

INTERPOLAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS TEMPERATURA DO AR E PRECIPITAÇÃO: REVISÃO DOS MÉTODOS MAIS EFICIENTES

Edenir Bagio PERIN¹

Luiz Fernando de Novaes VIANNA²

Wilian da Silva RICCE³

Angelo Mendes MASSIGNAM⁴

Cristina PANDOLFO⁵

Resumo

Este trabalho tem como objetivo identificar, por intermédio de revisão bibliográfica, quais são os métodos de interpolação mais utilizados e com maior percentual de eficiência para espacializar as variáveis climatológicas temperatura do ar e precipitação dos períodos diários, mensal e anual. Foram investigadas 33 referências para a variável temperatura e 85 para a variável precipitação e calculado um índice de eficiência para cada método. Para precipitação, o índice de eficiência foi calculado para três períodos: diário, mensal e anual. A análise das publicações permitiu concluir que os métodos de interpolação mais usados para espacializar as variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação são *Kriging*, *Inverse Distance Weighting* e *Spline*. Apesar de não ser considerado por alguns autores como um método de interpolação, a regressão também é utilizada na espacialização da temperatura, destacando-se como método com maior índice de eficiência para essa variável. Para precipitação, a eficiência dos métodos variou de acordo com o período. *Inverse Distance Weighting* apresentou o maior percentual de eficiência para o período diário; *Kriging* para o período mensal e *Cokriging* para o anual.

Palavras-chave: Geoestatística. Kriging. Inverse Distance Weigthing. Spline.

¹ Graduado em Geografia e Especialista em Processamento de Informações Geográficas – Universidade do Sul de Santa Catarina, Mestre em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental – Universidade do Estado de Santa Catarina, Bolsista DTI-B/CNPQ, Doutorando em Geografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Endereço para correspondência: Epagri/Ciram - Rod. Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi – Caixa Postal 502 – CEP 88034-901 – Florianópolis, SC. E-mail: edenir.perin@outlook.com

² Graduado em Ciências Biológicas – Universidade de Santa Úrsula, Mestre em Engenharia Ambiental e Doutor em Geografia – Universidade Federal de Santa Catarina. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Endereço para correspondência: Epagri/Ciram - Rod. Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi – Caixa Postal 502 – CEP 88034-901 – Florianópolis, SC. E-mail: vianna@epagri.sc.gov.br

³ Graduado em Agronomia, Mestre e Doutor em Agronomia pela Universidade Estadual de Londrina. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Endereço para correspondência: Epagri/Ciram - Rod. Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi – Caixa Postal 502 – CEP 88034-901 – Florianópolis, SC. E-mail: wiliانricce@epagri.sc.gov.br

⁴ Graduado em Engenharia Agrônoma – Universidade Federal de Santa Catarina, Mestre em Agronomia – Universidade de São Paulo, Doutor em Agricultural Science- The University of Queensland. Pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Endereço para correspondência: Epagri/Ciram - Rod. Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi – Caixa Postal 502 – CEP 88034-901 – Florianópolis, SC. E-mail: massigna@epagri.sc.gov.br

⁵ Graduada em Agronomia – Universidade Federal de Santa Catarina, Mestre em Fitotecnia – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Doutora em Recursos Genéticos Vegetais – Universidade Federal de Santa Catarina. Pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. Endereço para correspondência: Epagri/Ciram - Rod. Admar Gonzaga, 1.347, Itacorubi – Caixa Postal 502 – CEP 88034-901 – Florianópolis, SC. E-mail: cristina@epagri.sc.gov.br

Abstract

Review of interpolation methods for climate variable: air temperature and precipitation

This work aims identify, through a literature review, what are the most used interpolation methods and higher percentage efficiency to spatialize climatological variables air temperature and precipitation of daily, monthly and annual periods. Were investigated 33 references to temperature and 85 to precipitation and calculate an efficiency index for each method. For precipitation, the efficiency was calculated for three periods: daily, monthly and annual. The analysis of publications concluded the more used interpolation methods more used to spatialize climate variables air temperature and precipitation are Kriging, Inverse Distance Weighting and Spline. Although is not considered by some authors as an interpolation method, regression is also used in spatial distribution of temperature, stand out as method more efficiently index for this variable. For precipitation, methods efficiency varied according to period. Inverse Distance Weighting had the highest percentage off efficiency for the daily period; Kriging for monthly and Cokriging for the annual period.

Key Words: Geostatistics. Kriging. Inverse Distance Weighting. Spline.

INTRODUÇÃO

Conhecer o comportamento da distribuição espacial das variáveis climatológicas é indispensável para definir estratégias de planejamento territorial, abastecimento público, zoneamento agrícola; políticas energéticas e gestão de riscos climáticos. Os métodos de interpolação possibilitam projetar estatisticamente a relação espacial de um conjunto de dados georreferenciados e obter superfícies contínuas, representativas de fenômenos com distribuição espacial, como temperatura do ar e precipitação. Através desses métodos são elaborados mapas usados em atlas climatológicos ou são representadas as normais climáticas por intermédio da análise estatística de registros históricos.

São exemplos de produtos gerados a partir de métodos de interpolação o atlas das Normais Climatológicas do Brasil: 1961 – 1990, (RAMOS et al., 2009); o Atlas Climatológico da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, (WREGE et al., 2011); o Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010, (HERRMANN, 2014); o Atlas Climatológico de Santa Catarina, (PANDOLFO et al., 2002) e as Cartas Climáticas do Paraná, (CAVIGLIONE et al., 2000). Como exemplos internacionais podem ser citados a base de dados climatológicos desenvolvida pelo *Meteorologisk Institutt* para a Noruega; o *Atlas Climático Digital de la Península Ibérica*, desenvolvido pela *Universitat Autònoma de Barcelona* e o *Climate of the United States* desenvolvido pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration* – NOAA, dentre outros.

Li e Heap (2008) classificam os métodos de interpolação em três categorias: geoestatísticos; não geoestatísticos e combinados, nomenclatura também adotada nesse trabalho. Alguns autores também usam a regressão para estimar valores de variáveis climáticas, ora considerando-a como interpolador (JOLY, et.al., 2011), ou simplesmente utilizando-a para identificar padrões e tendências de larga escala dos dados (ALVES, et.al., 2012). Teoricamente, os métodos de interpolação espacial possuem relação direta com a lógica da primeira lei da Geografia ou lei de Tobler (TOBLER, 1970), onde todas as coisas estão relacionadas entre si, mas as coisas mais próximas

estão mais relacionadas que as distantes. Adotamos aqui os termos interpoladores e métodos de interpolação como nomenclatura genérica tanto para os interpoladores geoestatísticos, não-geoestatísticos e combinados, quanto para a regressão.

A geoestatística foi desenvolvida por Danie Gerhardus Krige na década de 1950 e os princípios teóricos, sistematizados na década seguinte por Georges Matheron, que identificou os métodos respectivamente como *Kriging* (Krigagem) e *Cokriging* (Cokrigagem). O método de *Kriging* utiliza informações do semivariograma para estimar os valores ótimos amostrais de um ponto. Esses valores serão diferentes, dependendo do arranjo espacial dos dados. O método leva em consideração: o número de amostras e sua posição; as distâncias entre as amostras, a zona a ser estimada e a continuidade espacial da variável estudada (ANDRIOTTI, 1988). *Cokriging* é uma versão multivariada de *Kriging* que permite estimar os valores de uma variável utilizando, simultaneamente, diversas variáveis, considerando tanto a correlação entre as variáveis quanto a correlação espacial (ANDRIOTTI, 1988; ESRI, 2012).

A geoestatística aplica-se ao estudo do comportamento das variáveis regionalizadas (MATHERON, 1970), que possuem características intermediárias entre aquelas cujo comportamento é totalmente aleatório e aquelas totalmente determinísticas. As variáveis são correlacionadas, muito embora não cumpram completamente os requisitos de um processo ergódico. Os métodos geoestatísticos estão baseados em funções que incorporam a dependência espacial através da proximidade (correlação espacial) e da direção (isotropia ou anisotropia), sendo comumente utilizados para estudar o comportamento espacial de fenômenos naturais que não possuem padrão de distribuição que possa ser representado pelos procedimentos da estatística clássica, (RESENDE; STURION, 2001). A ferramenta básica para a análise estrutural dos dados em geoestatística é o variograma, por intermédio do qual é possível representar a taxa média de variação de um fenômeno com a distância (ANDRIOTTI, 1988; WANG; HOU, 2009).

Os interpoladores não geoestatísticos estimam os valores de um atributo para pontos não amostrados por intermédio de uma combinação linear dos valores dos pontos mais próximos considerando a relação de distância entre eles e, desta forma, dependem diretamente da posição de todos os pontos próximos. Estes métodos são comumente utilizados para espacializar fenômenos cujos dados possuem natureza contínua, com normalidade e frequência. As estimativas para os valores do fenômeno espacializado não ultrapassam a gama de valores dos pontos observados.

A escolha de interpoladores para dados climáticos não é uma tarefa simples e o resultado final não depende apenas do interpolador. O processo de interpolação exige conhecimento acerca da natureza do dado a ser interpolado e da distribuição espacial das amostras. A precipitação, por exemplo, apresenta um comportamento aleatório em períodos diários (CAMERA et al. 2014), mas em termos anuais pode apresentar um comportamento com tendência determinística. Além do valor de intensidade, a precipitação apresenta uma probabilidade de ocorrência, ou seja, em um mesmo momento a distribuição espacial da precipitação pode apresentar diferente intensidade, mas também ausência. Já a temperatura é determinística em termos espaciais, ou seja, ela sempre apresenta valores de intensidade.

Para melhor compreender o uso dos interpoladores na geração de superfícies contínuas de temperatura do ar e precipitação em diferentes escalas temporais (períodos), esse trabalho tem como objetivo fazer uma revisão bibliográfica para identificar os métodos de interpolação mais utilizados e com maior percentual de eficiência para espacializar essas duas variáveis.

MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento e a sistematização dos dados utilizados nesse trabalho foi baseada na busca por publicações em periódicos *on-line*, com a investigação por número e volume, dos periódicos nacionais e internacionais que publicam trabalhos nas áreas de meteorologia e climatologia. Optou-se por priorizar publicações em língua inglesa considerando que a grande quantidade de trabalhos científicos publicados no idioma sintetiza o estado da arte da temática e, além disso, buscou-se obter exemplos geograficamente distribuídos pelos cinco continentes. As publicações foram selecionadas dentro do sistema brasileiro de avaliação de periódicos científicos – *Qualis*⁶. Foram utilizados apenas publicações de periódicos classificados com *Qualis A* ou *B* para a área de avaliação de geociências, onde está inserida a climatologia, ou interdisciplinar quando o periódico não possuía avaliação para a área.

A sistematização das publicações foi feita em tabela booleana com a tabulação dos seguintes dados: a) objetivo do trabalho; b) país ou território administrativo onde a publicação foi realizada; c) período das variáveis abordadas no estudo (diário, mensal ou anual); d) método de interpolação; e) realização de teste estatístico para validação dos dados; f) interpolador que gerou estimativas mais próximas dos dados conhecidos; g) periódico ou jornal da publicação; h) ano de publicação. Ao todo foram investigadas 33 referências para a variável temperatura e 85 para a variável precipitação, sendo que 17 delas analisaram tanto temperatura quanto precipitação (Figura 1). Essa amostragem foi utilizada para calcular a porcentagem de uso dos métodos de interpolação por variável e por período.

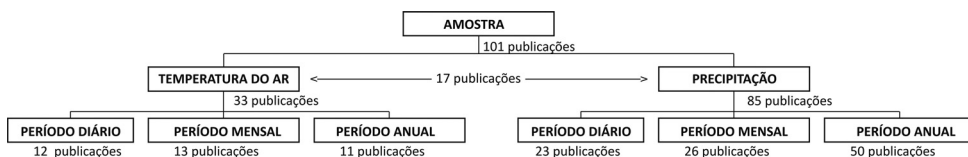


Figura 1 – Diagrama esquemático da distribuição das publicações amostradas por variável e por período

Também foi calculado um índice de eficiência para cada interpolador, que corresponde à frequência de vezes em que um método foi considerado mais eficiente para espacializar a temperatura do ar e a precipitação. Esse cálculo foi feito com base nas publicações em que foram realizados testes comparativos entre métodos, sendo 14 publicações para temperatura e 50 para precipitação. No caso específico da precipitação, os índices de eficiência foram calculados para três períodos: diário, mensal e anual.

Na apresentação dos dados procurou-se manter a grafia dos métodos de interpolação apresentada pelos autores. Entretanto, existem variações para um mesmo método de interpolação, como por exemplo as diferentes formas de *Kriging* (*Ordinary Kriging*, *Universal Kriging*, *Simple Kriging*, *Residual Kriging* e *Disjunctive kriging*) e *Spline* (*Thin Plate Splines*, *Spline regularized*, *Spline With Tension*). Muitas publicações não especificam qual a variante utilizada, por isso optou-se por adotar um único índice na construção dos gráficos, onde é apresentada apenas a grafia e a abreviatura geral (*Kriging* – KRG, *Spline* – SPL).

⁶ <http://qualis.capes.gov.br/webqualis/principal.seam>

RESULTADOS E DISCUSSÃO

TEMPERATURA

As publicações consultadas estão distribuídas temporalmente entre os anos de 1992 e 2014, com concentração no último decênio. Dentre as 33 publicações direcionadas ao estudo da temperatura do ar foram encontrados exemplos para 20 países: Arábia Saudita; Argentina; Austrália; Bangladesh; Brasil; Canadá; China; Estados Unidos; França; Inglaterra; Itália; México; Nigéria; Noruega; País de Gales; Paraguai; Turquia e Uruguai, além de uma publicação para a Antártica e outra para as áreas emersas (continentais) do globo.

A revisão das publicações identificou 37 variações de métodos de interpolação aplicados à temperatura do ar. Onze métodos são geoestatísticos e 23 não geoestatísticos. Os geoestatísticos são *Disjunctive Cokriging*; *Simple Cokriging*; *Universal Cokriging*; *Ordinary Cokriging*; *Disjunctive Kriging*; *Simple Kriging*; *Residual Kriging*; *Universal Kriging* e *Ordinary kriging*. Porém 4 publicações apresentaram apenas a designação *Kriging*, e uma *Cokriging* sem especificar qual variação do método foi utilizada. O método mais frequente entre os geoestatísticos foi *Ordinary Kriging*, utilizado em 10 publicações (Quadro 1).

Quadro 1 – Métodos de interpolação geoestatísticos para espacializar a temperatura do ar e as respectivas fontes das publicações

Método de Interpolação	Abreviatura	Fonte
Cokriging	CK	Boer, Beurs, e Hartkamp (2001);
Disjunctive Cokriging	DCK	Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004);
Simple Cokriging	SCK	Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004);
Universal Cokriging	UCK	Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004);
Ordinary Cokriging	OCK	Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004);
Kriging	KRG	Tencer et al. (2011); Alves, Biudes, e Vecchia (2012); Maio, Collishchonn, e Mattos (2012); Silva et al. (2013);
Disjunctive Kriging	DK	Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004);
Simple Kriging	SK	Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004);
Residual Kriging	RK	Wu e Li (2013);
Universal Kriging	UK	Boer, Beurs, e Hartkamp (2001); Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004); Atorre et al. (2007); Wang e Hou (2009); Eldrandaly e Abu-Zaid (2011); Bhowmik (2012); Couralt e Monestiez (1999); Jarvis e Stuart (2001); Apaydin, Sonmez, e Yildirim (2004); Barbosa (2006); Mota et al. (2008); Ramos et al. (2008); Sartori et al. (2010); Eldrandaly e Abu-Zaid (2011); Joly et al. (2011); Bhowmik (2012);
Ordinary kriging	OK	

Dentre os métodos não geoestatísticos o interpolador *Inverse Distance Weighting* com potência 2 foi o mais frequente, utilizado em 15 publicações, seguido do método *Thin Plate Splines*, com nove exemplos (Quadro 2). Foram identificados também três métodos de interpolação combinados, *Regression Kriging*, utilizados por Joly et al. (2011) e Brunetti et al. (2014); *Trivariate Regression Kriging*, apresentado na publica-

ção de Boer, Beurs, e Hartkamp (2001) e *Local Weighted Linear Regression*, também usado por Brunetti et al. (2014).

Quadro 2 - Métodos de interpolação não-geoestatísticos para espacializar a temperatura do ar e as respectivas fontes das publicações

Método de Interpolação	Abreviatura	Fonte
Inverse Distance Weighting - P2	IDW	Willmot e Robeson (1995); Price et al. (2000); Jarvis e Stuart (2001); Shen et al. (2001); Apaydin, Sonmez, e Yldirim (2004); Atorre et al. (2007); You, Hubbard, e Goddard (2008); Wang e Hou (2009); Eldrandaly e Abu-Zaid (2011); Ajay et al. (2012); Alves, Biudes, e Vecchia (2012); Bhowmik (2012); Nascimento et al. (2012); Martins e Rosa (2012); Silva et al. (2013);
Radial Basis Function	RBF	Alves, Biudes, e Vecchia (2012); Silva et al. (2013);
SARIMA	SAR	Silva, Guimarães, e Tavares (2008); Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Spline	SPL	Wang e Hou (2009); Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Thin Plate Splines	TPS	Fleming et al. (2000); Price et al. (2000); Jarvis e Stuart (2001); Jeffrey et al. (2001); Hong et al. (2005); Hutchinson et al. (2009); Eldrandaly e Abu-Zaid (2011); Tencer et al. (2011); Bhowmik (2012);
Trivariate Thin Plate Splines	TTPS	Boer, Beurs, e Hartkamp (2001);
Bivariate Thin Plate Splines	BTPS	Boer, Beurs, e Hartkamp (2001);
Partial Thin Plate Splines	PTPS	Boer, Beurs, e Hartkamp (2001);
Completely Regularized Spline	CRSPL	Apaydin, Sonmez, e Yldirim (2004);
Método de Shepard modificado	MSM	Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Natural Neighbours	NaN	Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Nearest Neighbours	NN	Shen et al. (2001); Soares (2002); Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Polynomial Regression	PR	Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Triangulação por Interpolação Linear	TIL	Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Local Polynomial	LP	Apaydin, Sonmez, e Yldirim (2004); Eldrandaly e Abu-Zaid (2011); Alves, Biudes, e Vecchia (2012);
Global Polynomial	GP	Apaydin, Sonmez, e Yldirim (2004); Eldrandaly e Abu-Zaid (2011);
Mean (Média)	MED	Soares (2002);
Média Ponderada	MPO	Soares (2002);
Local weighted linear regression	LWLR	Brunetti et al. (2014);
Multi-linear regression with local improvements	MLRLI	Brunetti et al. (2014);
Local Regression	LR	Joly et al. (2011);
Linear Regression	LIR	You, Hubbard e Goddard (2008)
Trend Surface Analysis	TSA	Jarvis e Stuart (2001b)
Artificial Neural Network	ANN	Atorre et al. (2007);

A distribuição percentual dos métodos de interpolação utilizados para espacializar a temperatura (Figura 2) indicou que *Kriging* é o método mais utilizado, presente em 57,5% das publicações, seguido de *Inverse Distance Weighting* (45,4%); *Spline* (36,3%), *Regressão* (12,1%). Os demais interpoladores foram citados em menos de 9% das publicações.

Apesar da estratégia amostral ter sido direcionada ao levantamento de exemplos de aplicação e comparação de métodos de interpolação, a estimativa da temperatura por intermédio de regressão foi identificada em 12,1% dos trabalhos.

Para temperatura diária, os três métodos mais utilizados foram: *Kriging* (66,6%); *Inverse Distance Weighting* (41,6%) e *Spline* (50%). O método *Kriging* também foi o interpolador mais utilizado para espacializar a temperatura mensal (53,8%), seguido de *Spline* (46,1%) e *Inverse Distance Weighting* (30,7%). A temperatura anual teve *Inverse Distance Weighting* (63,6%) como interpolador mais utilizado nas publicações, em sequência aparecem *Kriging* (54,5%) e *Spline* (18,1%). Um pouco diferente do que foi observado na análise geral dos interpoladores para temperatura, a regressão foi observada em cerca de 17% das publicações para o período diário, 15% no período mensal e próximo a 12% para o período anual. Isso demonstra que, mesmo não sendo considerado por alguns autores como um interpolador, a regressão é um método de estimativa de temperatura que também é usado.

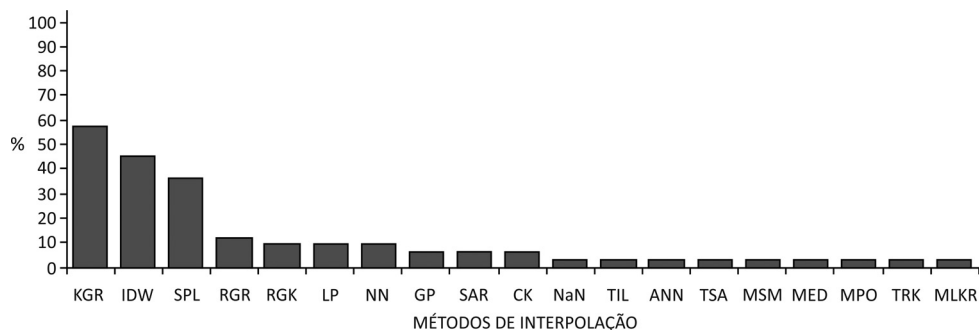


Figura 2 – Gráfico de porcentagem das publicações com as variações dos métodos de interpolação utilizados para espacializar a temperatura do ar na amostra de 33 publicações. Os quadros 1 e 2 apresentam as abreviaturas utilizadas

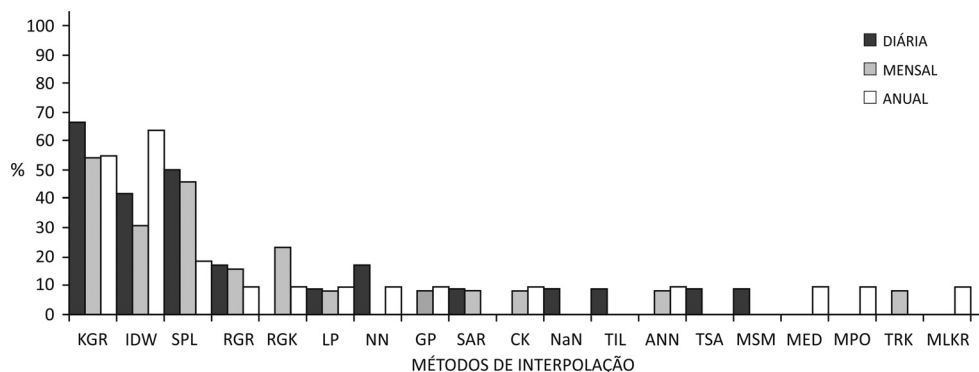


Figura 3 - Gráfico de porcentagem de publicações com as variações dos métodos de interpolação para espacializar a temperatura do ar por período em relação ao total de publicações para temperatura do ar

Em 14 (42%) das 33 publicações que analisaram a variável temperatura, foram realizados testes de comparação entre métodos para avaliar o índice de eficiência (Quadro 3). O método de regressão apresentou o maior percentual de eficiência em relação ao número de comparações (75%), ou seja, em 4 artigos que compararam diversos métodos com o de regressão, esse último mostrou-se mais eficiente na estimativa da temperatura em 3. O segundo método mais eficiente foi *Kriging* (40%), que foi também um dos métodos mais comparados, ficando atrás apenas do *Inverse Distance Weighting* (11), porém com o pior índice de eficiência (18%).

Quadro 3 - Total de publicações com comparação entre métodos, número de ocorrências e índice de eficiência por método de interpolação para temperatura do ar

Método	Número de publicações com comparações	Número de ocorrência do método como mais eficiente	Índice de eficiência (%)
RGR	4	3	75%
KGR	10	4	40%
SPL	8	2	25%
IDW	11	2	18%

A avaliação da eficiência destaca o método de regressão, que apesar de ser pouco utilizado como método de interpolação é eficiente na estimativa da temperatura. A eficiência do método de regressão, segundo You, Hubbard e Goddard (2008) está relacionada à alta correlação existente entre temperatura do ar e altitude. Em regiões montanhosas, dois pontos com coordenadas geográficas próximas podem apresentar valores distintos de temperatura em função da diferença de altitude. Quando isso ocorre, essa diferença pode ser estimada através de um modelo de regressão linear que permita ajustar ao cálculo da estimativa da temperatura os pontos geograficamente próximos que apresentem valores de temperatura muito distintos.

Modelos de regressão também são usados para estimar valores de temperatura e outras variáveis que dela derivam (probabilidade de geada, horas de frio e amplitude térmica) a partir de modelos digitais de elevação. As equações de regressão são construídas a partir das medidas de posicionamento geográfico – latitude, longitude e altitude (YOU; HUBBARD; GODDARD, 2008; ALVARES et al., 2013) ou ainda considerando a distância da linha de costa (BRUNETTI et al. 2014).

PRECIPITAÇÃO

O universo amostral das publicações sobre precipitação possui exemplos de trabalhos desenvolvidos em 38 países: África do Sul; Alemanha; Angola; Argentina; Austrália; Bangladesh; Bélgica; Bolívia; Botsuana; Brasil; Burkina Fasso; Canadá; Chile; China; Chipre; Costa do Marfim; Equador; Escócia; Eslovênia; Espanha; Estados Unidos; Holanda; Índia; Israel; Itália; Japão; Mali; México; Namíbia; Noruega; Paraguai; Portugal; Rússia; Suécia; Suíça; Taiwan; Turquia e Uruguai.

Para precipitação foram identificados 20 exemplos de métodos de interpolação geoestatísticos. Os mais utilizados foram *Kriging*, *Ordinary kriging*, *Universal kriging* e *Ordinary Cokriging*. O quadro 4 apresenta a relação de variações dos métodos geoestatísticos e em quais os trabalhos eles foram utilizados. Algumas publicações não especificam qual a variação do método foi utilizada, portanto seguem identificados apenas como *Kriging* ou *Cokriging*.

Quadro 4 - Métodos de interpolação geoestatísticos e as respectivas fontes das publicações

Método de Interpolação	Abreviatura	Fonte
Cokriging	CK	Wilk et al. (2006); Afanasev, Volkova e Elizaryev (2014);
Cokriging + Altitude	CKA	Phillips, Dolph, e Marks (1992); Sartori et al. (2010);
Simple Cokriging	SCK	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004);
Universal Cokriging	UCK	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004);
Disjuntive Cokriging	DCK	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004);
Ordinary Cokriging	OCK	Boers, Beurs, e Hartkamp (2001); Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Diodato e Ceccarelli (2005); Coulibaly e Becker (2007); Portalés et al. (2010); Charles e Degré (2011); Carvalho, Assad, e Pinto (2012); Cunha et al. (2013);
Collocated Ordinary Cokriging	COCK	Moral (2010);
Kriging	KRG	Phillips, Dolph, e Marks (1992); Dirks et al (1998); Barbosa (2006); Silva et al. (2007); Nery e Alves (2009); Castro et al. (2010); Marcuzzo, Cardoso, e Mello (2010); Alves e Vecchia (2011); Almeida, Ribeiro, e Paiva (2011); Marcuzzo, Andrade, e Melo (2011); Souza et al. (2011); Baldo, Dziubate e Galiani (2012); Costa, Salgado, e Dinali (2012); Filho, Steinke, e Steinke (2012); Jones et al. (2012); Pinto (2012); Silva, Estevão e Brito (2012); Militino et al. (2014);
Kriging Esférico	KE	Reis et al. (2005); Castro et al. (2010); Santos, Nori, e Oliveira (2011); Viola et al. (2010); Gardiman et al. (2012);
Kriging Linear	KL	Reis et al. (2005); Castro et al. (2010); Santos, Nori, e Oliveira (2011);
Kriging Exponencial	KE	Reis et al. (2005); Castro et al. (2010); Santos, Nori, e Oliveira (2011);
Kriging Elevation-Detrend	KEDT	Phillips, Dolph, e Marks (1992)
Simple Kriging	SK	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Coulibaly e Becker (2007); Durão et al. (2010); Moral (2010);
Simple kriging With Varying Local Means	SKV	Moral (2010); Ly, Charles e Degré (2011);
Simple kriging With Varying Local Means + Distance	SKVD	Mair e Fares (2011)
Simple kriging With Varying Local Means + Elevation	SKVE	Mair e Fares (2011)
kriging With External Drift	KED	Atorre et al. (2007); Charles e Degré (2011);
Disjuntive Kriging	DK	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004);
Universal Kriging	UK	Abtew, Obeysekera, e Shih (1993); Prudhome e Reed (1999); Boers, Beurs, e Hartkamp (2001); Carvalho e Assad (2002); Buytaert et al. (2003); Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Coulibaly e Becker (2007); Basistha, Arya, e Goel (2008); Moral (2010); Ly, Charles e Degré (2011); Bhowmik (2012); Abtew, Obeysekera, e Shih (1993); Prudhome e Reed (1999); Boers, Beurs, e Hartkamp (2001); Carvalho e Assad (2002); Buytaert et al. (2003); Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Carvalho e Assad (2005); Coulibaly e Becker (2007); Basistha, Arya, e Goel (2008); Mota et al. (2008); Ruelland et al. (2008); Moral (2010); Portalés et al. (2010); Sartori et al. (2010); Soenario, Plieger, e Sluiter (2010); Ziche e Seidling (2010); Charles e Degré (2011); Mair e Fares (2011); DiPiazza et al. (2011); Bhowmik (2012); Carvalho, Assad, e Pinto (2012); Wagner et al. (2012); Cunha et al. (2013); Afanasev, Volkova e Elizaryev (2014); Alfaro (2014); Camera et al. (2014);
Ordinary Kriging	OK	Abtew, Obeysekera, e Shih (1993); Prudhome e Reed (1999); Boers, Beurs, e Hartkamp (2001); Carvalho e Assad (2002); Buytaert et al. (2003); Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Carvalho e Assad (2005); Coulibaly e Becker (2007); Basistha, Arya, e Goel (2008); Mota et al. (2008); Ruelland et al. (2008); Moral (2010); Portalés et al. (2010); Sartori et al. (2010); Soenario, Plieger, e Sluiter (2010); Ziche e Seidling (2010); Charles e Degré (2011); Mair e Fares (2011); DiPiazza et al. (2011); Bhowmik (2012); Carvalho, Assad, e Pinto (2012); Wagner et al. (2012); Cunha et al. (2013); Afanasev, Volkova e Elizaryev (2014); Alfaro (2014); Camera et al. (2014);
Ordinary Kriging Linear	OKL	Silva et al. (2011);
Ordinary Kriging Exponencial	OKE	Jeffrey et al. (2001); Costa et al (2008); Silva et al. (2011);
Ordinary Kriging Spherical	OKS	Silva et al. (2011); Lucas et al. (2013);
Residual Kriging	RK	DiPiazza et al. (2011);
Residual Kriging Modified	RKM	Prudhome e Reed (1999);

Dentre os métodos não geoestatísticos (Quadro 5) *Inverse Distance Weighting* com potência 2 foi o mais frequente, com destaque também para as variações de *Spline* e para o método *Topo to Raster*. Na amostra estão presentes três métodos geoestatísticos combinados com não geoestatísticos: *Regression Kriging* (RK) em Moral (2010) e Wagner et al. (2012); *Trivariate Regression Kriging* (TRK), utilizado por Boers, Beurs, e Hartkamp (2001) e *Linear Regression With Kriging Residual* (LRKR), Portalés et al. (2010).

Também foram identificados nove exemplos de métodos não geoestatísticos combinados: *Linear Multiple Regression + IDW on Residuals* (LMR-IDW); *Linear Multiple Regression + TPS on Residuals* (LMR-TPS); *Geographically Weighted Regression +*

IDW (GWR-IDW); *Geographically Weighted Regression* + TPS (GWR-TPS); *Stepwise Linear Multiple Regression* + IDW (SWLMR-IDW); *Stepwise Linear Multiple Regression* + TPS (SWLMR-TPS); *Stepwise Geographically Weighted Regression* + IDW (SWGWR-IDW); *Stepwise Geographically Weighted Regression* + TPS (SWGWR-TPS) presentes em Camera et al. (2014) e *Regression - Inverse Distance Weighting* (RIDW) utilizado por Wagner et al. (2012).

Com a análise da distribuição percentual dos métodos de interpolação utilizados para especializar a precipitação verificou-se que o método *kriging* (e suas variações) foi o mais utilizado nas publicações consultadas, sendo adotado em 65,1% dos trabalhos (Figura 4). Em sequência, *Inverse Distance Weighting* (51,1%); *Spline* (30,2%) e *Cokriging* (15,1%). Os demais foram citados em menos de 9% das publicações.

O percentual dos métodos de interpolação utilizados para especializar as variáveis precipitação diária e precipitação mensal segue a tendência identificada para o total da amostra (Figura 5). Para precipitação diária os três métodos mais utilizados são *Kriging* (60,8%); *Inverse Distance Weighting* (47,8%) e *Spline* (21,73%). O método *Kriging* também foi o interpolador mais utilizado para espacializar a precipitação mensal, presente em 61,5%, seguido de *Inverse Distance Weighting* (41,3%) e *Spline* (34,61%). Para a precipitação anual a tendência geral também se repetiu (Figura 6). Os três métodos mais utilizados apresentam os seguintes percentuais: *Kriging* (70%); *Inverse Distance Weighting* (52%) e *Spline* (30%).

Dentre as 85 publicações que analisaram a variável precipitação 50 (59%) realizaram testes comparativos entre métodos. O índice de eficiência foi distinto para cada período (Quadro 6).

Para precipitação diária o método *Inverse Distance Weighting* foi o mais eficiente, com 6 ocorrências em um total de 10 publicações (60%), seguindo por *Kriging* (45%) e *Spline* (25%). A explicação para o fato do método *Inverse Distance Weighting* ter apresentado o maior índice de eficiência, está associada à natureza dos dados de precipitação do período diário. Segundo Shen et al. (2001) e Câmara et al. (2014) a eficiência dos métodos de interpolação para a precipitação do período diário é prejudicada pelas características do seu comportamento, que varia espacial e temporalmente, com diferente intensidade e possibilidade de não ocorrência, diferentemente dos períodos mensal e anual, que tendem a uma distribuição normalizada.

No período mensal, o método *Kriging* foi o mais eficiente (75%), enquanto os demais métodos apresentaram índices inferiores a 30%. Para o período anual, o método *Cokriging* teve 70% de eficiência, *Kriging* 48% e os demais ficaram abaixo de 30%. A vantagem do método *Cokriging* sobre *Kriging* é explicada pela influência de variáveis secundárias, como relevo, na precipitação do período anual. Conforme considerações de Lima, Fernandes e Satyamurty (2010), Basist e Bell (1993) e Pereira (2013), medidas de precipitação acumuladas e de longo prazo favorecem a identificação de padrões de precipitação. A análise desses padrões indica a existência de correlação com variáveis fisiográficas, como a altitude, declividade e distância da linha de costa, principalmente em relação à ocorrência de chuvas orográficas.

Quadro 5 - Métodos de interpolação não-geoestatísticos para espacializar a precipitação e as respectivas fontes das publicações

Método de Interpolação	Abreviatura	Fonte
Inverse Distance Weighting - P1	IDWP1	Basistha, Arya, e Goel (2008); Castro et al. (2010); Silva, Caiado, e Caiado (2013); Abteu, Obeysekera, e Shih (1993); Dirks et al (1998); Silva et al. (1998); Price et al. (2000); Shen et al. (2001); Carvalho e Assad (2002); Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Carvalho e Assad (2005); Diodato e Ceccarelli (2005); Reis et al. (2005); Wilk et al. (2006); Atorre et al. (2007); Silva et al. (2007); Amorim et al. (2008); Basistha, Arya, e Goel (2008); Ruelland et al. (2008); Cecílio et al. (2009); Kurtzman, Navon e Morin (2009); Castro et al. (2010); Sartori et al. (2010); Soenario, Plieger, e Sluiter (2010); Alves e Vecchia (2011); Charles e Degré (2011); Correia et al. (2011); DiPiazza et al. (2011); Mair e Fares (2011); Marcuzzo, Andrade, e Melo (2011); Silva et al. (2011); Souza et al. (2011); Bhowmik (2012); Gardiman. et al. (2012); Carvalho, Assad, e Pinto (2012); Chen e Liu (2012); Filho, Steinke, e Steinke (2012); Lucas et al (2012); Martins e Rosa (2012); Nascimento et al. (2012); Silva e Souza (2012); Wagner et al. (2012); Cunha et al. (2013); Lucas et al. (2013); Silva, Caiado, e Caiado (2013); Afanasev, Volkova e Elizaryev (2014); Camera et al. (2014)
Inverse Distance Weighting - P2	IDWP2	Reis et al. (2005); Basistha, Arya, e Goel (2008); Cecílio et al. (2009); Castro et al. (2010); Silva et al. (2011); Silva, Caiado, e Caiado (2013)
Inverse Distance Weighting - P3	IDWP3	Reis et al. (2005); Basistha, Arya, e Goel (2008); Cecílio et al. (2009); Castro et al. (2010); Silva et al. (2011); Souza et al. (2011)
Inverse Distance Weighting - P4	IDWP4	Reis et al. (2005); Basistha, Arya, e Goel (2008); Cecílio et al. (2009); Castro et al. (2010); Silva et al. (2011); Souza et al. (2011)
Inverse Distance Weighting - P5	IDWP5	Reis et al. (2005); Basistha, Arya, e Goel (2008); Cecílio et al. (2009); Castro et al. (2010); Silva et al. (2011)
Inverse Distance Weighting - P6	IDWP6	Basistha, Arya, e Goel (2008); Castro et al. (2010); Silva et al. (2011)
Angular Distance Weighting	ADW	Kamigushi et al. (2010)
Spline	SPL	Carvalho e Assad (2005); Alves e Vecchia (2011); Correia et al. (2011); Souza et al. (2011); Filho, Steinke, e Steinke (2012); Cunha et al. (2013)
Spline regularized	SPLR	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004); Silva et al. (2007); Amorim et al. (2008); Basistha, Arya, e Goel (2008); Gardiman. et al. (2012)
Spline With Tension	SPLT	Carvalho e Assad (2002); Basistha, Arya, e Goel (2008); Marcuzzo, Cardoso, e Mello (2010); Marcuzzo, Andrade, e Melo (2011)
Partial Thin Plate Splines	PTPS	Boers, Beurs, e Hartkamp (2001)
Bivariate Thin Plate Splines	BTPS	Boers, Beurs, e Hartkamp (2001)
Triivariate Thin Plate Splines	TTPS	Boers, Beurs, e Hartkamp (2001); Hutchinson et al. (2009)
Thiessen Polygons	TP	Abteu, Obeysekera, e Shih (1993); Dirks et al (1998); Buytaert et al. (2003); Ruelland et al. (2008); Charles e Degré (2011); Mair e Fares (2011)
Thiessen polygons - Normalisation	TPN	Buytaert et al. (2003)
Thin Plate Splines	TPS	Fleming (2000); Price et al. (2000); Hong et al. (2005); Apaydin et al. (2006); Basistha, Arya, e Goel (2008); Ruelland et al. (2008); DiPiazza et al. (2011); Bhowmik (2012); Jones et al. (2012) Camera et al. (2014); Militino et al (2014)
Inverse Multiquadric Spline	IMS	Basistha, Arya, e Goel (2008)
Local Polynomial	LP	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004)
Global Polynomial	GP	Apaydin, Sonmez e Yldirim (2004)
Polynomial Interpolation Method	PIM	Abteu, Obeysekera, e Shih (1993); Basistha, Arya, e Goel (2008)
Optimal Interpolation Method	OIM	Abteu, Obeysekera, e Shih (1993)
DeLaunay Triangulations	DT	Mohr e Tveito (2008)
Multiquadric Interpolation Method	MIM	Abteu, Obeysekera, e Shih (1993)
Local Weighted Regression	LWR	Kurtzman, Navon e Morin (2009)
Linear Regression	LR	Diodato e Ceccarelli (2005); Portalés et al. (2010); DiPiazza et al. (2011); Afanasev, Volkova e Elizaryev (2014)
Stepwise regression	STR	Johansson e Chen (2003)
Linear Regression With Elevation	LRE	Mair e Fares (2011)
Linear Regression With Distance	LRD	Mair e Fares (2011)
Linear Multiple Regression	LMR	Camera et al. (2014)
Geographically Weighted Regression	GWR	DiPiazza et al. (2011); Camera et al. (2014)
Stepwise Linear Multiple Regression	SWLMR	Camera et al. (2014)
Stepwise Geog. Weighted Regression	SWGWR	Camera et al. (2014)
Métodos Estatísticos	ME	Sartori et al. (2010)
Areal Mean	AM	Dirks et al (1998)
SARIMA	SAR	Almeida, Ribeiro, e Paiva (2011)
State Space Model	SSM	Militino et al (2014)

(continua)

(continuação)

Natural Neighbours	NaN	Gardiman. et al. (2012)
Nearest neighbours	NN	Shen et al. (2001); Correia et al. (2011)
Topo to Raster	TTR	Marcuzzo, Rocha e Melo (2010); Correia et al. (2011); Marcuzzo, Andrade, e Melo (2011); Costa et al. (2012b); Gardiman. et al. (2012); Marcuzzo e Costa (2012); Marcuzzo e Mello (2012); Marcuzzo e Goulart (2013); Marcuzzo (2014)
Triangulação	TR	Alves e Vecchia (2011)
Triangulação por Interpolação Linear	TIL	Correia et al. (2011); Souza et al. (2011)
Média Ponderada	MPO	Soares (2002)
Radial Basis Function	RBF	Lucas et al. (2013)
Artificial Neural Network	ANN	DiPiazza et al. (2011)
Multilayer Neural Network	MNN	Atorre et al. (2007)

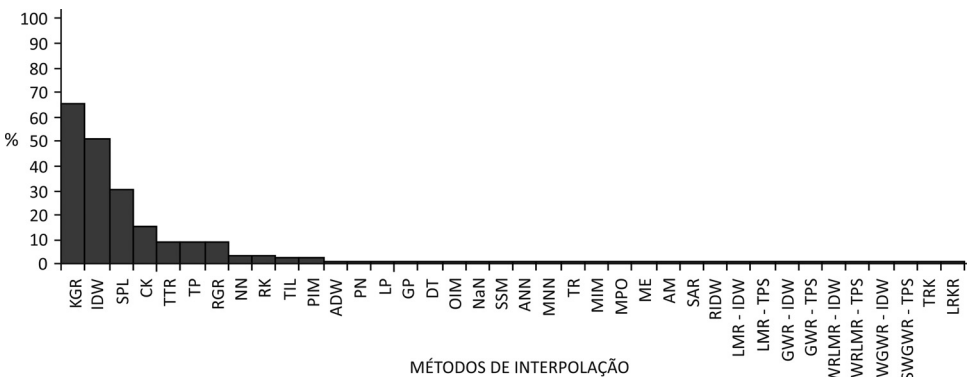


Figura 4 - Gráfico de porcentagem de publicações com métodos de interpolação utilizados para espacializar a precipitação. Os quadros 3 e 4 apresentam as abreviaturas utilizadas

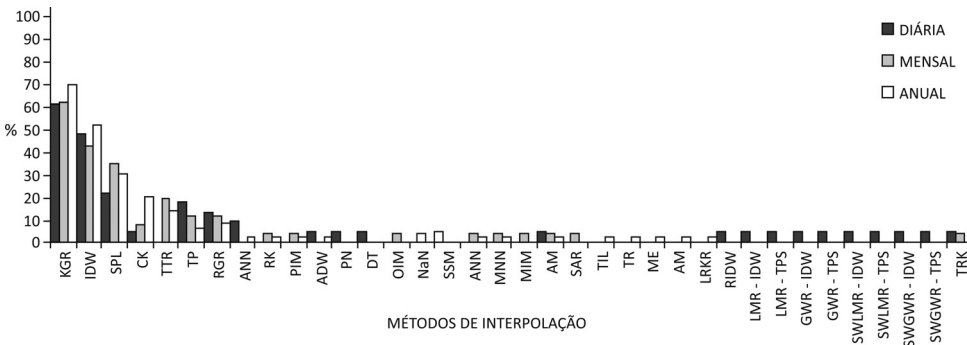


Figura 5 - Gráfico de porcentagem de publicações com a utilização dos métodos de interpolação para espacializar a precipitação por períodos (diário, mensal e anual). Os quadros 3 e 4 apresentam as abreviaturas utilizadas

Quadro 6 – Total de publicações com comparação entre métodos, número de ocorrências e índice de eficiência por método de interpolação para precipitação diária, mensal e anual

Método	Número de publicações com comparações	Número de ocorrência do método como mais eficiente	Índice de eficiência (%)
Diária			
IDW	10	6	60%
KRG	11	5	45%
SPL	4	1	25%
TP	4	0	-
Mensal			
KGR	12	9	75%
SPL	7	2	29%
IDW	10	1	10%
TP	3	0	-
Anual			
CoK	10	7	70%
KGR	27	13	48%
IDW	21	6	29%
SPL	13	3	23%

CONCLUSÕES

A análise das publicações permitiu concluir que os métodos de interpolação mais usados para espacializar as variáveis climáticas temperatura do ar e precipitação são *Kriging*, *Inverse Distance Weighting* e *Spline*, respectivamente. Entretanto, o método de interpolação com maior percentual de eficiência para temperatura do ar é o de regressão. O método de interpolação com maior percentual de eficiência para precipitação varia de acordo com o período. *Inverse Distance Weighting* apresentou o maior percentual de eficiência para precipitação diária; *Kriging* para mensal e *Cokriging* para anual.

REFERÊNCIAS

- ABTEW, W.; OBEYSEKERA, J.; SHIH, G. Spatial analysis for monthly rainfall in south Florida. **Journal of the American Water Resources Association** (JAWRA), v. 29, n. 2, p.179–188, 1993.
- AFANASEV, I.; VOLKOVA, T.; ELIZARYEV, A.; LONGOBARDI, A. Spatial interpolation of average long-term annual precipitation in the Republic of Bashkortostan, Russian Federation. Proceedings of the 3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENERGY SYSTEMS, ENVIRONMENT, ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATION (ICESEI '14). **Proceedings...** Salerno. University of Salerno. p. 329 - 336, 2014.
- AJAYI, I. R.; AFOLABI, O. M.; FAYOSE, R. S.; SUNDAY, R. S.; MOHAMMED, M. Z. Modeling Temperature as a Constraining Factor for Cocoa Yield in Ondo State. **American International Journal of Contemporary Research**. v. 2, n. 7, p.172–178, 2012.

ALFARO, P. **Metodología del cálculo del balance hídrico para el territorio nacional**. Montevideo: Instituto Uruguayo de Meteorología - INUMET, 2014.

ALMEIDA, A. Q.; RIBEIRO, A.; PAIVA, Y. G. Geoestatística no estudo de modelagem temporal da precipitação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n. 4, p. 354-358, 2011.

ALVARAES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature in Brazil. **Theoretical and applied climatology**. v. 113, n. 3-4, p. 407-427, 2013.

ALVES, E. D. L.; BIUDES, M. S.; VECCHIA, F. A. S. Interpolação Espacial na Climatologia: análise dos critérios que precedem sua aplicação. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2, v.1, n. 5, p. 606-618, 2012.

ALVES, E. D. L.; VECCHIA, F. A. S. Análise de diferentes métodos de interpolação para a precipitação pluvial no Estado de Goiás. **Acta Scientiarum – Human and Social Sciences**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 193-197, 2011.

AMORIM, R. C. F.; RIBEIRO, A.; LEITE, C. C.; LEAL, B. G.; SILVA, J. B. G. Avaliação do desempenho de dois métodos de espacialização da precipitação pluvial para o Estado de Alagoas. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 87-91, 2008.

ANDRIOTTI, J. L. S. Introdução à Geoestatística. *Acta Geologica*. **Acta Geológica Leopoldensia**, São Leopoldo, v. 11, n.27, p. 5-81, 1988.

APAYDIN, H.; ERPUL, G.; BAYRAMIN, I.; GABRIELS, D. Evaluation of indices for characterizing the distribution and concentration of precipitation: a case for the region of Southeastern Anatolia Project, Turkey. **Journal of Hydrology**, v. 328, n. 3-4, p. 726-732, 2006.

APAYDIN, Halit; SONMEZ, Kernal; YLDIRIM, Y. Ersoy. Spatial interpolation techniques for climate data in the GAP region in Turkey. **Climate Research**, Oldendorf, v. 28, n. 1, p. 31- 40, 2004.

ATKINSON, P. M. Mapping Precipitation in Switzerland with Ordinary and Indicator Kriging. **Journal of Geographic Information and Decision Analysis**, v. 2, n. 2, p. 65-76, 1998.

ATORRE, F.; ALFO, M.; DeSANCTIS, M.; FRANCESCONI, F.; BRUNO, F. Comparison of interpolation methods for mapping climatic and bioclimatic variables at regional scale. **International Journal of Climatology**. v. 27 n. 13, p. 1825-1843, 2007.

BALDO, M. C.; DZIUBATE, E. R.; GALIANI, D. L. A. Variabilidade da pluviosidade temporal e espacial na bacia do Rio Pirapó - PR. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 2, n. 5, p. 1159-1172, 2012.

BARBOSA, J. P. M. Utilização de método de interpolação para análise e espacialização de dados climáticos: o SIG como ferramenta. **Revista Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 17, p. 85 - 96, 2006.

BASIST, A.; BELL, G.D.; MEENTEMEYER, V. Statistical relationships between topography and precipitation patterns. **Journal of Climate**, v.7, p. 1305-1315. 1994

BASISTHA, A.; ARYA, D. S.; GOEL, N. K. Spatial distribution of rainfall in Indian Himalayas: a case study of Uttarakhand Region. **Water Resources Management**, v. 22, n. 10, p.1325-1346, 2008.

BHOWMIK, A. K.; A comparison of Bangladesch climate surfaces from geostatistical point of view. **International Scholarly Research Notices**. v. 2012, p. 01-20, 2012.

- BOER, E. P.; BEURS, K. M.; HARTKAMP, A. D. Kriging and thin plate splines for mapping climate variables. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**. v. 3, n. 2, p. 146-154, 2001.
- BRUNETTI, M.; MAUGERI, M.; NANNI, C.; SIMOLOA, C.; SPINONIC, J. High-resolution temperature climatology for Italy: interpolation method intercomparison. **International Journal of Climatology**. v. 34, n. 4, p. 1278 -1296, 2014.
- BUYTAERT, W.; CELLERI, R.; WILLEMS, P.; DeBRIE'VRE, B.; WYSEURE, G. Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: a case study from the south Ecuadorian Andes. **Journal of Hydrology**, v. 329, n. 3-4, p.413- 421, 2006.
- CAMERA, C.; BRUGGEMAN, A.; HADJINICOLAOU, P.; PASHIARDIS, S.; LANGE, M. A. Evaluation of interpolation techniques for the creation of gridded daily precipitation (1X1 km²) Cyprus, 1980 – 2010. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 119, n. 2, p. 693-712, 2014.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n. 2, p. 377 – 384, 2005.
- CARVALHO, J. R. P.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S. Interpoladores geoestatísticos na análise da distribuição espacial da precipitação anual e de sua relação com a altitude. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.47, n. 9, p. 1235-1242, 2012.
- CASTRO, F.; PEZZOPANE, R. C.; PEZZOPANE, J.; XAVIER, A. Avaliação do desempenho dos diferentes métodos de interpoladores para parâmetros do balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n.8, p.871-880, 2010.
- CAVIGLIONE, J. H.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.
- CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PRUSKI, F. F.; HOLLANDA, M. P.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação de interpoladores para os parâmetros das equações de chuvas intensas no Espírito Santo. **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v.4, n. 3, p. 82 – 89, 2009.
- CHEN, F.; LIU, C. W. Estimation of the rainfall distribution using inverse distance weighting (IDW) in the middle of Taiwan. **Paddy and Water Environment**, v. 10, n. 3, p. 209-222, 2012.
- CORREIA, T. P.; COSTA, C. D.; SOUZA, M. L.; VIOLA, D. N.; OLIVEIRA Jr, J. F.; LYRA, G. B. Interpoladores de efeito local aplicados a precipitação pluvial mensal no Estado de Rio de Janeiro. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 26 Guarapari, 2011. **Anais...** Viçosa: UFV/EMBRAPA, 2011.
- COSTA, A. C.; DURÃO, R.; SOARES, A.; PEREIRA, M. J. A geoestatistical exploratory analysis of precipitation extremes in southern Portugal. **REVSTAT – Statistical Journal**, v. 6, n. 1, p. 21 - 32, 2008.
- COSTA, A. O.; SALGADO, C. M.; DINALI, Y. T. Caracterização da precipitação no médio vale do Rio Paraíba do Sul. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp 2. v. 2, n. 5, p. 1000-1013, 2012.
- COSTA, H. C.; MARCUZZO, F. F. N.; FERREIRA, O. M.; ANDRADE, L. R.. Espacialização e sazonalidade da precipitação pluviométrica do Estado de Goiás e Distrito Federal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n.1, p. 87-100, 2012.
- COULIBALY, M.; BECKER, S. Spatial interpolation of annual precipitation in South Africa: comparison and evaluation of methods. **Water International**. v. 32, n. 3, p. 494-502, 2007.

COURAULT, D.; MONESTIEZ, P. Spatial interpolation of air temperature according to atmospheric circulation patterns in southeast France. **International Journal of Climatology**. v. 19, n. 4, p. 365–378, 1999.

CUNHA, A. M.; LANI, J. L.; SANTOS, G. R.; FILHO, E. I. F.; TRINDADE, F. S.; SOUZA, Eliana. Espacialização da precipitação pluvial por meio de krigagem e cokrigagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1179-1191, 2013.

DI PIAZZA, A.; LO CONTI, F.; NOTO, L.V.; VIOLA, F.; LA LOGGIA, G. Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 13, n. 3, p. 396 - 408, 2011.

DIODATO, N.; CECCARELLI, M. Interpolation processes using multivariate geostatistics for mapping of climatological precipitation mean in the Sannio Mountains (southern Italy). **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 30, n. 3, p. 259–268, 2005.

DIRKS, K. N.; HAY, J. E.; STOW, C. D.; HARRIS, D. High-resolution studies of rainfall on Norfolk Island Part II: Interpolation of rainfall data. **Journal of Hydrology**. v. 28, n. 3-4, p. 187–193, 1998.

DURÃO, R. M.; PEREIRA, M. J.; COSTA, A. C.; DELGADO, J.; BARRIO, G.; SOARES, A. Spatial temporal dynamics of precipitation extremes in southern Portugal: a geostatistical assessment study. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. 10. p. 1526–1537, 2010.

ELDRANDALY, K. A.; ABU-ZAID, M. S. Comparison of Six GIS-Based Spatial Interpolation Methods for Estimating Air Temperature in Western Saudi Arabia. **Journal of Environmental Informatics**. v. 18, n. 1, p. 38-45, 2011.

ESRI. ArcGis Resources: **Understanding Cokriging**. 2012. Disponível em: [^http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//003100000053000000](http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//003100000053000000). Acesso em: 27 nov. 2014

FILHO, H. C. C.; STEINKE, E. T.; STEINKE, V. A. Análise Espacial da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Lago Paranoá: comparação de métodos de interpolação. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 1, n. 5, p. 336-345, 2012.

FLEMING, M.; CHAPIN, S. F.; CRAMER, W.; HUFFORD, G.; SERREZE, M., C. Geographic patterns and dynamics of Alaskan climate interpolated from a sparse station record. **Global Change Biology**. v. 6, n. 1, p. 49-58, 2000.

GARDIMAN Jr., B. S.; MAGALHÃES, I. A. L.; FREITAS, C. A. A.; CECÍLIO, R. A. Análise de técnicas de interpretação para espacialização pluvial na bacia do rio Itapemirim (ES). **Ambiência**, Guarapuava, v.8, n.1, p. 61-71, 2012.

HERRMANN, M. L. (Org.). **Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010**. Florianópolis: Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina, 2ª ed. atual. e rev. 2014.

HONG, Y.; NIX, H. A.; HUTCHINSON, M. F.; BOOTH, T.H. Spatial interpolation of monthly mean climate data for China. **International Journal of Climatology**. v. 25 n. 10, p. 1369-1379, 2005.

HUTCHINSON, M. F.; HOPKINSON, R. F.; MILEWSKA, E.; PAPADOPOL, P. Development and Testing of Canada-Wide Interpolated Spatial Models of Daily Minimum–Maximum Temperature and Precipitation for 1961–2003. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**. v. 48, n. 4, p. 725-741, 2009.

JARVIS, C. H.; STUART, N. A Comparison among strategies for interpolating maximum and minimum daily air temperatures. Part I: the selection of "guiding" topographic and land cover variables. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**. v. 40, n. 6, p. 1060 - 1074, 2001.

_____. (B). A Comparison among Strategies for Interpolating Maximum and Minimum Daily Air Temperatures. Part II: The Interaction between Number of Guiding Variables and the Type of interpolation method. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**. v. 40, n. 6, p. 1075 - 1084, 2001.

JEFFREY, S. J.; CARTER, J. O.; MOODIE, K. B.; BESWICK, A. R. Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data. **Environmental Modelling & Software**. v. 16, n. 4, p. 309-330, 2001.

JOHANSSON, B.; CHEN, D. The influence of wind and topography on precipitation distribution in Sweden: statistical analysis and modelling. **International Journal of Climatology**, v. 23 n. 12, p.1523-1535, 2003.

JONES, P. D.; LISTER, D. H.; HARPAM, C.; RUSTICUCCI, M.; PENALBA, O. Construction of a daily precipitation grid for southeastern South America for the period 1961-2000. **International Journal of Climatology**, v. 33 n. 11, p. 2508-2519, 2012.

KAMIGUCHI, K.; ARAKAWA, O.; KITO, A.; YATAGAI, A.; HAMADA, A.; YASUTOMI, N. Development of APHRO_JP, the first Japanese high-resolution daily precipitation product for more than 100 years. **Hydrological Research Letters**. v. 4, p. 60-64, 2010.

KASTELEC, D.; KOŠMELJ, K. Spatial interpolation of mean yearly precipitation using universal kriging. **Metodološki Zvezki**, Ljubljana. n. 17, p. 149-162, 2002.

KURTZMAN, D.; NAVON, S.; MORIN, E. Improving interpolation of daily precipitation for hydrologic modelling: spatial patterns of preferred interpolators. **Hydrological Processes**. v. 23. n. 23, p. 3281 - 3291, 2009.

LI, J.; HEAP, A. **A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists**. Canberra: Geoscience Australia Record, 2008.

LIMA, K. C.; FERNANDES J. P. R.; SATYAMURTY, P. Chuvas intensas no sudeste do Brasil: influência das anomalias de temperatura da superfície do mar e da topografia. In: XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2010, Belém do Pará. **Anais...** Belém do Pará, 2010, p. 309-319.

LUCAS, T. P. B.; ABREU, M. L.; PARIZZI, M. G.; MARRA, J. F. Efeito de borda da interpolação IQD em mapas de chuva: uma comparação entre malhas de postos pluviométricos. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 2, n. 5, p. 1364-1376, 2012.

LUCAS, T. P. B.; PLEC, D.; ABREU, M., L.; PARIZZI, M. G. Identificação de interpoladores adequados a dados de chuva a partir de parâmetros estatísticos. Curitiba. Associação Brasileira de Climatologia, **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 13, p. 7 - 21, 2013.

LY, S.; CHARLES, C.; DEGRÉ, A. Geostatistical interpolation of daily rainfall at catchment scale: the use of several variogram models in the Ourthe and Ambeve catchments, Belgium. **Hydrology and Earth System Sciences**. v. 15, n. 7, p. 2259 - 2274, 2011.

MAIO, B. M., COLLISCHONN, E; MATTOS, G. P. Comportamento noturno de temperatura e umidade do ar na cidade de Pelotas/RS sob diferentes condições de tempo. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 2, n. 5, p. 1364-1376, 2012.

MAIR, A.; FARES, A. Comparison of rainfall interpolation methods in a mountainous region of a tropical island. **Journal of hydrologic engineering**. v. 16, n. 4, p. 371 - 383, 2011.

MARCUZZO, F. F. N. Geoespacialização da precipitação pluviométrica mensal no pantanal sul mato-grossense. SIMPÓSIO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 12, Natal, 2014. **Anais...** Natal: UFRN, 2014.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, vol. 4, n. 4, p. 793-804, 2011.

MARCUZZO, F. F. N.; CARDOSO, M. R. D; MELLO, L. T. A. Uso dos métodos de krigagem e spline de tensão no mapeamento de chuvas na região metropolitana de Goiânia e seu entorno. São Paulo. SIMPÓSIO INTERNACIONAL CAMINHOS ATUAIS DA CARTOGRAFIA NA GEOGRAFIA. São Paulo, 2010. **Anais...** São Paulo: Edusp. p. 1-15, 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; COSTA, H. C. Estudo da sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso do Sul e sua distribuição espaço-temporal. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 5, n.1, p. 73-86, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Caracterização do ano hidrológico e mapeamento espacial das chuvas nos períodos úmido e seco do Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 6, n.1, p. 91-99, 2013.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Sazonalidade e distribuição espaço-temporal das chuvas no bioma do Cerrado do Estado do Mato Grosso do Sul. **Associação Brasileira de Recursos Hídricos**, Bento Gonçalves, v. 17, n. 1, p. 77 - 86, 2012.

MARCUZZO, F. F. N.; ROCHA, H. M.; MELO, D. C. R. Mapeamento da precipitação pluviométrica no bioma da Amazônia do Estado do Mato Grosso. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 10, Fortaleza, 2010. **Anais...** Fortaleza: ABRH/ UFRN, 2010.

MARTINS, A. P.; ROSA, R. Caracterização climática da bacia do Rio Paranaíba a partir da rede de estações de superfície automática do INMET (2001-2011), utilizando ferramentas de geoprocessamento. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 2, n. 5, p. 1303-1316, 2012.

MATHERON, G. La théorie des variables régionalisées, et ses applications. **Les cahiers du centre de morphologie mathématique de Fontainebleau**. Paris, Fascicule n. 5, 1970.

MELO, L. C.; CORTE, A. P. D.; SANQUETTA, C. R. Avaliação do Enfoque Geoestatístico Aplicado a Variáveis Climáticas. Goiânia. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, p. 563 - 574, 2014.

MILITINO, A. F.; UGARTE, M. D.; GOICOA, T.; GENTONB, M. **Interpolation of daily rainfall using spatiotemporal models and clustering**. **International Journal of Climatology**. 2014. Disponível: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.4068/abstract>>. Acesso em: 14 de novembro de 2014.

MOHR, M.; TVEITO, E. Daily temperature and precipitation maps with 1 km resolution derived from Norwegian weather observations. CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 17, Whistler, 2008. **Proceedings...** Whistler, 2008.

MORAL, F. J. Comparison of different geostatistical approaches to map climate variables: application to precipitation. **International Journal of Climatology**. v. 30, n. 4, p. 620 - 631, 2010.

MOTA, V. C.; LIMA, R.; ALVES, M. C.; OLIVEIRA, M. S.; CARVALHO, L. G.; SILVA, F. M. Uso da predição temporal como alternativa para visualizar variáveis climáticas de Juiz de Fora – MG, sob cenários futuros de mudanças climáticas. 53ª REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 53, Lavras, 2008. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008.

NASCIMENTO, F. H.; SARAIVA, A. L. B. C.; COELHO, A. L. N.; CORREA, W. S. C. Espacialização e análise das temperaturas e precipitações médias anuais do Espírito Santo com o uso de geotecnologias. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 2, n. 5, p. 1328-1338, 2012.

NERY, J. T.; ALVES, R. T. Variabilidade da precipitação pluvial na UGRH do médio Paranapanema, Estado de São Paulo. **Acta Scientiarum – Human and Social Sciences**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 93-102, 2009.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA Jr., V. P.; MASSIGNAM, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. R.; VIEIRA, V. F. **Atlas Climatológico de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.

PEREIRA, T. Influência do relevo na precipitação das regiões hidrográficas do litoral norte de Alagoas. São Paulo, **GEOUSP**. n. 33, p. 239-253, 2013.

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

PINTO, P. H. P. Abordagem preliminar sobre a distribuição espacial das chuvas no Estado do Tocantins: anos padrão do período de 1985 - 2005. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp 2. v. 2, n. 5, p. 876 -886, 2012.

PORTALÉS, C.; BORONAT, N.; PARDO-PASCUALA, J. E.; BALAGUER-BESERB, A. Seasonal precipitation interpolation at the Valencia region with multivariate methods using geographic and topographic information. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. 10, p. 1547 - 1563, 2010.

PRICE, D. T.; MCKENNEYB, D. W.; NALDERC, I. A.; HUTCHINSON, M. F.; KESTEVEN, J. L. A comparison of two statistical methods for spatial interpolation of Canadian monthly mean climate data. **Agricultural and Forest Meteorology**. v. 101, n. 2-3, p. 81-94, 2000.

PRUDHOMME, C.; REED, D. W. Mapping extreme rainfall in a mountainous region using geostatistical techniques: a case study in Scotland. **International Journal of Climatology**, v. 19, n. 12, p. 1337 - 1356, 1999.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. (Org.). **Normais Climatológicas do Brasil 1961 – 1990**. Brasília: INMET, 2009.

RAMOS, A. M.; SANTOS, L. A. R.; FORTES, L. T. G. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília: INMET, 2009, 465 p.

RAMOS, C. M. Carvalho; NARDINI, R. C.; ZIMBACK, C. R. L.; SERAPHIN, S. Análise temporal da variação da temperatura utilizando-se a geoestatística. Natal. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14, INPE, Natal, **Anais...** Natal: INPE, 2009, p. 347-353.

REIS, M. H.; GRIEBELER, N. P.; SARMENTO, P. H. L.; OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, J. M. Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no Estado de Goiás e Distrito Federal. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17, Goiânia, **Anais...** Goiânia: INPE, 2005, p. 229-236.

RESENDE, M. D. V.; STURION, J. A. **Análise Genética de Dados com Dependência Espacial e Temporal no Melhoramento de Plantas Perenes via Modelos Geoestatísticos e de Séries Temporais Empregando REML/BLUP ao Nível Individual**. Colombo: Embrapa Florestas, 2001, 79 p.

RUELLAND, D.; ARDOIN-BARDIN, S.; BILLEN, G.; SERVAT, E. Sensitivity of a lumped and semi-distributed hydrological model to several methods of rainfall interpolation on a large basin in West Africa. **Journal of Hydrology**. v. 361, n. 1-2, p. 96 – 117, 2008.

SANTOS, E. H. M.; NORI, P. G.; OLIVEIRA, L. F. C. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.31, n. 1, p. 78 – 89, 2011.

SARTORI, A. A. C.; SILVA, A. F. S.; RAMOS, C. M. C.; ZIMBACK, C. R. L. Variabilidade temporal e mapeamento dos dados climáticos de Botucatu – SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 131-139, 2010.

SHEN, S. S. P.; DZIKOWSKI, P.; LI, G.; GRIFFITH, D. Interpolation of 1961–97 Daily Temperature and precipitation data onto Alberta polygons of ecodistrict and soil landscapes of Canada. **Journal of Applied Meteorology**. v. 40, n. 12, p. 2162 – 2177, 2001.

SILVA, A. A. F.; SOUZA, L. B. Análise da pluviosidade da primavera-verão 2005/2006 e sua influência na produtividade de soja no Tocantins. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. esp. 2. v. 2, n. 5, p. 876 -886, 2012.

SILVA, F. A. M.; ASSAD, E. D.; MATTOS, A.; LUIZ, A. J. B. Variação espaço-temporal da disponibilidade hídrica climática no Estado de Goiás. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 5, p. 605 - 612, 1998.

SILVA, J. N.; CAIADO, E. S.; CAIADO, M. A. C. Escolha de parâmetro para interpolação de precipitação diária utilizando o interpolador inverse distance weight (IDW). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20, Bento Gonçalves, 2013. **Anais...**

SILVA, K. R.; CECÍLIO, R. A.; XAVIER, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; GARCIA, G. O. Interpolação espacial da precipitação no Estado do Espírito Santo. **FLORAM – Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 4, p. 417 – 427, 2011.

SILVA, K. R.; PAIVA, Y. G.; CECÍLIO, R. A.; PEZZOPANE, J. E. M. Avaliação de interpoladores para a espacialização de variáveis climáticas na bacia do rio Itapemirim-ES. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, Florianópolis, 2007. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007, p.3141-3146.

SILVA, L.; ALVES, T. V.; VOLPATO, Margarete; BORÉM, Flavio Meira. Avaliação de interpoladores espaciais para representação da temperatura do ar na região da Serra da Mantiqueira, Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA – COMBEA, 42, Fortaleza, 2013. **Anais...** Fortaleza: SBEA, 2013.

SILVA, M. J.; ESTEVÃO, G.S.; BRITO, D. S. Análise do índice pluviométrico da região metropolitana do Cariri- CE nos anos de 2001 a 2004. **Revista Geonorte**, Manaus, ed. Esp. 2. V. 2, n. 5, p. 1267-1277, 2012.

SILVA, M.; GUIMARÃES, E. TAVARES, M. Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 480-485, 2008.

SOARES, A. F. **Modelagem Numérica de Algumas Variáveis de Clima do Estado de São Paulo**. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento – Comunicado Técnico, Campinas, 23, 2002.

- SOENARIO, I.; PLIEGER, M.; SLUITER, R. **Optimization of Rainfall Interpolation**. Koninklijk Nederlands: Meteorologisch Instituut, 2010.
- SOUZA, J. L. L. L.; GOMES, T. S.; DIAS, R. S.; OLIVEIRA, G. M. A.; SANTOS, R. L. Avaliação de métodos de interpolação aplicados à espacialização das chuvas no território identidade Portal do Sertão/Bahia. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 15, Curitiba, **Anais...** Curitiba: INPE, 2011, p. 4295 – 4302.
- TENCER, B.; RUSTICUCCI, M.; JONES, P.; LISTER, D. A southeastern south american daily gridded dataset of observed surface minimum and a maximum temperature for 1964 - 2000. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 92, n. 10, p.1339-1346, 2011.
- TOBLER, W. R. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic geography**, v. 19, n. 4, p. 288-289, 1970.
- VIOLA, M.; MELLO, C.; PINTO, D.; MELLO, J.; ÁVILA, L. Métodos de interpolação espacial para o mapeamento da precipitação pluvial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 9, p. 970-978, 2010.
- WAGNER, P., D.; FIENER, P.; WILKEN, F.; KUMAR, S.; SCHNEIDER, K. Comparison and evaluation of spatial interpolation schemes for daily rainfall in data scarce regions. **Journal of Hydrology**. v. 464-465, p. 388-400, 2012.
- WANG, Y.; HOU, S. A new interpolation method for Antarctic surface temperature. **Progress in Natural Science: Materials International**. v. 19, n. 12, p. 1843 - 1849, 2009.
- WILK, J.; KNIVETON, D.; ANDERSSON, L.; LAYBERRY, R.; TODD, C. M.; HUGHES, D.; RINGROSE, S.; VANDERPOST, C. Estimating rainfall and water balance over the Okavango River Basin for hydrological applications. **Journal of Hydrology**, v. 331, n. 1-2, p. 18-29, 2006.
- WILLMOT, C. J.; ROBESON, S. M. Climatologically aided interpolation (CAI) of terrestrial air temperature. **International Journal of Climatology**. v. 15, n. 13, p. 221-229, 1995.
- WREGE, M. S.; STEINMETZ, S.; REISSER Jr., C.; ALMEIDA, I. R. **Atlas climático da Região Sul do Brasil: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011, 333 p.
- WU, T.; LI, Y. Spatial interpolation of temperature in the United States using residual kriging. **Applied Geography**. v. 44, p. 112-120, 2013.
- YOU, J.; HUBBARD, K. G.; GODDARD, S. Comparison of methods for spatially estimating station temperatures in a quality control system. **International Journal of Climatology**. v. 28, n. 6, p. 777 - 787, 2008.
- ZHOU, F.; GUO, H. C.; HO, Y. S.; WU, C. Z. Scientometric analysis of geostatistics using multivariate methods. **Scientometrics**, v. 73, n. 3, p. 265-279.
- ZICHE, D.; SEIDLING, W. Homogenisation of climate time series from ICP forests level II monitoring sites in Germany based on interpolated climate data. **Annals of Forest Science**, v. 67, n. 8, p. 804, 2010.

Recebido em fevereiro de 2015

Aceito em março de 2015

