file type can provide digital elevation models else accurate.

Palavras-chave: remote sensing, erosion, soil loss, sensoriamento remoto, erosão, perda de solo.

1. Introdução

As voçorocas são processos de degradação ambiental que consistem em sulcos ou canais profundos abertos no solo pela ação da água (erosão hídrica). São, muitas vezes, irreversíveis ou de difícil recuperação (Bertol et al., 2007). Segundo Albuquerque (2007), o Brasil perde, por ano, cerca de quinhentos milhões de toneladas de terra por erosão.

Alguns fatores interferem na suscetibilidade do solo a esse tipo de degradação, como: clima (duração e intensidade da chuva), tipo de solo (erodibilidade natural), topografia (comprimento, forma e declividade da encosta), vegetação (tipo e extensão da cobertura) (Araujo et al., 2008).

Segundo Cunha e Guerra (2003) existem outros processos que ocasionam na formação de voçorocas. O escoamento sub-superficial forma uma corrente interna de água que promove a remoção de partículas no interior do solo, formando canais que evoluem em sentido contrário ao do fluxo de água. Esse fenômeno, denominado de *piping*, resulta na formação de voçorocas pelo conseqüente desabamento das camadas superiores em um curto espaço de tempo.

A quantificação e determinação de fatores que influenciam numa determinada voçoroca são fundamentais para o controle ou desaceleração dos processos erosivos. Entretanto, os métodos comumente utilizados para esse fim demandam elevado custo e tempo de trabalho (Alves, 2007), sendo necessárias ferramentas que otimizem as etapas de execução.

Nesse contexto, novas ferramentas de sensoriamento remoto têm surgido como alternativas de obtenção de dados de maneira rápida e apresentando alta acurácia, como o laser scanner, que possibilita a obtenção de informação tridimensional da paisagem permitindo o reconhecimento de diversos objetos, como prédios e vegetação (Baltsavias, 1999; Ribeiro et al., 2002).

Esse estudo teve como objetivo utilizar o sistema de varredura com laser (*laser scanner*) para modelar feições de áreas atingidas por voçorocas no médio vale do Paraíba do Sul.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

Foram selecionadas três locais afetados por processo erosivo do tipo voçoroca localizados nos municípios de Pinheiral e Vassouras, região denominada Médio Vale do rio Paraíba do Sul no estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

Essa região apresenta um quadro crítico de áreas degradadas ao longo de diversos ciclos econômicos que iniciou com o cultivo do café no século XIX (Hernani et al., 2002) e posterior uso das áreas para pecuária em sistema extensivo, fazendo até duas queimadas anuais (Machado, 2007).

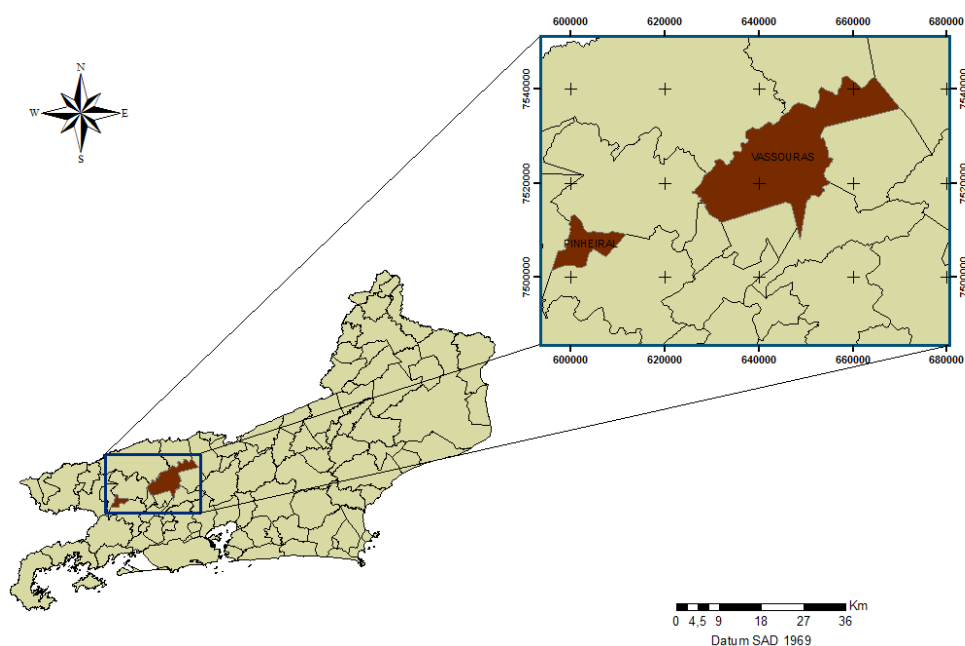


Figura 1. Localização dos municípios de Pinheiral e Vassouras no estado do Rio de Janeiro.

A voçoroca localizada no município de Pinheiral recebeu a denominação VP1 e as voçorocas localizadas no município de Vassouras denominaram-se VV1 e VV2 (Figura 2).



Figura 2. Voçorocas localizadas nos municípios de Pinheiral (VP1) e Vassouras (VV1 e VV2).

2.2 Modelagem das voçorocas

As informações sobre as dimensões das três feições erosivas investigadas foram obtidas através do escaneamento a laser. O equipamento utilizado foi o *laser scanner* modelo Quarryman Pro da marca MDL.

Foram levantadas as coordenadas do ponto de localização da estação e de um ponto de referência que foi utilizado para determinar a orientação da feição varrida, utilizando equipamento GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*), modelo 1200X da marca Leica.

A etapa seguinte foi realizar a configuração do equipamento para definir a posição dos pontos refletidos pelo objeto e para determinar a posição dos pontos no terreno com exatidão, sendo realizadas marcações das extremidades da área a ser varrida com o laser. Foi definido o modelo de polígono para a voçoroca VP1 e de retângulo para as demais voçorocas (Tabela 1).

As distâncias entre os pontos nas linhas verticais e horizontais também variaram, conforme pode ser observado na Tabela 1. Essas variações foram decorrentes do próprio estabelecimento da metodologia, onde foi verificado questões de precisões e do tempo necessário para efetuar a varredura.

Tabela 1. Configuração do equipamento em relação às voçorocas

Voçorocas	Formas geométricas para varredura	Distância entre pontos
VP1	Polígono	5 cm
VV2	Retângulo	20 cm
VV3	Retângulo	20 cm

Após a realização destes procedimentos no campo, os dados obtidos com o *laser scanner* foram processados no software MDL Quarryman Pro, onde foram extraídas as nuvens de pontos correspondentes a cada voçoroca. Em seguida, os pontos foram exportados no formato *dxf*, e posteriormente convertidos para o formato *shapefile* utilizando-se o programa ArcView 9.3.

Devido à posição do equipamento, alguns locais da voçoroca ficaram descobertos, o que foi compensado através da interpolação dos pontos, gerando uma grade contínua. Os pontos foram interpolados através da ferramenta *Topo to Raster*, gerando um modelo digital de elevação (MDE) de cada voçoroca no formato *raster*.

A partir do MDE foram estimadas a área e o volume de solos perdido nas voçorocas. Foram também utilizadas ferramentas do módulo *Hidrology* do ArcView 9.3 para identificar a direção do fluxo pluviométrico e o fluxo acumulado. A partir desse último tema foi possível identificar as áreas mais susceptíveis a serem erodidas, contribuindo para a expansão da voçoroca caso não seja realizada nenhuma intervenção.

A voçoroca VP1 também foi estudada por Machado (2007), onde foi estimado o volume de solo que estava sendo perdido e suas relações com características edafoclimáticas locais. Os resultados desse autor foram utilizados para comparação com os dados levantados pelo *laser scanner*.

3. Resultados e Discussão

A varredura da voçoroca VP1, que gerou pontos a cada 5 cm tanto na linha vertical como horizontal, formou uma nuvem composta por 469.370 mil pontos, os quais cada um armazenava informações de coordenadas X, Y e Z (Figura 3).

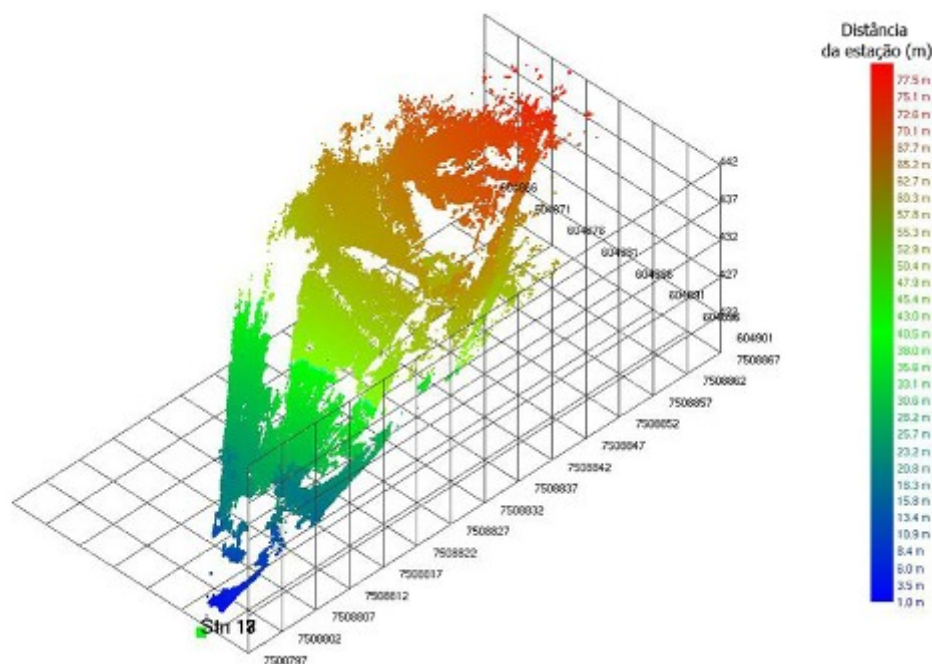


Figura 3. Nuvem de pontos gerados pela varredura com o laser scanner em VP1 (a localização da estação é o ponto Stn 18).

Segundo Machado (2007) essa voçoroca apresentou área superior de 185 m² quando comparado à medida pelo *laser scanner*, o que é resultado das diferentes metodologias utilizadas (Tabela 2).

Tabela 2. Valores dos atributos levantados em três voçorocas na região do médio vale do rio Paraíba do Sul, RJ.

Atributo	VP1	Sem intervenção*
Área (m ²)	960	1.145
Maior largura (m)	23,5	20,9
Comprimento (m)	61,5	90,7
Maior profundidade (m)	17	11
Volume (m ³)	6.735	10.718

* MACHADO (2007).

A Figura 4 mostra a representação tridimensional dessa voçoroca e suas possíveis áreas de expansão, de acordo com fluxo acumulado. Ela encontra-se em terreno de alta declividade que, associado às encostas de forma côncava e comprimento de rampa longo, apresentam maior susceptibilidade à erosão (Resende, 1985).

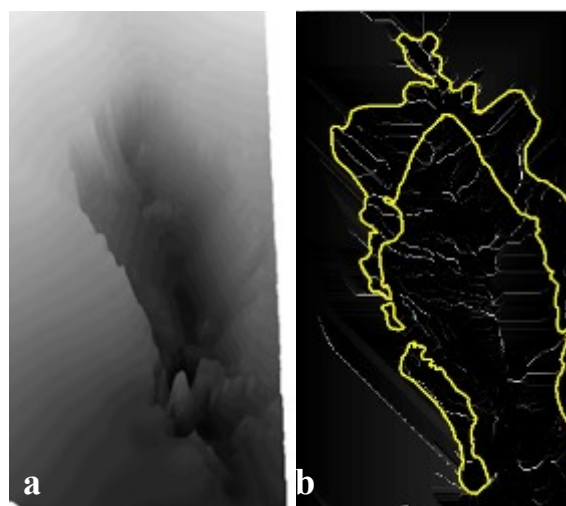


Figura 4. a) Representação 3D da voçoroca; b) Fluxo acumulado (linhas claras) e possível áreas de expansão da voçoroca (delimitadas em amarelo).

As varreduras das voçorocas VV1 e VV2, onde o *laser scanner* coletou pontos a cada 20 cm, geraram uma nuvem de pontos composta, respectivamente, por 135.105 e 171.474 unidades (Figuras 5). A área e volume estimados para essas voçorocas encontram-se na Tabela 3.

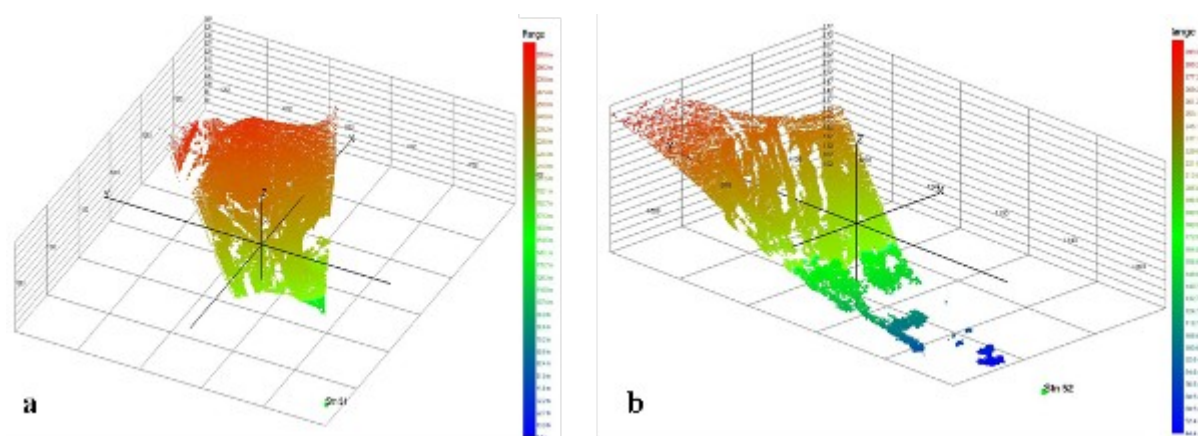


Figura 5. Nuvem de pontos gerada pelo *laser scanner* para as voçorocas VV1 (a) e VV2 (b). Os pontos Stn 51 e 52 correspondem, respectivamente, às localizações das estações de VV1 e VV2.

Tabela 3. Área e volume estimados para as voçorocas estudadas no município de Vassouras

Voçoroca	Área (m ²)	Volume (m ³)
VV1	2.753	4.246
VV2	11.065	5.770

Na VV1 o escoamento superficial modelado pelo fluxo acumulado gerou uma intensa rede de drenagem, com uma canal principal que pode representar a área mais susceptível a perda de solos no interior da voçoroca (Figura 6). A área a esquerda da voçoroca já apresenta outra direção do escoamento da água pluvial, o que pode estar preservando a estabilidade desta faixa do terreno. A possibilidade de expansão encontra-se na faixa a direita da voçoroca, que já apresenta processo de ravinamento instalado, além do canal de escoamento principal encontrar-se na extremidade direita da voçoroca.

Isto mostra que medidas de contenção deverão ser tomadas principalmente nessa faixa do terreno. Como esta voçoroca encontra-se num estágio ativo e avançado de desenvolvimento, as práticas mecânicas são mais indicadas, por trazerem resultados imediatos, pois segundo Machado (2007) elas são mais indicadas para proteção em curto prazo, associada à revegetação com leguminosas inoculadas com micorrizas, o que pode diminuir em 99% a perda de solo nessas situações. Nessa área provavelmente ocorre também erosão por *piping*, pois não é visível a junção desta drenagem com a drenagem principal da voçoroca.

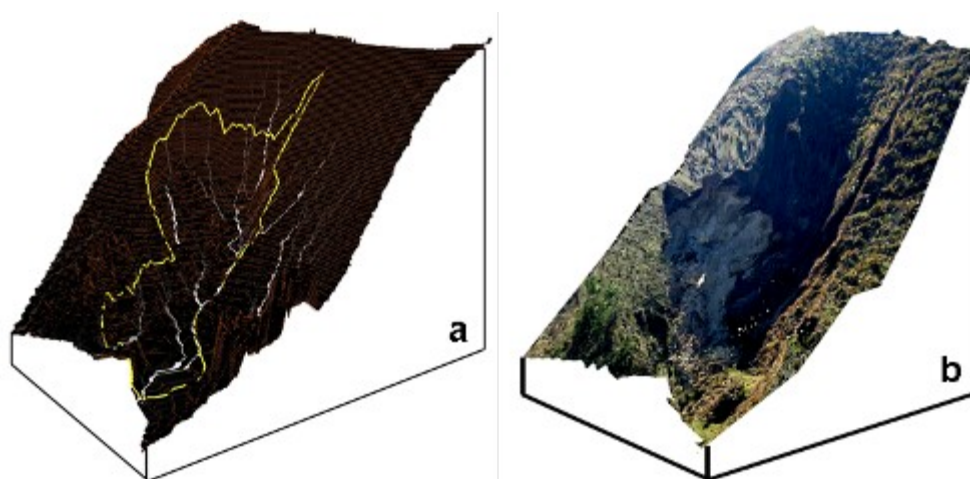


Figura 6. a) Curvas de nível, drenagem e limite da voçoroca (em amarelo); b) Fotografia da voçoroca sobreposta ao modelo 3D do terreno.

As linhas de drenagem de VV2 (Figura 7) não são contínuas no terço inferior, podendo indicar que ocorre presença de erosão por *piping* que, segundo Augustin e Aranha (2006), é um sinal da expansão da voçoroca.

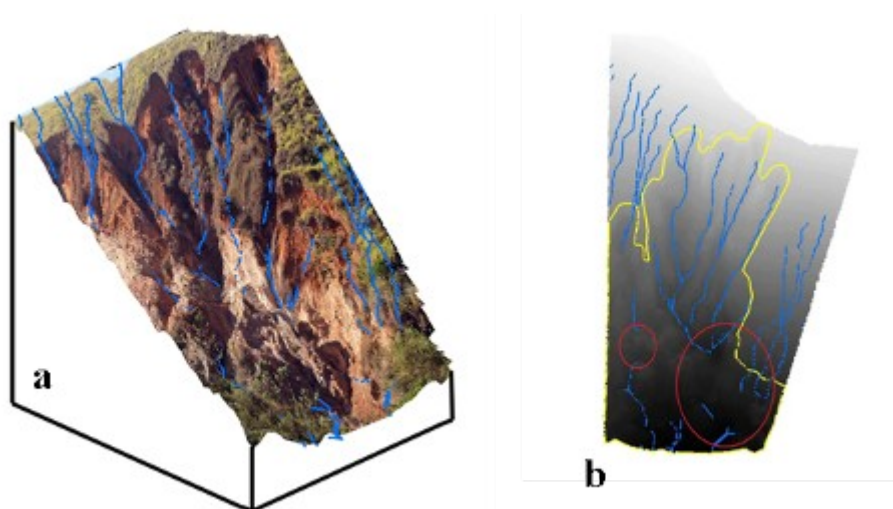


Figura 7. a) Drenagem (em azul) e modelo 3D da VV2, sobreposto à fotografia da área; b) Provável presença de *piping* na área da voçoroca 3 (circulada em vermelho).

A configuração de varredura em 5x5cm, apesar de apresentar uma maior precisão, aumentou muito o tempo necessário para execução do trabalho, tanto para coleta de dados no campo como para processamento dos dados (Tabela 4). Enquanto o processamento dos dados da VV1 levou cerca de 5 minutos, para os da VP1 esse tempo foi de 6 horas.

Tabela 4. Comparação dos procedimentos utilizados para cada voçoroca

Voçoroca	Configuração (cm)	Quantidade de pontos gerados	Tempo de varredura	Tempo aproximado de processamento
VP1	5x5	469.370	2h 20min	6h
VV1	20x20	135.105	40min	5min
VV2	20x20	171.474	1h 10min	10min

4. Conclusões

Os resultados obtidos com a varredura com o *laser scanner* permitiram gerar modelos tridimensionais das voçorocas com grande precisão geométrica, o que associado à rapidez do trabalho de levantamento no campo, mostrou-se numa ferramenta potencial para o estudo e monitoramento de processos erosivos. Através do MDE gerado foi possível realizar análise de diversos parâmetros das voçorocas. A configuração de obtenção de nuvem pontos por retângulo com varredura de 20 x 20 cm é a indicada para esse tipo de estudo.

Devido à posição do equipamento, alguns locais da voçoroca ficaram descobertos, o que foi compensado através da interpolação dos pontos, gerando uma grade contínua. Porém, recomenda-se realizar três varreduras em diferentes posições, uma a esquerda e outra a direita a partir de um ponto central, de forma a cobrir o terreno em todos os ângulos possíveis.

É importante ressaltar que esse é um trabalho incipiente, necessitando de mais detalhamentos para avaliar corretamente todo o potencial dessa ferramenta. O uso de outros programas específicos para tratar de arquivos tipo nuvem de pontos também são recomendados para obter modelos digitais de elevação ainda mais precisos.

5. Referências Bibliográficas

Albuquerque, B.N.F. Agentes, processos e feições erosivas em voçoroca conectada à rede de drenagem do rio Coreaú, Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, n. 1, p. 11-20, 2007.

Alves, R.R. Monitoramento dos processos erosivos e da dinâmica hidrológica e de sedimento de uma voçoroca: estudo de caso na fazenda do gloria na zona rural de Uberlândia –MG. 2007. 109p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia. 2007.

Araujo, S.H.G.; Almeida, R.J.; Guerra, T.J.A. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3ª ed., 2008, 320 p.

Augustin, R.H.C.; Aranha, A.R.P. A ocorrência de voçorocas em Gouveia, MG: características e processos associados. **Revista de Geociências**, v. 14, n. 2, p. 75-86, 2006.

Baltsavias, E.P. Airborne laser scanning: existing systems and firms and other Resources. **Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v. 54, p. 164–198, 1999.

Bertol, B.; Cogo, P.N.; Schick, J.; Gudagnin, C.J.; Amaral, J.A. Aspectos financeiros relacionados às perdas de nutrientes por erosão hídrica em diferentes sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 133-142, 2007.

Cunha, S.B.; Guerra, A.J.T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 3ª ed., 2003, 392 p.

Hernani, L.C.; Freitas, P.L.; Pruski, F.F.; Maria, I.C.; Castro-Filho, C.; Landers, J.C. A erosão e seu impacto. In: Manzatto, C.V.; Freitas-Júnior, E.; Peres, J.R.R. (Ed.). **Uso agrícola dos solos brasileiros**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002. p. 47-60.

Machado, R.L. Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no médio vale do rio Paraíba do Sul, RJ. 2007. 86p. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2007.

Resende, M. Aplicações de conhecimentos pedológicos à conservação de solos. **Inf. Agropec.**, v. 11, p. 3-18, 1985.

Ribeiro, S.R.A.; Santos, D.R.; Centeno, J.S. Aplicação da metodologia de dados orientados a objeto na classificação de uma área urbanizada, utilizando uma imagem digital obtida por meio da tecnologia do laser scanner. In: Simpósio Brasileiro de Geomática, **Anais...** Presidente Prudente - SP, 2002, p.144-149.