ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS PARA A HOMOGENEIZAÇÃO DE DADOS DE TEMPERATURA EM SÉRIES TEMPORAIS CLIMATOLÓGICAS.

FANTE, Karime Pechutti – karimefante@hotmail.com
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

SANT'ANNA NETO, João Lima – joaolima@fct.unesp.br
Universidade Estadual Paulista (UNESP)

RESUMO: O presente artigo tem como objetivo discutir os limites e possibilidades da eficácia da utilização de técnicas estatísticas para o preenchimento de falhas e homogeneização de séries temporais climatológicas. Por meio de testes de quatro técnicas (regressão linear, ponderação regional, técnica de Pinto e Alfonsi (1974), e técnica de Pinto e Alfonsi (1974) com compensação de dados de estação apoio (FANTE, 2014), o artigo buscou avaliar quais os métodos que apresentaram os melhores resultados e que simularam os valores mais próximos do real. Para tanto foi utilizado para esta análise o conjunto de dados mensais de temperatura máxima e mínima da estação meteorológica de Piracicaba/SP (ESALQ/USP), entre os anos de 2001 e 2011. Os melhores resultados foram alcançados pela Ponderação Regional, tanto para as temperaturas máximas (somatório de erros de 3,8°C) e também para temperaturas mínimas (somatório de erros de 6,1°C), demonstrando a eficiência e confiabilidade na estimativa de dados climatológicos faltantes por técnicas estatísticas; em seguida ressalta-se a técnica consagrada por Pinto e Alfonsi (1974) com compensação de dados de estação apoio (FANTE, 2014), com os resultados da somatória de erros de 5,1°C para as máximas e 7,8°C para as mínimas; posteriormente, a técnica de Pinto e Alfonsi (1974) com o total de erros de 12,1°C e 9,8°C para as temperaturas máximas mínimas, respectivamente; e por último a técnica de regressão linear que apresentou os resultados menos confiáveis, os mais discrepantes do real, com o somatório de erros de 20°C para as temperaturas máximas e 12,2°C para as temperaturas mínimas.

Palavras-chave: Preenchimento de falhas; homogeneização de séries temporais; estatística; climatologia; temperatura.

STATISTICAL TECHNIQUES FOR TEMPERATURE DATA HOMOGENIZATION IN CLIMATOLOGICAL TIME SERIES.

ABSTRACT: This article aims to discuss limits and possibilities of statistical techniques' effectiveness to fill missing data and homogenization of climatological time series. Four techniques (linear regression, regional weighting, Pinto and Alfonsi's (1974), and Pinto and Alfonsi's (1974) with compensation data by support stations (FANTE, 2014) were used to analyze which methods shown better results and simulated values closer to real data. Monthly maximum and minimum temperature data from Piracicaba/SP meteorological station (2001 – 2011) was analyzed. Regional Weighting showed the best results for maximum temperatures (3,8°C of deviation's sum) and for minimum temperatures (6,1°C of deviation's sum), showing the reliability and efficiency of climatological missing data estimative by statistical techniques; Pinto and Alfonsi's (1974) technique with compensation data by support stations (FANTE, 2014) is highlighted, with 5,1°C of maximum temperature deviation's sum and 7,8°C of minimum temperature deviation's sum; after, 12,1°C of maximum temperature deviation's sum and 9,8°C of minimum temperature deviation's sum of Pinto and Alfonsi's (1974); and finally, linear regression showed the less reliable and discrepant results with 20°C of maximum temperature deviation's sum and 12,2°C of minimum temperature deviation's sum.

Key-words: Fill missing data; time series homogenization; statistics; climatology; temperature.

1. INTRODUÇÃO

Uma série temporal de dados consistentes e confiáveis é uma das condições fundamentais para estudos e pesquisas em climatologia, contudo isso nem sempre é possível devido a diversos fatores: ausência de dados em determinados locais, falhas na série histórica, mudanças inadequadas dos locais em que os instrumentos de medição atmosférica estavam instalados ou, até mesmo, o fechamento das estações meteorológicas.

No Brasil, historicamente, dentre os elementos do clima as precipitações sempre tiveram maior atenção por parte dos órgãos mantenedores das estações meteorológicas. Fundamentado no histórico de uma economia estatal essencialmente agrícola e devido as condições de tropicalidade, a caracterização e regionalização das precipitações pluviométricas

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

sempre foram de fundamental importância para as ações que envolviam o aumento do rendimento agrícola. Com isto, a rede de postos pluviométricos se expandiu consideravelmente e, no Estado de São Paulo ultrapassou a marca de 1200 postos na segunda metade do século XX. .

Nas últimas décadas, entretanto, com a importância que os estudos sobre o aquecimento global, suas implicações nos climas urbanos, as relações entre ondas de calor e saúde pública, entre outros, as análises climáticas com a centralidade nas temperaturas ganharam volume e importância, mas, a ausência de dados históricos e a incompletude das séries temporais tem dificultado a execução das pesquisas e a produção intelectual sobre o tema.

Neste contexto, conforme aponta Fante e Sant'anna Neto (2013, p. 783)

> a proximidade da climatologia com outras disciplinas, que também tem como objeto de estudo as manifestações atmosféricas, tem qualificado as diferentes abordagens teóricas e metodológicas utilizadas para o entendimento de eventos atmosféricos. Neste contexto, a estatística tem comprovadamente trazido muitos avanços à ciência climatológica, especialmente no que tange a comprovação matemática de alterações climatológicas ao longo dos anos [...] e também ao uso aplicado à estimação de falhas existentes nos bancos de dados, especialmente dados mensais e anuais.

Nesta perspectiva o presente artigo tem o objetivo de contribuir com o tema realizando uma discussão voltada especialmente a aplicabilidade de quatro técnicas estatísticas: regressão linear, ponderação regional, equações de Pinto e Alfonsi (1974), e a adaptação das equações de Pinto e Alfonsi (1974) a partir da compensação com dados de estações meteorológicas de apoio (FANTE, 2014). Com um viés estatístico pretende-se discutir a eficácia da utilização e a confiabilidade dessas abordagens no *input* de dados simulados à série temporais climatológicas e, neste caso, de dados de temperatura.

1.1. Utilização de técnicas de preenchimento de falhas em pesquisas climatológicas no Brasil.

Além das técnicas advindas da estatística, nas últimas décadas tem-se verificado um avanço em suplementar as falhas existentes no banco de dados climatológicos por diferentes meios como o sensoriamento remoto, inteligência artificial, lógicas computacionais e redes neurais. Os resultados gerados têm apresentado soluções interessantes e quando avaliados atestam a eficácia e confiabilidade de diferentes técnicas para o preenchimento de falhas.

Chibana *et al* (2005), por exemplo, demonstrou que é possível realizar o preenchimento de falhas utilizando-se de dados de uma estação meteorológica próxima ao do dado falho com o auxílio do software CLIMA 2005. O autor comprovou, com este estudo, que com o auxílio computacional é possível simular estimativas aceitáveis do ponto de vista estatístico (regressão linear e coeficiente de determinação), especialmente para as temperaturas com o *input* dos dados médios do dia anterior e posterior à falha.

Ventura (2012) também utilizou rotinas computacionais para inferir simulações em seu conjunto de dados. O autor definiu e aplicou metodologias de algoritmos genéticos, próprias da inteligência artificial e redes neurais, para a estimação de dados climatológicos. De acordo com os dados coletados em estações micrometeorológicas o pesquisador selecionou alguns atributos para o cálculo do preenchimento de falhas e, seguidamente, começou a treinar a rede neural, executando-a a fim de estimar os valores pretendidos para o preenchimento.

As pesquisas realizadas por Nascimento *et al* (2010) aplicadas para o estado do Amazonas e de Silva *et al* (2012) desenvolvido para o estado da Paraíba também trazem outras formas de preenchimento de falhas. Em ambos os trabalhos os autores utilizaram valores obtidos por teledetecção e reanálise para preencherem as ausências de dados em

locais, que por falhas na compilação e/ou escassez de estações meteorológicas, não puderam ser obtidos.

Com um viés quantitativo e comprovando a eficiência de técnicas estatísticas para a estimativa de dados meteorológicos e climáticos, outros autores publicaram trabalhos de comparação e testes de simulação de falhas em diversas pesquisas no Brasil e no mundo.

No Rio Grande do Sul, Fernandez (2007), comparou diferentes técnicas estatísticas de preenchimento de falhas de dados climatológicos (temperaturas máximas, mínimas, médias, umidade relativa e precipitação). Foram simuladas falhas e comparados os métodos de Regressão Múltipla, Média Simples, Steurer, Média de três estações, Proporção normal e Análise harmônica. Segundo o autor, os melhores resultados de preenchimento pelo viés estatístico foram obtidos a partir das técnicas de regressão múltipla, Steurer e média de três estações.

Para o estado do Goiás a pesquisa comparativa realizada por Oliveira *et al* (2010) também testou a eficiência de algumas técnicas estatísticas de preenchimento de falhas, como Ponderação Regional, Regressão Linear, Regressão Potencial, Ponderação regional com base em regressões lineares e Vetor Regional. Para o método de vetor regional foram admitidos mais 5 combinações de testes com os resultados dos outros testes supracitados. Estas aplicações foram utilizadas para 6 estações pluviométricas com séries históricas de precipitação de 22 anos. Com os resultados os autores concluíram que os melhores testes que demonstraram as maiores similaridades com os dados reais foram obtidos pela técnica de regressão linear, seguido pelas técnicas que combinavam vetor regional e regressão potencial e em terceiro lugar a ponderação regional.

Eischeid, *et al* (1995 e 2000) realizaram testes para preenchimento de falhas utilizando 6 técnicas de interpolação de dados com estações meteorológicas próximas (relação normal, inverso da distância, interpolação ideal, de regressão múltipla, melhor estimador único, e mediana). Nesta pesquisa o método de maior eficiência foi a regressão múltipla ao qual, posteriormente, foi constatado como o que teve os maiores coeficientes de correlação para as temperaturas e para as precipitações.

Ainda seguindo este viés estatístico outros trabalhos de aplicação e comparações de testes podem ser elencadas. Destaca-se a pesquisa desenvolvida por Moscati *et al* (2000), o qual utilizou a metodologia de Valero *et al* (1996)[1] para estimação de dados climatológicos da costa sul-sudeste do Brasil; Fante e Sant'Anna Neto (2013) que testaram e compararam as técnicas de regressão linear e ponderação regional para falhas simuladas da estação meteorológica de Piracicaba/SP; e, Alexandre (2009), para a região metropolitana de Belo Horizonte/MG, ao qual embasado em Tucci (2001)[2] pôde preencher o período faltoso de dados de chuva com as técnicas de ponderação regional com base em regressões lineares.

Nestes casos supracitados a grande maioria dos métodos estatísticos de simulação de dados para preenchimento de falhas considera apenas a similaridade temporal dos dados e proximidade geográfica dos postos meteorológicos.

No entanto, autores como Pinto, Ortolani e Alfonsi (1972); Alfonsi, Pinto e Pedro Junior (1974); e Pinto e Alfonsi (1974), formularam outras técnicas que levam em consideração não apenas os fatores temporais, mas também fatores espaciais como a altitude, latitude e longitude.

Pinto, Ortolani e Alfonsi (1972), por exemplo, comprovaram melhores resultados para a estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo quando consideraram fatores como a altitude e latitude.

[1] VALERO, F.; GONZALEZ, F. J.D.;GARCÍA-MIGUEL, J.A. A method for the reconstruction and temporal extension of climatological time series. International Journal of Climatology. v. 16, p.213-227, 1996.
[2] TUCCI, C. E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação, 2ª ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS: ABRH, 2001. 943 p.

Alfonsi, Pinto e Pedro Junior (1974), com a mesma metodologia, também consideraram nas funções e equações matemáticas as informações de altitude e latitude para o trabalho de estimativa das normais mensais e anuais para o estado de Goiás.

Pinto e Alfonsi (1974), seguindo os mesmos procedimentos de estimar valores a partir da altitude e latitude, estimaram as temperaturas, desta vez, para o estado do Paraná e demonstram a importância de considerar esses elementos para a aquisição de dados simulados, mas, com grande semelhança ao dado real faltante. Nesta pesquisa além dos dados médios, os autores também calcularam equações específicas para valores de temperatura máxima e mínima, mensais e anuais.

1.2. Técnicas estatísticas. Limites e possibilidades.

Ao se deparar com essa gama de técnicas e procedimentos é importante escolher a metodologia que mais se adequa e contempla as necessidades da pesquisa em conformidade a realidade geográfica e climatológica em que se inserem as estações meteorológicas estudadas.

Na maior parte dos casos o preenchimento das falhas nas séries históricas é realizado com dados de estações meteorológicas próximas, contudo, conforme aponta Leivas *et al* (2005, p. 399) é recomendável a "seleção de estações meteorológicas da mesma região ecoclimática e altitude semelhante [...]".

Normalmente, além dessas características geofísicas alguns autores também se utilizam de análises comparativas entre um conjunto de dados e os dados das estações meteorológicas de apoio por meio de técnicas estatísticas de correlação, como a regressão linear. Fante (2014), por exemplo, utilizou este método a fim de escolher a estação meteorológica de apoio que apresentasse os valores mais similares aos dados da estação em questão. Nesta abordagem a autora comparou, no mínimo, 10 anos de dados entre as duas estações e o maior valor de R^2 foi o determinante para a escolha da estação de apoio.

Vale ressaltar que este fator e o rigor na escolha da(s) estação(ões) de apoio é muito importante para a configuração do resultado final, uma vez que são a partir desses dados que as técnicas são qualificadas e simulam os melhores produtos, ou seja, dados mais próximos do valor real.

De acordo com a literatura, o limiar de aceitação de número de falhas em um mês é determinado pela variável climatológica em questão. Conforme direcionado por Krusche[3] *et al* (2002) *apud* Fernandez (2007, p. 17), no caso das temperaturas, a média do mês pode ser calculada se houver até 3 valores faltantes consecutivos ou 5 valores alternados em um mesmo mês. No entanto, para aplicações referentes à precipitação, evaporação, insolação, não pode haver nenhum dia faltante para a realização do cálculo mensal.

Assim, pelo viés estatístico as técnicas de preenchimento também são mais indicadas para falhas e estimativas de valores mensais e anuais e deste modo, não são recomendados à utilização para falhas de dados diários. Fill (1987)[4] e Bertoni & Tucci (2007)[5], *apud* Oliveira, Fioreza, Medeiros e Silva (2010, p. 1187) ressaltam que nenhuma das várias metodologias para preenchimento de falhas "se presta ao preenchimento de falhas diárias, sendo mais recomendadas no preenchimento de falhas mensais ou anuais".

Autores como Huth e Nemesova (1995, p. 1901) citando Kemp *et al.* (1983) complementam esta discussão e afirmam que

[3] KRUSCHE, N.; SARAIVA, M.B.J.; REBOITA, M.S. Normais climatológicas provisórias de Rio Grande, no período de 1991 a 2000 para Rio Grande, RS. 1. ed. Rio Grande (RS): FURG, 2002.
[4] FILL, H. D. Informações hidrológicas. In: Barth, F. T.; Pompeu, C. T.; Fill, H. D.; Tucci, C. E. M.; Kelman, J.; Braga Júnior, B. P. F. **Modelos para gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo: Nobel/ABRH, 1987. P.95-202.
[5] BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: Tucci, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação.** Porto Alegre: UFRGS, 2007. P. 177-241.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

> [...] estimativas de medições diárias faltantes é uma tarefa muito mais difícil por causa de uma variabilidade espacial e temporal maior dos valores diários. Os métodos operam melhor quando estão sendo avaliadas as médias mensais e são mais propensos a falhar quando aplicadas em escala diária (tradução nossa)[6].

Neste contexto, o pesquisador deve ter um olhar atento ao conjunto de dados que está trabalhando e a natureza dos dados para que não adicione em sua série elementos com gêneses e características discrepantes (dados obtidos em regiões metropolitanas x dados de cidades de pequeno porte; dados de cidades litorâneas x dados continentais; dados de estações com altitudes elevadas e dados obtidos em baixas altitudes, por exemplo); uma vez que grande parte dessas características serão apresentadas nos valores médios mensais e anuais, resultando, em consequência, simulações com maior ou menor semelhança com o dado real a partir dessas características.

1.3. Técnicas estatísticas: Regressão linear, Ponderação regional, Equações de Pinto e Alfonsi (1974), Equações de Pinto e Alfonsi (1974) com compensação de dados de estação apoio.

- **Regressão linear**

Para a simulação de dados, por meio desta técnica, é necessário o *input* de dados de apenas 1 estação meteorológica vizinha com maior coeficiente de correlação quadrático (r^2)[7].

Alexandre (2009, p. 24), explica que com o método de regressão linear:

> [...] as estimativas dos dois parâmetros da equação podem ser obtidas analítica ou graficamente, plotando, em um gráfico cartesiano ortogonal, os valores correspondentes aos dois postos envolvidos e, em seguida, traçando, a sentimento ou em forma analítica, a reta que melhor se ajusta à nuvem de pontos.

A partir de então é gerado, por meio de um software estatístico, um diagrama de dispersão em que é possível obter os resultados gerados pelo teste de regressão linear. Por meio da elaboração do diagrama de dispersão, os valores das duas estações em análise (estação com o dado falho e a estação que servirá de apoio à simulação do dado faltante) serão comparados e correlacionados estatisticamente.

Posteriormente plota-se neste mesmo gráfico uma linha de tendência, a equação utilizada e o valor de R^2 que serão as informações básicas sobre o teste de correlação entre os dois conjuntos de dados.

Deste conjunto de informações a equação gerada é a que servirá para calcular e simular o dado pela técnica da regressão linear.

Veja o exemplo aplicado em um gráfico de correlação linear dos dados médios das temperaturas máximas de duas estações meteorológicas localizadas em Sorocaba e Piracicaba, entre os anos de 2001 e 2011 (mínimo, 10 anos). Enfatiza-se neste gráfico a equação de regressão linear gerada pelo software que servirá de base para o cálculo do dado simulado:

[6] "However, the estimation of missing daily measurements is a much more difficult task because of a larger spatial and temporal variability of daily values. The methods, operating well when monthly means are to be assessed, are likely to fail if applied to daily in time and space" (HUTH E NEMESOVA, 1995, p. 1901).
[7] Admite-se neste trabalho que $r^2 = R^2$.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

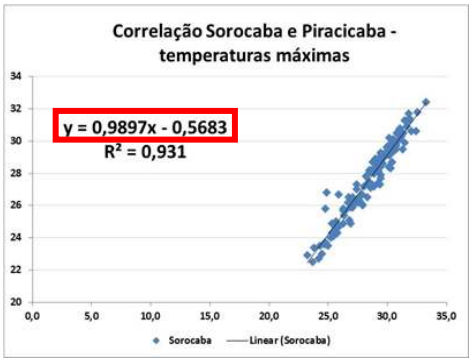


Figura 01. Gráfico de correlação dos dados das médias das temperaturas máximas de Sorocaba e Piracicaba, entre os anos de 2001 e 2011. Ênfase para a equação de regressão linear.

Os valores que compõem esta equação variarão de acordo com os dados utilizados no gráfico de regressão linear. Para cada conjunto de dados o software gerará uma equação diferente que posteriormente será utilizada para a estimação do dado faltante. Por isso é importante utilizar os dados da estação próxima que tiver o maior valor de correlação, aumentando, deste modo, as chances de acerto e aproximação do valor simulado com o dado real.

Finalmente, para estimar o dado faltante de acordo com a técnica de regressão linear, o *x* da equação deverá ser substituído pelo dado real, do período em questão, compilado na estação de apoio. O resultado da equação será o valor simulado para o preenchimento da falha.

De todas as estações adjacentes, conforme aponta Moscati, *et al*. (2000)[8] *apud* Fernandez (2007, p.18), apenas a estação que tiver o maior valor de correlação é a que entra na equação de regressão.

- **Ponderação regional**

Conforme esclarecido por Alexandre (2009, p. 23) o método de **ponderação regional** consiste na técnica ao qual "as falhas de um posto são preenchidas através de uma ponderação com base nos dados de pelo menos três postos vizinhos, que devem ser de regiões climatológicas semelhantes à do posto em estudo e o mais próximo possível do mesmo".

Young[9] *apud* Fernandez (2007, p.18) afirma que além de estarem localizadas em regiões climatológicas semelhantes às estações meteorológicas vizinhas devem ser escolhidas de acordo com o maior coeficiente de correlação e sempre procurando assegurar uma razoável distribuição espacial.

Alexandre (2009, p. 23) demonstra que este método pode ser aplicado a partir da seguinte equação:

$$y_{est.} = \frac{1}{3} \cdot \left[\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right] \cdot y_m$$

Onde:

- y_{est} *:* precipitação ou temperatura mensal ou anual a ser estimada;
- Y_m*:* precipitação ou temperatura média de longo período no posto com falha em questão;
- x_1, x_2 *e* x_3*:* precipitações ou temperaturas correspondentes ao mês (ou ano) que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas;
- x_{m1}, x_{m2} *e* x_{m3}*:* precipitações ou temperaturas médias de longo período nas três estações circunvizinhas.

[8] MOSCATI, M. C. L.; SANTO, C. M. do E.; PEREIRA, C. S.; GIAROLLA, E. Estudo climatológico sobre a costa sul-sudeste do Brasil. Parte II: organização e tratamento dos dados meteorológicos. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro: **anais online**, 2000.

[9] YOUNG, K. C. A three-way model for interpolating monthly precipitation values. Mon Wea. V.120,p. 2561 – 2569, 1992

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Para esta técnica o autor ainda orienta que para o preenchimento de falhas é necessário que os postos utilizados na equação tenham, no mínimo, dez anos de dados.

- **Equações de Pinto e Alfonsi (1974)**

Compreende às formulações realizadas por Pinto e Alfonsi (1974) de regressões múltiplas, empregando o método dos quadrados mínimos, que possibilitam estimar as temperaturas em função da altitude e latitude.

Os autores afirmam que:

> A possibilidade de se estimar normais mensais de temperaturas em função de altitude e latitude se baseia no fato de que este elemento climático é bastante sensível à variação daqueles parâmetros geográficos. No caso particular da latitude, observa-se que ela promove um gradiente acentuado na temperatura, principalmente, nas regiões entre os trópicos e os pólos.

As equações de regressão, calculadas pelos autores são empregadas da seguinte forma:

$$Y = a + b * x_1 + c * x_2$$

Onde:

Y = estimativa da temperatura em graus centígrados.
x_1 = altitude em metros.
x_2 = latitude em minutos.
a, b e c = valores fornecidos pelas equações de acordo com os meses do ano como pode ser observado no quadro 01.

Temperaturas máximas	
Meses	**Equações IAC**
Janeiro	=41,4-0,0072*x1-0,005*x2
Fevereiro	=44-0,0072*x1-0,007*x2
Março	=48,3-0,0066*x1-0,0107*x2
Abril	=59,1-0,0060*x1-0,0199*x2
Maio	=59,6-0,0043*x1-0,0227*x2
Junho	=58,9-0,0040*x1-0,0234*x2
Julho	=61,5-0,0050*x1-0,0245*x2
Agosto	=66,6-0,0046*x1-0,0268*x2
Setembro	=69,7-0,0057*x1-0,0277*x2
Outubro	=57,6-0,0065*x1-0,0183*x2
Novembro	=50,6-0,0071*x1-0,0123*x2
Dezembro	=43,4-0,0071*x1-0,0067*x2

Temperaturas mínimas	
Meses	**Equações IAC**
Janeiro	=33,5-0,0047*x1-0,0087*x2
Fevereiro	=36-0,0047*x1-0,0102*x2
Março	=35,7-0,0034*x1-0,0114*x2
Abril	=39,5-0,0037*x1-0,0158*x2
Maio	=40,4-0,0026*x1-0,019*x2
Junho	=40,1-0,0025*x1-0,0195*x2
Julho	1=41,6-0,0025*x1-0,0209*x2
Agosto	=45,7-0,0026*x1-0,0228*x2
Setembro	=42,7-0,0027*x1-0,0192*x2
Outubro	=41,5-0,0046*x1-0,0165*x2
Novembro	=39,8-0,0046*x1-0,0147*x2
Dezembro	=36,2-0,0054*x1-0,0108*x2

Equações
Onde:
x1 = altitudes em metro
x2 = latitude em minutos

Quadro 01. Equações de coeficiente de regressão das equações mensais e anuais para estimativas de temperaturas médias máximas e médias mínimas no Estado do Paraná. Fonte: Pinto e Alfonsi (1974).

Para este trabalho Pinto e Alfonsi (1974, p.5) alertam que estas "estimativas não são válidas para a faixa litorânea, devido ao fator maritimidade, que mascara os efeitos da latitude e da altitude" e que também, de modo geral, o período representativo de inverno são os meses que são simulados as maiores discordâncias entre dado medido e dado calculado.

- **Equações de Pinto e Alfonsi (1974) com compensação de dados de estação apoio (FANTE, 2014).**

Embasada nas equações de Pinto e Alfonsi (1974) esta técnica tem a proposta de melhorar e compensar temporalmente as mudanças dos padrões normais atmosféricos desde 1974, quando a técnica foi elaborada[10].

[10] De acordo com os autores essas equações foram formuladas com base nos valores médios de temperatura de 20 estações meteorológicas do estado do Paraná/SP.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

De acordo com este método reformulado por Fante (2014) os procedimentos iniciais são os mesmos explicitados por Alfonsi e Pinto (1974), no entanto, o valor final será o resultado da relação entre duas estações meteorológicas: estação principal utilizada na pesquisa, mas com dado faltante; e a estação meteorológica de apoio, que possui o dado de temperatura daquele período e, portanto, pode ser utilizada para simular o dado do local em questão.

Desta forma os procedimentos devem ser realizados pela seguinte sequência:

1) Calcula-se os valores mensais (ou anuais) faltantes, das temperaturas máximas e mínimas, de acordo com as equações disponibilizadas pela bibliografia de Alfonsi e Pinto (1974) (**quadro 1**), para a estação meteorológica principal, com dados faltantes.

2) Definida a estação de apoio (como explicitado no item 1.2.), calculam-se as equações mensais de Pinto e Alfonsi (1974) também para a estação meteorológica de apoio.

3) Posteriormente deve-se calcular, para cada mês, a diferença entre a normal da estação meteorológica principal (com dado falho) e a estação meteorológica de apoio, como pode ser observada nos **quadros 2 e 3**.

Dados - Máximas		
	Sorocaba	Piracicaba
Altitude	601	547
Latitude	23°30'	22°43'
Latitude em minutos	1410	1363

Dados - Mínimas		
	São Carlos	Piracicaba
Altitude	856	547
Latitude	22°01'	22°43'
Latitude em minutos	1321	1363

Quadro 2. Informações de altitude e latitude inseridas nas equações elaboradas por Pinto e Alfonsi (1974).

Temperaturas máximas				
Meses	Equações Pinto e Alfonsi (1974)	Resultados Piracicaba	Resultados Sorocaba	Diferença
Janeiro	=41,4-0,0072*x1-0,005*x2	30,7	29,7	0,9
Fevereiro	=44-0,0072*x1-0,007*x2	30,5	29,5	1,0
Março	=48,3-0,0066*x1-0,0107*x2	30,1	29,0	1,2
Abril	=59,1-0,0060*x1-0,0199*x2	28,7	27,2	1,5
Maio	=59,6-0,0043*x1-0,0227*x2	26,3	24,8	1,5
Junho	=58,9-0,0040*x1-0,0234*x2	24,8	23,3	1,5
Julho	=61,5-0,0050*x1-0,0245*x2	25,4	23,8	1,6
Agosto	=66,6-0,0046*x1-0,0268*x2	27,6	25,9	1,7
Setembro	=69,7-0,0057*x1-0,0277*x2	28,8	27,0	1,9
Outubro	=57,6-0,0065*x1-0,0183*x2	29,1	27,6	1,5
Novembro	=50,6-0,0071*x1-0,0123*x2	30,0	28,7	1,3
Dezembro	=43,4-0,0071*x1-0,0067*x2	30,4	29,4	1,0

Temperaturas mínimas				
Meses	Equações Pinto e Alfonsi (1974)	Resultados Piracicaba	Resultados São Carlos	Diferença
Janeiro	=33,5-0,0047*x1-0,0087*x2	19,1	18,0	1,1
Fevereiro	=36-0,0047*x1-0,0102*x2	19,5	18,5	1,0
Março	=35,7-0,0034*x1-0,0114*x2	18,3	17,8	0,6
Abril	=39,5-0,0037*x1-0,0158*x2	16,0	15,5	0,5
Maio	=40,4-0,0026*x1-0,019*x2	13,1	13,1	0,0
Junho	=40,1-0,0025*x1-0,0195*x2	12,2	12,2	-0,1
Julho	=41,6-0,0025*X1-0,0209*X2	11,8	11,9	-0,1
Agosto	=45,7-0,0026*x1-0,0228*x2	13,2	13,4	-0,2
Setembro	=42,7-0,0027*x1-0,0192*x2	15,1	15,1	0,0
Outubro	=41,5-0,0046*x1-0,0165*x2	16,5	15,8	0,7
Novembro	=39,8-0,0046*x1-0,0147*x2	17,3	16,5	0,8
Dezembro	=36,2-0,0054*x1-0,0108*x2	18,5	17,3	1,2

Quadro 3. Resultados das equações elaboradas por Pinto e Alfonsi (1974) para as estações meteorológicas, principal e de apoio e, resultados dos cálculos da diferença mensal média das temperaturas máximas e mínimas. Exemplo hipotético aplicado a estação meteorológica de Piracicaba em que foram simuladas falhas e a estação meteorológica de apoio, escolhida a partir do teste de correlação, Sorocaba e São Carlos[11].

Este cálculo permite observar a diferença de temperatura média em cada mês entre as duas estações meteorológicas, a estação principal com as falhas e a estação apoio. Por exemplo, no mês de Janeiro, para as temperaturas médias das máximas, Piracicaba (a estação com os dados falhos simulados) é em média 0,9°C mais quente que a estação de Sorocaba (estação de apoio). No mês de Fevereiro, a estação meteorológica de Piracicaba é em média 1°C mais quente que a estação de Sorocaba e assim sucessivamente.

4) Obtêm-se o valor real de temperatura na estação de apoio, do mesmo mês da falha em questão, na estação principal;

[11] Ressalta-se que de acordo com as particularidades dos conjuntos de dados, de temperaturas máximas e mínimas, da cidade de Piracicaba, o teste de regressão linear apontou maior correlação dos dados com duas cidades diferentes: São Carlos e Sorocaba. Para as temperaturas máximas os dados de Sorocaba tiveram maior correlação com os dados de Piracicaba. Para as temperaturas mínimas o conjunto de São Carlos teve o melhor resultado por este teste comparativo. Esse motivo explica a escolha de estações de apoio diferentes, para os conjuntos de dados de temperaturas máximas e mínimas, para Piracicaba.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

5) Acrescenta-se ou subtrai-se, ao dado da estação apoio, a diferença calculada entre as duas estações. Os procedimentos são demonstrados com maior clareza no esquema hipotético a seguir. **(Figura 02)**

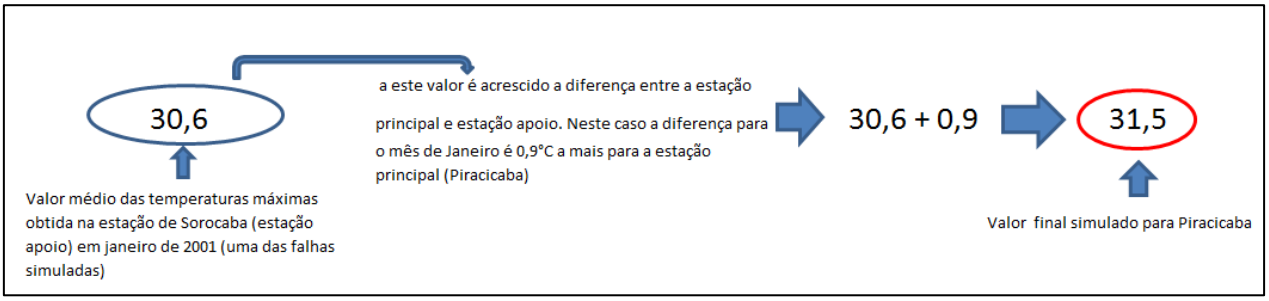


Figura 02. Esquema ilustrativo dos procedimentos de compensação aos dados da estação meteorológica de apoio. Simulação de dados para preenchimento de falhas com base em Pinto e Alfonsi (1974).

2 - MATERIAL E MÉTODOS;

A fim de testar a eficiência e comparar os resultados dos quatro métodos de preenchimento (regressão linear, ponderação regional, técnica de Pinto e Alfosi (1974) e técnica de Pinto e Alfonsi com compensação de dados da estação meteorológica de apoio (FANTE, 2014) foram simuladas algumas falhas para a série temporal de Piracicaba/SP (dados da ESALQ/USP)[12].

Os testes foram aplicados utilizando-se de dados de temperatura média das máximas e média das mínimas mensais, do período de 2001 a 2011. Deste conjunto simularam-se falhas em um mês por ano. (**Quadros 4 e 5**)

Quadro 4. Temperaturas médias das máximas mensais em Piracicaba.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2001	31,1	31,1	30,8	30,0	24,9	24,8	25,9	27,4	27,7	29,0	30,1	28,8
2002	29,2	28,5	31,5	31,2	26,3	27,4	24,7	28,5	26,7	33,3	29,9	30,7
2003	29,1	31,9	29,4	28,4	25,3	27,5	26,4	25,8	28,9	29,6	29,2	30,2
2004	28,9	29,2	29,2	28,6	23,8	24,3	23,3	27,1	32,0	27,1	29,2	29,5
2005	29,0	31,5	30,6	30,2	27,8	26,5	25,2	29,2	26,8	30,4	29,5	29,5
2006	31,4	30,3	31,0	28,3	25,4	26,3	27,1	29,4	28,3	29,6	30,4	30,1
2007	29,3	31,6	32,5	30,1	25,9	27,3	25,0	28,7	31,3	32,4	28,8	30,8
2008	28,8	30,7	29,7	28,0	24,7	25,3	26,7	27,7	27,1	29,4	30,1	30,2
2009	28,9	30,6	30,8	28,6	27,5	23,7	24,2	26,3	27,6	28,6	31,7	29,5
2010	30,2	31,8	30,5	28,4	25,6	25,7	26,9	27,9	29,4	28,6	30,5	30,7
2011	31,0	31,9	28,2	28,7	25,8	24,5	26,9	27,9	30,3	29,4	29,2	30,5

Quadro 5. Temperaturas médias das máximas mensais em Piracicaba. Ênfase para as falhas mensais simuladas.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
2001		31,1	30,8	30,0	24,9	24,8	25,9	27,4	27,7	29,0	30,1	28,8
2002	29,2		31,5	31,2	26,3	27,4	24,7	28,5	26,7	33,3	29,9	30,7
2003	29,1	31,9		28,4	25,3	27,5	26,4	25,8	28,9	29,6	29,2	30,2
2004	28,9	29,2	29,2		23,8	24,3	23,3	27,1	32,0	27,1	29,2	29,5
2005	29,0	31,5	30,6	30,2		26,5	25,2	29,2	26,8	30,4	29,5	29,5
2006	31,4	30,3	31,0	28,3	25,4		27,1	29,4	28,3	29,6	30,4	30,1
2007	29,3	31,6	32,5	30,1	25,9	27,3		28,7	31,3	32,4	28,8	30,8
2008	28,8	30,7	29,7	28,0	24,7	25,3	26,7		27,1	29,4	30,1	30,2
2009	28,9	30,6	30,8	28,6	27,5	23,7	24,2	26,3		28,6	31,7	29,5
2010	30,2	31,8	30,5	28,4	25,6	25,7	26,9	27,9	29,4		30,5	30,7
2011	31,0	31,9	28,2	28,7	25,8	24,5	26,9	27,9	30,3	29,4		30,5

Fonte: Banco de dados climatológicos ESALQ/USP. < http://www.leb.esalq.usp.br/anos.html>

Como aponta a bibliografia, para o desenvolvimento das técnicas de preenchimento de falhas são utilizados os dados de estações meteorológicas vizinhas. Assim, foi realizado um inventário de estações meteorológicas com série de dados igual ou maior que 10 anos, num raio aproximado de até 150 km. Escolheram-se as cidades de Bauru (INMET), Botucatu (UNESP), Sorocaba (INMET), Campinas (UNICAMP), Itapira (INMET), São Carlos (INMET) e São Simão (INMET). Os dados dessas estações foram obtidos no banco de dados climatológico do sítio da AGRITEMPO. (**Figura 3**)

[12] Optou-se por escolher o conjunto de dado de Piracicaba por dois principais motivos: a ausência de falhas na série e confiabilidade dos dados.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

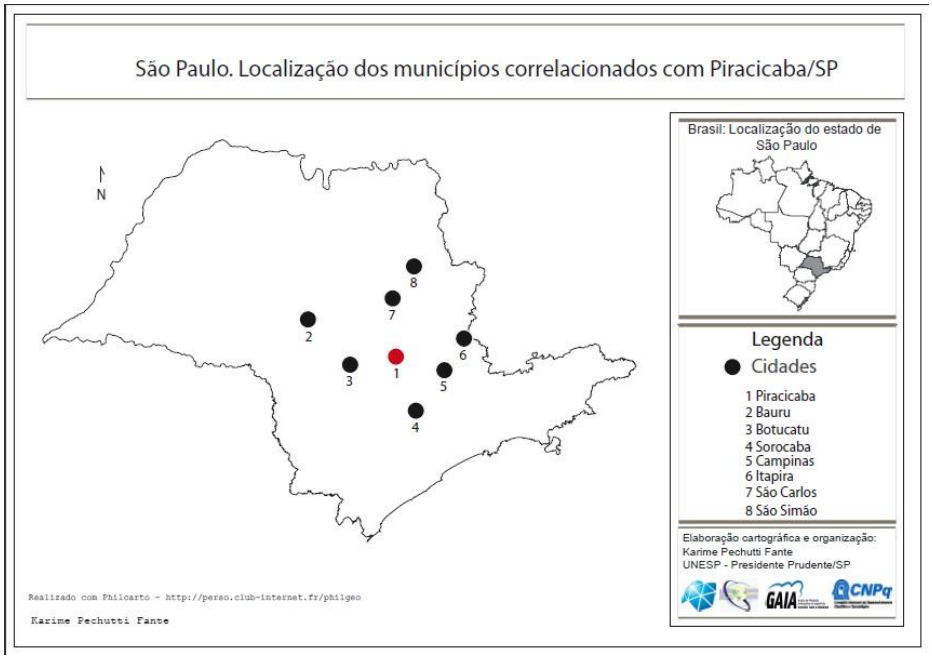


Figura 3. Localização do município de Piracicaba e demais cidades utilizadas para correlação de dados.

Em seguida foram realizados os cálculos de análise de correlação linear objetivando identificar os dados de estações meteorológicas que mais se correlacionavam com os dados da estação meteorológica de Piracicaba que posteriormente, foram utilizados nos testes de preenchimento de falhas.

Pelo teste de correlação linear os dados médios de temperatura máxima que mais se correlacionaram com os dados de Piracicaba foram: Sorocaba (0,931), São Carlos (0,9313), Itapira (0,9162), Campinas (0,8946), Botucatu (0,8204) e Bauru (0,7833).

Para os dados médios mensais de temperaturas mínimas o teste de correlação linear apontou que as estações meteorológicas que mais se correlacionaram com os dados de Piracicaba foram: São Carlos (0,975), Campinas (0,9617), Botucatu (0,9268), Sorocaba (0,9197), Itapira (0,9139), São Simão (0,9016) e Bauru (0,8862). (**Quadro 6**)

Quadro 6. Resultados obtidos pelas correlações de Piracicaba com as demais cidades.

Correlações -Média das temperaturas máximas							
	BOT	SOR	SCA	SSI	ITA	BAU	CAM
PIR	0,8204	0,931	0,9313	0,8733	0,9162	0,7833	0,8946

Correlações -Média das temperaturas mínimas							
	BOT	SOR	SCA	SSI	ITA	BAU	CAM
PIR	0,9268	0,9197	0,975	0,9016	0,9139	0,8862	0,9617

A partir de tais resultados foi possível escolher as estações vizinhas que compuseram os testes de preenchimento de falhas.

Para o teste de **ponderação regional** das temperaturas médias das máximas, escolheram-se as estações de Sorocaba, São Carlos e Campinas[13]. Para os dados de temperaturas média das mínimas, as cidades escolhidas foram: São Carlos, Campinas e Sorocaba[14].

Para as técnicas de **regressão linear; técnica de Pinto e Alfonsi (1974); e técnica de Pinto e Alfonsi com compensação de dados com estação meteorológica de apoio (FANTE, 2014)**, as quais utilizam os dados climatológicos de apenas uma única estação, escolheu-se para análise das médias das temperaturas máximas mensais os dados de

[13] Para esta análise os dados de Itapira foram cotados como uma das três estações vizinhas que tiveram os maiores índices de correlação, no entanto, os dados de Itapira foram substituídos pelos dados de Campinas, devido o elevado conjunto de falhas existentes na série.

[14] Nesta análise houve a substituição dos dados de Botucatu (3ª estação que mais se correlacionou com os dados de Piracicaba) pelos dados de Sorocaba devido às falhas no banco de dados existentes no período analisado.

Sorocaba[15] e, para o preenchimento das falhas de temperaturas média das mínimas mensais os dados obtidos na estação de São Carlos[16].

Após aplicar os diferentes métodos para simulação de dados para preenchimento de falhas, os resultados dos testes foram comparados com os dados reais de Piracicaba, por meio dos cálculos de desvios e somatórios de erros[17].

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com os resultados comparativos é possível observar que, das técnicas de preenchimento de falhas utilizadas, o método de **ponderação regional** foi o mais eficaz para os dados de temperatura médias das máximas e média das mínimas.

Os dados simulados a partir desta técnica pouco variaram em comparação ao dado real e não ultrapassaram a ordem de -0,9°C para os testes de temperatura máxima e 1,5ºC para os testes de temperatura mínima. Em relação ao cálculo de somatório dos erros, os resultados de desvios, juntos, somam 3,8ºC para as temperaturas máximas e 6,1ºC para as temperaturas mínimas, os menores valores de todas as análises realizadas.

O segundo teste com os melhores resultados foi o método de **Pinto e Alfonsi (1974b)** com compensação de dados com estação meteorológica de apoio. Para as análises de temperaturas médias das máximas esses testes simularam dados discrepantes do valor real de até 1,1º C e para as temperaturas mínimas os valores simulados não ultrapassaram 2,2º, dado simulado para a falha de junho de 2006. De acordo com o somatório dos desvios, os valores obtidos por esse método foram de 5,1°C para os dados de temperatura máxima e um pouco pior para os dados de temperatura mínima, 7,8ºC.

Seguindo esse viés comparativo o terceiro método com os melhores resultados foram as equações desenvolvidas por **Pinto e Alfonsi (1974a)**. O total de erros somados, oriundos desta técnica atingiu o desvio de 12,1ºC para as temperaturas máximas e, um pouco melhor para as temperaturas mínimas, o valor de 9,8ºC de diferença.

Por fim, o teste menos eficiente e, consequentemente, os valores simulados mais discrepantes do real, foi o método de **regressão linear**. Para as análises voltadas às médias mensais de temperatura máxima, observou-se que os dados referentes à análise de regressão linear atingiram valores discrepantes do real, da ordem de -1°C à -2,3°C.

Para as temperaturas médias das mínimas mensais constatou-se por meio da técnica de regressão linear o desvio máximo de 3,4° C, ou 33%. Ao final de todas as falhas simuladas somou-se o total de 20ºC de desvios em relação ao dado real para as temperaturas médias das máximas e 12,2°C para a as temperaturas médias das mínimas. (**Quadros 07 e 08)**

Média das temperaturas máximas		Regressão linear		Ponderação regional		Equações de Pinto e Alfonsi (1974)		Equações de Pinto e Alfonsi (1974) + Compensação com dados de estação apoio (FANTE, 2014)	
mês/ano	Piracicaba - dado real	Resultados	Desvios	Resultados	Desvios	Resultados	Desvios	Resultados	Desvios
jan/01	31,1	29,7	-1,4	31,1	0,0	28,6	-2,5	31,5	0,4
fev/02	28,5	27,2	-1,3	28,7	0,2	30,5	2,0	29,1	0,6
mar/03	29,4	28,4	-1,0	29,9	0,5	30,1	0,7	30,5	1,1
abr/04	28,6	27,3	-1,3	28,9	0,3	28,7	0,1	29,7	1,1
mai/05	27,8	25,9	-2,0	27,3	-0,5	26,3	-1,5	28,2	0,4
jun/06	26,3	24,1	-2,2	25,7	-0,6	24,8	-1,5	26,4	0,1
jul/07	25,0	22,7	-2,3	24,1	-0,9	25,4	0,4	25,1	0,1
ago/08	27,7	25,5	-2,2	27,4	-0,3	27,6	-0,1	28,0	0,3
set/09	27,6	25,7	-2,0	27,8	0,2	28,8	1,2	28,4	0,8
out/10	28,6	26,3	-2,3	28,8	0,2	29,1	0,5	28,6	0,0
nov/11	29,2	27,2	-2,0	29,3	0,1	30,0	0,7	29,4	0,2
	Somatório de erros		20,0		3,8		12,1		5,1

[15] Para a análise de regressão linear (temperaturas máximas) a equação gerada no Excel utilizada foi: y = 0,9897x - 0,5683.

[16] Para a análise de regressão linear (temperaturas mínimas) a equação gerada no Excel utilizada foi: y = 0,7692x + 3,9465.

[17] Para este cálculo não foram considerados os sinais dos valores, apenas o somatório de todos os desvios. Buscava-se entender qual o valor total de desvios em relação aos dados reais.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Quadro 07. Resultados das simulações de dados de temperatura média das máximas por meio das técnicas de regressão linear, ponderação regional, equações de Pinto e Alfonsi (1974ª) e, equações de Pinto e Alfonsi (1974b) com compensação de dados de estação apoio.

Média das temperaturas mínimas		Regressão linear		Ponderação regional		Equações de Pinto e Alfonsi (1974)		Equações de Pinto e Alfonsi (1974) + Compensação com dados de estação apoio (FANTE, 2014)	
mês/ano	Piracicaba - dado real	Resultados	Desvios	Resultados	Desvios	Resultados	Desvios	Resultados	Desvios
jan/01	19,6	18,3	-1,3	19,1	-0,4	19,1	-0,5	19,7	0,1
fev/02	18,8	18,0	-0,7	17,9	-0,8	19,5	0,8	19,3	0,5
mar/03	18,5	18,0	-0,5	17,9	-0,6	18,3	-0,2	18,9	0,3
abr/04	16,9	16,8	-0,1	16,5	-0,4	16,0	-1,0	17,2	0,2
mai/05	13,7	14,8	1,1	14,1	0,4	13,1	-0,6	14,1	0,4
jun/06	10,3	13,6	3,4	11,7	1,5	12,2	1,9	12,5	2,2
jul/07	10,9	13,4	2,5	11,4	0,5	11,8	0,8	12,2	1,3
ago/08	13,5	15,4	1,9	14,1	0,6	13,2	-0,3	14,7	1,2
set/09	16,8	16,9	0,1	16,3	-0,5	15,1	-1,7	16,8	0,0
out/10	15,4	15,9	0,6	15,5	0,1	16,5	1,1	16,3	0,9
nov/11	16,4	16,4	0,0	16,2	-0,2	17,3	0,9	17,0	0,6
	Somatório de erros		12,2		6,1		9,8		7,8

Quadro 08. Resultados das simulações de dados de temperatura média das mínimas por meio das técnicas de regressão linear, ponderação regional, equações de Pinto e Alfonsi (1974a) e, equações de Pinto e Alfonsi (1974b) com compensação de dados de estação apoio.

4 - CONCLUSÕES

Com a presente pesquisa foi possível comparar e constatar a eficiência na utilização de técnicas geo-estatíticas para a estimativa de dados de temperatura faltantes.

De modo geral, as técnicas analisadas, apresentam resultados significativos, no entanto, com diferentes níveis de aproximação.

Neste contexto a técnica de Ponderação regional foi o método que simulou os dados mais próximos do real enquanto que, dentre as outras quatro metodologias testadas, o teste de Regressão linear foi o que teve o desempenho menos desejável.

Apesar de constatada a eficiência na qualidade de determinadas técnicas ainda assim, nada é melhor para estudos climatológicos que o dado real, compilado nas estações, oriundo de banco de dados confiáveis e consistentes.

No entanto a verificação da qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos a partir do uso de determinadas técnicas geo-estatísticas demonstram que a utilização de novos arcabouços teóricos-metodológicos interdisciplinares devem ser vistos, fundamentalmente, de modo favorável ao avanço da ciência climatológica.

5 – AGRADECIMENTOS.

Agradecimentos ao Instituto Nacional de meteorologia (INMET) pela cessão dos dados e ao Conselho Nacional de Pesquisas e desenvolvimento científico e tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa em nível de mestrado.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ALEXANDRE, G. R. **Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de belo horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos**. 2009. 215 p. Dissertação de mestrado (Programa de pós-graduação em saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, UFMG, Belo Horizonte/MG. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/handle/1843/REPA-82TJGL>. Acessado em: março de 2013.

ALFONSI, R. R.; PINTO, H. S.; PEDRO JUNIOR, M. J. Estimativas das normais de temperatura média mensal e anual do estado de Goiás (BR) em função de altitude e latitude. In: **Caderno de ciências da terra.** São Paulo: Cairu, 1974. v.45 p. 1 – 27.

CHIBANA, E. Y.; FLUMIGNAN, D.; MOTA, R. G.; VIEIRA, A. de S.; FARIA, R. T. Estimativa de falhas em dados meteorológicos. Anais online. In: V CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, SBI-AGRO. Londrina/PR: **Anais online**, 2005, 8 p. Disponível em: < http://www.sbiagro.org.br/pdf/v_congresso/Trabalho41.pdf> Acessado em: 12/04/2013.

EISCHEID, J.K.; BAKER, C. B.; KARL, T. R.; DIAZ, H, F. The quality control of long-term climatological data using objective data analysis. **Journal of Applied Meteorology.** v. 34, p. 2787 - 2795. 1995. DOI: http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(1995)034<2787:TQCOLT>2.0.CO;2 Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0450%281995%29034%3C2787%3ATQCOLT%3E2.0.CO%3B2>. Acessado em: 02/01/2014.

EISCHEID, J. K.; PASTERIS, P. A.; DIAZ, H.F.; PLANTICO, M.S.; LOTT, N.J.; Creating a serially Complete, National Daily Time Series of Temperature and Precipitation for the Western United States. **Journal of Applied Meteorology**. V. 39, p. 1580 - 1591. 2000. DOI: http://dx.doi.org/10.1175/1520-0450(2000)039<1580:CASCND>2.0.CO;2. Disponível em: < http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450(2000)039%3C1580:CASCND%3E2.0.CO%3B2> Acessado em: 02/01/2014.

FANTE, K. P. **Variabilidade da temperatura em áreas urbanas não metropolitanas do Estado de São Paulo – Brasil no período de 1961 a 2011**. Dissertação de Mestrado. PPGG – UNESP, Presidente Prudente/SP, 2014, 260 p.

FANTE, K. P.; SANT'ANNA NETO, J. L. Aplicação de técnicas geoestatíticas em análises climatológicas: metodologias para preenchimento de falhas. In: XV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2013. Vitória/ES. **Anais online.** p.782 – 790, 2013. Disponível em: <http://www.xvsbgfa2013.com.br/anais/trabalhos/Eixo02.pdf#page=782>. Acesso em: 10/09/2013.

FERNANDEZ, M. N. **Preenchimento de falhas em séries temporais**. 2007. 106 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Engenharia Oceânica) - Fundação Universidade Federal do Rio Grande, FURG, Rio Grande/RS. Disponível em: <http://www.engenhariaoceanica.furg.br/arquivos/fernandez,m.n.pdf> Acessado em: dezembro de 2012.

HUTH, R.; NEMESOVÁ, I. Estimation of missing daily temperatures: can a weather categorization improve its accuraty? Jornal of Climate. July, 1995, p. 1901 -1916. Disponível em: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%281995%29008%3C1901%3AEOMDTC%3E2.0.CO%3B2>. Acessado em: 18/07/2015.

LEIVAS, J. F.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. Risco de deficiência hídrica decendial na metade sul do Estado do Rio Grande do Sul. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (AGRIAMBI). Campina Grande/PB. V. 10, n.2, p.397-407, 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n2/v10n2a22.pdf>. Acessado em: 18/07/2015.

MOSCATI, M. C. L.; SANTO, C. M. do E.; PEREIRA, C. S.; GIAROLLA, E. Estudo climatológico sobre a costa sul-sudeste do Brasil. Parte II: organização e tratamento dos dados meteorológicos. In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2000, Rio de Janeiro: **anais online**, 2000. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-9d7f986446de7790794ac29252f5675d.pdf> Acessado em: 28/09/2013.

NASCIMENTO, T. S. do; SARAIVA, J. M. B.; SENNA, R.; AGUIAR, F. E.O. Preenchimento de falhas em banco de dados pluviométricos com base em dados do CPC (Climate Prediction Center): estudo de caso do rio Solimões-Amazonas. **Revista Brasileira de Climatologia.** Presidente Prudente. Vol. 7, p. 143 - 158, set. 2010. Disponível em: <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/view/25643> Acessado em: Outubro de 2012.

OLIVEIRA, L. F. C. de.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A.M.M.; SILVA, M.A.S.; Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande/PB. v. 14. n. 11. p. 1186 – 1192, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010001100008> Acessado em: Outubro de 2012.

PINTO, H. S.; ALFONSI, R. R. Estimativa das temperaturas médias, máximas e mínimas mensais no estado do Paraná, em função de altitude e latitude. In: **Caderno de ciências da terra.** Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia. São Paulo/SP. Editora gráfica Cairu. V.52. 1974. p. 1 – 28.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

PINTO, H. S.; ORTOLANI, A. A.; ALFONSI, R. R. Estimativa das temperaturas médias mensais do estado de São Paulo em função de altitude e latitude. In: **Caderno de ciências da terra.** Universidade de São Paulo. Instituto de Geografia. São Paulo/SP. Editora gráfica Cairu. V.23. 1972. p. 1 – 20.

SILVA, F. D. S.; COSTA, R. L.; BARRETO, N; PEDRA, G. U. Análise de tendências em dados diários de temperaturas máximas e mínimas em estações meteorológicas do estado da Paraíba. In: Número. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 2012, Gramado/RS. **Anais online.** Gramado/RS. 2012. p. 1 – 6. Disponível em < http://www.sbmet.org.br/cbmet2012/pdfs/64HY.pdf>. Acessado em: 04/03/2014.

VENTURA, T. M. **Preenchimento de falhas de dados micrometeorológicos utilizando técnicas de inteligência artificial**. 2012. 84 p. Dissertação de mestrado (Mestrado em Física Ambiental). Universidade Federal do Mato Grosso, UFMT, Cuiabá/MT.

Texto submetido à RBClima em 22/09/2015