



ESPACIALIZAÇÃO DAS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS (PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA, TEMPERATURA DO AR, EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL) DO PÓLO DE JEREMOABO – BA, PELOS MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO *SPLINE* E *TOPO TO RASTER*

THAYANE DOS SANTOS SALES¹
JOÃO HENRIQUE MOURA DE OLIVEIRA²

Resumo: Os objetivos desta pesquisa foi espacializar as variáveis climáticas precipitação pluviométrica, temperatura do ar e evapotranspiração potencial de parte do nordeste da Bahia precisamente do Polo Regional de Jeremoabo abrangendo os municípios de Canudos, Uauá, Macururé, Rodelas, Chorrochó, Paulo Afonso, Glória, Santa Brígida, Pedro Alexandre, Coronel João de Sá, Novo Trunfo, Antas e Jeremoabo e avaliar os dois métodos de interpolação (*Spline* e *Topo to Raster*) utilizados para a espacialização das variáveis. A Interpolação é um processo matemático para estimar valores intermediários entre valores discretos de uma função. O método *Spline* é uma função que interpola uma superfície a partir de pontos de inspeção, utilizando uma curvatura mínima bidimensional, enquanto que a função *Topo to Raster* se objetiva originalmente em converter dados vetoriais em modelos hidrológicos de elevação de terreno exatos. Para espacialização foi utilizada uma base em dados de vinte e sete estações meteorológicas. A área de estudo é caracterizada por um clima tropical semiárido de rusticidade elevada e variabilidade no tempo e no espaço no que se referem às médias dos totais anuais pluviométricos (358 a 900 mm), as altas médias dos totais anuais de evapotranspiração potencial (1162 a 1505 mm) e das médias mensais de temperatura do ar (24 a 26 °C). Para avaliação foram verificadas a distribuição espacial destes dados e sua eficácia a partir dos novos valores gerados pelo procedimento de interpolação. Foram adotados critérios estatísticos para acurar os valores estimados, a partir do cálculo dos resíduos, o *Total Escalar dos Resíduos (TER)* e a *Média Escalar dos Erros (MEE)*. Utilizando estes cálculos podemos observar qual método apresenta curvatura mínima. Os métodos mostraram-se eficientes pelo fato de seus valores de *Índice Residual Normalizado (IRN)* serem mínimos. Com a análise espacial dos resultados gerados pelos interpoladores juntamente com os critérios estatísticos aplicados para avaliar a acurácia dos novos conjuntos de dados, foi possível obter informações importantes para a pesquisa além demonstrar o amplo potencial dos SIG's e geoestatística para estudos ambientais e principalmente na elaboração de indicadores de desertificação. Os resultados mostraram que, entre os métodos analisados, a função *Spline* apresenta melhores resultados, obtendo uma melhor acurácia pela sua curvatura mínima.

Palavras chave: Variáveis Climáticas. Geoestatística. Sistema de Informações Geográficas. Semiárido Brasileiro;

Abstract: The objectives of this research was spatialize climatic variables precipitation, air temperature and potential evaporation in the northeastern part of Bahia precisely Regional Polo Jeremoabo covering the municipalities of Straws, Uauá, Macururé, slivers, Chorley,

¹ Bolsista IC Fapesb, Graduanda do Bacharelado em Geografia, Universidade Estadual de Feira de Santana, thayane.sales19@gmail.com

² Professor Assistente B, Orientador, DCHF-UEFS



Paulo Afonso, Gloria, Santa Bridget, Peter Alexander, Colonel João de Sá, New Trump, Antas and Jeremoabo and evaluate two methods of interpolation (spline and Topo to Raster) used for the spatial variables. The interpolation is a mathematical process to estimate intermediate values between discrete values of a function. The Spline method is a function that interpolates a surface from points of inspection, using a minimal two-dimensional curvature, while the top to Raster function was originally aimed at converting vector data into hydrological models accurate terrain elevation. For spatial data on a basis of twenty-seven weather stations was used. The study area is characterized by a high roughness of semiarid tropical climate and variability in time and space as they relate to the average total annual rainfall (358-900 mm), the high average of the total annual potential evapotranspiration (1162 to 1505 mm) and mean monthly air temperature (24-26 ° C). To assess the spatial distribution of these data and their effectiveness from the new values generated by the interpolation procedure were observed. Climbing the statistical criteria Total Waste (TER) and Medium Scale of Errors (MEE) were adopted for acurar the values estimated from the calculation of the waste. Using these calculations we can see which method has low curvature. The methods were effective because their residual values Normalized Ratio (IRN) be minimal. With the spatial analysis of the results generated by interpolating along with the statistical criteria applied to evaluate the accuracy of new data sets, it was possible to obtain important to research information beyond demonstrating the full potential of GIS and geostatistics for environmental studies and especially in developing desertification indicators. The results showed that among the analyzed methods, the spline function performs better, getting better accuracy for its minimum curvature.

Key words: Climate variables. Geostatistics. Geographic Information System. Brazilian semiarid;

1 – Introdução

A Importância de entender o tempo e o clima e suas dinâmicas, bem como de duas variáveis importantes da Climatologia e Meteorologia: a temperatura e a precipitação pluviométrica (chuva) são essenciais, sobretudo porque o clima é um dos principais elementos de interação entre a natureza e a sociedade (MENDONÇA, 2003). As informações climatológicas são muito importantes na caracterização do espaço e uso dessas informações de forma adequada possibilita a obtenção de novas informações que com a utilização de tecnologias adequadas podem contribuir imensamente nos estudos climáticos e geográficos.

Nesta perspectiva, o uso de geotecnologias via o Sistema de Informações Geográficas (SIG) e a geoestatística para análise e distribuição das médias de temperatura do ar, precipitação pluviométrica e da evapotranspiração potencial das séries temporais (dados mensais) do Pólo regional de Jeremoabo, contribuirá na melhor visualização da dinâmica climática dessas variáveis e sua relação com a vulnerabilidade ambiental da área e o processo de desertificação.



A área de estudo está situada na região nordeste da Bahia, especificamente no Pólo de Jeremoabo, que se insere entre as latitudes: $-08^{\circ} 48'$ e $-10^{\circ} 50'$ e longitudes: $-37^{\circ} 47'$ e $-40^{\circ} 50'$. (Figura 01). Caracterizada por um clima tropical semiárido de rusticidade elevada e variabilidade no tempo e no espaço no que se refere às médias dos totais anuais pluviométricos (358 a 900 mm), as altas médias dos totais anuais de evapotranspiração potencial (1162 a 1505 mm) e das às médias mensais de temperatura do ar (24 a 26°C) (SEI, 1999). Fundamentalmente essa caracterização decorre de sua posição geográfica em relação a diversos sistemas de circulação atmosférica agregando aos demais fatores, tais como relevo, latitude, a continentalidade ou maritimidade, dentre outros. Agem sobre as condições climáticas em interação com os sistemas zonais e regionais de circulação atmosférica. (NIMER, 1989). A partir do que foi exposto insere-se uso de Geotecnologias na espacialização de dados climáticos, mais precisamente as técnicas de interpolação no ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG).



Figura 01 – Localização da Área de Estudo.

2 – Caracterização Climática da Região Nordeste do Brasil e do Polo Regional de Jeremoabo

A Região Nordeste está situada no extremo nordeste da América do Sul, limitada a oeste pelo meridiano de 47°W e ao sul pelo paralelo de 18°S . Apesar de estar em uma



região equatorial que normalmente apresenta uma distribuição de chuvas típica, no entanto, o Nordeste é uma exceção, devido diversos mecanismos físicos que se interagem nessa região, como a variabilidade interanual da precipitação, ocasionando meses de secas intensas e outros bastantes chuvosos e em poucos meses (KAIANO e ANDREOLI, 2009).

A Região Nordeste é dividida em três grandes zonas: Litoral, Semi-Árida e Zona de expansão de Fronteiras. O Litoral com pluviometria superior a 1.500 mm, a zona Semi-Árida com pluviometrias muito baixas em torno de 500 mm e a zona de expansão agrícola e pluviometria elevada, esta zona se estabelece a oeste no Nordeste (TUCCI e BRAGA, 2003).

As precipitações ocorrem no período de fevereiro a maio, com grande variabilidade temporal desses eventos, e essa variação não se dá apenas nos totais anuais, mas há uma alta variabilidade temporal e espacial em um mesmo ano (TUCCI e BRAGA, 2003). As precipitações na Região Nordeste estão relacionadas a fatores de grande escala como o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o Atlântico, que a depender de sua posição, pode influenciar o clima da Região, propiciando precipitações sazonais quando situada mais ao sul do Hemisfério Sul, além de influências dos Anticiclones Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e Atlântico Norte (ASAN) e o cavado equatorial que se apresenta entre estes dois anticiclones abarcando em seu eixo a ZCIT (KAIANO e ANDREOLI, 2009).

O Pólo Regional de Jeremoabo se refere a um recorte espacial delimitado pelo Projeto “Análise Ambiental do Semiárido Baiano como subsidio ao ordenamento territorial: A vulnerabilidade a desertificação no Polo de Jeremoabo” (LOBÃO, 2010) localizado no nordeste da Bahia na região semi-árida, compreendido por 13 municípios. Estando inserida no polígono da seca, compoando também a Área Suscetível à Desertificação (ASD) do Brasil. O tendo sua área predominante ocupado pela vegetação de Caatinga Arbóreo-Arbustiva (GUIMARÃES e LOBÃO, 2012).

Os mapas gerados na pesquisa, a partir da espacialização das variáveis climáticas, indica que a temperatura do ar no Pólo apresenta uma média mais elevada na primavera-verão-outono e bem amenas no inverno. No setor norte, as temperaturas apresentam-se mais elevadas, caracterizado por médias anuais em torno de 26°C, especialmente nos períodos da primavera, verão e outono. As precipitações pluviométricas no Polo apresentam-se concentradas nos períodos de verão-outono e reduzido índice pluviométrico no inverno. A evapotranspiração potencial acompanha a temperatura do ar do Pólo com



totais anuais de 1.500 mm nos períodos de primavera-verão-outono, especificamente no setor norte, estas informações obtidas conferem referencialmente com a dinâmica real da região ao analisarmos a distribuição espacial dos dados climáticos aqui utilizados.

3 - Materiais e Métodos

Quanto aos materiais, para realização da pesquisa utilizou-se a base cartográfica planialtimétrica na escala 1:250.000 disponibilizada no site do IBGE (IBGE, 2010); pacote Microsoft Excel; c) Softwares de Geoprocessamento Envi 4,7 e Arcgis 10.0; d) Dados Balanço Hídrico do Estado da Bahia (SEI, 1999).

No que se refere aos métodos utilizados, primeiramente foi realizada uma revisão bibliográfica de livros como Nimer (1989), Cavalcante *et. alli* (2009), (SILVA, 2003), Miranda, (2005), Assad e Sano (1998) além de manuais técnicos de Amaral e Mello (2009), Cabral (2008) etc. quais referente à climatologia e em específico ao clima da região Nordeste e da área de estudo e as geotecnologias que foram utilizadas para a espacialização das variáveis climáticas de (Precipitação pluviométrica, Temperatura do ar e Evapotranspiração potencial) como primeira etapa da espacialização das variáveis climáticas abrangendo 57 postos meteorológicos (Figura 02).

A utilização das funções de SIG requer uma metodologia adequada para otimização dos procedimentos. Para isso é necessário um organizado banco de dados bem planejado (BARROS, 2003). Segundo ASSAD e SANO (1998), O Sistema de Informações geográficas oferece mecanismos que combinem varias informações com o uso de algoritmos de análise, como manipular, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo de dados georreferenciados. Assim, com o uso de geotecnologias mais especificamente o SIG e geoestatística, sendo o ultimo, um conjunto de procedimentos matemáticos que permite que se reconheça e descreva relacionamentos espaciais existentes, que utilizando, possibilita a viabilidade das informações interpoladas.

A Interpolação é um processo matemático de estimar valores desconhecidos a partir de valores de amostras conhecidas (BURROUGH, (1986), apud LOUREIRO E LISBOA, 2011). A interpolação utilizada na pesquisa é a interpolação espacial, ela calcula um valor desconhecido a partir de um conjunto de amostras com valores conhecidos distribuídos em uma área. Os valores que serão estimados dependerão dos valores de pontos próximos. isso está relacionado a autocorrelação espacial, assim, dando a pontos de amostras próximas são mais importantes que aquelas mais distantes (CABRAL, 2008).

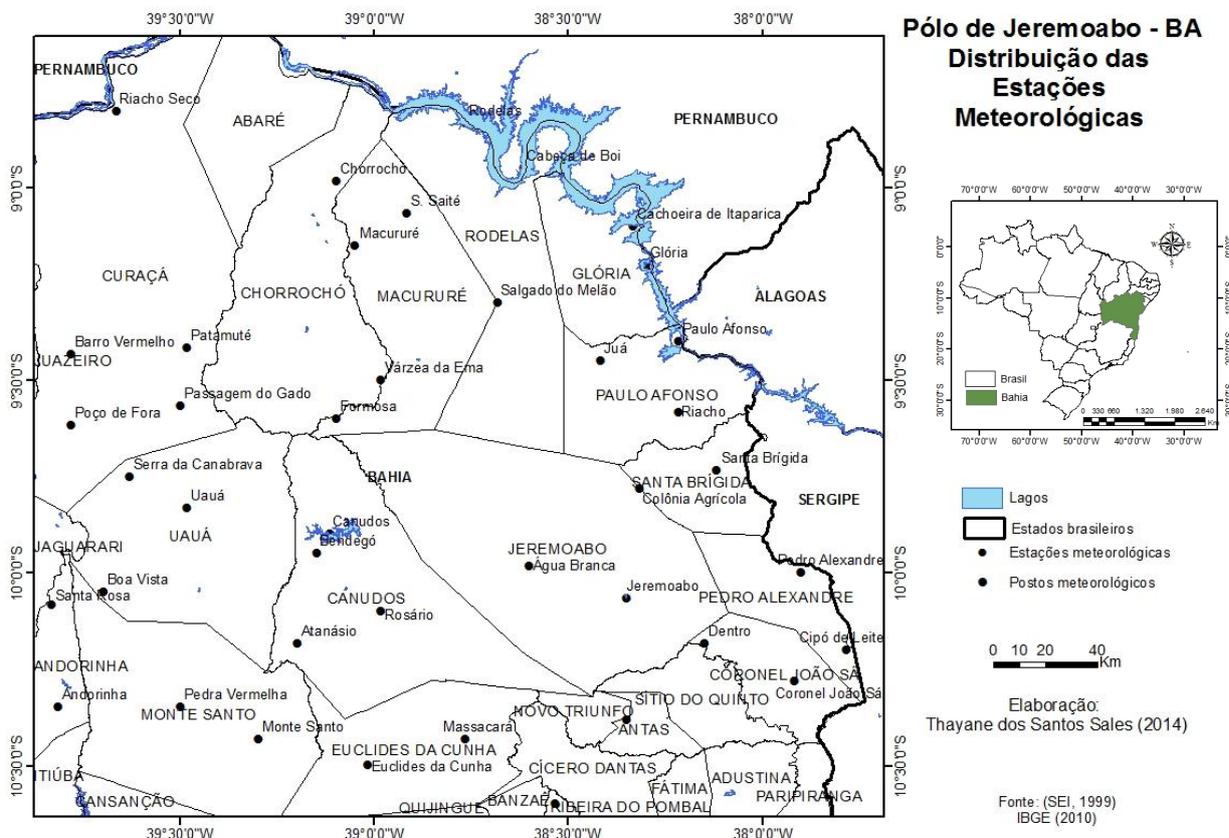


Figura 02 – Distribuição das Estações meteorológicas utilizadas para espacialização das variáveis climáticas.

A distância para cada ponto de amostra varia dependendo da distribuição dos pontos, a maioria dos métodos de interpolação permite que o pesquisador controle o número de pontos de amostra usados para estimar valores ou mesmo fazendo um raio de pesquisa onde os pontos estão estabelecidos, podendo variar dependendo de como estão distribuídos (CABRAL, 2008).

O método *Spline* é um método de interpolação que estima valores usando uma função que minimiza a curvatura da superfície, ou seja, apresenta uma espacialização suave das amostras conhecidas e dos valores estimados (MARCUIZZO, CARDOSO e MELLO). O método apresenta dois tipos de função: Regularized (Regularizada) e Tension (Tensão). Spline de tensão a espacialização quando é feita, a estimativa fica mais próximo



dos dados da amostra, já a função Spline Regularizada se produz uma superfície mais elástica.

Uma função Spline $S(x)$ deve preencher a condição de $S(x)$ para que os pontos medidos sejam iguais a $z(x)$ e ao mesmo tempo a seminorma de suavização $I(S)$ deve ser o menor possível.

$$S(x_j)=z(x_j) \quad e \quad (1)$$

$$I(S)=\min \quad (2)$$

em que, $z(x_j)$ - são os valores das variáveis nos pontos x_j amostrados;

$I(S)$ - é uma função que mede a suavização de S chamada de seminorma de suavização e um ponto x é definido pelos valores (x_1, x_2) sendo x_1 a localização na coordenada x cartesiana e x_2 a coordenada y cartesiana. A seminorma de suavização $I(S)$ é calculada através da equação (HOFIERKA *et al.*, 2002).

Já a função *Topo to Raster* foi baseada nos trabalhos desenvolvidos por Hutchinson (1998,1999) baseado no programa ANUDEM, contudo alguns estudos o indicam como melhor para interpolação dos dados climatológicos, pois o êxito dessa técnica se dá por permitir que arquivos, como curvas de níveis, cursos de rios e delimitações de bacias, possam ser utilizados durante a interpolação, diminuindo os possíveis erros que venha a serem acometidos pelo método (NOGUEIRA e AMARAL, 2009).

Essa técnica de interpolação foi desenhada com o objetivo específico de converter dados vetoriais em modelos hidrológicos de elevação de terreno exatos. O método se utiliza da interpolação local, como ponderação do inverso da distância, sem perder a continuidade superficial dos métodos global de interpolação, como Krigagem e Spline (NOGUEIRA e AMARAL, 2009).

A qualidade de uma interpolação de dados depende da distribuição e do conhecimento dos pontos usados para espacialização, além da correlação de modelos estatísticos com os dados climáticos em estudo. (ARANOFF, 1989). Interpolação está baseada na premissa de que, em média, valores de amostras próximas são mais prováveis de serem parecidos do que valores de amostras distantes uma das outras. A interpolação depende da precisão, número e distribuição dos pontos amostrados e se a função matemática modele bem o fenômeno (MIRANDA, 2005).



Com isso para escolher o método mais adequado de interpolação é necessário utilizar critérios estatísticos. Escolhemos os testes estatísticos utilizando a técnica de validação indicados por SILVA (2003). A escolha de um método com uma melhor espacialização dos dados mensais dos postos meteorológicos deve apresentar curvatura mínima do Índice Residual Normalizado (SILVA, op. cit). A partir da planilha editada e exportada para o software Arcgis, foram adicionados os novos valores interpolados denominados (Z).

Em uma planilha no Excel foram feitos os cálculos dos resíduos (R) que é a diferença entre os valores reais e os valores obtidos a partir do método de interpolação de cada ponto (Z). Em seguida calculou-se o Total Escalar dos Resíduos (TER) que é a soma dos valores de (R), ou seja:

$$\sum_{i=1}^N |R|$$

Em sequência calculou-se a Média Escalar dos Erros (MEE) expressa pela seguinte equação

$$MEE = \frac{\sum_{i=1}^n |R|}{N}$$

E por fim calculou-se o Índice Residual Normalizado (IRN), onde a Média Escalar dos Erros (MEE) é dividido pela média dos valores reais de cada variável climática, obtendo assim, o IRN de cada método.

3 – Resultados e Discussões

A veracidade da espacialização das variáveis climáticas está diretamente inter-relacionada à qualidade da interpolação dos dados que depende da distribuição e do conhecimento dos pontos usados para espacialização, além da correlação de modelos estatísticos com os dados climáticos em estudo (ARANOFF, 1989). Foram interpolados os dados climáticos de doze meses e anual dos respectivos balanços hídricos (SEI, 1999).

As variáveis climáticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial), espacializadas pelas funções Spline e Topo to Raster



constituindo-se em grande avanço na pesquisa, pois os dados espacializados não apresentaram resultados negativos.

Foram espacializados os dados mensais de janeiro a dezembro e anual do período entre 1943 a 1990 conforme SEI (1999) pelo os dois métodos *Spline* e *Topo to Raster* para efeito demonstrativo são descritos e analisados a espacialização anual das estações.

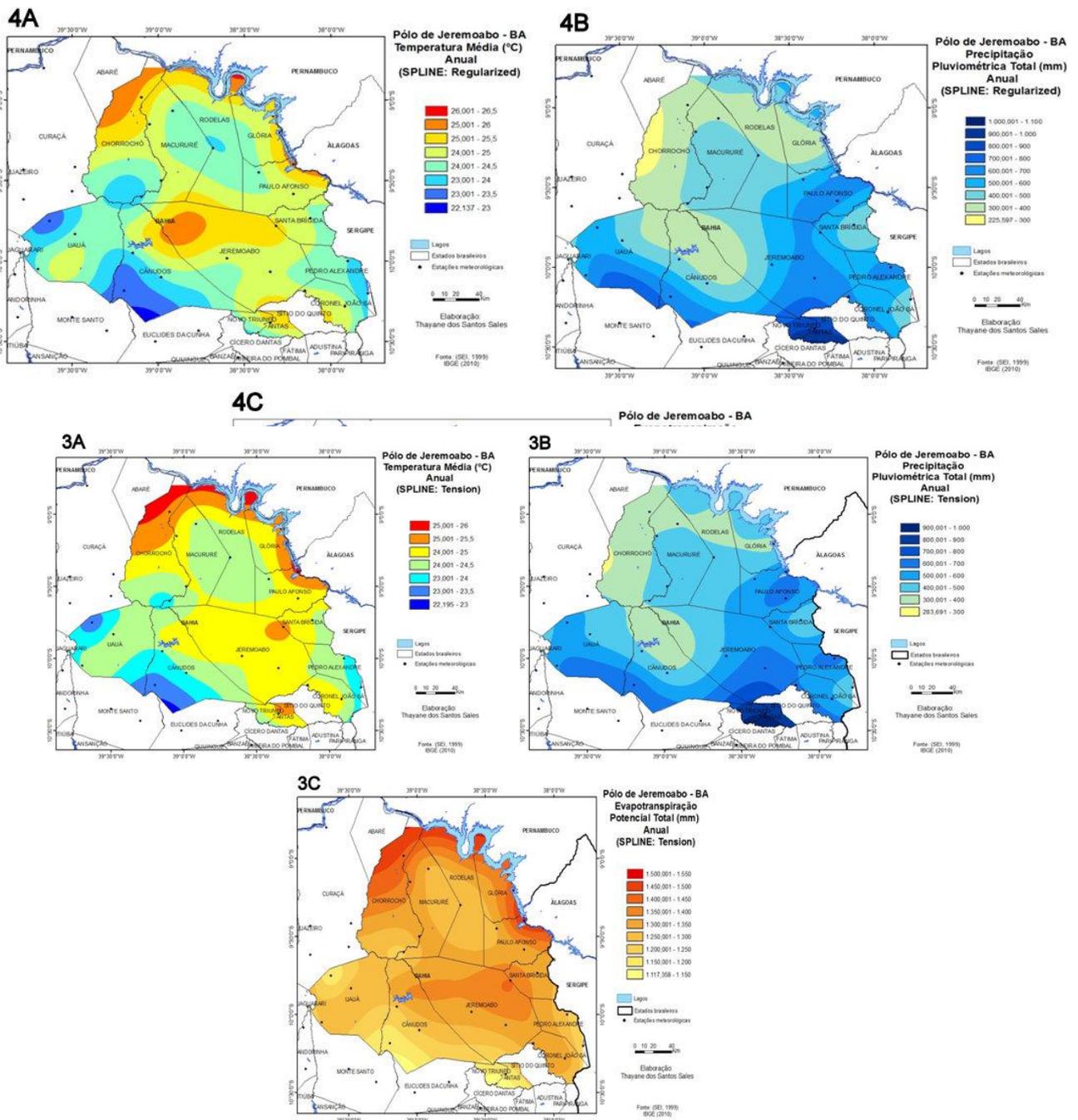
Na análise da temperatura média anual (Figura 3A) da função *Spline* de Tensão é possível observar que a máxima de temperatura não passa dos 26 °C e suas mínimas 22°C. No setor sul as temperaturas são mais amenas, na ecorregião do Raso da Catarina setor central do Polo com médias anuais de 25,5°C é caracterizada ainda pela grande amplitude térmica diária. No setor norte as temperaturas chegam aos 26°C, sendo a região com maiores temperaturas em relação ao setor sul.

A espacialização da variável de precipitação pluviométrica (mm) da função *Spline* de Tensão obteve totais anuais que chegam de 900 a 1000 mm no setor sul, especificamente nos municípios de Novo Triunfo e Antas. Contudo, na maioria dos municípios do Pólo a precipitação potencial ficam na faixa de 600 à 800 mm, com alguns municípios no setor norte com totais anuais de 300 mm, como nos municípios de Chorrochó, norte de Macururé e Rodelas (Figura 3B).

A evapotranspiração potencial anual (mm) da função *Spline* de Tensão no Pólo adquiriu totais anuais que chegam a 1.550 mm no setor norte e em específico no centro do Pólo de Jeremoabo onde se encontra a ecorregião do Raso da Catarina, com totais de evapotranspiração de 1.500 mm. Nos demais municípios do Pólo a evapotranspiração potencial anual varia de 1.200 a 1.300 mm (Figura 3C). A função *Spline Regularized* apresentou espacialização similar a função *Spline* de Tensão em todas as variáveis espacializadas. As médias de temperatura do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial anual obtiveram resultados adequados quando se comparado a dinâmica real das variáveis climáticas no Polo de Jeremoabo, (Figuras 3A, 3B e 3C). contudo a função *Spline* de tensão apresentou menor curvatura mínima e portanto menor IRN (Tabela 1A, 2A, 3A).



Figuras 3 - Pólo de Jeremoabo: Interpolação pelo método *Spline* de Tensão (*Tension*).



Figuras 4. Pólo de Jeremoabo: Interpolação pelo método Spline (*Regularized*).



Tabela 1, 2 e 3. Índices Estatísticos: Total Escalar dos Resíduos (TER), Média Escalar dos Erros (MEE) e o Índice Residual Normalizado (IRN) obtido pelos interpoladores *Spline (Regularized e Tension)* referente à Temperatura do ar, precipitação pluviométrica, Evapotranspiração potencial.

TEMPERATURA – MÉTODO (Spline Regularized)				TEMPERATURA – MÉTODO (Spline Tension)			PRECIPITAÇÃO - MÉTODO (Spline Regularized)				PRECIPITAÇÃO - MÉTODO (Spline Tension)		
Meses	TER	MEE	IRN	TER	MEE	IRN	Meses	TER	MEE	IRN	TER	MEE	IRN
JAN	28,0	1,0	0,03	28	1	0,03	JAN	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
FEV	28,0	1,0	0,03	131,4	4,69	0,18	FEV	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
MAR	28,0	1,0	0,03	28,8	1,0	0,03	MAR	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
ABR	28,0	1,0	0,04	11,6	0,41	0,01	ABR	27,9	0,99	0,01	28,0	1,0	0,01
MAI	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	MAI	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,02
JUN	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	JUN	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,02
JUL	27,9	0,9	0,04	27,9	0,99	0,04	JUL	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,02
AGO	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	AGO	28,0	1,0	0,05	28,0	1,0	0,05
SET	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	SET	28,0	1,0	0,07	28,0	1,0	0,07
OUT	28,0	1,0	0,03	27,9	0,99	0,03	OUT	27,9	0,99	0,07	28,0	1,0	0,07
NOV	28,0	1,0	0,03	27,9	0,99	0,03	NOV	28,5	1,0	0,03	28,0	1,0	0,03
DEZ	28,0	1,0	0,03	28,0	1,0	0,03	DEZ	28,0	1,0	0,02	27,9	0,99	0,02
ANUAL	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	ANUAL	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0

EVAPOTRANSPIRAÇÃO - MÉTODO (Spline Regularized)				EVAPOTRANSPIRAÇÃO - MÉTODO (Spline Tension)		
Meses	TER	MEE	IRN	TER	MEE	IRN
JAN	5,1	0,18	0,0	28,0	1,0	0,0
FEV	28,0	1,0	0,0	5,9	0,21	0,0
MAR	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0
ABR	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0
MAI	27,9	0,99	0,0	27,97	0,99	0,01
JUN	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
JUL	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
AGO	28,0	1,0	0,01	27,9	0,99	0,01
SET	28,0	1,0	0,01	27,9	0,99	0,01
OUT	27,9	0,99	0,0	27,9	0,99	0,0
NOV	28,0	1,0	0,0	27,9	0,99	0,0
DEZ	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0
ANUAL	28,0	1,0	0,0	27,9	0,99	0,0

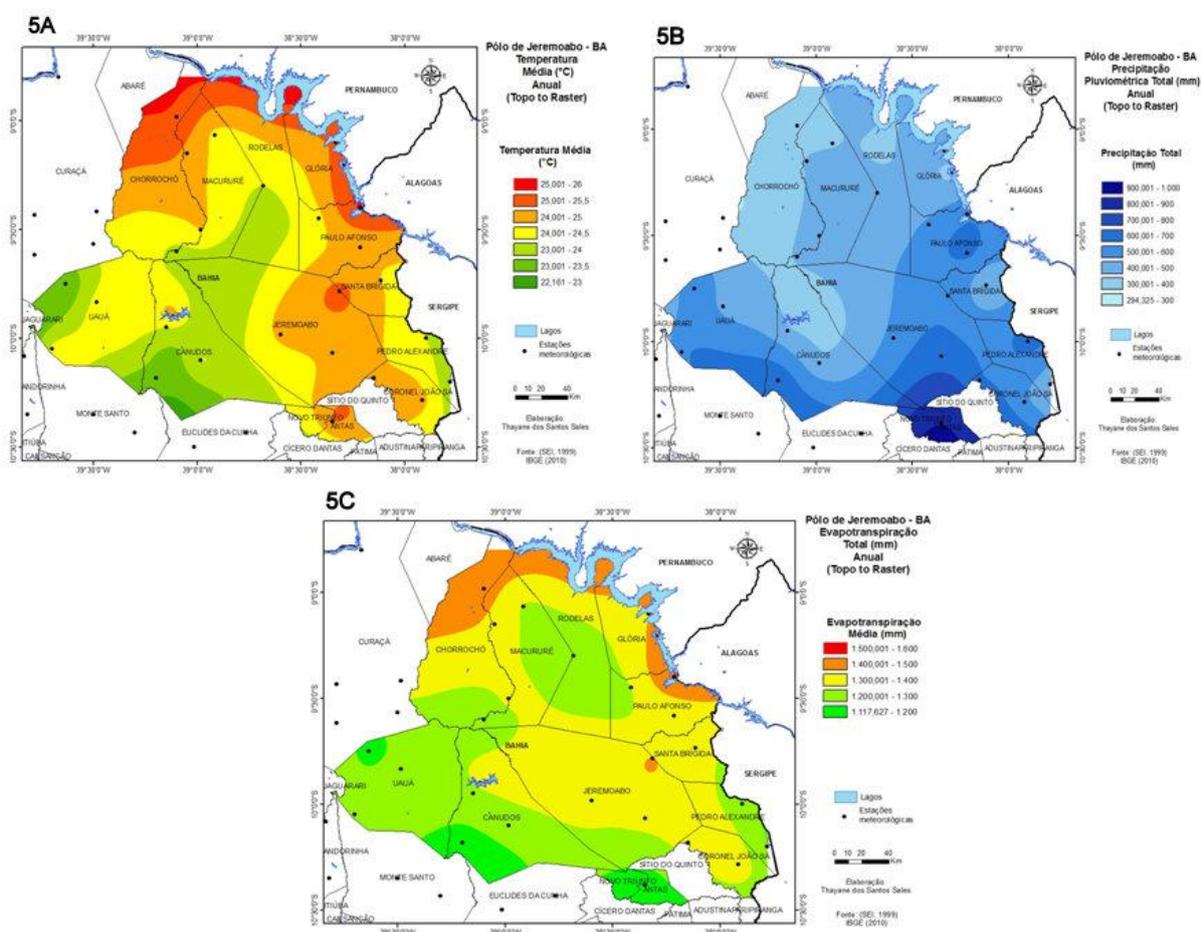
Na função *Topo to Raster* foram obtidos resultados similares em comparação a função *Spline de Tensão (Tension)* e adequados se comparados aos valores reais segundo os estudos do clima da região. As maiores médias anuais de temperatura do ar chegam aos 26°C principalmente no setor norte e no centro do Pólo de Jeremoabo. No setor sul as médias são mais amenas com temperaturas médias de 23°C. No entanto na maioria dos municípios as médias ficam entre 24 e 25°C (Figura 5A)

Na espacialização pelo método *Topo to Raster* das médias dos totais anuais de precipitação pluviométrica no período analisado os resultados são bastante similares ao *Spline Tension* caracterizado por maior precipitação no setor sul do Pólo como totais de 700 a 900 mm na



maior parte do setor sul e com totais anuais de 400 a 500 mm na maior parte do setor norte (Figura 5B). A evapotranspiração potencial na área apresenta totais anuais de 1.400 mm no setor norte e que decrescem a medida que se aproxima dos municípios mais ao sul do Pólo (Figura 5C).

Um dos métodos após as análises estatísticas apresentou-se mais confiáveis. A função *Spline* dos tipos *Regularized* (Regularizada) e *Tension* (de Tensão) obteve Índice Residual normalizado similares, (Tabela 1, 2 e 3) mas o tipo Tensão, apresentou menor curvatura mínima anual em relação ao tipo Regularizada (Tabelas 1, 2 e 3). A função *Spline Tension* obteve melhores resultados, pois os valores gerados estavam de acordo com os dados amostrados, preservando os valores mínimos e máximos da variável interpolada.



Figuras 5 - Pólo de Jeremoabo: Interpolação pelo método *Topo to Raster*.



Tabela 3, 4 e 5. Índices Estatísticos: Total Escalar dos Resíduos (TER), Média Escalar dos Erros (MEE) e o Índice Residual Normalizado (IRN) obtido pelos interpoladores *Topo to Raster* e *Spline (Tension)* referente à Temperatura do ar, precipitação pluviométrica, Evapotranspiração potencial.

TEMPERATURA - MÉTODO (Topo to Raster)				TEMPERATURA - MÉTODO SPLINE (Tension)			PRECIPITAÇÃO - MÉTODO (Topo to Raster)				PRECIPITAÇÃO - MÉTODO Spline (Tension)		
Meses	TER	MEE	IRN	TER	MEE	IRN	Meses	TER	MEE	IRN	TER	MEE	IRN
JAN	28,0	1,0	0,03	28	1	0,03	JAN	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
FEV	27,9	0,99	0,03	131,4	4,69	0,1	FEV	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
MAR	28,0	1,0	0,03	28,0	1,0	0,03	MAR	28,0	1,0	0,01	27,9	0,99	0,01
ABR	27,9	0,99	0,04	11,6	0,41	0,01	ABR	28,0	1,0	0,01	28,0	1,0	0,01
MAI	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	MAI	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,02
JUN	27,9	0,99	0,04	27,9	0,99	0,04	JUN	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,02
JUL	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	JUL	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,02
AGO	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	AGO	28,0	1,0	0,05	28,0	1,0	0,05
SET	28,0	1,0	0,04	27,9	0,99	0,04	SET	28,0	1,0	0,07	28,0	1,0	0,07
OUT	27,9	0,99	0,03	27,9	0,99	0,03	OUT	28,0	1,0	0,07	28,0	1,0	0,07
NOV	27,9	0,99	0,03	27,9	0,99	0,03	NOV	28,0	1,0	0,03	28,0	1,0	0,03
DEZ	28,0	1,0	0,02	28,0	1,0	0,03	DEZ	28,0	1,0	0,02	27,9	0,99	0,02
ANUAL	28,0	0,03	0,04	27,9	0,99	0,04	ANUAL	1,4	0,03	3,58	28,0	1,0	0,0

EVAPOTRANSPIRAÇÃO - MÉTODO (Topo to Raster)				EVAPOTRANSPIRAÇÃO - MÉTODO Spline (Tension)		
Meses	TER	MEE	IRN	TER	MEE	IRN
JAN	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0
FEV	27,9	0,99	0,03	5,9	0,21	0,0
MAR	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0
ABR	27,9	0,99	0,0	28,0	1,0	0,0
MAI	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
JUN	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
JUL	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
AGO	27,9	0,95	0,01	27,9	0,99	0,01
SET	27,9	0,99	0,01	27,9	0,99	0,01
OUT	27,9	0,99	0,0	27,9	0,99	0,0
NOV	27,9	0,99	0,0	27,9	0,99	0,0
DEZ	28,0	1,0	0,0	28,0	1,0	0,0
ANUAL	0,5	0,03	1,4	27,9	0,99	0,0

Assim, a função *Spline (Tension)* foi o método que apresentou menores índices residuais, nas três variáveis analisadas, sua media anual apresentou resultados adequados com valores próximos aos dados amostrados referente a cada variável.

Apesar de esta função apresentar similaridades nos resultados do IRN, com produtos próximos aos valores reais, é necessário comparar estas informações com outros interpoladores, a fim de se encontrar o método mais adequado para a análise e que apresente resultados relevantes para o desenvolvimento da pesquisa.



4 – Conclusões

Executou-se neste trabalho a espacialização de três variáveis climáticas (temperatura do ar, precipitação pluviométrica e evapotranspiração potencial) com o uso dos interpoladores *Spline* e *Topo to Raster*. A utilização destes métodos possibilita a distribuição espacial das variáveis, em especial os dados das estações meteorológicas utilizados na pesquisa, apresentando assim, informações essenciais sobre a dinâmica climática no Polo de Jeremoabo. Foram gerados mapas climáticos dos doze meses e anual dos respectivos balanços hídricos (SEI, 1999), observando nesta análise preliminar, que os dois métodos apresentam a priori resultados satisfatórios de acordo com dados climáticos das estações meteorológicas. No entanto, após testes estatísticos utilizando o método de validação indicados por Silva (2003), verificou-se a partir da curva mínima do Índice Residual Normalizado o método de interpolação *Spline Tension* (de tensão) apresenta os resultados mais adequados. O método *Spline* de Tensão por ser uma função não linear, gerou mapas com alterações mais graduais o que possibilitou uma melhor espacialização dos dados utilizados. Contudo no decorrer da pesquisa haverá aplicação e avaliação de outros métodos de interpolação na busca de associar estas variáveis climáticas como indicadores de vulnerabilidade à desertificação no Pólo de Jeremoabo.

Agradecimentos

Este artigo foi escrito com base no plano “Análise das variáveis climáticas (precipitação pluviométrica, temperatura do ar e evapotranspiração potencial) no Pólo de Jeremoabo, como Indicadores de Vulnerabilidade à Desertificação”, inserido em um projeto de pesquisa maior: “ANÁLISE AMBIENTAL NO SEMIÁRIDO BAIANO COMO SUBSÍDIO AO ORDENAMENTO TERRITORIAL: A VULNERABILIDADE À DESERTIFICAÇÃO NO PÓLO DE JEREMOABO”, financiado pela FAPESB, dispondo, portanto recursos para aquisição de materiais específicos e subsídios para o desenvolvimento da pesquisa. Agradecemos a bolsa de Iniciação Científica concedida pelo projeto, a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pela oportunidade de desenvolver a pesquisa, bem como ao espaço de pesquisa e a todos os equipamentos laboratoriais necessários, disponibilizados pelo Grupo de Pesquisa: Natureza, Sociedade e Ordenamento Territorial (GEONAT), vinculado ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Agradecemos também aos colegas e professores que integram o projeto.

Muito obrigada.



5 - Referências Bibliográficas

ASSAD, E.D.; SANO, E.E. Sistemas de Informações Geográficas - Aplicações na Agricultura. Brasília, EMBRAPA, 1993.

ARANOFF, S. Geographic information systems: a management perspective. Ottawa: WDL Publications, 1989. 294 p.

Balanço hídrico do estado da Bahia. Salvador: SEI, 1999.

BRASIL: Ministério do Meio Ambiente. 2005. Programa de Ação Nacional de Combate a Desertificação e Mitigação dos efeitos da Seca: PAN – Brasil. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 213 p.

CAEIRO, S.; Tópico 4 - Ferramentas do SIG: Aplicações Parte III - Álgebra de mapas. Interpolação de rasters. Funções de distância, 2009.

HUTCHINSON, M.F. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney, Australia. 1988

GUIMARÃES, T. L. B; LOBÃO, J.S.B. *Sistemas de Informações Geográficas para análise de fragmentos de vegetação no Polo de Jeremoabo*. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, INPE. 2013

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasília: IBGE (2010). Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/>. Acesso em 19 de set. de 2013.

KAYANO, M.T. E ANDREOLI, R.V. **O clima da região Nordeste do Brasil**. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; SILVA, M.G.A.J.; SILVA DIAS, M.A.F. Tempo e clima do Brasil. 1.ed. São Paulo: Oficina de Textos, p.213-233, 2009.

Learning ArcGis Spatial Analyst do Virtual Campus da ESRI (<http://campus.esri.com>), Setembro de 2002.

MARCUZZO, F. F. N.; ANDRADE, L. R.; MELLO, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. Revista Brasileira de Geografia Física, América do Norte, v.4, n.4, p. 696-710, 2011.

MENDONÇA, F. Clima e Planejamento urbano em Londrina. Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do campo termo-higrométrico. In: MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. Clima urbano. São Paulo: Contexto, 2003, p.93-120.

MIRANDA, J. I. Fundamentos de sistemas de informações geográficas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 425p.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOGUEIRA, J. D. L.; AMARAL, R. F. Comparação entre os métodos de interpolação (Krigagem e Topo to Raster) na elaboração da batimetria na área da folha Touros – RN. In:



SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14. (SBSR), 2009, Natal.
Anais... São José dos Campos: INPE, 2009, p. 4117 – 4123.

SEI – Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia.

SILVA, A. B. 1999. *Sistemas de informações geo-referenciadas: conceitos e fundamentos*, Campinas, SP: Editora da Unicamp, p. 27.

TUCCI, Carlos E. M; BRAGA, Benedito. et. al. *Clima e Recursos Hídricos da Brasil*, Porto Alegre: ABRH v. 9, p. 01 - 284, 2003.