

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Leonardo Tullio
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto [recurso eletrônico]
/ Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento
remoto; v. 1)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-54-3

DOI 10.22533/at.ed.543180210

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “Aplicações e princípios de Sensoriamento Remoto” aborda em seu primeiro Volume uma apresentação de 21 capítulos, no qual os autores tratam as mais recentes e inovadoras pesquisas voltadas para a área de Sensoriamento Remoto em suas diversas aplicações no meio urbano e rural.

O uso de imagens de satélite através do Sensoriamento Remoto está cada vez mais sendo utilizada para o planejamento e tomada de decisão rápida, visto que, a era tecnológica permite rapidez e confiança nos resultados. Contudo, sua utilização está na dependência de fatores de interação entre ambiente e sensor, que afetam nos produtos finais. Assim, sua qualidade depende de quatro tipos de resolução: temporal; espacial; espectral e radiométrica, que se referem a condição do satélite, isso deve ser levado em consideração no tipo de análise e o que pretende -se analisar.

Em contrapartida, a aquisição de imagens a nível terrestre já é possível com a utilização dos VANTES (Veículo Aéreo não Tripulado), porém fatores afetam seu movimento e resultam em imagens com pouca qualidade, estando diretamente na dependência do tipo de sensores acoplados. A análise por modelos e técnicas computacionais permite melhores e mais confiáveis resultados, que podem expressar a real condição. Porém, índices para comparação de variáveis ainda são desconhecidos e necessitam de trabalhos mais específicos para a geração de mapas interativos e virtuais.

Assim, o Sensoriamento Remoto é atualmente a área que mais cresce, visto a possibilidade da interação e tomada de decisão por meio de imagens e programas computacionais, tornando uma grande ferramenta em diversas áreas de atuação.

Por fim, espero que esta obra atenda a demanda por conhecimento técnico de qualidade e que novas pesquisas utilize-a de norte para traçar novos rumos para o Sensoriamento Remoto Aplicado.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
A DINÂMICA DE FOCOS DE CALOR NO ESTADO DO ACRE ENTRE OS ANOS DE 2004 E 2010	
<i>Juliana de Oliveira Tostes</i>	
<i>Márcio Rocha Francelino</i>	
<i>José Francisco de Oliveira Júnior</i>	
<i>Gustavo Bastos Lyra</i>	
CAPÍTULO 2	13
ADEQUAÇÃO DE BANCO DE DADOS E UTILIZAÇÃO DE ATRIBUTO DE HIERARQUIA NA GERAÇÃO DE ROTAS ÓTIMAS PARA O ESCOAMENTO DA PRODUÇÃO FLORESTAL	
<i>Júlia Vaz Tostes Miluzzi de Oliveira</i>	
<i>Pedro Sepulveda Neto</i>	
<i>Charles Marques de Souza</i>	
<i>Fausto Weimar Acerbi Junior</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR	
<i>Gabriel Roldo Gomes</i>	
<i>João Henrique Ferrarini</i>	
<i>Marcelle Luisa Calegari</i>	
<i>Danielli Batistella</i>	
<i>Priscila da Silva Victorino</i>	
CAPÍTULO 4	34
ANÁLISE DA DINÂMICA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E SUAS IMPLICAÇÕES COM O ZONEAMENTO DO SOLO URBANO NA BACIA DO RIBEIRÃO CAMBUÍ, SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP.	
<i>Paulo Roberto Belisário</i>	
<i>Maiara Resende Ribeiro</i>	
<i>Mario Valério Filho</i>	
CAPÍTULO 5	44
ANÁLISE DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA (RMG), NO PERÍODO DE 1986 A 2016	
<i>Joelson de Souza Passos</i>	
<i>Jepherson Correia Sales</i>	
<i>Gabriella Santos Arruda de Lima</i>	
CAPÍTULO 6	57
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA ÁREA URBANA DE UM TRECHO DO RECIFE E REGIÃO METROPOLITANA ATRAVÉS DE ORTOFOTOCARTAS ANTIGAS E IMAGEM DO GOOGLE EARTH	
<i>Leonardo Carlos Barbosa</i>	
<i>Luiz Carlos Barbosa da Silva</i>	
<i>Laízy de Santana Azevedo</i>	
CAPÍTULO 7	66
ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DE PARTE DE BAIRRO NOVO – OLINDA ENTRE 1986 A 2014 UTILIZANDO ORTOFOTOCARTA E ORTOFOTOS	
<i>Júlio César Albuquerque Simões Belo</i>	
<i>Mirelly de Oliveira Farias</i>	
<i>Carlos Alberto Borba Schuler</i>	

CAPÍTULO 8 75

ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DE DUNAS AO LONGO DO MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DO NORTE RS VIA DADOS TM LANDSAT 5

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
João Augusto de Carvalho Ferreira
Jefferson Rodrigues dos Santos
André Bilibio Westphalen
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 9 83

ESTIMATIVA DO ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR DA CANA-DE-AÇÚCAR A PARTIR DE IMAGENS DO SATÉLITE LANDSAT-8 (OLI)

Rodrigo Moura Pereira
Dayanna Teodoro Quirino
Derblai Casaroli
Lucas Melo Vellame
Delvio Sandri

CAPÍTULO 10 98

ESTUDO DO DESFLORESTAMENTO E QUALIDADE AMBIENTAL A PARTIR DO USO DE TECNOLOGIAS EM SENSORIAMENTO REMOTO

Roberta Monique da Silva Santos
Stiffanny Alexa Saraiva Bezerra
Álefe Lopes Viana
Nelson Felipe de Albuquerque Lins Neto
José Roselito Carmelo da Silva

CAPÍTULO 11 115

EVOLUÇÃO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO SISTEMA ESTUARINO DA BAÍA DE VITÓRIA - SEBV E IMPLICAÇÕES PARA O GRADIENTE FLÚVIO-ESTUARINO.

Fernando Jakes Teubner Junior
Gilberto Fonseca Barroso

CAPÍTULO 12 131

ÊXODO RURAL E ESTADO DA VEGETAÇÃO NATIVA: DESENVOLVIMENTO DE UM INDICADOR SOCIOECONÔMICO E VALIDAÇÃO COM IMAGENS DE SATÉLITE NO MUNICÍPIO DE CANGUÇU - RS, BRASIL

Jefferson Rodrigues dos Santos
Júlia Borges Telmo
Lucas Munhoz Caseiro
Jean Marcel de Almeida Espinosa
João Augusto de Carvalho Ferreira

CAPÍTULO 13 142

FRAGILIDADE AMBIENTAL DE UMA MICROBACIA, VISANDO O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Sérgio Campos
Marcelo Campos
Thyellenn Lopes de Souza
Mateus Campos Leme
Mikael Timóteo Rodrigues

CAPÍTULO 14 152

IMAGEM DE REFLECTÂNCIA DE SUPERFÍCIE USGS COMO REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE DIFERENTES MÉTODOS DE CORREÇÃO ATMOSFÉRICA

Patricia Michele Pereira Trindade
Dejanina Luderitz Saldanha

<i>Waterloo Pereira Filho</i>	
CAPÍTULO 15	163
INFERÊNCIA DA PROFUNDIDADE DA ZONA EUFÓTICA E DO COEFICIENTE VERTICAL DE ATENUAÇÃO DE LUZ NA ÁGUA DA REPRESA MAUÁ, RIO TIBAGI/PR, A PARTIR DE IMAGENS MULTIESPECTRAIS LANDSAT-8/OLI	
<i>Adriana Castreghini de Freitas Pereira</i>	
<i>Paulo Henrique Marques de Castro</i>	
CAPÍTULO 16	174
MODELAGEM DE CORREDORES ÓTIMOS PARA INSTALAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS FERROVIÁRIOS COM O SOFTWARE LIVRE DINÂMICA EGO A PARTIR DE PRODUTOS GRATUITOS DE SENSORIAMENTO REMOTO	
<i>Felipe Ramos Nabuco de Araújo</i>	
<i>Jefferson William Lopes Almeida</i>	
<i>Ítalo Sousa de Sena</i>	
<i>Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega</i>	
CAPÍTULO 17	187
PLANEJAMENTO DE UNIDADES DE GESTÃO DIFERENCIADA EM PROJETO DE MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL NA AMAZÔNIA	
<i>Daniel de Almeida Papa</i>	
<i>Evandro Orfanó Figueiredo</i>	
<i>Alexandre Pansini Camargo</i>	
<i>Luiz Carlos Estraviz Rodriguez</i>	
CAPÍTULO 18	199
RELAÇÃO ENTRE RESPOSTA ESPECTRAL, BIOMASSA E ESTOQUE DE CARBONO EM OCORRÊNCIAS DE CERRADO NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO RIO PARDO: ESTUDO PRELIMINAR	
<i>Ronaldo Medeiros dos Santos</i>	
<i>Vinícius Orlandi Barbosa Lima</i>	
<i>Marcelo Rossi Vicente</i>	
<i>Talita Moreira Câmara</i>	
<i>Cecília Cristina Almeida Mendes</i>	
<i>Diana Marques Silva</i>	
<i>Gesiane Simara Barbosa</i>	
CAPÍTULO 19	209
SENSORIAMENTO REMOTO NA CULTURA DO ALGODÃO	
<i>Ziany Neiva Brandão</i>	
<i>João Henrique Zonta</i>	
<i>Luciano Shozo Shiratsuchi</i>	
CAPÍTULO 20	225
TEMPERATURA DE BRILHO POR MEIO DE IMAGENS LANDSAT-8 NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TIETÊ NO ESTADO DE SÃO PAULO	
<i>Adriana Fantinati Conceição</i>	
<i>Denivaldo Ferreira de Souza</i>	
<i>Pedro Enrico Salamim Fonseca Spanghero</i>	
<i>Lindon Fonseca Matias</i>	
CAPÍTULO 21	235
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS CCD-CBERS-2B NA ANÁLISE DOS ALINHAMENTOS GEOLÓGICOS DA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE	
<i>Paulo Sérgio de Rezende Nascimento</i>	
SOBRE O ORGANIZADOR	248

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS DE GERAÇÃO DE MDT APLICADO AO PARQUE AMBIENTAL VITÓRIO PIASSA - PR

Gabriel Roldo Gomes

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Via do Conhecimento, Km 01 – Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil
grg.1998@hotmail.com

João Henrique Ferrarini

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Via do Conhecimento, Km 01 – Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil
jhferrarini@hotmail.com

Marcelle Luisa Calegari

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Via do Conhecimento, Km 01 – Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil
marcelle.luisa65@gmail.com

Danielli Batistella

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Via do Conhecimento, Km 01 – Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil
batistella@utfpr.edu.br

Priscila da Silva Victorino

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR

Via do Conhecimento, Km 01 – Bairro Fraron, 85503-390, Pato Branco – PR, Brasil
pvictorino@utfpr.edu.br

ABSTRACT – The present work aims to compare different methods of generation of Digital Terrain Model (MDT) applied to Vitória Piassa Environmental Park, located in the municipality of Pato Branco - PR. These models were elaborated in the SAGA GIS program with planialtimetric survey data carried out by the City Hall through RTK (Real Time Kinematic) equipment, with equidistance between the 0.5m level curves in the WGS84 system. The rectangular regular ground interpolators denominated Inverse of the Distance Square were considered in the application, considering the weighted averages, the Ordinary (Global) Kriging that uses the spatial dependence between neighboring samples with minimum variance, and the Nearest Neighbor that maintains the values of Dimensions of the samples in the grid; And how unevenly the triangle Delaunay that preserved all the geomorphic features of the surface. The accuracy of the models was analyzed by the collection of control points obtained in the field with GPS (Global Position System) post-processed with Stop-and-Go method of 15 minutes per point. Differences in altitude were compared using the Inverse Distance Squares, Ordinary Kriging (Global) and Delaunay Triangulation interpolators, which presented lower Standard Deviation, with values 1.666 m, 1.667 m and 1.679 m respectively, when compared to The Nearest Neighbor who

got 1,814m.

PALAVRAS-CHAVE: Planialtimetric Data. Level Curves. Interpolators. Digital Terrain Models. Dados Planialtimétricos. Curvas de Nível. Interpoladores. Modelos Digitais de Terreno.

1 | INTRODUÇÃO

Segundo Câmara e Felgueiras (2001), os Modelos Numéricos de Terreno (MNT) consistem na representação matemática computacional da distribuição de um fenômeno espacial que ocorre em determinada região da superfície terrestre. Comumente associados à altimetria, também podem ser utilizados para modelar unidades geológicas, como teor de minerais, ou propriedades do solo ou subsolo, como aeromagnetismo.

Tais modelos foram desenvolvidos há cerca de 60 anos nos EUA para apoio à automatização de projetos de vias de transporte e atualmente são empregados nos mais variados ramos da engenharia que se utilizam das informações sobre o relevo do terreno. Quando se fala em MDT (Modelo Digital do Terreno), deve-se considerar um modelo numérico da superfície do terreno, desconsiderando os elementos artificiais do mesmo, como vegetação, construções e outros. (Segantine e Silva, 2015).

O processo de geração de um MDT constitui-se de duas etapas:

- Amostragem: compreende a aquisição de amostras referentes ao fenômeno de interesse;
- Interpolação: envolve a criação de estruturas de dados e definição de superfícies de ajuste que possibilitem uma manipulação eficiente do modelo.

Nesse sentido, é possível realizar procedimentos de análise de diferentes Modelos Digitais de Terreno, que podem ser qualitativos, como a visualização tridimensional do modelo, bem como quantitativos, quando se trata de cálculos de volumes, áreas ou geração de mapas, por exemplo.

A área utilizada para estudo é o Parque Ambiental Vitório Piassa, com área total de 52.848,70 m², pertencente ao município de Pato Branco – PR, como indica a Figura 1, do mapa de localização da região.

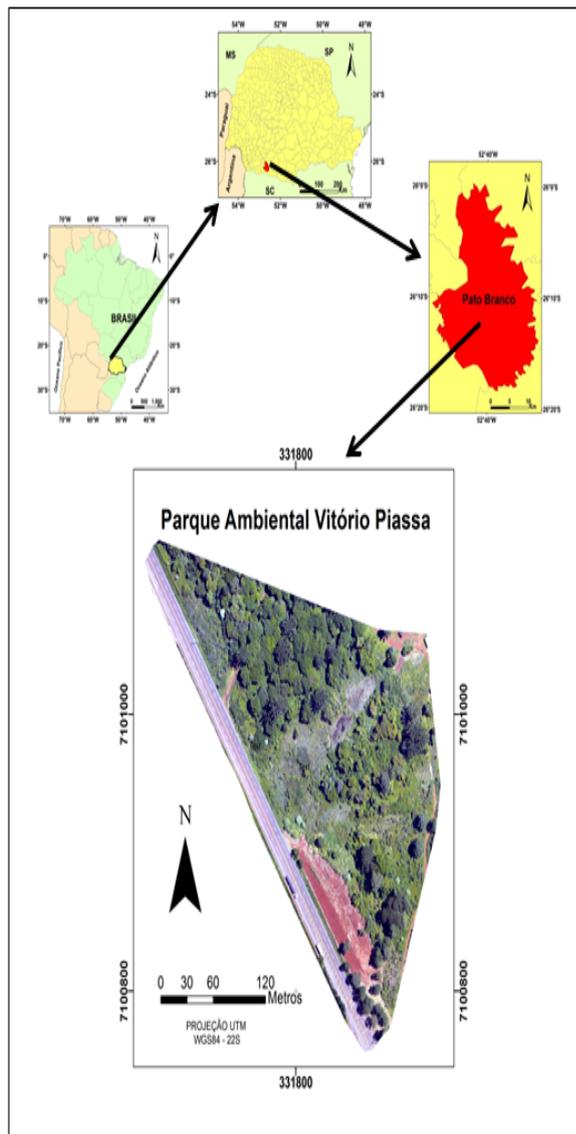


Figura 1. Localização da área de estudo.

Tal pesquisa objetiva a geração de diversos MDT's do Parque citado, verificando qual método de interpolação resulta em melhor representação da realidade.

2 | METODOLOGIA DE TRABALHO

O processo de amostragem compreende a aquisição de um conjunto de amostras que representam a variação de determinado fenômeno espacial. Para a coleta, por sua vez, deve-se levar em consideração fatores como quantidade e posicionamento das amostras conforme o fenômeno que se pretender modelar, visto que o cuidado na escolha dos pontos reflete diretamente na qualidade do produto final (Câmara e Felgueiras, 2001). Por exemplo, uma superamostragem altimétrica em um terreno

plano caracteriza redundância de informação, bem como a coleta de poucos pontos altimétricos em um terreno acidentado acaba por ser escassa de informação.

Os dados de MDT são representados em coordenadas tridimensionais (X, Y, Z). Já a posição das amostras, por sua vez, pode classificar a amostragem em diferentes categorias:

- Regular: posição espacial (X, Y) das amostras mantém regularidade em sua distribuição;
- Semi-regular: distribuição das amostras só ocorre de forma regular em uma das direções (X ou Y);
- Irregular: não há regularidade na distribuição das amostras.

Desse modo, a aquisição de dados pode ocorrer por pontos amostrados, obtidos na maioria dos casos através de levantamentos, ou por mapas de isolinhas, muito comuns em cartas topográficas, onde representam curvas de igual cota.

Para a modelagem de transformação dos dados que foram trabalhados, desde as curvas de nível até o MDT, inicialmente foram obtidos dados planialtimétricos da área do Parque Ambiental Vitório Piassa, na Prefeitura Municipal de Pato Branco, no sistema de referência WGS 84, projeção UTM fuso 22, com *datum* vertical de Imbituba.

Na realização do levantamento pela Secretaria de Planejamento Urbano, a Prefeitura Municipal dispôs de um par de receptores GPS Hiper V RTK, com precisão horizontal de $\pm (3\text{mm} + 0,5\text{ppm})$ em levantamentos L1/L2 estático e estático rápido e $\pm (10\text{mm} + 1\text{ppm})$ em levantamentos cinemáticos, um bastão de fibra de carbono e um tripé de metal. Os dados foram processados através do aplicativo computacional Topcon Link.

Após o processamento, a planta topográfica foi gerada com auxílio do software AutoCAD, bem como as curvas de nível, com equidistância de 0,5 metros.

Para definir o melhor método na elaboração de um MDT que representasse com maior fidelidade o terreno estudado, foram utilizados interpoladores baseados em grades regulares retangulares e grades irregulares triangulares.

As interpolações de grades regulares retangulares foram:

- Vizinheiro mais próximo: definida pela escolha de apenas uma amostra vizinha para cada ponto da grade. Este interpolador deve ser usado quando se deseja manter os valores de cotas das amostras na grade, sem gerar valores intermediários (Câmara e Felgueiras, 2001);
- Inverso do Quadrado da Distância (IQD): é um interpolador determinístico univariado de médias ponderadas, é considerado simples e de fácil aplicação, todavia, menos acurado que a Krigagem, uma vez que não considera o padrão da estrutura da dependência espacial (Lima et al., 2010);
- Krigagem Ordinária (Global): usa a dependência espacial entre amostras vizinhas, expressa no semivariograma, para estimar valores em qualquer posição dentro do campo, sem tendência e com variância mínima, sendo considerado um dos melhores interpoladores (Assad e Carvalho, 2005);

Já a interpolação de grade irregular foi a Triangulação de Delaunay, na qual são preservadas todas as feições geomórficas da superfície trabalhada, visto que os próprios pontos levantados determinam as cotas no modelo, buscando um melhor refinamento do mesmo (Câmara e Felgueiras, 2001).

Os métodos citados foram aplicados em curvas de níveis com equidistância de 0,5 m, sendo definida a resolução de 0,1m para cada modelo *raster* gerado. Os dados em ambiente CAD foram exportados para o formato *shapefile*. No aplicativo SAGA GIS, (System for Automated Geoscientific Analyses), que faz parte do pacote do QGIS, foram gerados os modelos.

Através de levantamento em campo, foram obtidos ainda novos dados planialtimétricos na área de estudo, os quais tinham o intuito de auxiliar na verificação da precisão dos interpoladores utilizados, a fim de concluir qual apresentou resultado mais coerente com a realidade. Essa verificação dá-se ao calcular o desvio-padrão de cada interpolador a partir da diferença da coordenada altimétrica entre a calculada e a observada em campo. Desse modo, aquele que apresentar menor desvio-padrão, ou seja, menor dispersão dos valores individuais em torno de uma média, de fato melhor representa a área estudada. Nesta etapa, foi utilizado um par de GPS's Magellan ProMark3, com precisão de horizontal de $\pm (5\text{mm} + 1\text{ppm})$ e vertical de $\pm (1\text{mm} + 2\text{ppm})$ em levantamentos L1 C/A estático, em levantamento do tipo cinemático, com precisão horizontal de $\pm (12\text{mm} + 2,5\text{ppm})$ e vertical de $\pm (15\text{mm} + 2,5\text{ppm})$, além de um bastão de fibra de carbono e tripé de metal. O aplicativo computacional escolhido para o processamento dos dados foi o GNSS *Solutions*.

O método escolhido foi o *Stop-and-Go*, o qual permite ao usuário permanecer um mínimo de cinco minutos em cada ponto. Entretanto, buscando maior precisão e acurácia, foram coletados 6 pontos de controle, onde o GPS foi estacionado por quinze minutos em cada ponto, sendo a base escolhida a mesma referência tomada no levantamento antecedente realizado pela prefeitura local, o marco geodésico – que está sendo homologado junto ao IBGE – PRPB Pato Branco. A localização dos pontos de controle pode ser visualizada na Figura 2 juntamente com o modelo tridimensional.

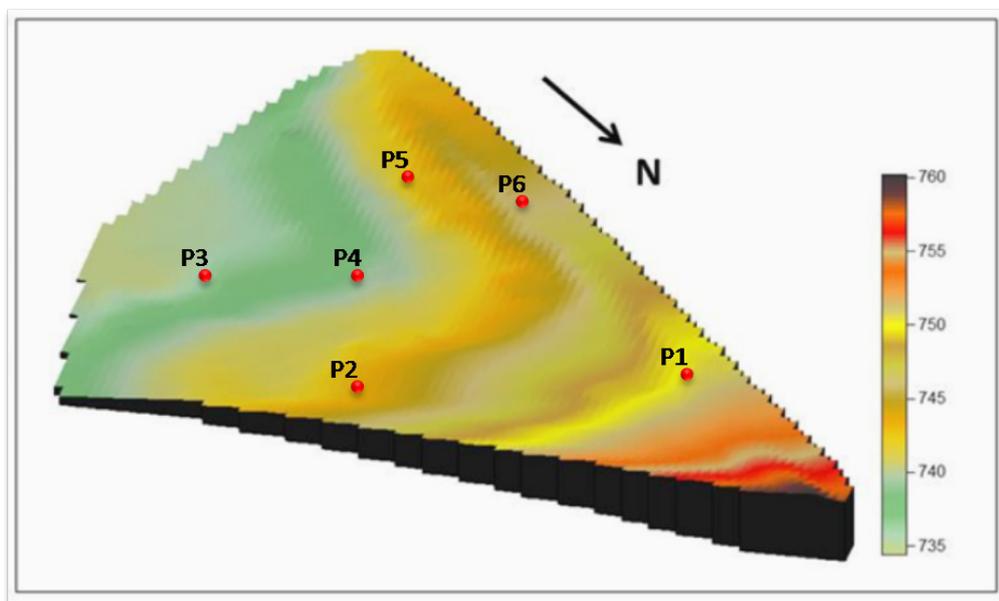


Figura 2. Modelo Tridimensional do Parque Ambiental Vitorio Piassa com os pontos de controle.

A Tabela 1 refere-se aos dados obtidos no levantamento dos pontos de controle, os quais serviram de parâmetro para analisar os calculados via interpoladores. São apresentadas as altitudes Geométrica e Ortométrica, sendo a última, calculada através da ondulação geoidal obtida pelo aplicativo MapGEO do IBGE.

Pontos de Controle	X (m)	Y (m)	Altitude Geométrica (m)	Altitude Ortométrica (m)	Ondulação Geoidal (m)
P1	331.732,503050	7.101.084,58866	756,938	752,478	4,460
P2	331.853,858762	7.101.049,45799	751,056	746,596	4,460
P3	331.889,057631	7.100.994,87019	744,474	740,014	4,460
P4	331.849,349102	7.100.945,02100	744,266	739,806	4,460
P5	331.880,366646	7.100.889,38428	742,698	738,228	4,470
P6	331.789,078221	7.100.913,03487	751,466	747,006	4,460

Tabela 1. Coordenadas dos Pontos de Controle.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir dos métodos de interpolação utilizados, foram gerados MDT's nos quais se inseriu os seis pontos de apoio – distribuídos ao longo da área –, para posterior comparação da variação de altitudes.

Os resultados obtidos com cada interpolador podem ser visualizados na Figura 3, onde as áreas em vermelho correspondem às maiores altitudes, enquanto as áreas em azul correspondem às menores altitudes.

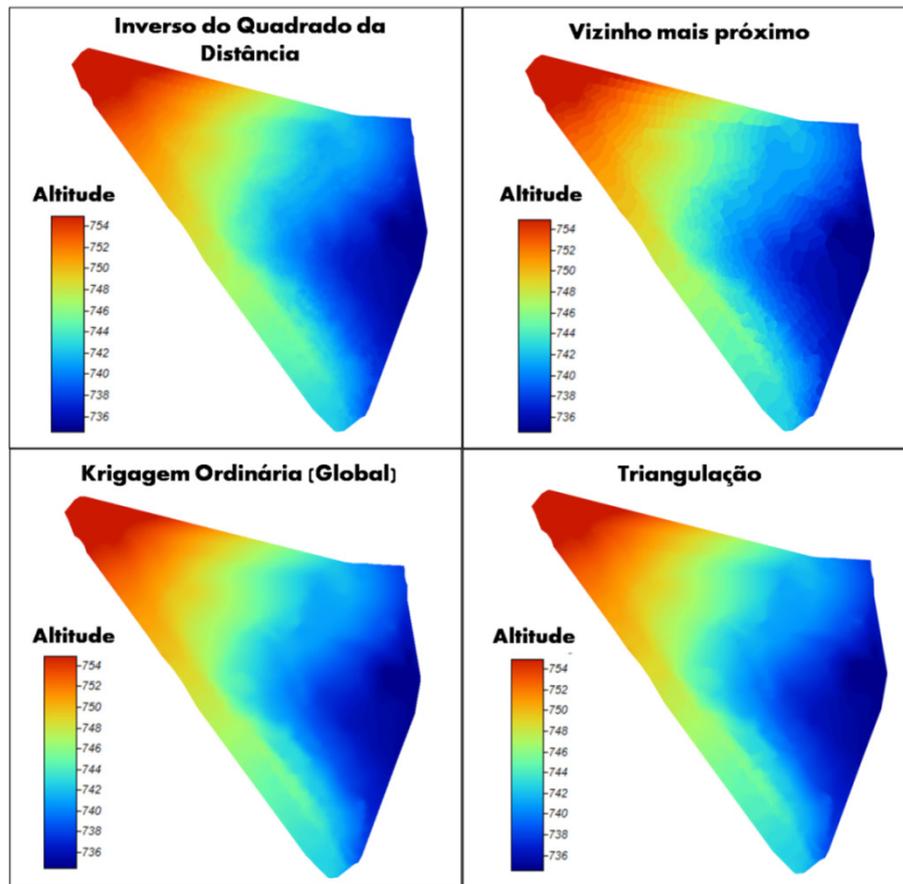


Figura 3. Modelos Digitais de Terreno.

É notado ainda, que a maior qualidade visual na representação do terreno foi obtida com o método da Krigagem, Inverso do Quadrado da Distância e Triangulação. Notou-se que a representação por meio do interpolador Vizinho Mais Próximo apresentou menor desempenho, uma vez que, devido ao seu modelo matemático, as linhas que deveriam ser curvas acabam tornando-se retas, fato que diminui a suavização do mapa e, conseqüentemente, sua qualidade e valor de altitude.

A adoção dos parâmetros média e desvio-padrão, correspondente à diferença entre as altitudes do modelos e das obtidas no terreno, permitiram verificar a precisão dos interpoladores como pode ser visualizado na Tabela 2.

Ponto de Controle	Variação entre a Coordenada Z dos PC's e a Altitude Ortométrica			
	ΔH IQD	ΔH VMP	ΔH Krigagem	ΔH Triangulação
P1	0,597	0,978	0,870	0,828
P2	4,420	4,596	4,322	4,319
P3	0,027	-0,486	-0,234	-0,255
P4	0,267	0,306	0,200	0,138
P5	0,299	0,228	0,291	0,261
P6	0,750	0,506	0,573	0,573
Desvio-Padrão (σ)	1,666	1,814	1,667	1,679
Média	1,060	1,021	1,004	0,977

Tabela 2. Variação entre a coordenada Z dos Pontos de Controle e altitude ortométrica.

O método do Inverso do Quadrado da Distância obteve a melhor precisão (visto que o desvio-padrão $\sigma = 1,666\text{m}$), seguido da Krigagem Ordinária Global ($\sigma = 1,667\text{m}$), apresentando valores bastante similares entre si. Destaca-se ainda que o método do Vizinho Mais Próximo obteve maior desvio-padrão ($\sigma = 1,814\text{m}$), não sendo, portanto, recomendado para trabalhos que demandam maior precisão.

Quanto ao comportamento dos métodos em relação ao indicador de média da variação das altitudes, observa-se maior eficiência na Triangulação ($=0,977\text{m}$). Todos os demais procedimentos apresentaram valores acima de 1m.

4 | CONCLUSÕES

A pesquisa possibilitou verificar a precisão dos distintos interpoladores testados durante o processamento dos dados.

Com base na análise dos métodos de geração de MDT's, foi demonstrado mediante a utilização de quatro interpoladores – baseados em estrutura de dados regular e irregular –, que o produto dos métodos Inverso do Quadrado da Distância, Krigagem Ordinária Global e Triangulação apresentam um Desvio Padrão similar, quando comparado com os dados de altitude do terreno, e mais precisos que o interpolador Vizinho mais Próximo.

Neste sentido, o modelo digital produzido pode ser utilizado em diversas aplicações, facilitando o planejamento da área do Parque Ambiental Vitória Piassa, como por exemplo:

- Gerar imagens em níveis de cinza, sombreadas ou temáticas;
- Determinação de pontos cotados;
- Determinação de perfis longitudinais e seções transversais de alinhamentos traçados sobre o modelo;

- Geração de mapas variados, como declividade ou drenagem;
- Cálculo de volumes de corte e aterro;
- Visualização tridimensional do relevo modelado.

REFERÊNCIAS

Assad, E. D.; Carvalho, J. R. P. Análise espacial da precipitação pluviométrica no estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.

Câmara, Gilberto; Felgueiras, Carlos Alberto. MNT. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. **V. Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>>. Acesso em: 11 mai 2016.

Lima, J. S. S.; Rocha, W. S. D.; Souza, G. S.; Xavier, A.C.; Krigagem ordinária e inverso do quadrado da distância aplicados na espacialização de atributos químicos de um argissolo. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.11, n.1, p.073-081, 2010.

Segantine, P. C. L.; Silva, I. da; **Topografia para engenharia: Teoria e prática de Geomática**. 1ª. ed. São Paulo: Elsevier, 2015. 410 p.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais- CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-85107-54-3



9 788585 107543