

Extração automática de MDT para cálculo da massa de carbono utilizando dados do sistema Laser Scanner

Maurício de Souza¹
Ricardo Dal'Agnol da Silva¹
Aline Bernarda Debastiani¹
Flamarion Dresch Pereira¹
Mosar Faria Botelho¹

¹Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Dois Vizinhos
Caixa Postal 96 – 85660-000 – Dois Vizinhos - PR, Brasil
{dark_mds, ricds, aline_ck, flamadresch}@hotmail.com
mosar@utfpr.edu.br

Abstract.

This research aims to create an algorithm capable of extract and interpolate data from Laser Scanner dispositive. This technology will help on the carbon estimative of forest areas beyond supporting other researches using the Digital Terrain Model (DTM) as an analysis element. The aerotransportated Laser Scanner is a dispositive used to determinate the altitude of earth surface. It's fast and precise on determinating tridimensional coordinates on the visible surface, which coordinates when put all together are called Digital Surface Model (DSM). Therefore, after collecting some terrain coordinates plus having a mathematic model of interpolation it's possible to generate the DTM. In this research, the laser scanner's vector data was shifted into raster data in order to apply the minimum blocks method and declivity method, where both were tested with many grid sizes and threshold. Each DTM generated were subtracted from a manual generated DTM, and the mean, deviation and standard deviation of the subtraction's residuals were calculated in order to comparison. The best DTM generated was by declivity method using 100 meters of grid size and 4% threshold, which was chosen due to having 0,18 meters of standard deviation, the lowest value of standard deviation found on the analysis.

Palavras-chave: laser scanning, Digital Terrain Model, levantamento laser, Modelo digital do terreno.

1. Introdução

O sistema de *laser scanner* aerotransportado esta sendo usado para determinar as coordenadas plano-altimétricas de pontos da superfície da terra e os objetos encontrados acima do relevo, a partir de medições da distância efetuadas com emissões e captura de feixes de luz. (Miqueles et al., 2003).

O sistema é acoplado em aeronaves de onde os feixes de luz são disparados em direção a superfície. A luz incide sobre uma superfície sendo refletida, parte do sinal emitido retorna ao sensor. Com base no tempo decorrido entre a emissão e o registro do retorno do sinal e a velocidade média da luz (conhecida), calcula-se a altimetria da superfície. O *laser scanner* aerotransportado é um rápido processo para adquirir um grande número de coordenadas tridimensionais da superfície visível, com alta precisão e boa resolução espacial (Dalmolin e Santos, 2004).

“Um dos benefícios da tecnologia LIDAR e justamente a obtenção da altura individual e informações sobre a estrutura das copas, possibilitando a inclusão de novas variáveis nos modelos de regressão. Alem disso, torna-se possível uma estratificação florestal através da altura, que poderá ser utilizada como uma ferramenta auxiliar para definição e alocação das parcelas em campo, reduzindo o erro amostral das estimativas” (Zandona et al., 2007).

Segundo Schimalesky (2007) área de floresta apresenta alto grau de dificuldade para se realizar levantamentos topográficos pelos obstáculos naturais, muitas vezes intransponíveis quando envolve questões de preservação do ambiente silvestre. O laser scanner oferece uma opção rápida para este problema.

Com as coordenadas plano-altimétricas, obtém-se o modelo digital de Superfície (MDS), tudo que o laser encontrar sobre um relevo, estima-se o modelo digital do terreno (MDT). Utilizando pontos do sistema laser que atravessam a vegetação, incidindo na superfície de ruas, pátios e solos, é possível estimar um MDT que represente de maneira fiel o terreno.

O objetivo deste trabalho é apresentar métodos de extração automática de objetos contidos sobre um relevo utilizando os dados rastreados pelo dispositivo Laser Scanner e quantificá-los com base a um MDT gerado manualmente.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

Foi escolhida uma área de estudo na região no Centro Politécnico da UFPR, em Curitiba (PR). Essa área está contida em uma região chamada de segundo planalto paranaense, possuindo altitude média de 910 m, latitude de 25°27'11" Sul e longitude de 49°13'58" Oeste. É um fragmento de floresta Ombrofila mista também denominada Floresta de Araucária. Foi utilizada esta área por já possuir a base de dados espaciais obtidos de varredura de *laser scanner*, com convênio da UFPR, realizado por meio do LACTEC.

2.2. Método para gerar o MDT.

Para poder gerar o MDT será transformado os dados obtidos pelo laser scanner vetoriais (X, Y, Z) para um modelo matricial (*raster*), e seu conteúdo serão representados pela altimetria (Z). A partir da matriz será gerada uma imagem que mostra os pontos captados pelo laser scanner na área de estudo.

2.2.1. Método Bloco Mínimos

Para conseguir distinguir o que é solo do que são objetos no modelo matricial gerado, será utilizada uma grade convencional (analisa em pequenas partes a área), criando outra matriz atribuindo a esta os menores valores altimétricos encontrados no modelo matricial com dimensões fixas.

Exemplificando a grade convencional de mínimos, supondo uma matriz com 20 células onde cada célula possui um determinado valor de altitude, faz-se o gradeamento de tamanho fixo com 4 células. Desta forma tem-se 16 grades fixas que receberão os valores altimétricos da matriz, as grades organizadas e posicionadas de forma adjacentes representaram a área total da matriz (assim como os valores de altitude) e cada grade calculará sua menor altitude, ilustrado na Figura 1.

Se comparado a matrizes de dados altimétricos oriundos de *laser scanner*, com a matriz com os menores valores altimétricos, a fim de obter-se a diferença entre as altitudes. Caso essa diferença ultrapasse um limiar adotado para diferenciar a arvore do solo, o ponto da grade original contendo a altitude do laser é classificado como floresta e o contrario como solo.

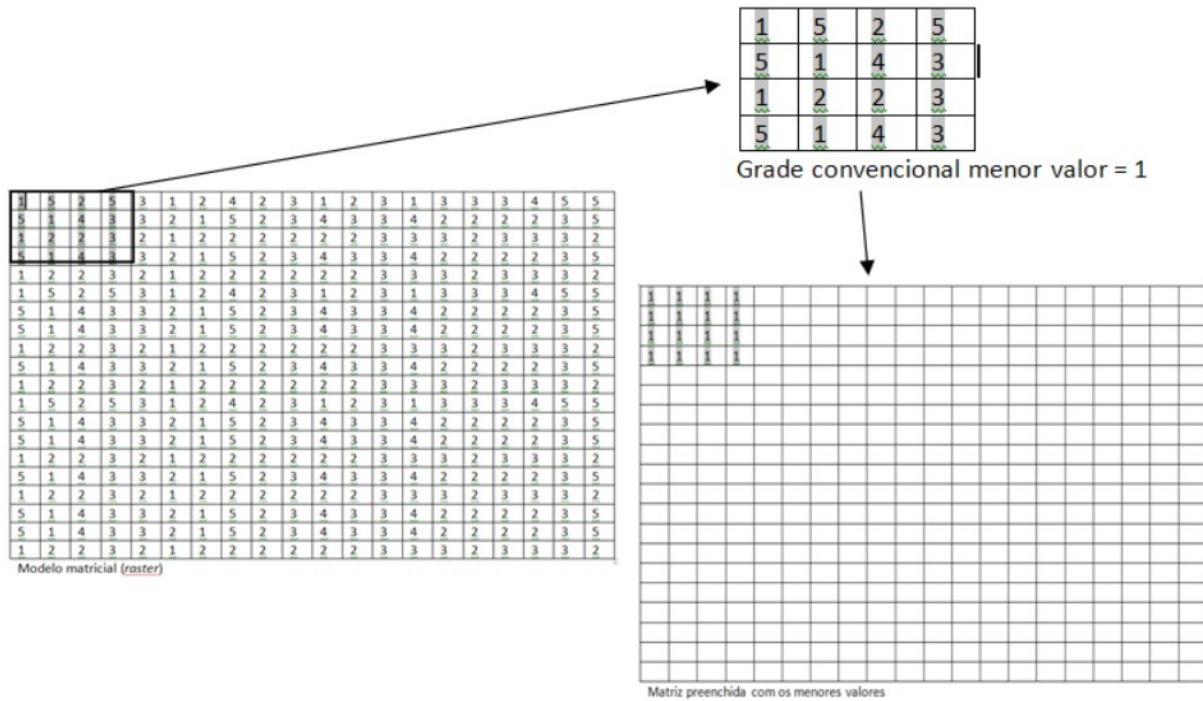
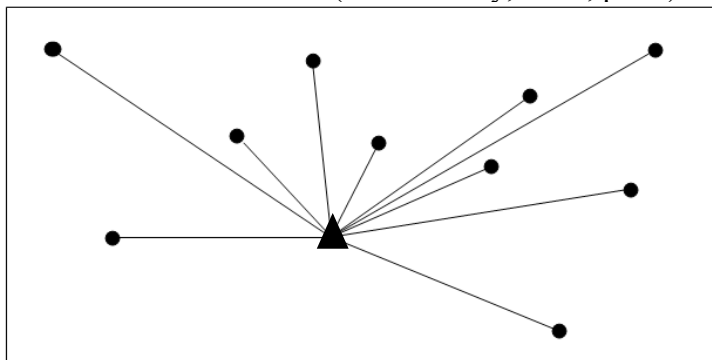


Figura 1. Demonstração modelo matricial e grade convencional.

2.2.2. Método Declividade

Esse método leva em consideração a diferença de altura entre dois pontos e a declividade do terreno. Se a diferença de altura em função da distancia superar um determinado limiar, então os pontos mais altos e próximos, serão identificados como não pertencente ao MDT e são removidos. Este filtro se baseia na diferença de altura entre dois pontos vizinhos, a probabilidade do ponto mais alto não pertencer ao terreno aumenta com a diminuição da distância linear entre eles (Schimalesky, 2007, p. 82). Ilustrado na Figura 2.



Método de declividade

Figura 2. Método de declividade onde o triangulo possui a menor altitude de uma grade convencional

2.2.3. Método Manual.

Foi desenvolvida uma ferramenta para realizar este MDT sem a necessidade de ir a campo, de forma manual. A ferramenta apresentada na Figura 3, na qual se podem observar as opções de escolha dos pontos que realmente são solo. A primeira opção é coletar ponto com um *click* do *mouse* diretamente na imagem da área em escala de cinza, opção de criar uma linha, clicando e arrastando o cursor do *mouse* forma uma linha, onde todos os pontos em que esta linha sobreescreva são transportados para outra tela mostrando a variação da altitude dos pontos, para que se possa coletar precisamente. Opção de coletar todos os pontos de uma área

retangular, clicando e arrastando o cursor do *mouse* forma um retângulo, onde todos os pontos contidos no retângulo são coletados

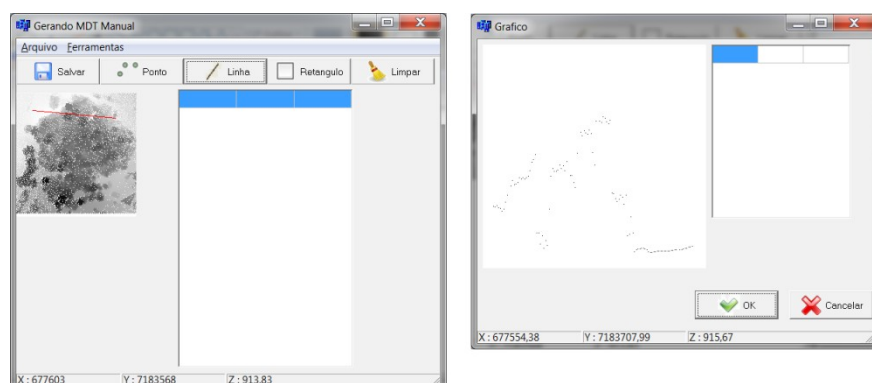


Figura 3. Ferramenta desenvolvida para gerar o MDT de forma Manual.

2.3. Método de Interpolação por *Krigagem*.

Na projeção das coordenadas dos pontos laser sobre um gradeamento surgem células vazias que necessitam de valores para gerar uma grade mais representativa do terreno e possibilitando posteriores análises. “Para que se possam estimar valores onde não existem dados são utilizados modelos matemáticos de interpolação. Por meio da interpolação podem-se calcular elevações, gerar grades regulares a partir de dados coletados de forma irregular e densificar grades retangulares” (Burrough, 1986, p. 39).

Neste trabalho foi utilizada a metodologia de *Krigagem* para a interpolação dos dados. “A *krigagem* é um modelo estatístico de efeitos locais e globais, cada ponto da superfície é estimada apenas a partir da interpolação das amostras mais próximas, utilizando um estimador estatístico” (Camargo et. al. 2004).

2.4. Avaliação dos métodos

Para analisar os métodos, foi utilizado um processo de subtração do MDT manual para com os MDTs gerados automaticamente a partir dos métodos Bloco Mínimos e Declividade, variando grades e lineares. Com isso é possível calcular a variação do MDT gerado automaticamente quanto a sua diferença na maior e menor diferença altimétrica mostrando picos de erro no relevo, a média da diferença entre coordenadas do MDT manual para o automático e o desvio padrão desses resíduos.

3. Resultados e Discussão

Observa-se na Figura 4, o MDT gerado manualmente com auxílio da ferramenta desenvolvida (secção 2.2.3). Este foi utilizado para comparar e avaliar qual o melhor método e seus parâmetros (grade e lineares). As grades utilizadas nos métodos foram de 10 m, 20 m, 30 m, 40 m, 50 m, 60 m, 70 m, 80 m, 90 m e 100 m, as 10 melhores grades foram mostradas nas tabelas 1 e 2, que estão ordenadas segundo a seguinte ordem: os menores valores de Desvio padrão, diferença entre máximo e mínimo resíduo e a média absoluta (é o módulo da média, utilizada para ver qual média de MDT mais se aproxima do MDT real).

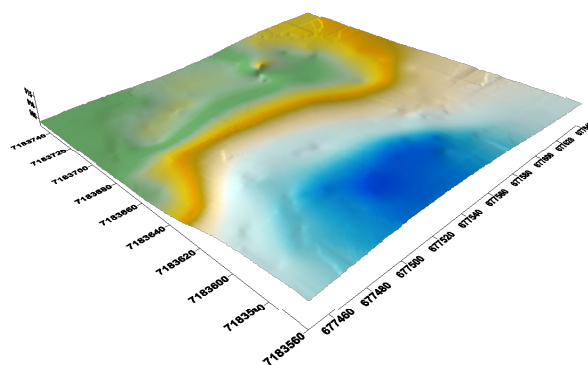


Figura 4. MDT gerado Manualmente

Os limares utilizados para o método de blocos mínimos é: 1m, 2 m, 3 m, 4 m, 5m estes limeares foram testados para cada grade, gerando os resultados dispostos na Tabela 1.

A Tabela 1 indica que estatisticamente o melhor tamanho de grade e lineares utilizado para gerar o MDT com o método de Blocos Mínimos foi o gradeamento de 100 m com o lineares de 1 m apresentando um desvio padrão de 0,21 m, mas observando a Figura 5, nota-se que este MDT apresentou erro, devido o método ter capturado poucos pontos para a geração do MDT, ou seja, o gradeamento ficou muito grande a ponto de excluir todos os pontos do MDS. O segundo melhor MDT segundo a Tabela 1 também apresentou o mesmo problema descrito anteriormente o que impulsionou a decisão de descarte desses resultados, disposto na Figura 6.

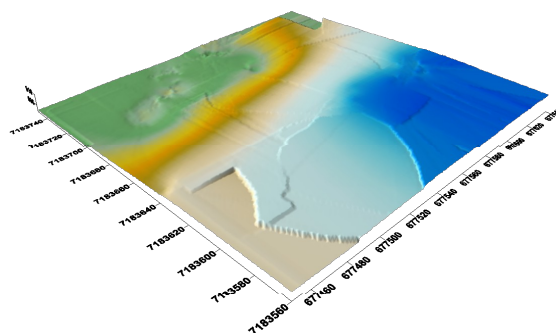


Figura 5. Bloco Mínimo com gradeamento de 100 m e Lineares 1 m.

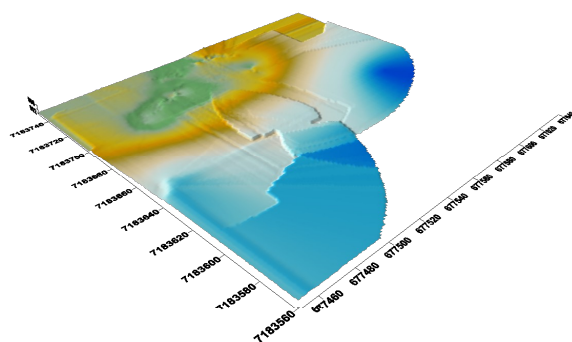


Figura 6. Bloco Mínimo gradeamento 90 m. e lineares de 1 m.

Portanto, para este método, o MDT mais indicado é o com gradeamento de 50 m e lineares de 1m, devido este se assemelhar mais com o MDT manual e ter o menor desvio padrão válido de 0,25 m, disposto na Figura 7.

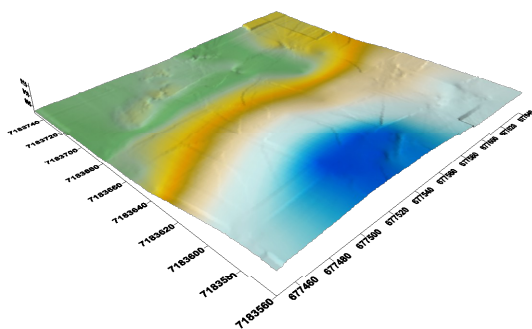


Figura 7. Bloco Mínimo com gradeamento de 50 m. e lineares 1 m.

Os limares utilizados para o método de Declividade é baseado em percentagem de inclinação, e foram adotados os seguintes valores: 3, 4, 5, 6, 7. Estes limares foram testados para as mesmas grades do método do bloco mínimo, onde os 10 melhores resultados gerados estão dispostos na Tabela 2.

A Tabela 2 indica que estatisticamente o melhor tamanho de grade e lineares utilizado para gerar o MDT com o método de Declividade foi o gradeamento de 90 m com o lineares de percentagem de declive de 4% apresentando um desvio padrão de 0,15 m. Porém, observando a Figura 8, nota-se que este MDT apresentou erro, devido o método ter capturado poucos pontos para a geração do MDT, idem ao ocorrido com o método bloco mínimo. O terceiro melhor MDT disposto na Tabela, gradeamento de 10 m com lineares de 3%, também apresentou o problema descrito anteriormente o que estimulou a decisão de descarte destes resultados, disposto na Figura 9.

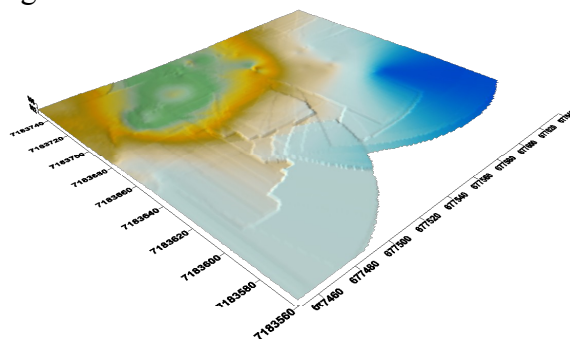


Figura 8. Declividade com gradeamento 90 m. e Lineares 4.

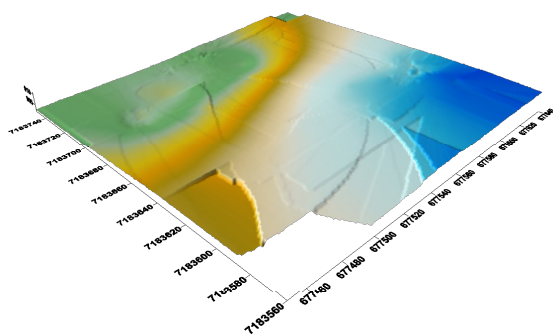


Figura 9. Declividade com gradeamento 100 m. e Lineares 3.

Para este método, considerando o critério qualitativo e o quantitativo visto priorizado pelo Desvio Padrão, pode-se dizer que o gradeamento mais indicado é de 100 m com linciar de 4%, devido este ter se aproximado mais do MDT gerado manualmente e obteve o menor desvio padrão de 0,18 m válido, disposto na Figura 10.

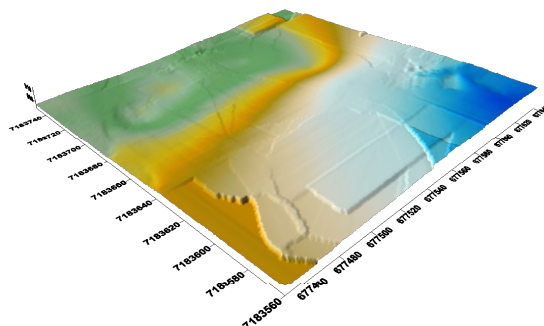


Figura 10. Declividade com gradeamento 100 m. e Linciar 4.

Com base no desvio Padrão pode-se dizer que o melhor método de geração automática do MDT é o método de Declividade. Com um desvio padrão de 0,18 m.

Tabela 1. Os 10 melhores resultados da Variação de Grades e Linciares do Método Blocos Mínimos.

Grade (m)	Linciar (m)	Mínimo (m)	Máximo(m)	Dif. Max. Min. (m)	Média (m)	Média Absoluta (m)	Desvio Padrão (m)
100	1	-2,826	0,780	3,606	0,040	0,040	0,218
90	1	-2,826	0,925	3,751	0,014	0,014	0,251
50	1	-2,826	0,825	3,652	0,063	0,063	0,252
80	1	-2,826	1,461	4,287	0,006	0,006	0,264
60	1	-2,826	2,070	4,896	0,048	0,048	0,273
70	1	-2,826	2,04	4,873	0,092	0,092	0,282
30	1	-2,826	2,070	4,896	0,035	0,035	0,283
20	1	-2,826	2,734	5,560	0,006	0,006	0,286
40	1	-2,826	1,461	4,287	0,010	0,010	0,286
100	2	-2,826	1,568	4,395	0,001	0,001	0,287

Tabela 2. Resultados da Variação de Grades e Linciares do Método de Declividade.

Grade (m)	Linciar (m)	Mínimo (m)	Máximo(m)	Dif. Max. Min. (m)	Média (m)	Média Absoluta (m)	Desvio Padrão (m)
90	4	-2,826	0,650	3,476	-0,028	0,028	0,155
100	4	-2,826	0,822	3,649	-0,013	0,013	0,187
100	3	-2,826	0,748	3,575	-0,065	0,065	0,189
60	4	-2,826	2,044	4,870	-0,018	0,018	0,201
90	5	-2,826	1,260	4,086	-0,012	0,012	0,204
20	4	-2,826	2,151	4,977	-0,038	0,038	0,212
60	5	-2,826	2,070	4,891	-0,001	0,001	0,219
20	5	-2,826	2,151	4,977	-0,037	0,037	0,221
90	3	-2,826	0,461	3,288	-0,052	0,052	0,223
100	5	-2,826	1,318	4,144	-0,013	0,013	0,225

4. Considerações finais

Conclui-se que o algoritmo desenvolvido apresentou uma forma de gerar automaticamente o MDT, extraindo os objetos contidos sobre um relevo utilizando os dados capturados pelo sistema Laser Scanner. A comparação com o MDT manual indicou as melhores grade e lineares para o método bloco mínimo foi a grade de 50 m com linear de 1 m, para o método declividade foi a grade de 100 m e o linear de 3%. O método mais confiável para a geração do MDT automático foi o de declividade, devido apresentar menor desvio padrão de 0,18 m.

A próxima etapa deste projeto está no cálculo da massa de carbono uma vez que possibilitou-se a eliminação das coordenadas dos pontos pertencentes a superfície do relevo onde as árvores encontram-se. Também será elaborado critérios e procedimentos para a eliminação automática das edificações que possivelmente estão contidas nessa massa de carbono.

Agradecimentos

Agradecimentos à Fundação Araucária e ao CNPq que possibilitaram a realização desse projeto.

Referências Bibliográficas

Burrough, P. A. **Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessment**. New York: Oxford University Press, 1986.

Camargo, E. C. G.; Fucks, S. D.; Câmara, G. **Análise espacial de Superfície** In: Análise espacial de dados geográficos. Editora: EMBRAPA, Brasília, 2004. cap. 3, p. 42–68.

Dalmolin, Q.; Santos, D. R. **Sistema Laser scanner: conceitos e princípios de funcionamento**. (3ª edição). Curitiba, UFPR, 2004.

Miqueles, M.A.; Cavassim Jr., I.; Weihing D.; Centeno J. Classificação de Imagens obtidas do Laser Scanner baseada em atributos espectrais e espaciais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto **Anais...** Belo Horizonte: INPE, 2003. p. 1883 - 1890. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00017-X. Disponível em: < http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.16.12.14/doc/14_252.PDF >. Acesso em: 20 nov. 2010.

Schimalesky, V. **Avaliação da qualidade da informação altimétrica derivada da varredura a laser em uma região coberta por vegetação: um estudo de caso**. 2007. 82 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

Zandoná, D. F.; Lingnau C.; Nakajima N. Y.; Utilização da tecnologia para obtenção de altura individual e delimitação automática de copas em povoamento de *Pinus sp.*. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 3693-3700. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: < <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.17/doc/3693-3700.pdf> >. Acesso em: 20 nov. 2010.