

## Modelo digital do terreno através de diferentes interpolações do programa Surfer 12

*Digital terrain model through different interpolations in the surfer 12 software*

José Machado<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Tecnologia Rural, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil. Email: josemachado@ufrpe.br

---

### RESUMO:

O relevo é representado por diversas formas, dentre elas a modelagem digital do terreno (MDT). Para obtenção do MDT é necessário a interpolação dos pontos cotados. A utilização do MDT, superfícies em 3D e curvas de nível em programas computacionais avançam rapidamente e podem gerar alguns problemas, como por exemplo o tipo de interpolação usada. Esse trabalho visa analisar os métodos de interpolação dos pontos cotados a partir de uma figura geométrica irregular gerados pelo programa Surfer. Foram utilizadas 12 interpolações disponíveis (Data Metrics, Inverse Distance, Kriging, Local Polynomial, Minimum Curvature, Modified Shepard Method, Moving Average, Natural Neighbor, Nearest Neighbor, Polynomial Regression, Radial Function e Triangulation with Linear Interpolation) e analisados a planialtimetria gerada. Foi gerado os gráficos de representação do relevo através da MDT. Foram atribuídos os conceitos excelente, ótima, boa, média e ruim representação do relevo e discutidos de acordo as representações do relevo com a imagem geométrica cotada. Data Metrics, Polynomial Regression, Moving Average e Local Polynomial (ruim); Moving Average e Modified Shepard Method (regular); Nearest Neighbor (média); Inverse Distance (boa); Kriging e Radial Function (ótima) e Triangulation With Linear Interpolation e Natural Neighbor (Excelentes) condições de representação aos dados apresentados.

**Palavras-chave:** MDT, representação do relevo, superfície 3D.

### ABSTRACT:

The relief is represented by various forms, among them the digital terrain modeling (DTM). To obtain the MDT interpolation of measured points is required. The use of TDM, 3D surfaces and contours in moving fast computer programs and can create some problems, such as the type of interpolation used. This work aims to analyze the interpolation methods in points quoted from an irregular geometric figure generated by the Surfer program. They used 12 interpolations available (Data Metrics, Inverse Distance, Kriging, Local Polynomial, Minimum Curvature, Modified Shepard Method, Moving Average, Natural Neighbor, Nearest Neighbor, Polynomial Regression, Radial function and Triangulation with Linear Interpolation) and analyzed the generated topographic maps. The relief was generated graphical representation via the MDT. They were awarded the excellent concepts, excellent, good, average and bad representation of relief and discussed according Relief representations to the listed geometric image. Data Metrics, Polynomial Regression, Moving Average e Local Polynomial (bad); Moving Average e Modified Shepard Method (regular); Nearest Neighbor (media); Inverse Distance (good); Kriging e Radial Function (great) e Triangulation With Linear Interpolation e Natural Neighbor (excellent) conditions to representation presented dates.

**Keywords:** MDT, relief representation, 3D surface.

## INTRODUÇÃO

O terreno para ser estudado, analisado e entendido precisa ser representado de alguma forma. Em Topografia, as formas mais comuns de representação do terreno são pontos

cotados, curvas de nível, perfis, seções transversais, modelagens digitais do terreno, vetorizações, entre outras (COELHO JUNIOR et al., 2014).

A modelagem digital do terreno são formas de representação gráfica onde parte-se valores a partir de uma origem, determinando assim, a representatividade do terreno facilitando a visualização do parâmetro a ser estudado em um determinado local. Para obtenção da modelagem digital do terreno é necessário, após o levantamento dos dados topográficos planialtimétricos a interpolação dos pontos cotados para o programa gerar as curvas de nível. Interpolação das curvas de nível é um método que permite estimar linhas imaginárias de igual altitude (curvas de nível) a partir de um conjunto de valores aleatórios conhecidos e pontuais (COELHO JUNIOR et al., 2014).

Com a utilização das curvas de nível, superfícies em 3D, vetorização e dos modelos numéricos do terreno e sua acurácia cada vez maior através de programas computacionais, as diversidades no uso começam a avançar, logicamente necessitando de maiores cuidados, principalmente na aquisição desses dados através no levantamento topográfico planialtimétrico e nas interpolações geradas pelos programas computacionais (HENGL e REUTER 2009).

Os dados computacionais gerados para geração das curvas de nível a partir de fontes de informação planialtimétrica possui dois inconvenientes importantes: grande volume de dados desnecessários e inconsistências na interpolação que alteram a representação do terreno. Porém, a geração das curvas de nível manualmente torna-se bastante trabalhosa, principalmente em trabalhos de grande porte, como este apresentado, levando a importância de se fazer essa representação por *softwares* para dar maior segurança na geração dos gráficos para representação do relevo nos levantamentos topográficos planialtimétricos utilizando, principalmente GNSS e Estação Total (COELHO JUNIOR, 2015, COELHO JUNIOR et al., 2014; BARBOSA te al., 2012).

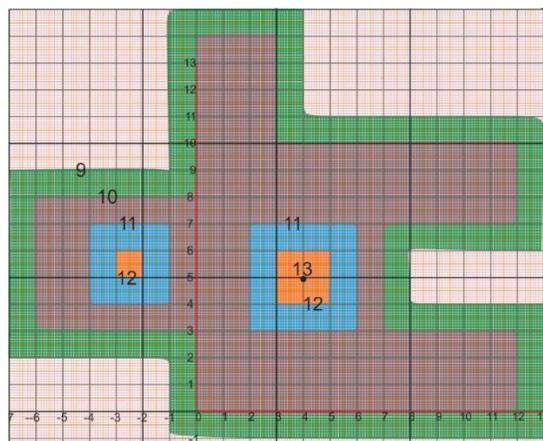
Sabendo-se da importância da interpolação na geração dos modelos digitais do terreno para representação da área, objetiva-se nesse trabalho comparar os diferentes métodos de interpolação da modelagem digital do terreno gerados pelo programa Surfer 12 (GOLDEN SOFTWARE INC., 2002) com os valores uma figura geométrica irregular.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório do Grupo de Pesquisa Meio Ambiente, Topografia e Agricultura Sustentável no Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco durante o mês de março de 2015.

Foi criada uma imagem irregular simples, usado como testemunha, para verificar-se as representações planialtimétricas da figura e comparar aos diferentes métodos de interpolação do programa Surfer 12. Foram utilizados os programas computacionais Corel Draw e Surfer 12.0 (GOLDEN SOFTWARE INC., 2002). Na área testemunha foram atribuídos pontos distanciados horizontalmente formando um total de 261 cotados nas cotas 9, 10, 11, 12 e 13, conforme a Figura 1.

**Figura 1-** Figura geométrica para ser representada nas interpolações do programa Surfer 12. Em verde cota 9, em marrom cota 10, em azul cota 11, em laranja cota 12 e em preto cota 13. Fonte: Autor.



Foram utilizadas as 12 interpolações disponíveis (Data Metrics, Inverse Distance, Kriging, Local Polynomial, Minimum Curvature, Modified Shepard Method, Moving Average, Natural Neighbor, Nearest Neighbor, Polynomial Regression, Radial Function e Triangulation with Linear Interpolation) e gerado os gráficos de representação planialtimétrica da área através da modelagem digital do terreno.

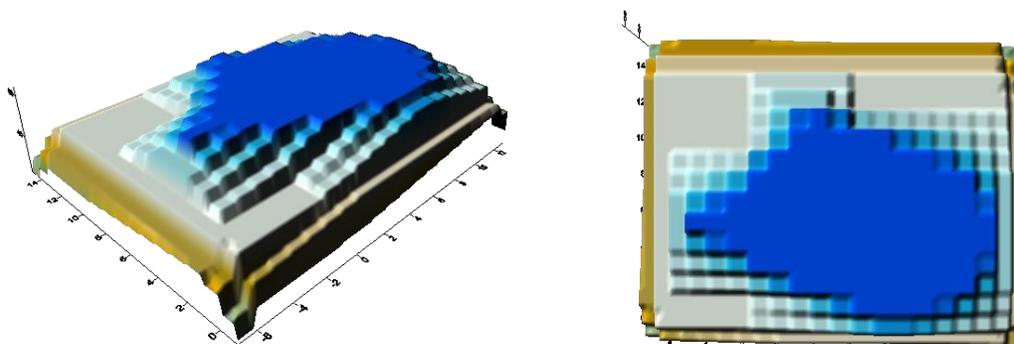
Ao final, foram atribuídos os conceitos excelente, boa, média, regular e ruim representação do relevo e discutidos de acordo as representações do relevo com a imagem real do Google Earth Pró em relação aos dados realizados manualmente.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Interpolação Data Metrics

A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se totalmente contrários a interpolação testemunha. Nota-se que aparecem algumas feições planimétricas razoavelmente representativas, principalmente na região nordeste da Figura 2, mas que em todo o contorno não representa a figura testemunha. Quando se verifica a altimetria aparecem apenas uma elevação ao contrário do que ocorre na testemunha. A interpolação Data Metrics apresentou-se como ruim representação do relevo e não deve-se ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno (Figuras 1 e 2) (Tabela 1). A interpolação Data Metrics os dados não são, em geral, interpolados com média ponderada dos valores de altitude. O número de pontos de dados usados são bastante iguais em cada ponto cotado do plano, por isso deve-se a essa distorção quanto a representação do relevo (YANG et al., 2004).

**Figura 2** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Data Metrics gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.

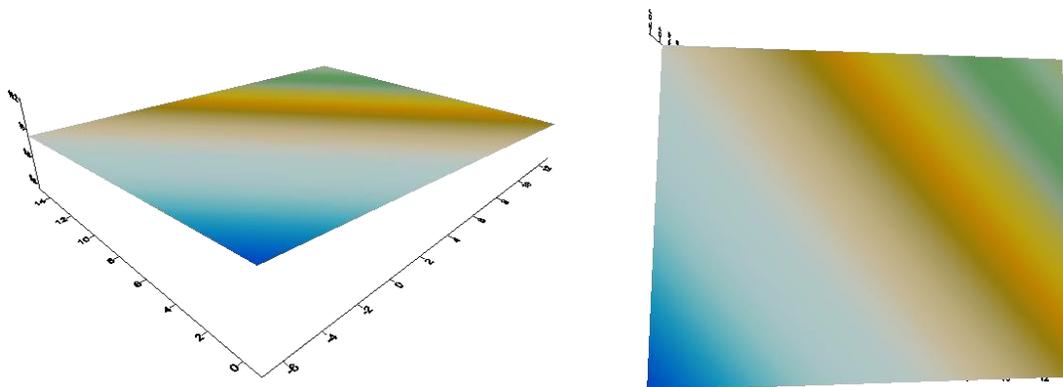


### 2. Interpolação Polynomial Regression

A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se totalmente contrários a interpolação testemunha (Figuras 1 e 3) (Tabela 1). Polynomial Regression é usada para definir em larga escala tendências e padrões em seus dados. É um interpolador porque não tenta prever valores de altitudes desconhecidas. Possui várias situações que pode usar para definir o tipo tendencioso de superfície. Possivelmente, por essas razões deve-se a essa distorção quanto a representação do relevo (YANG et al.

2004). A interpolação Polynomial Regression apresentou-se sem nenhuma condição que caracterizasse o relevo e suas feições planimétricas, atribuindo-se como ruim representação do relevo, pois encontra-se totalmente fora das condições reais do relevo, e não deve ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

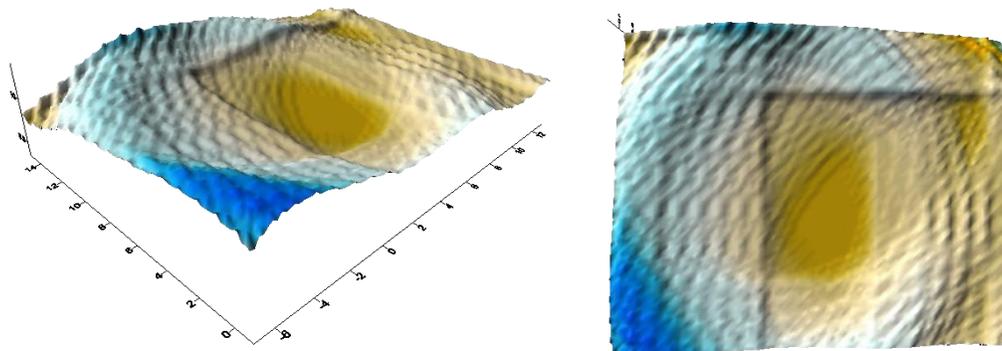
**Figura 3** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Polynomial Regression gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



### 3. Interpolação Moving Average

A interpolação Moving Average atribui valores ao plano cotado calculando a média dos dados dentro da rede de pontos. O uso desse método deve ser definido com o número mínimo de dados de usar. Os pontos da grade são definidos igual à média aritmética do identificada dos pontos vizinhos. Se houver menos do que o número mínimo especificado de dados dentro dos vizinhos, o ponto é excluído (MALEIKA 2015; YANG et al. 2004). Apesar do cálculo pela média aritmética, pela exclusão de pontos o relevo não ficou tão representativo como deveria. A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se contrários em relação a interpolação testemunha (Figuras 1 e 4) (Tabela 1). Na representação digital aparecem algumas feições planimétricas, porém o relevo se caracteriza suavemente no sentido contrário do que deveria (depressão). A interpolação Moving Average apresentou-se como ruim representação do relevo e não deve ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

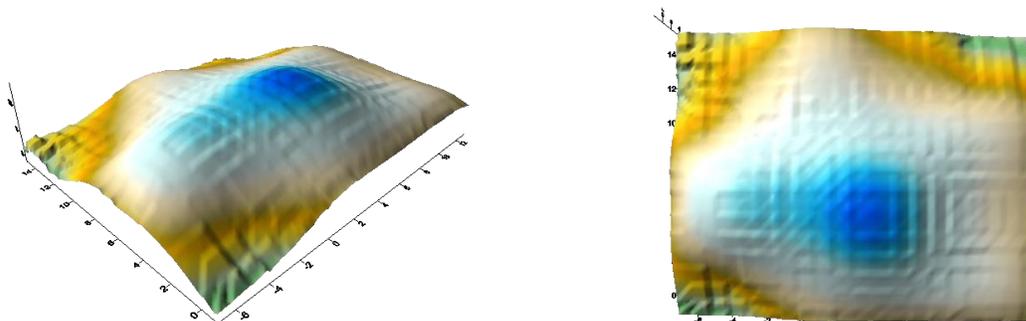
**Figura 4** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Moving Average gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



#### 4. Interpolação Local Polynomial

A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se com pouquíssima semelhança com a interpolação testemunha (Figuras 1 e 5) (Tabela 1). O método Local Polynomial atribui valores ao plano cotado usando uma média ponderada dos mínimos quadrados (YANG et al., 2004). Essa representação já aparece os contornos e formação dos divisores de água e talvegues já nos lugares corretos, porém não tão evidenciados. Nesse caso, não dá para diferenciar as duas elevações que acontecem na área testemunha. Elas parecem estarem unidas em um só bloco formando uma única depressão. Considerando essa situação a interpolação Local Polynomial apresentou-se como ruim representação do relevo e não deve ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

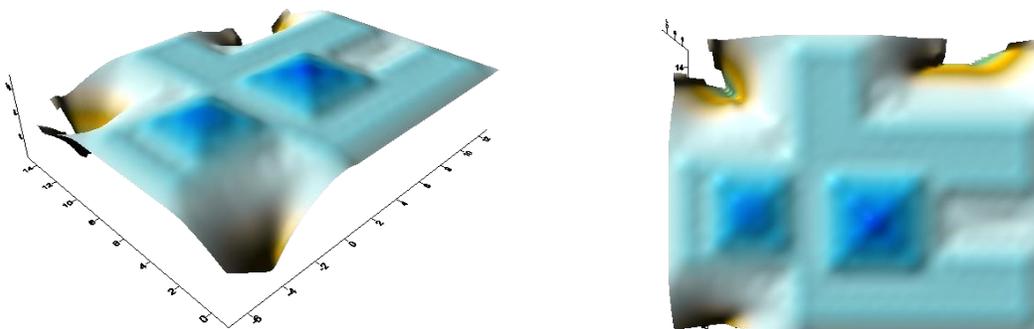
**Figura 5** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Local Polynomial gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



## 5. Interpolação Modified Shepard Method

O método Modified Shepard utiliza o inverso distância ponderada dos mínimos quadrados. Como tal, esse método de interpolação é semelhante ao Método Minimum Curvature, mas o uso de locais mínimos quadrados elimina ou reduz a aparência dos contornos do plano cotado (YANG et.al, 2004). Essa representação digital planimetricamente aparece com os contornos e feições bem elaborados, o relevo já aparece os contornos e formação dos divisores de água e talvegues já nos lugares corretos, porém não tão evidenciados, além disso, apresenta-se formando pontos de depressão falsos nos cantos da imagem. A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se com regular semelhança a interpolação testemunha (Figuras 1 e 6) (Tabela 1). A interpolação Modified Shepard Method apresentou-se como regular representação do relevo e deve-se ser utilizada com cautela para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

**Figura 6** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Modified Shepard Method gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.

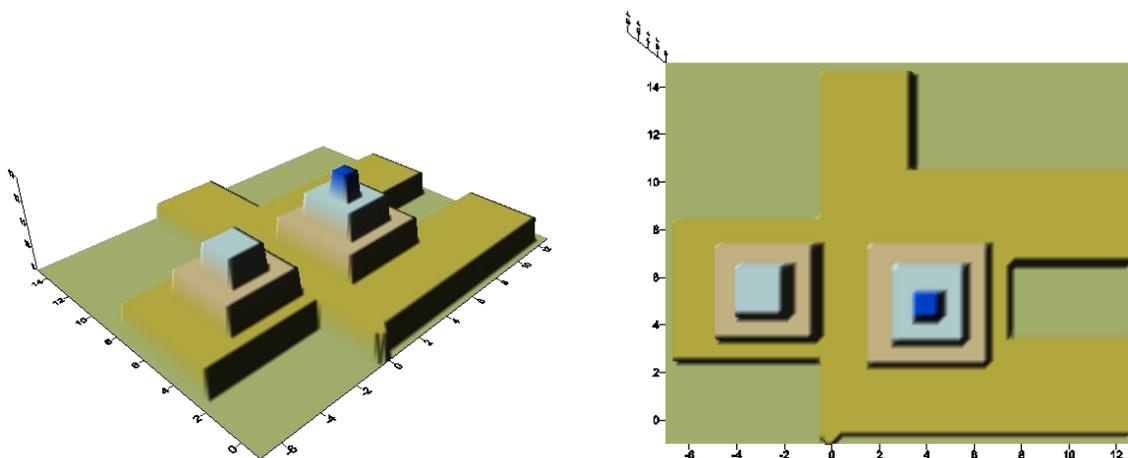


## 6. Interpolação Nearest Neighbor

A interpolação Nearest Neighbor é método útil quando os dados já estão uniformemente espaçados, mas existe a necessidade de serem convertidos no plano cotado. Alternativamente, nos casos em que os dados estão perto um dos outros, com apenas alguns valores em falta, este método é eficaz para preencher espaços onde há pontos faltando nos dados (YANG et al., 2004). É uma interpolação que para as áreas estudadas apresentam todos elementos altimétricos necessários para representar fielmente. A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se bem representados em relação a interpolação testemunha, porém a imagem apresenta figuras

geométricas bem definidas sem a suavidade da qual os relevos naturais apresentam. Podendo ser usada em situações onde a melhor representação digital seja formas geométricas bem definidas (Figuras 1 e 7) (Tabela 1). A interpolação Nearest Neighbor apresentou-se como média representação do relevo e pode ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

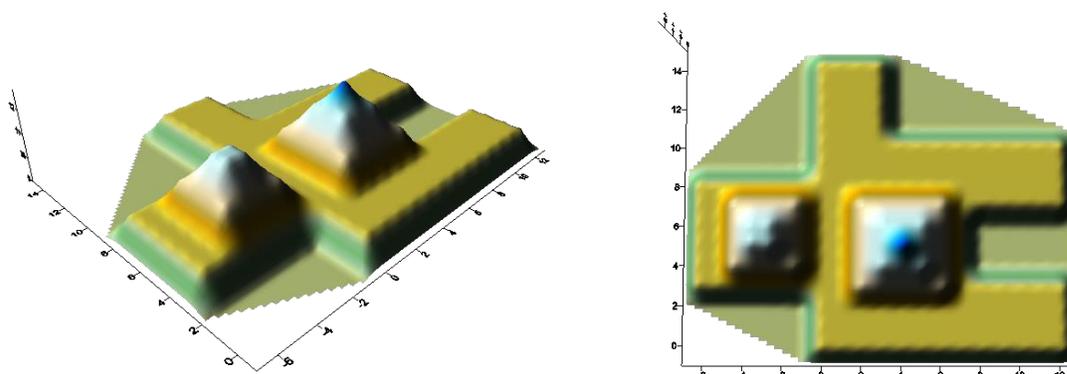
**Figura 7** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Nearest Neighbor gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



## 7. Interpolação Natural Neighbor

O método Neighbor Natural é bastante popular e utilizado em diversas Áreas. A conjuntura funciona se um novo ponto for adicionado ao conjunto de dados, estes polígonos seriam modificados a partir dos pontos de seus vizinhos naturais (YANG et al., 2004). Esse método apresenta fielmente a representação do relevo. Pelos contornos planimétricos é possível verificar que é bem representativo planimetricamente. A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se bem representados em relação a interpolação testemunha (Figuras 1 e 8) (Tabela 1). A interpolação Natural Neighbor apresentou-se como excelente representação do relevo e pode ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

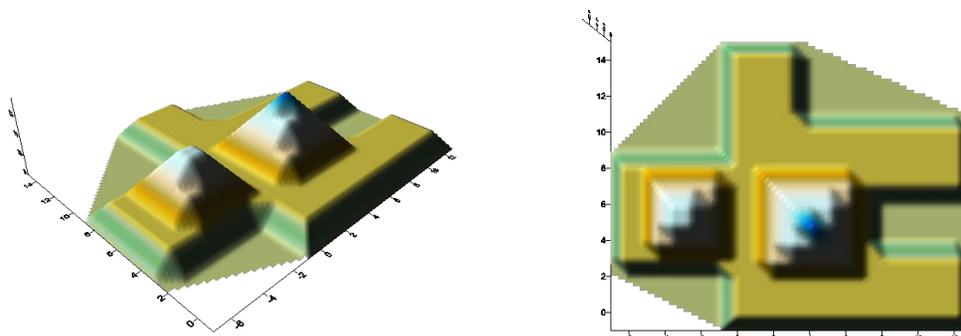
**Figura 8** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Natural Neighbor gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



## 8. Interpolação Triangulation with Linear Interpolation

O método linear de interpolação usa a triangulação de Delaunay como sua metodologia de interpolação de dados planialtimétricos. Este algoritmo cria triângulos por linhas de desenho entre os pontos de dados. Os pontos são originais ligados de tal forma que não há arestas triangulares são entrecortadas por outros triângulos. O resultado é um retalho de faces triangulares ao longo da extensão do plano cotado (YANG et. al., 2004). A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se bem representados em relação a interpolação testemunha (Figuras 1 e 9) (Tabela 1). A interpolação Triangulation With Linear Interpolation apresentou-se como excelente representação do relevo, inclusive sua imagem aparece com mais definição que o outro método excelente (Natural Neighbor), e para tanto, considerado o melhor de todos os métodos analisados para a imagem testemunha, sendo assim, pode ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

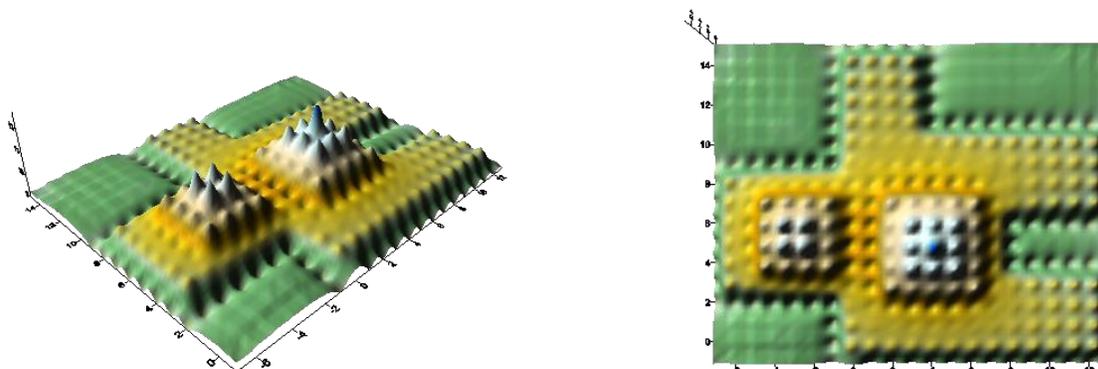
**Figura 9** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Triangulation With Linear Interpolation gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



## 9. Interpolação Inverse Distance

O método de interpolação Inverse Distance calcula a média ponderada, que pode ser exata ou aproximada. Os dados são ponderados durante interpolação, assim que a influência de um ponto, em relação à outra, diminui com a distância a partir do ponto da grade existente (YANG et al., 2004). A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se bem representados em relação a interpolação testemunha (Figuras 1 e 10) (Tabela 1). Porém, em se tratando de relevo, os pontos fugiram um pouco do que seria a representação em sua parte superior formando cones extremamente pontiagudos. A interpolação Inverse Distance apresentou-se como boa representação do relevo e pode ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

**Figura 10** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Inverse Distance gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.

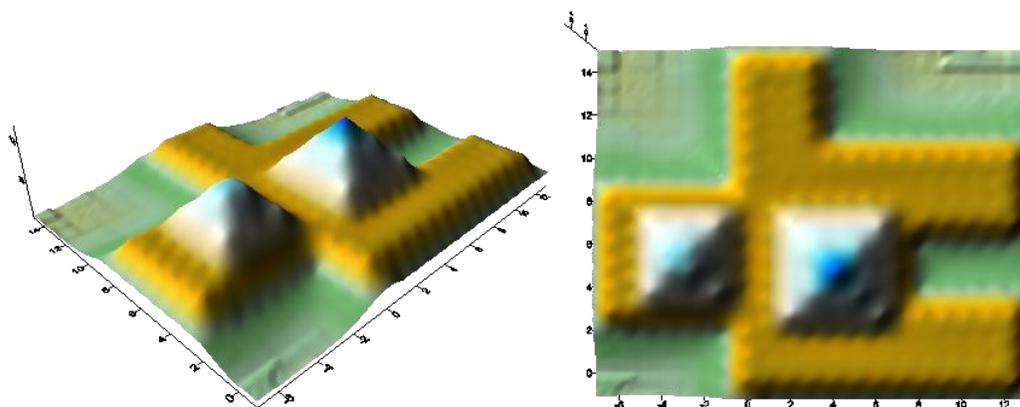


## 10. Interpolação Kriging

O método de interpolação por Kriging se mostra útil geoestatisticamente e popular em muitas Áreas. Este método produz mapas visualmente atraentes de irregularmente espaçados dados. Kriging tenta expressar tendências sugerindo em seus dados, de modo que, os pontos altos pode ser ligada ao longo de uma crista em vez de somente isolados (YANG et al., 2004). A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se otimamente representados em relação a interpolação testemunha, inclusive bastante semelhante aos resultados apresentados pela interpolação Radial Fuction. Porém, se comparado aos métodos Natural Neighbor e Triangulation With Linear Interpolation apresenta a pouca definição na mudança de cotas (Figuras 1 e 11) (Tabela 1).

A interpolação Kriging apresentou-se como ótima representação do relevo e pode-se ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

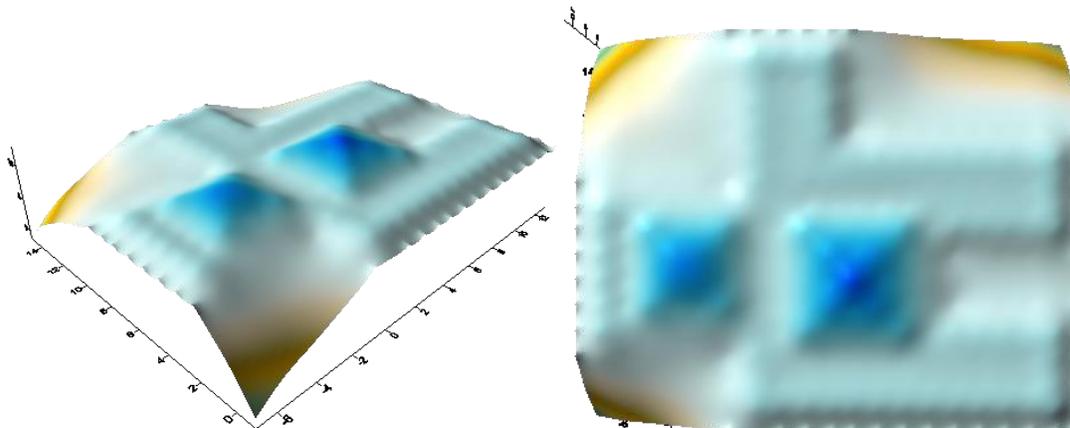
**Figura 11** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Kriging gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte: Autor.



## 11. Interpolação Minimum Curvature

Nessa interpolação a superfície gerada é análoga, fina e linear que passa através de cada um dos valores de dados com uma quantidade mínima de variação. A curvatura da superfície gerada é a forma mais suave possível, porém isto não significa que os seus dados são nem sempre honrados exatamente (YANG et al., 2004). Essa representação digital planimetricamente aparece com os contornos e feições bem elaborados, o relevo já aparece os contornos e formação dos divisores de água e talvegues já nos lugares corretos, porém não tão evidenciados, além disso, apresenta-se formando pontos de depressão falsos nos cantos da imagem. A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se com regular semelhança a interpolação testemunha e bastante parecida com os dados do Modified Shepard Method (Figuras 1 e 6) (Tabela 1). A interpolação Minimum Curvature apresentou-se como regular representação do relevo e deve-se ser utilizada com cautela para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

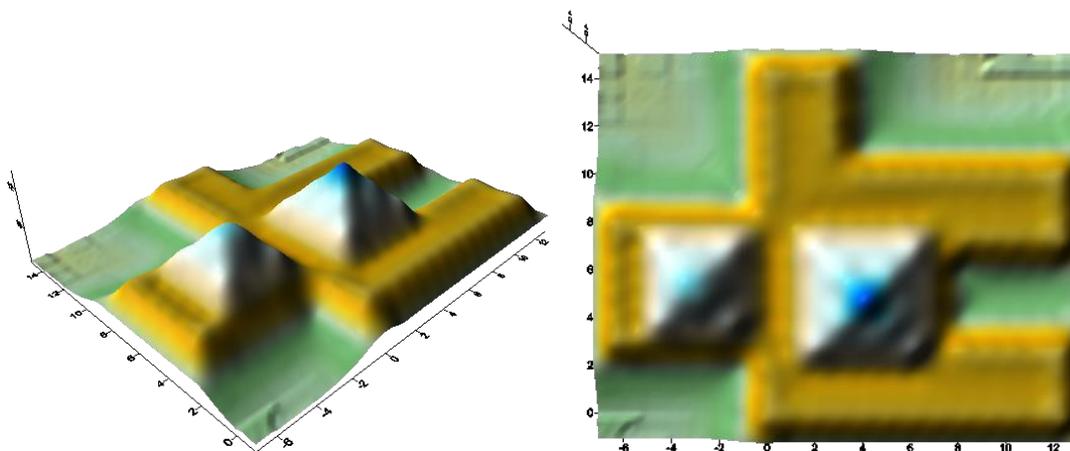
**Figura 12** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Minimum Curvature gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



## 12. Interpolação Radial Function

A representação da área testemunha para os dados gerados a partir da interpolação gerada mostram-se otimamente representados em relação a interpolação testemunha, inclusive bastante semelhante aos resultados apresentados pela interpolação Kriging. Porém, se comparado aos métodos Natural Neighbor e Triangulation With Linear Interpolation apresenta a pouca definição na mudança de cotas (Figuras 1 e 13) (Tabela 1). A interpolação Radial Function apresentou-se como ótima representação do relevo e pode-se ser utilizada para fins topográficos planialtimétricos, como curvas de nível e modelo digital do terreno.

**Figura 13** – Representações por modelagem digital do terreno (MDT) em perspectiva (esquerda) e ortogonal (direita) através da interpolação Polynomial Regression gerada pelo programa Surfer 12.0. Fonte. Autor.



**Tabela 1** – Conceitos excelente, ótima, boa, média, regular e ruim representação do relevo de acordo com as interpolações. Data Metrics (DM), Polynomial Regression (PR), Moving Average (MA), Local Polynomial (LP), Natural Neighbor (NN), Triangulation With Linear Interpolation (TWLI), Modified Shepard Method (MSM), Nearest Neighbor (NeN), Inverse Distance (ID), Kriging (K), Minimum Curvature (MC) e Radial Fuction (RF) para os terrenos acidentados e planos.

	DM	PR	MA	LP	NN	TWLI	MSM	NeN	ID	K	MC	RF
Excelente					X	X						
Ótima										X		X
Boa									X			
Média								X				
Regular							X				X	
Ruim	X	X	X	X								

## CONCLUSÕES

Data Metrics, Polynomial Regression, Moving Average e Local Polynomial apresentaram ruim representação do relevo. Minimum Curvature e Modiefied Shepard Method apresentaram regular representação do relevo. Já Nearest Neighbor apresentou-se como média representação e pode ser indicado para representar relevos onde a figura geométrica bem definida seja importante. Inverse Distance apresentou como boa representação altimétrica e Kriging e Radial Fuction apresentaram como ótima. Triangulation With Linear Interpolation e Natural Neighbor apresentaram excelentes condições de representação para os dados apresentados, sendo que, o primeiro apresenta leve melhora em relação ao Natural Neighbor.

## REFERÊNCIAS

BARBOSA, A. P.; SILVA, A. F.; ZIMBACK, C.R.L. Modelo numérico do Terreno obtido por diferentes métodos em cartas planialtimétricas, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.16, n.6, p.655–660, 2012.

COELHO JUNIOR, J. M.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE, J. S. C. O. **Topografia Geral**. 1Ed. Editora UFRPE. 2014.

COELHO JUNIOR, J. M. **Automação Topográfica I (Estação Total)**. 1Ed. Recife. 2015.

GOLDEN SOFTWARE, INC. **SURFER for windows: release 8.0, contouring and 3D surface mapping for scientist's engineer's user's guide**. New York: 2002. 714 p.

HENGL, T.; REUTER, H. I. Geomorphometry: Concepts, software, applications. **Developments in Soil Science**, v.33. Amsterdam: Elsevier, 2009, 765p.

MALEIKA, W. Moving average optimization in digital terrain model generation based on test multibeam echosounder data, **Geo-Marine Letter**, p. 61-68, 2015.

YANG, C. S.; KAO, S. P.; LEE, F. B.; HUNG, P. S. **Twelve different interpolation methods: a case study of Surfer 8.0**. In: Abstr Vol Geo-Imagery Bridging Continents, XXth ISPRS Congress, 12–23 July 2004, Istanbul, Turkey.