

## DEPENDENCIA ESPACIAL DA ALTIMETRIA DO CAMPUS COLINAS DO TOCANTINS-IFTO

Lucivaldo Henrique Cosmo dos Santos<sup>1</sup>, Danilo Gomes de Oliveira<sup>2</sup>, Daniel Santana Colares<sup>3</sup>Ismael  
Oliveira Pinto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Aluno do Curso técnico integrado em agropecuária 1º ano – IFTO. e-mail: [lucivaldohenriqueifto@gmail.com](mailto:lucivaldohenriqueifto@gmail.com)

<sup>2</sup>Professor orientador EBTT - IFTO.

<sup>3</sup>Professores EBTT Colaboradores - IFTO.

**Resumo:** A variabilidade espacial, ou seja, diferentes características de um mesmo local em pontos diferentes, juntamente com a altimetria, auxilia em levantamentos geoestatísticos de uma determinada região em diversos pontos diferentes onde o relevo, altitude e topografia podem ou não variar. O objetivo deste trabalho é avaliar a dependência espacial da altimetria do campus do IFTO- colinas do Tocantins utilizando o método de krigagem ordinária com a coleta da altimetria utilizando três métodos de coletas: Dispositivo mobile, GPS portátil e Google Earth. Com o software Auto Cad foi estabelecido uma malha amostral, com intervalos regulares de 100 m, com um total de 60 pontos em uma área de 64 ha. Em cada ponto da malha foi determinado a altimetria utilizando os três métodos. Os dados foram avaliados primeiramente por uma análise estatística exploratória, calculando-se a média, mediana, variância, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria e coeficiente de curtose. Posteriormente calculou-se a correlação espacial verificada por meio da técnica de geoestatística utilizando os semi variogramas, no software GS+ versão 7.0. Com mapas de contorno da altimetria utilizando os diferentes métodos foi possível fornecer subsídios para a tomada de decisão no manejo diferenciado das áreas de acordo com a declividade no sentido sudeste para os próximos anos. A utilização da geoestatística e a construção do mapa por meio da krigagem ordinária permitiram identificar zonas de manejo, para a altimetria do campus.

**Palavras-chave:** geoestatística, google Earth, krigagem ordinária, variabilidade espacial

### 1 INTRODUÇÃO

A altitude pode determinar vários processos que influenciam a produtividade das culturas tais como as perdas de rendimento associadas às geadas nas cotas mais baixas do terreno ou a incidência de doenças nos locais mais úmidos (ALBA, et al., 2011). De acordo com Schirmer e Trentin (2013) as mudanças ambientais além de ocorrerem naturalmente, também são influenciadas pela ação antrópica, e a compreensão destes processos são um fato importante na análise dos elementos que compõem a paisagem. Os autores ainda afirmam que neste processo a extração de informações da superfície terrestre através dos sensores orbitais tem sido amplamente difundida e possui diversas aplicações nos mais variados ramos da ciência, em especial nas ciências ambientais.

A determinação da altimetria pode trazer uma importante contribuição para as áreas agrícolas comerciais, notadamente naquelas com topografia suave ondulada a ondulada (ALBA, et al., 2011).

O modelo numérico do terreno é importante para determinar a inclinação e capacidade de uso da terra (BARBOSA et al., 2011) e a representação digital da superfície do terreno é um importante fator quando se buscam ferramentas auxiliares à organização espacial do meio por geoestatística (ERDOGAN, 2009).

A obtenção de mapas altimétricos através da engenharia convencional é trabalhoso e dispendioso. O uso de receptores GNSS, para os produtores agrícolas tende a viabilizar a obtenção rápida de mapas altimétricos (CLARK, 1997). Segundo YAO e CLARK (2000), em levantamentos altimétricos realizados de modo cinemático com receptores GPS, obtiveram um número suficiente de dados, de forma rápida e que garantiu detalhamento necessário para manejo de áreas agrícolas. O método mostrou-se altamente viável para obtenção de mapas altimétricos para agricultura de precisão. Os mesmos autores sugerem a realização de passadas múltiplas em uma mesma área para a obtenção de mapas com maior acurácia, sendo o número ideal acima de 5 para diluição do erro. JOHANSEN (2001) analisou a qualidade de mapas altimétricos obtidos com um receptor GPS com correção de sinal em tempo real (RTK, Real Time Kinematic), os mapas apresentaram correlação de 82% em relação aos dados obtidos de forma convencional.

A geoestatística é um ramo da estatística que utiliza conceito de variáveis regionalizadas na avaliação de variabilidade espacial. Não se limita apenas em obter um modelo de dependência espacial, pretende também estimar valores de pontos nos locais onde não foram coletados como auxílio das ferramentas de Sistema de informação Geográficas (SIG), por nos oferecer coordenadas geográficas para visualizar em softwares (TOZI, 2000).

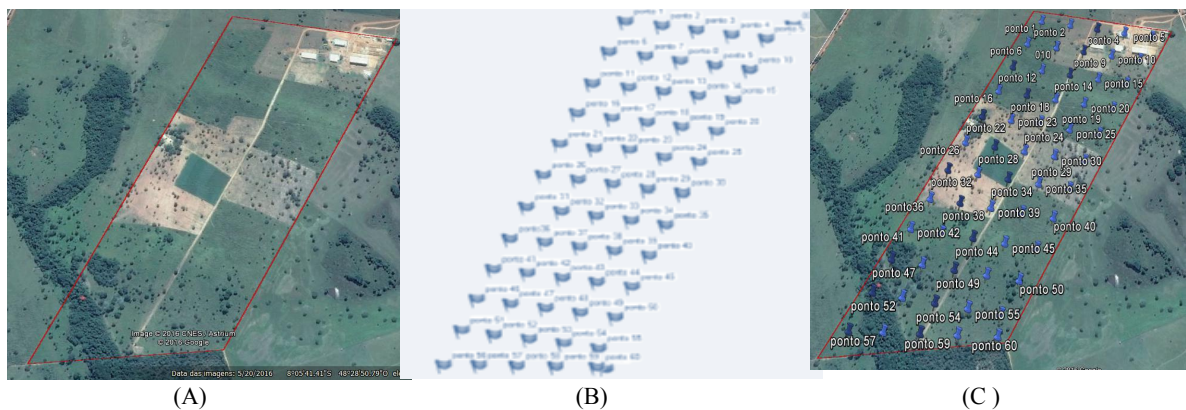
Sendo então a krigagem uma ferramenta da geoestatística que permite a análise de dependência espacial, como também, a estimativa de dados, para locais não amostrados, através de um estimador sem tendenciosidade (RIBEIRO et al., 2006). O conhecimento mais detalhado da variabilidade espacial dos atributos físicos do solo poderá servir de subsídio para a determinação de estratégias específicas (TERRA et al., 2011).

Siqueira et al. (2008) enfatiza que o conhecimento do comportamento espacial de um atributo possibilita ainda realizar uma amostragem com o menor número possível de amostras, mas com representatividade adequada.

O objetivo deste trabalho é avaliar a dependência espacial da altimetria do campus do IFTO-colinas do Tocantins utilizando o método de krigagem ordinária com a coleta da altimetria utilizando três métodos de coletas.

## 2 METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado na área rural de Colinas do Tocantins, de forma indireta, por imagem de satélite proveniente do software Google Earth e de forma direta pelo dispositivo mobile e GPS Garmin Etrex, precisamente no IFTO Campus Colinas do Tocantins cuja localização está nas coordenadas 8° 5'41.08"S, 48°28'43.84"W e com área demarcada de aproximadamente 634232 m<sup>2</sup> (Figura 1A). A área pertence a bacia do rio Tocantins, sendo que o nome do afluente é chamado de rio Capivarinha, a bacia faz divisória com a bacia do Rio Araguaia, chamada de bacia dos rios cunhãs. No software Auto Cad (versão 2013) foi construída uma malha amostral de 100mx100m, totalizando 60 pontos. Em seguida no software MapSource as coordenadas coletadas no Auto Cad foram inseridas e foram determinando a localização de cada um dos 60 pontos (FIGURA 1B). Com o mesmo software, na ferramenta, exibir no Google Earth, foi possível verificar se havia ocorrido algum erro no momento de coleta e inserção das coordenadas e então enviadas para o GPS Garmin Etrex, onde foram coletadas a altimetria.



**FIGURA 1** – (A)- Delimitação da área onde foram coletadas os dados de altitude analisados (Google Earth, 2017); (B)- Coordenadas geográficas do software MapSource; (C)- Imagem georreferenciada da Área onde foram coletadas os dados de altitude analisados (Google Earth ,2016).

Para análise exploratória da altimetria do campus do IFTO- Colinas do Tocantins foram utilizadas a análise da estatística descritiva, utilizando o programa Excel 2013. Para identificar a estrutura da dependência espacial da altimetria do campus do IFTO- Colinas do Tocantins e a dependência espacial, utilizou-se a geoestatística e a partir dos valores de semivariância construiu-se semivariogramas experimentais para o conjunto de dados e em seguida gerados pelo programa GS+ versão 7.0 (Gamma Design Software®). Os modelos foram classificados de acordo com a validação cruzada e a classificação da dependência espacial, segundo Dalchiavon et al. (2012), determinado atributo pode ser considerado com forte, moderada ou fraca dependência espacial, em função da relação entre o efeito ( $C_0$ ) pepita puro e o patamar ( $C_0+C_1$ ) do semivariograma ajustado. A análise da relação  $C_0/(C_0+C_1)$  permite quantificar a proporção do componente aleatório ( $C_0$ ) na variância total ( $C_0+C_1$ ). A dependência espacial pode ser classificada em forte, se  $GD \leq 25\%$ ; moderada, se  $25\% < GD \leq 75\%$  e fraca, se  $GD > 75\%$ .

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foi realizada uma análise descritiva, com finalidade de descrever os dados amostrais por meio de medidas de posição e de dispersão, utilizadas como ferramenta auxiliar, para complementar o comportamento da variável estudada. Como esta ferramenta auxiliar foi realizada uma análise descritiva para complementar o comportamento da variável estudada (TABELA 1). Foi realizada análise descritiva dos dados para determinação da média, mediana, valores mínimos e máximos, coeficientes de variação, assimetria e curtose da área de estudo. Observou-se que a mediana da altimetria utilizando o google Earth e o GPS das 60 amostras coletadas foram próximos nos valores de 219 e 218 respectivamente diferenciando do dispositivo mobile com 196, sendo o valor mínimo de 197 para o dispositivo mobile e o máximo 228m para o GPS Garmin Etrex, pode-se observar que a uma diferença de 16 m entre o máximo e o mínimo na utilização do Google Earth e GPS e 29 com o dispositivo mobile, no entanto os dados apresentaram coeficiente de variação (1,94, 1,97 e 3,5%), para google Earth, GPS e Mobile, respectivamente, classificado segundo Cruz et al., (2012) como baixo ( $10\% < CV$ ), mostrando uma satisfatória repartição dos pontos com relação à altitude, constatando-se inda valores similares de média e mediana.

O modelo matemático que melhor ajustou-se ao semivariograma foi o Gaussiano (Tabela 1) apresentando muito baixa dependência espacial segundo a classificação de Dalchiavon et al. (2012), dados estes diferentemente encontrados por Barbosa et al., (2011) em que analisando modelo numérico do terreno obtido por diferentes métodos de aquisição de dados em cartas planialtimétricas encontrou alta dependência espacial representado pelo semivariograma de modelo exponencial. No entanto Valeriano (2003) avaliando o mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica também encontrou fraca dependência espacial.

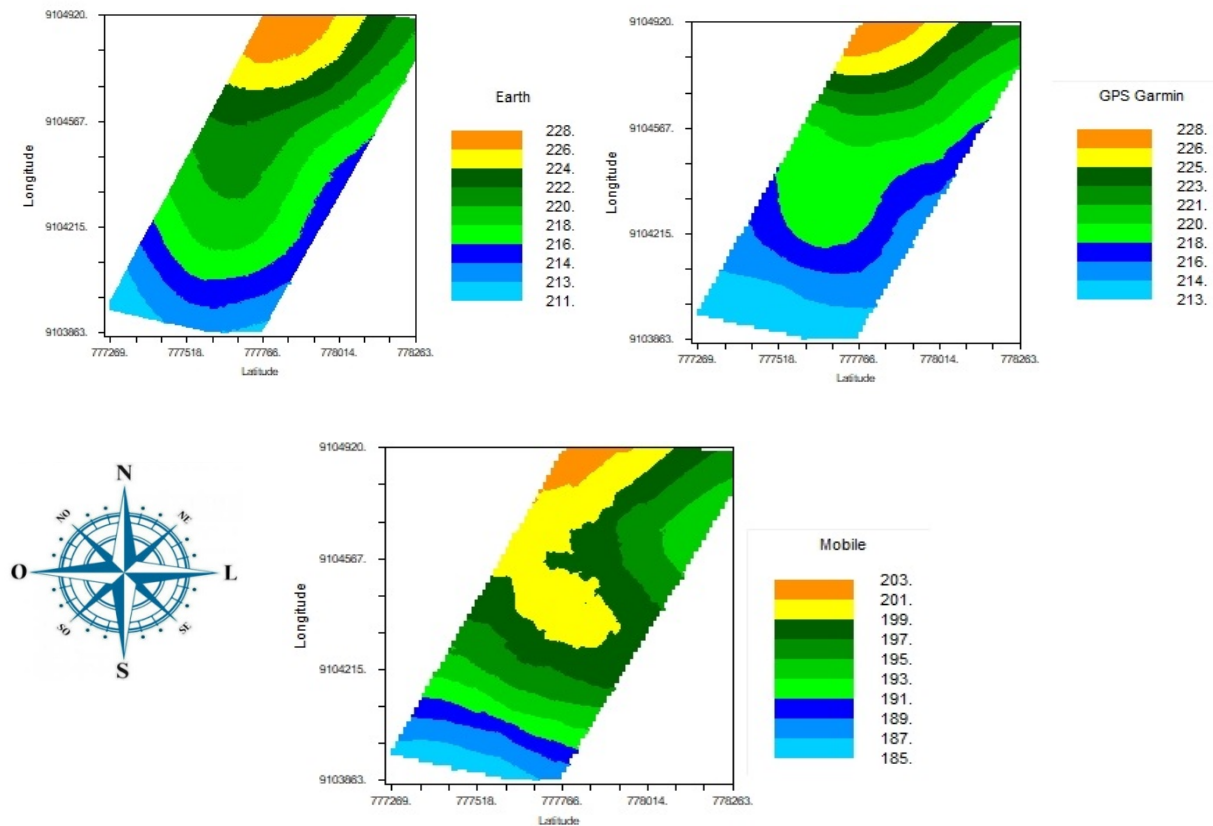
Conforme apresentado na Tabela 1, os parâmetros do modelo ajustado ao semivariograma experimental pela análise geoestatística, foi obtido para a altimetria do campus do IFTO- Colinas do Tocantins, avaliando a geoestatística o alcance exposto pelo semivariograma ajustado mostrara um valor máximo de 961 m com o GPS e 489 com o dispositivo mobile, contudo a análise do semivariograma permite deduzir que o grid utilizado para a amostragem foi eficiente para obter dados representativos da área, pois nenhum dos alcances foi menor do que a menor distância entre os pontos amostrados. O alcance nos permite identificar que os dados que se encontram acima dele (alcance) não se correlacionam espacialmente pois representa uma região de influência que separa as observações correlacionadas das independentes (ANDRIOTTI, 2013).

**TABELA 1.** Estatística descritiva dos dados resultantes da subtração dos mapas de altitude e Modelos teóricos dos semivariogramas ajustados para a variável altimetria do campus colinas do Tocantins.

Estatística Descritiva								
	Média	Mínimo	Máximo	Mediana	Assimetria	Curtose	D. P	CV
Earth	218	211	227	219	0,014	-0,57	4,25	1,94
GPS	218	212	228	218	0,39	-0,64	4,31	1,97
Mobile	195	179	208	196	-0,44	-0,23	6,85	3,50
Geoestatística								
	Modelo	Co	Co+C1	A	R <sup>2</sup>	SS	GDE%	
Earth	Gaussiano	0,89	30,58	563,0	0,95	3,4.10 <sup>8</sup>	2,91	
GPS	Gaussiano	0,01	31,01	961	0,94	30,4	0,03	
Mobile	Gaussiano	22,60	62,63	489	0,778	487	36,0	

D.P- Desvio padrão; Co – efeito pepita; Co+ C1 – patamar; a – alcance (m); GDE =  $Co/(Co+ C1)$  – grau de dependência (%). GDE – Grau de dependência espacial (muito baixa < 20%; baixa 20 a 40%; c) média 40 a 60%; d) alta 60 a 80%; muito alta 80 a 100% e efeito pepita puro 100%) segundo classificação proposta por Dalchiavon et al. (2012).

Com o auxílio do programa GS+ (versão 7.0) foi possível confeccionar os mapas de contorno que tem como objetivo verificar a distribuição espacial da variável na área estudada.



**FIGURA 2** – Mapa Geoespacial do altimetria do campus do IFTO- Colinas do Tocantins pelo método de Krigagem Ordinária.

Os mapas de variabilidade espacial da altitude utilizando os três métodos é apresentado na Figura 2. A geoespacialização da altitude apresenta-se de forma decrescente à medida que se aproxima da região sul do mapa, exibindo picos mais altos na região norte, apesar de uma pequena área da região sul apresentar valores de 211m – 213 m para o google Earth, 213 m – 214m para o GPS e 185 m-187m para dispositivo mobile, sendo a classe que apresenta menor altitude no campus do IFTO- Colinas do Tocantins região está próxima ao riacho da região.

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Existe uma diferença de 16 m entre a parte norte e sul do mapa de altimetria do campus do IFTO utilizando o google Earth e o GPS.

O modelo que melhor se ajustou foi o modelo Gaussiano.

O campus possui uma linha de drenagem no sentido sudeste do mapa.

A utilização da geoestatística e a construção do mapa por meio da krigagem ordinária permitiram identificar zonas de manejo, para a altimetria do campus pelos três métodos avaliados.

#### **REFERÊNCIAS**

ALBA, P. J.; AMADO, T. J. C.; GIOTTO, E.; FIORIN, D. S. J. E. Agricultura de precisão: mapas de rendimento e de atributos de Solo analisados em três dimensões. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.7, n.13, 2011.

ANDRIOTTI, J. L. S; **Fundamentos de Estatística e Geoestatística**. Editora UNISINOS. 3<sup>a</sup> ed.166 p. 2013.

ANGELICO, J. C. Desempenho da cokrigagem na determinação da variabilidade de atributos do solo. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 4. p. 931-936, 2006.

BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F.; ZIMBACK, C. R. L. Modelo numérico do terreno obtido por diferentes métodos de aquisição de dados em cartas planialtimétricas. In. I Simpósio de Geoestatística em Ciências Agrárias ISSN: 2236-2118, 2011. **Anais...** Botucatu - SP, 2011.

CLARK, R. L.; LEE, R. **Development of topographic maps for precision farming with Kinematic GPS**. ASEA paper, n. 971035, Minneapolis, Minnesota, 1997.

CRUZ, E. A.; MOREIRA, G. R.; PAULA, M. O.; OLIVEIRA, A. C. M. Coeficiente de variação como medida de precisão em experimentos com tomate em ambiente protegido. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, n.14, 2012, p. 220.

DALCHIAVON, F. C.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R. Variabilidade espacial de atributos da fertilidade de um Latossolo Vermelho Distroférico sob Sistema Plantio Direto. **Revista Ciência Agrônômica**. Fortaleza, v. 43, n. 3, 2012.

DUARTE, S. J. **Variabilidade espacial do solo em sistema plantio direto estabilizado**. 2015. 72p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.- Piracicaba.  
ERDOGAN, S. A comparison of interpolation methods for producing digital elevation models at the field scale. **Earth Surf. Process. Landforms**, v. 34, p. 366–376, 2009.

FILHO, G. R.; CARVALHO, M. P.; ANDREOTTI, M.; MONTANARI, R.; BINOTTI, F. F. S.; GIOIA, M. T. Variabilidade da produtividade da soja em função de atributos físicos de um latossolo vermelho distroférico sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Ilha Solteira, v. 33, p. 283-293, 2009.

JOHANSEN, D.P.; CLAY, D.E.; CARLSON, C.G.; STANGE, K.W.; CLAY, S.A.A.; MALO, D.D.; SCUMACHER, J. A.A. **Vertical accuracy of two differentially correct global positioning satellite systems**. *Journal of Soil Water Conservation*. v. 53, n. 3, 2001. P. 198-201.

MATIAS, S. S. R.; NÓBREGA, J. S. A.; NÓBREGA, R. S. A.; ANDRADE, F. R.; BAPTISTEL, A. C.; COSTA, T. K. G. Variabilidade espacial de atributos químicos em Latossolo cultivado de modo convencional com soja no cerrado piauiense. **Revista Agro@ambiente**, v. 9, n. 1, p. 17-26, 2015.

MCBRATNEY, A. B.; WHELAN, B. M.; ANCEV, T.; BOUMA, J. Future directions of Precision Agriculture. *Precision Agriculture*, v. 6, n. 1, p. 1-17, 2005. <http://dx.doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8>.

MENDES, A. M. S.; FONTES, R. L. F.; OLIVEIRA, M. Variabilidade espacial da textura de dois solos do deserto salino, no Estado do Rio Grande do Norte. **Rev. Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 01, p. 19-27, 2008.

MIRANDA, C. S.; FILHO, A. C. P.; LASTORIA, G. Aplicação da geoestatística no estudo da variabilidade espacial da piezometria. In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2015. **Anais...** João Pessoa, 2015.

RIBEIRO, A. I.; LONGO, R. M.; FILHO, A. T.; MELO, W. J. Diagnóstico de uma área compactada por atividade minerária, na floresta amazônica, empregando métodos geoestatísticos à variável resistência mecânica à penetração do solo, **Acta Amazônica**, v. 36, 2006, p. 83-90.

SCHIRMER, G. J.; TRENTIN, R. Relação entre declividade e usos da terra a partir da classificação de imagens de satélite nos municípios de Dona Francisca, Faxinal do Soturno e Nova Palma-RS. In. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, 2013. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2013.

SIQUEIRA, G. M.; VIEIRA, S. R.; CEDDIA, M. B. Variabilidade de atributos físicos do solo determinados por métodos diversos. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.203-211, 2008.

TERRA, V. S. S.; REISSER JUNIOR, C.; TIMM, L. C.; CARVALHO, F. L. C.; PEREIRA, J. F. M. Variabilidade espacial dos atributos físicos numa área cultivada com pêssego. In: INAMASU, R. Y et al (orgs). **Agricultura de precisão: um novo olhar**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2011. p. 212-216.

TOZI, F. A., **Sistemas de Informação Geográfica na Agricultura**. In: BALASTREIRE, L. A. (Ed.). O Estado da arte da agricultura de precisão no Brasil. Ed. do Autor: Piracicaba, 2000. p. 187-192.

VALERIANO, M. M. Mapeamento da declividade em microbacias com Sistemas de Informação Geográfica.

VIEIRA, S.R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, P.F.; ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R. (Eds.). **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v.1, p.1-54, 2000.

YAO, H. B.; CLARK, R. L. **Development of topographic maps for precision farming with medium accuracy GPS receiver**. AppliedEngineering in Agriculture, St. Joseph, v. 16, n.6, p. 629-636, 2000.