

## **Análise de interpoladores na geração de mapas de precipitação para o Estado de Mato Grosso**

Rafael Cesar Tieppo<sup>1</sup>  
Clayton César Pereira Nunes<sup>1</sup>  
Rivanildo Dallacort<sup>1</sup>  
Carlos Ricardo Fietz<sup>2</sup>  
Eder Comunello<sup>2</sup>  
Cassiano Cremon<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Tangará da Serra-MT. Rodovia MT 358, km 7, CEP 78300-000. E-mail: rafaeltieppo@yahoo.com.br; claytongeo@gmail.com; rivanildo@unemat.br

<sup>2</sup>Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, 79804-970. Dourados, MS, Brasil. Fone: (67) 3425-5122. E-mail: {fietz, eder}@cpao.embrapa.br

<sup>3</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Cáceres-MT. Av. São João s/n, 78200-000. E-mail: cassiano.cremon@unemat.br rafaeltieppo@yahoo.com.br; claytongeo@gmail.com; rivanildo@unemat.br

<sup>2</sup>Embrapa Agropecuária Oeste, Caixa Postal 661, 79804-970. Dourados, MS, Brasil. Fone: (67) 3425-5122. E-mail: {fietz, eder}@cpao.embrapa.br

<sup>3</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Cáceres-MT. Av. São João s/n, 78200-000. E-mail: cassiano.cremon@unemat.br

**Resumo.** Diante da escassez de redes pluviométricas e da extensa área territorial do estado de Mato Grosso, o conhecimento da espacialização da precipitação é uma importante ferramenta nas tomadas de decisões referentes às atividades agrícolas. A crescente utilização de métodos capazes de estimarem dados para pontos não amostrados vem sendo uma ferramenta muito utilizada por pesquisadores nos dias de hoje. No presente trabalho, objetivou-se avaliar os métodos Interpolação de Inverso do Quadrado da Distância (IQD), Curvatura Mínima (CM) e Vizinho Mais Próximo (VMP) para a geração de mapas decendiais de precipitação dos meses de outubro e janeiro, correspondentes às fases críticas de desenvolvimento da cultura da soja. Foram utilizados como base de dados o percentil 75% da pluviosidade, oriundas de 177 postos pluviométricos, localizados no estado de Mato Grosso e estados vizinhos. A partir destes dados foram gerados mapas e determinou-se o quadrado médio do erro (QME) dos interpoladores para cada decêndio. Os mapas resultantes demonstraram variação similar para todos os métodos nos diferentes decêndios de cada mês avaliado, para os quais se pode visualizar ocorrências de “alvos” (“bull’s eyes”) formados pelos algoritmos de IQD. Os menores valores do QME ocorreram para o IQD, seguido por VMP e CM.

**Palavras-chave:** cerrado, rede pluviométrica, variabilidade espacial.

**Abstract.** Given the sparse network of rainfall and extensive land area of Mato Grosso, having knowledge of the spatial distribution of precipitation as an important tool in making decisions related to agricultural activities. The increased use of methods to estimate data for non-sampled points has been a useful tool in actuality by researchers. In the present study, the goal is to evaluate the methods of interpolation inverse square distance (IQD), minimum curvature (CM) and nearest neighbor (VMP) to generate decennial precipitation maps for the months of October and January, which corresponds to the criticisms phases of development of soybean. Was used as a database the 75 percentile of rainfall collected from 177 rain gauge stations, located in Mato Grosso and adjacent states. The maps were generated using information from this data, and then was calculated the interpolator's mean square error (QME), to each decennial. The resulting maps showed similar variation for all methods to decennial of each month evaluated, where you can view "bull's eyes" occurrence formed by the algorithms of IQD. The lowest values of QME occurred for the IQD, followed by VMP and CM.

**Key-words:** cerrado (Brazilian Savanna), network rainfall, spatial variability.

## 1. Introdução

No estudo da variabilidade da precipitação utilizando métodos de interpolação, a principal preocupação é com a extensão da área e a dimensão da rede pluviométrica. O estado de Mato Grosso possui uma extensa área territorial, sendo que, em relação à mesma sua rede pluviométrica é relativamente pequena, o que torna os estudos desta magnitude de grande importância para o estado, devido a ser um estado altamente dependente do agronegócio.

As atividades agrícolas na região de cerrado são fortemente influenciadas pelas chuvas, embora os totais anuais de precipitação sejam considerados suficientes para muitas culturas, a deficiência hídrica é um dos fatores considerados como limitantes para a produção na região (Assad *et al.*, 1993).

A falta de uniformidade na pluviosidade anual e mensal apresenta risco à agricultura, podendo prejudicar as áreas de cultivo. Tais situações fazem com que a agricultura no cerrado restrinja-se à estação das chuvas (Barros *et al.*, 2003).

Em relação à disponibilidade de água para a cultura da soja, destacam-se dois períodos de desenvolvimento: germinação/emergência e na floração/enchimento dos grãos, sendo que a necessidade hídrica da cultura aumenta com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração/enchimento dos grãos (7 a 8 mm/dia), e posteriormente decresce após este período (Fendrich, 2002). Segundo Neto & Almeida (2007), o mês de outubro evidencia a sazonalidade entre a estação chuvosa e a seca em Mato Grosso e janeiro a época onde a cultura da soja demanda uma maior necessidade hídrica.

Conforme EMBRAPA (2002), o período preferencial para semear a soja na Região Centro-Oeste tem início entre 20 de outubro e 10 de dezembro. Sendo o mês de novembro o responsável pelas melhores produtividades. No planejamento para a introdução de atividades agrícolas, torna-se necessário à estimativa de variações do regime pluviométrico durante o período de implantação, desenvolvimento e colheita da cultura, possibilitando dessa forma a programação de atividades sem que ocorram perdas expressivas.

Segundo Collischonn *et al.* (2006), o monitoramento detalhado sobre extensas áreas exige a existência de uma densa rede de pluviômetros, o que em certos casos é inviabilizado em áreas de difícil acesso como a floresta Amazônica e regiões montanhosas. Com ajuda de métodos de interpolação, admite-se uma estimativa de precipitação para áreas mais distantes dos pontos medidos sem qualquer indício físico real sobre a quantidade de precipitação verdadeiramente ocorrida (Conti, 2002).

Com o intuito de proporcionar um controle mais eficaz no manejo de recursos hídricos,

foram desenvolvidos métodos que visam aperfeiçoar as tomadas de decisão; porém, para atingir esse objetivo, salienta-se a necessidade da utilização de séries pluviométricas com qualidade e densidade que atendam aos limites satisfatórios, métodos de interpolação de precisão comprovada e softwares computacionais avançados, capazes de demonstrar tais variações (Salgueiro & Montenegro, 2008).

Inúmeros métodos de interpolação, com diversos níveis de complexidade estão disponíveis na literatura. Segundo Landim (2002), os principais métodos de interpolação são Equações polinomiais, Triangulação, Inverso da Potência da Distância, Mínima Curvatura e Krigagem. Mazzini & Schettini (2009), ao avaliarem diversos métodos de interpolação para variáveis hidrográficas, obtiveram melhores resultados para os métodos de krigagem, inverso do quadrado da distância, vizinho mais próximo e curvatura mínima, respectivamente.

Deus (2007), avaliando métodos geoestatísticos e determinísticos para interpolação da precipitação na Bacia do Alto Teles Pires, MT, obteve menores valores do quadrado médio do erro para o método determinístico denominado inverso do quadrado da distância em relação à mínima curvatura. O mesmo foi observado por Amorim *et al.* (2008), que avaliou o desempenho desses dois métodos.

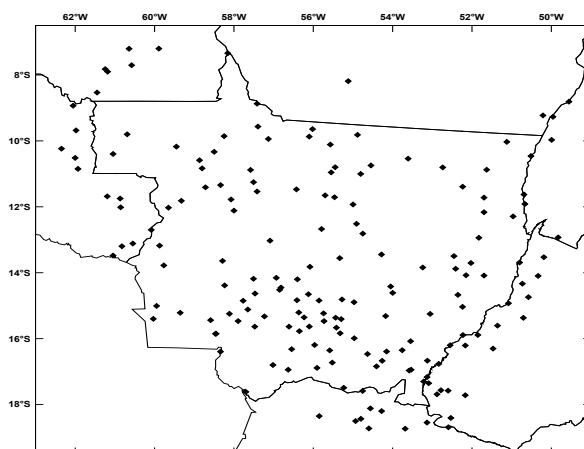
No desenvolvimento desse trabalho utilizou-se o algoritmo de vizinho mais próximo (VMP), por assegurar que o valor interpolado seja um dos valores originais; Inverso do quadrado da distância (IQD), devido este ser considerado um dos melhores interpoladores e Curvatura mínima (CM), por ser um interpolador que vem sendo bastante utilizado em ciências da terra (Carvalho & Assad, 2005).

## 2. Objetivo

Objetivou-se comparar o desempenho dos interpoladores na geração de mapas de precipitação para o Estado de Mato Grosso, nos decêndios dos meses de outubro e janeiro, onde ocorrem os principais períodos de desenvolvimento da cultura da soja.

## 3. Material e Métodos

Os dados pluviométricos utilizados correspondem a 177 séries de dados diários de precipitação, sendo todas as séries selecionadas no portal da Agência Nacional de Águas (HIDROWEB, 2008), com no mínimo dez anos de dados diários de chuva. Na **Figura 1**, é possível verificar a disposição espacial das mesmas.



**Figura 1.** Estações hidrológicas da Agência Nacional de Águas (ANA) instaladas no Estado de Mato Grosso e em Estados vizinhos.

Utilizaram-se neste estudo como variável, o percentil 75% da precipitação decendial espacialmente referenciados, obtidos por meio de rotinas computacionais a partir de 177 estações. O uso do percentil 75% justifica-se pelo aumento do grau de confiabilidade na ocorrência da precipitação pluviométrica em uma determinada localidade, uma vez que o valor da variável é superior à média (50%), recomendando-se o uso de probabilidades não inferior a 75% para o planejamento agrícola (GOMES & CRUZ, 2002). A análise foi realizada para períodos decendiais dos meses de outubro e janeiro, pois Farias *et al.* (2001) caracterizaram os períodos de maior importância à cultura da soja.

Os dados pluviométricos foram primeiramente analisados por meio da estatística descritiva, utilizando o software SPRING (INPE). Para a confecção dos mapas decendiais referentes aos meses de outubro e janeiro, foi utilizado o *software* SURFER 8 na versão demo, pois o mesmo possui os métodos de interpolação comparados, além de possuir interface e saída de dados de fácil acesso e compreensão. O intervalo entre isolinhas da precipitação pluviométrica foi de 5 mm para todos os decêndios e métodos.

O método de interpolação IQD (Inverso do quadrado da distância) é uma ferramenta de análise espacial que assume que cada amostra de ponto tem influência local que diminui com a distância. Este método admite que os pontos mais próximos para o processamento da célula, influência mais fortemente que aqueles mais afastados, sendo muito utilizado em diversas situações por ser um método rápido de interpolação (Amorim *et al.*, 2008). O método é definido pela **equação 1**.

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n \left( \frac{x_j}{d_j^k} \right)}{\sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{d_j^k} \right)} \dots\dots\dots \text{Equação (1)}$$

em que:

- $x_i$  = valor estimado no ponto i;
- $d_j$  = distância entre os pontos i e j;
- $x_j$  = valor amostrado de x no ponto j;
- $n$  = número de pontos da amostra;
- $k$  = coeficiente da potência do interpolador.

O algoritmo de curvatura mínima admite que dois pontos adjacentes de um levantamento estejam contidos num mesmo arco, e este arco está localizado em um plano, no qual se conhece a inclinação e o ângulo de orientação (Carvalho & Assad, 2005). O método de curvatura mínima gera uma superfície que interpola todas as observações disponíveis por meio da solução da equação diferencial modificada biarmônica com tensão. Por meio da equação 2.

$$(1 - T_i) \nabla^2 (\nabla^2 Z) + T_i \nabla^2 Z = 0 \dots\dots\dots \text{Equação (2)}$$

Com três conjuntos de condições-limite, conforme as **equações 3, 4 e 5**:

nas extremidades  $\Rightarrow (1 - T_i) \partial^2 Z / \partial n^2 + T_i \partial Z / \partial n = 0$  ..... **Equação (3)**

$\partial(\nabla^2 Z) / \partial_n = 0$  ..... **Equação (4)**

nos cantos  $\Rightarrow \partial^2 Z / \partial_y = 0$  ..... **Equação (5)**

em que:

$\nabla^2$  – Operador de Laplace

$n$  – Fronteira normal

$T$  – Tensão e  $z$  as observações

O método interpolador vizinho mais próximo atribui o valor do ponto mais próximo para cada nó. Mostra-se muito eficiente se os pontos estão espaçados regularmente e precisam ser convertidos em arquivos de malha regular, tornado-se útil para o preenchimento de lacunas nos dados.

O desempenho de cada um dos interpoladores foram obtidos e comparados usando o critério do Quadrado Médio do Erro - QME (Phillips *et al.*, 1992), apresentado na equação 6, sendo considerado como melhor interpolador aquele que apresentou o menor valor de QME.

$$QME = \left\{ \sum_{\alpha=1}^{n(u)} (Z_{est,\alpha} - Z^*_\alpha)^2 \right\} / n(u) \dots\dots\dots \text{Equação (6)}$$

#### 4. Resultados e Discussão

Na **Tabela 1** apresenta-se a estatística descritiva, dos dados pluviométricos correspondentes ao percentil 75 de precipitação decendial da série histórica de 1977 a 2007.

Os menores valores médios de chuvas ocorreram no mês de outubro enquanto os maiores valores são observados no mês de janeiro. Ao se comparar média e mediana, observa-se a ocorrência de uma baixa variação nos valores da precipitação pluvial entre essas variáveis, o que os deixam próximos da normalidade. O coeficiente de variação em geral apresentou-se alto, com valores relativamente similares para os decêndios do mês de janeiro.

**Tabela 1.** Estatística descritiva dos valores de percentil 75 da precipitação decendial para os meses de janeiro e outubro no Estado de Mato Grosso.

P A R Â M E - TROS	JANEIRO		OUTUBRO			
	DEC. 01	DEC. 02	DEC. 03	DEC. 01	DEC. 02	DEC. 03
Média (mm)	57,45	48,63	50,01	12,29	16,81	26,77
Mediana (mm)	56.90	45.40	47.10	11.30	15.70	25.70
Coeficiente de Assimetria	0.16	0.53	0.69	1.35	0.50	0.68
Coeficiente de Curtose	2.86	2.89	3.40	6.83	2.93	3.62
Desvio Padrão	16,62	16,55	14,71	7,98	8,13	10,15

Coefficiente de	29,02	34,03	29,41	64,93	48,36	37,92
Varição (%)						

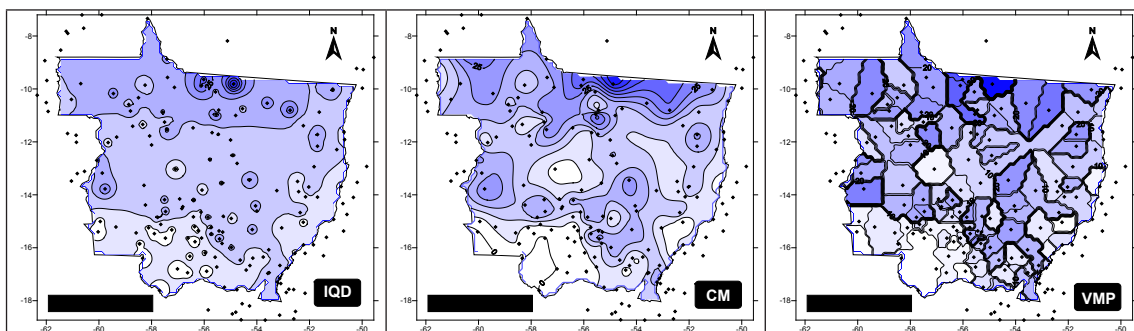
---

No primeiro decêndio do mês de outubro, obteve-se o coeficiente de variação próximo a 65% o que implica em heterogeneidade dos dados, isso pode ter ocorrido devido uma maior variação nas precipitações ocorridas nesse período. Conforme Assad et al. (1993), o trimestre setembro, outubro, novembro é caracterizado por pouca ocorrência de precipitações na região de cerrado, o aumento gradativo do regime pluviométrico só vai acontecer com o final da primavera, coincidindo com o início do verão no mês de dezembro.

O terceiro decêndio de outubro demonstrou uma maior homogeneidade na variação espacial, isso pode ser justificado pelo menor coeficiente de variação no terceiro decêndio (37,92%) em comparação ao primeiro (64,93%) e segundo (48,36%).

O coeficiente de curtose determina o grau de achatamento de uma distribuição em relação a uma distribuição padrão, denominada curva normal (Mousinho *et al.*, 2006). Os valores do coeficiente de curtose ( $k$ ) próximos de 3, para o primeiro ( $k=2,86$ ) e segundo ( $k=2,89$ ) decêndio de janeiro e segundo ( $k=2,93$ ) decêndio de outubro, revelam uma distribuição leptocúrtica, porém próximo da normalidade ( $k=3$ , mesocúrtica). O terceiro decêndio ( $k=3,40$ ) de janeiro, juntamente com o primeiro ( $k=6,83$ ) e o terceiro ( $k=3,62$ ) decêndio de outubro apresentam distribuição platicúrtica.

Verificou-se que no mês de outubro, em especial ao primeiro e segundo decêndio conforme demonstrado nas **Figuras 2 e 3** a ocorrência de uma grande variação nos índices de chuva em todo o estado e somente no terceiro decêndio passou a demonstrar uma variação mais homogênea, **Figura 4**. Esse comportamento pode colocar em risco a germinação da soja, pois esta precisa absorver 50% do seu peso em água nas fases de semeadura / emergência. Farias *et al.* (2001), ao avaliar o déficit hídrico para a cultura da soja nas regiões produtoras do Brasil, afirma que há riscos de redução da produtividade para a região sul do cerrado matogrossense durante o primeiro decêndio do mês de outubro.



**Figura 2.** Mapas da variabilidade da precipitação no primeiro decêndio do mês de outubro.



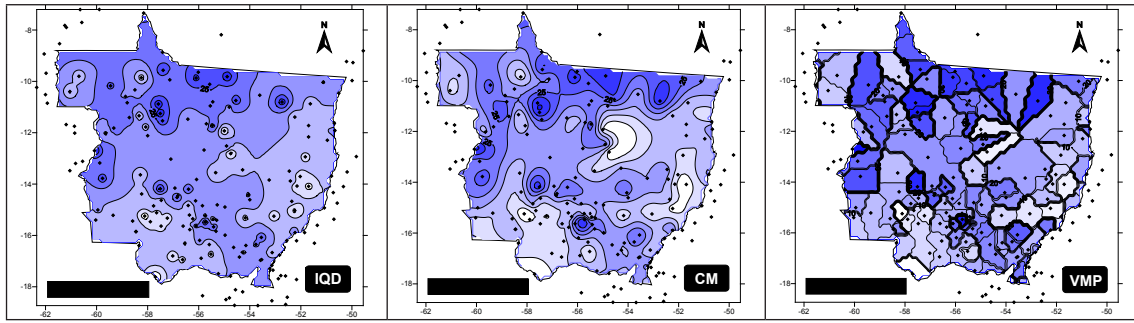


Figura 3. Mapas da variabilidade da precipitação no segundo decêndio do mês de outubro.

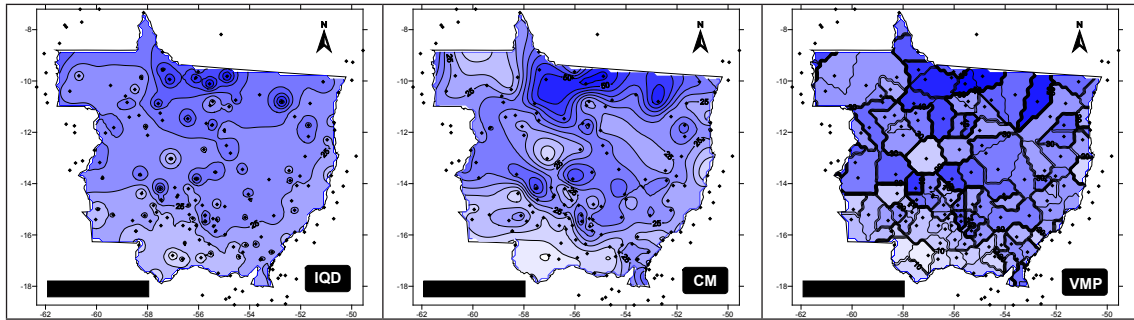


Figura 4. Mapas da variabilidade da precipitação no terceiro decêndio do mês de outubro.

No entanto, o mês de janeiro é caracterizado como o período de maior média anual de pluviosidade, sendo que 70% do total de chuvas acumuladas durante o ano ocorrem entre novembro e março, correspondentes ao verão, cujos meses mais chuvosos concentram-se no intervalo de janeiro a março (Matsuda & Brandão 1989). Os mapas para o primeiro decêndio de janeiro, visualizados na Figura 5, mostram uma precipitação de 75 a 100 mm na região norte, reduzindo no extremo sul, considerando essa época adequada para o estágio reprodutivo da soja, devendo-se tomar cuidados com as localidades mais ao sul. As Figuras 6 e 7 demonstram a redução dos índices de precipitação ocorridas no segundo e terceiro decêndio do mês de janeiro.

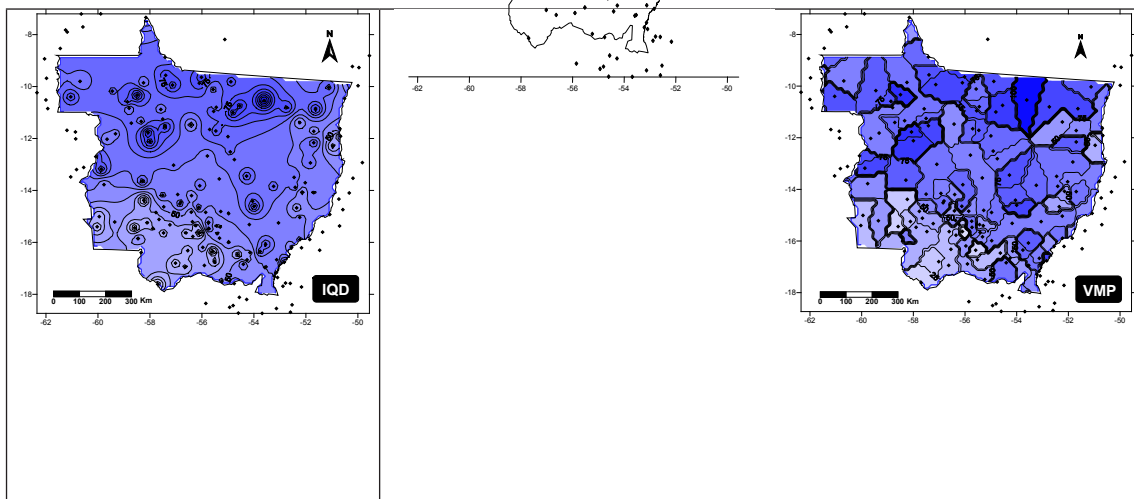


Figura 5. Mapas da variabilidade da precipitação no primeiro decêndio do mês de janeiro.

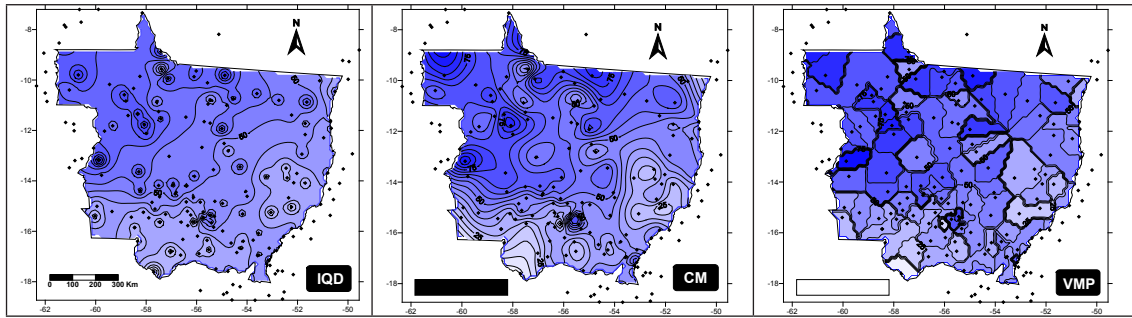


Figura 6. Mapas da variabilidade da precipitação no segundo decêndio do mês de janeiro.

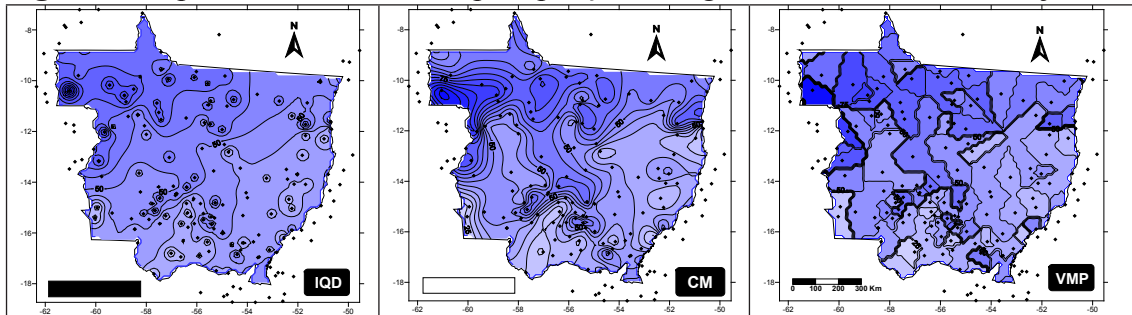


Figura 7. Mapas da variabilidade da precipitação no terceiro decêndio do mês de janeiro.

Fazendo-se uma análise visual da **Figura 2**, é possível verificar que o método IQD apresentou uma melhor distribuição das chuvas para todo o estado, nos mapas de CM e VMP, é possível verificar regiões com menores índices pluviométricos nas regiões centrais e sul do estado. O mesmo é verificado na **Figura 3**, correspondente aos mapas do segundo decêndio do mês de outubro, onde pequenas áreas correspondem à precipitações próximo de 0 (zero) mm nas regiões mais ao centro (áreas claras).

Analisando-se as superfícies interpoladas pelos métodos propostos, verificou-se que o Inverso do Quadrado da Distância (IQD) conseguiu demonstrar bem a continuidade espacial da precipitação, sendo observado a ocorrência de contornos concêntricos ao redor de algumas amostras, devido a este método atribuir maior peso para amostras mais próximas (Mazinni & Schettini, 2009).

O IQD resultou em mapas com uma distribuição espacial mais uniforme que os demais métodos, o que corrobora com os resultados de Souza (2002), o qual afirma ser o algoritmo Inverso do Quadrado da Distância o que melhor representa a superfície do solo para a geração do MDT (modelo digital do terrestre), quando comparado com CM e VMP, uma vez que ele possui a característica de suavizar a superfície em estudo.

Comparando as superfícies geradas pelos métodos IQD e CM, é possível observar que este último produz contornos mais suaves, em contrapartida os mapas de VMP apresentam formação de área entorno dos dados amostrados.

Os resultados produzidos pelo interpolador Vizinheiro mais Próximo, apresentaram superfícies com variações abruptas. Esse fato corroborou com os resultados obtidos por Botelho *et al.*, (2005), que ao confrontar esse interpolador com IQD para o cálculo de volume gerado por MDT, concluiu que o VMP alcançou melhor resultado devido ao delineamento de borda, sendo que IQD resultou em bordas mais suaves extrapolando os valores do volume. Os resultados do quadrado médio do erro são demonstrados na **Tabela 2**.

**Tabela 2.** Valores do quadrado médio do erro (QME) para interpoladores usados na distribuição espacial de precipitação pluvial média decenal para os meses de janeiro e



outubro.

MÉTODO	JANEIRO			OUTUBRO		
	DEC. 01	DEC. 02	DEC. 03	DEC. 01	DEC. 02	DEC. 03
<b>INTERPOLADOR</b>						
IQD	156,66	122,78	120,86	33,64	41,42	63,99
CM	378,52	222,11	387,31	58,73	58,12	171,34
VMP	205,29	166,02	188,08	53,54	60,83	77,27

Com base nos resultados do quadrado médio do erro (**Tabela 2**), obtidos a partir da diferença entre os dados observados e estimados para cada decêndio e método de interpolação, tem-se como melhor interpolador o Inverso do Quadrado da Distância, o qual obteve valores de QME menores que os demais métodos para todos os decêndios. Indicando-se assim a sua superioridade na estimação de dados pluviométricos para o Estado de Mato Grosso, seguido pelos métodos de Vizinho Mais Próximo e Curvatura Mínima, concordando com os resultados obtidos por AMORIM et al. (2008) e Reis et al. (2005), os quais identificaram ser o modelo determinístico de Inverso do Quadrado da Distância (IQD) o mais adequado para interpolação espacial de chuvas.

Kanegae Júnior *et al.* (2006), trabalhando com estratos arbóreos, observou que a krigagem reduziu os erros de estimativa em até 36%, sendo que o mesmo não foi observado pelo inverso do quadrado da distância, sendo a krigagem considerada como mais eficiente. Segundo Mello *et al.* (2003), apesar de o método IQD apresentar uma considerável eficiência, ele não garante que a eficiência seja mantida, caso uma nova amostragem seja realizada sobre os mesmos projetos, ao contrário da krigagem. Dessa forma justifica-se a continuidade desse trabalho inserindo o método de krigagem, a fim de analisar a dependência espacial da precipitação pluviométrica para o Estado Mato Grosso.

## 5. Conclusões e Sugestões

Para o período estudado e entre os métodos analisados, o método que apresenta melhor desempenho para estimar a precipitação pluviométrica no Estado de Mato Grosso é o Inverso do Quadrado da Distância, por indicar menores valores de QME para todos os decêndios avaliados, seguido por Vizinho Mais Próximo e Curvatura Mínima respectivamente.

Em virtude da crescente utilização de métodos geoestatísticos na estimação de dados pluviométricos, sugere-se a inclusão do método de Krigagem em estudos futuros.

## 7. Referências

Amorim, R. C. F.; Ribeiro, A.; Leite, C. C. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. *Acta Scientiarum Technology*, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

Assad, E. D.; Sano, E. E. J.; Masutomo, R.; Castro, L. H.; Silva, F. A. M. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequências e probabilidades de ocorrência. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 28, n. 9, p. 993-1003, 1993.

Assis, F. N.; Arruda, H. V.; Pereira, A. R. *Aplicações de estatística à climatologia*. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 1996. 161 p.

Barros, H. B.; Peluzio, J. M.; Santos, M. M.; Brito, E. L.; Almeida, R. D. Efeitos das épocas de semeadura no comportamento de cultivares de soja, no sul do Estado do Tocantins. *Revista Ceres*, v. 50, n. 291, p. 565-572, 2003.

- Botelho, M. F.; Silva, C. R.; Schoeninger, E. R.; Centeno, J. A. S. Comparação dos resultados de interpoladores “Vizinho mais próximo” e “Inverso de uma distância” no cálculo de volume a partir de dados do laser scanner. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 731-736. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltd.inpe.br/sbsr/2004/11.19.20.47/doc/731.pdf>>. Acesso em: 20 Mai. 2010.
- Carvalho, J. R. P. de; Assad, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2005.
- Collischonn, B.; ALLASIA, D.; Collischonn, W.; Tucci, C. E. M. Estimativas de precipitação por sensoriamento remoto passivo: desempenho do satélite TRMM na bacia do alto Paraguai até Descalvados. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1., 2006, Campo Grande. **Anais...** Campinas: EMBRAPA Informática Agropecuária, 2006. p. 47-56. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/17276/000562079.pdf?sequence=1>>. Acesso em : 22 Mai. 2010.
- Conti, G. N. **Estimativa da precipitação através de técnicas de sensoriamento remoto: Estudo de caso para o estado do Rio Grande do Sul**. 2002. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2002.
- De Angelis, C. F. **Análise dos sistemas precipitantes no Brasil a partir de dados processados em um integrador de informações adquiridas por pluviômetros, satélites, rede de relâmpagos e radares meteorológicos-PRECIBRA**. Projeto de Pesquisa: CPTEC-INPE, 2005.
- Deus, B. V.; Zeilhofer, P.; Santos, E. S. Interpolação espacial de precipitações anuais na bacia do alto e médio Teles Pires, MT. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 2525-2531. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://marte.dpi.inpe.br/rep/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.16.00.33?languagebutton=pt-BR>>. Acesso em: 30 Abr. 2010.
- EMBRAPA. **Tecnologias de Produção de Soja: Região Central do Brasil 2003**. Londrina: Embrapa Soja, 2002. 199 p.
- Farias, J. R. B.; Assad, E. D.; Almeida, I. R.; Evangelista, B. A.; Lazzarotto, C.; Neumaier, N.; Nepomuceno, A. L. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001.
- Fendrich, R. Estimativa da produtividade de soja na fazenda experimental gralha azul da PUC/PR utilizando totais acumulados de chuva. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 2, n. 1, p. 21-31, 2002.
- Gomes, B. M.; Cruz, R. L. Comportamento espacial dos percentis 75 da precipitação decenal para o Estado de São Paulo, na primavera. **Revista Irriga**, v. 7, n. 2, p. 142-153, 2002.
- HIDROWEB. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/HidroWeb.asp?TocItem=1080&TipoReg=7&MostraCon=false&CriaArq=false&TipoArq=1&SerieHist=true>>. Acesso em 18 jun. 2008.
- Kanegae Junior, H.; Scolforo, J. R.; Mello, J. M.; Oliveira, A. D. Avaliação de interpoladores estatísticos e determinísticos como instrumento de estratificação de povoamentos clonais de *Eucalyptus sp.* **Revista Cerne**, v. 12, n. 2, p. 123-136, 2006.
- Landim, P. M. B.; Sturaro, J. R. **Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos**. Rio Claro: IGCE/UNESP, 2002. 19 p.
- Mazzini, P. L. F.; Schettini, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase-sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.
- Mello, C. R.; Lima, J. M.; Silva, A. M.; Mello, J. M.; Oliveira, M. S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 5, p. 925-933, 2003.
- Mousinho, F. E. P.; Andrade Júnior, A. S.; Gonçalves, A. C. A.; Frizzone, J. A. Variabilidade espacial dos percentis 75 da precipitação pluvial anual para o Estado do Piauí. **Revista Irriga**, v. 11, n. 2, p. 178-187, 2006.
- Neto, J. L. S.; Almeida, I. R. de. **A variabilidade das chuvas e a expansão da cultura da soja no**

**Brasil:** cenários possíveis sob a hipótese das mudanças climáticas. Embrapa Soja, 2007. Disponível em: <http://www4.fct.unesp.br/docentes/geo/joaolima/soja%20e%20clima.pdf>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2010.

Nimer, E.; Brandão, A. M. P. M. **Balanco hídrico e clima da região dos cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE/EMBRAPA, 1989, 166 p.

Phillips, D. L.; Dolph, J.; Marks, D. A comparison of geostatistical procedures for spatial analysis of precipitations in mountainous terrain. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.58, n. 1-2, p.119-141, 1992.

Reis, M. H.; Griebeler, N. P.; Sarmiento, P. H. L.; Oliveira, L. F. C. De; Oliveira, J. M. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., 2005, Goiânia. **Anais...** Goiânia: INPE, 2005. p. 229-236. Disponível na biblioteca digital URLib: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2004/11.20.04.36/doc/229.pdf>>. Acesso em: 15 Mai. 2010.

Salgueiro, J. H. P.; Montenegro, S. M. G. L. Análise da distribuição espacial da precipitação na bacia do rio Pajeú em Pernambuco segundo método geoestatístico. **Revista Tecnologia /UNIFOR**, v. 29, n. 2, p. 174-185, 2008.

Souza, E. C. B. de. **Análises temporais de alta precisão utilizando GPS para avaliação das variações volumétricas ocorridas no istmo da Ilha do Mel**. 2002. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.