

## Comparação entre dados de precipitação obtidos por satélites e por pluviômetros no Vale do Paraíba

Patrícia Mayumi Teramoto<sup>1</sup>  
Gilberto Fisch<sup>2</sup>  
Silvio Jorge Coelho Simões<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP/FEG  
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – CEP 12516-410 – Guaratinguetá, SP, Brasil  
{civ06199, simoes}@feg.unesp.br

<sup>2</sup> Instituto de Aeronáutica e Espaço (IAE)  
Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 – CEP 12228-904 – São José dos Campos, SP, Brasil  
gfisch@iae.cta.br

**Abstract.** In the meteorological community, there are for free groups of data of global precipitation that could be used in hydrological cycle studies. These data show a good time and spacial resolution, furthermore they don't be fail. However, they need to be calibrated and validated against local observation. This work intended to develop a study that has used the gauge observation has been doing in the meteorological point in the UNITAU (Taubaté University) of 1983 until 2008 and compare them with GPCP (Global Precipitation Climatology Project) data base, monthly estimate for a period of 1979 until 2008, for trend analysis in the local due to changes in global climatology. The analysis have realized with traditional statistics. The validation of these data let to extend the actual series, fail and limited, for long periods. The correlation among the observation and estimate in the time's scale monthly and season that shows the best result were May ( $R=0,8890$ ) for month and winter ( $R=0,7725$ ), respectively. The time series shows the maintenance of the hydrological regime.

**Palavras-chave:** global precipitation, GPCP data base.

### 1. Introdução

O Vale do Paraíba compreende cidades localizadas no estado de São Paulo e Rio de Janeiro, em sua porção paulista abriga um dos maiores pólos industriais, além de acolher áreas de pecuária extensiva, sendo sinônimo de desenvolvimento.

A região Sudeste está localizada na zona tropical do planeta Terra e caracteriza-se por múltiplas condições climáticas ao longo de todo o ano, apresentando variabilidade sazonal, característica do clima tropical úmido-seco ou tropical do Brasil central. No Vale do Paraíba, predomina o clima tropical do Brasil central sem seca, ou seja, há ocorrência de chuvas em todos os meses, mas com maior concentração no verão, período em que ocorrem temperaturas elevadas, provocando chuvas de origem convectiva. Por outro lado, no inverno ocorre uma redução da precipitação, sendo que as chuvas são de origem frontal.

Atualmente, a NASA (National Aeronautics and Space Administration), juntamente com outros órgãos internacionais de pesquisas meteorológicas, desenvolvem programas espaciais e satélites, os quais buscam gerar dados que possam trazer informações concretas sobre as mudanças climáticas que a Terra vem sofrendo e, dessa forma, determinar se este é um processo natural e evolutivo do planeta ou uma consequência da ação humana.

Dentre estes programas cita-se o GPCP (Global Precipitation Climatology Project), o qual disponibiliza informações mensais de precipitação desde 1979, combinando dados in situ de precipitação obtidas por pluviômetros e estimativas de precipitação através de imagens de

satélites gerando estimativas globais com uma resolução espacial de 2,5 x 2,5 graus, o que representa 250km x 250km (Adler et al. 2003). A grande vantagem destas estimativas é que são aproveitados os aspectos bons que cada fonte de dados oferece após a correta manipulação.

O conhecimento do regime pluviométrico da região, através de dados históricos observacionais e estimado, permite identificar possíveis tendências locais de precipitação como descrito por Gruber e Levizzani (2006).

Os dados de precipitação pluviométrica no posto de coleta da UNITAU – Universidade de Taubaté são registrados desde 1983, o que nos permite adotar neste trabalho uma série histórica de somente 26 anos (1983-2008). Tais dados apresentam falhas devido a problemas instrumentais e operacionais e, também são realizados pontualmente, o que não é apropriado para chuvas convectivas podendo ocasionar erros (FISCH et al. 2006).

O objetivo principal deste trabalho é comparar dados de precipitação observacionais e estimados para o Vale do Paraíba obtidos respectivamente por pluviômetro e por satélites a fim de identificar possíveis tendências locais.

## 2. Metodologia

### 2.1 Coleta e análise de dados

Os dados disponibilizados pelo GPCP foram obtidos na página <http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/rain.GPCP.2.shtml>, para o quadrilátero compreendido entre as latitudes 22,5° e 25° S e as longitudes 45° e 47,5° W e podem ser vistos na **Tabela 1**. Estes se referem a uma área definida por coordenadas geográficas pré-determinadas pela resolução espacial do satélite e por produtos de origem de previsão numérica de tempo. Por outro lado, os dados medidos *in situ* na UNITAU foram fornecidos pelo Departamento de Ciências Agrárias daquela Universidade, são medidas pontuais realizadas com um pluviômetro convencional (Ville de Paris) e são apresentados na **Tabela 2**. Folhes e Fisch (2006) fazem uma análise detalhada destes dados observacionais, inclusive com estudos sobre a tendência temporal do regime pluviométrico.

A série apresentada pelos dados observacionais limita-se a 1983 a 2008, mas não apresenta falhas de coleta de dados, sendo utilizada para a calibração e validação dos dados estimados. A série completa de 1979 a 2008 do GPCP será utilizada para a análise de tendências de precipitação.

Tabela 1 - Totais mensais (mm) de precipitação obtidos pelo GPCP.

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1979	156,1	221,6	126,8	85,6	116,0	23,6	90,8	94,1	132,3	126,8	184,9	196,0
1980	221,9	233,7	118,1	124,3	31,9	71,0	58,1	91,6	96,8	113,5	139,0	272,2
1981	222,4	112,6	207,8	91,7	29,0	68,2	47,9	41,9	31,0	187,2	214,3	208,7
1982	230,1	205,3	253,2	87,4	64,4	68,0	54,1	52,3	28,7	166,0	168,6	293,0
1983	228,2	232,3	274,5	156,8	186,5	183,1	82,9	21,6	248,1	154,9	142,5	260,4
1984	182,5	40,5	98,5	125,1	67,5	22,0	43,2	100,5	104,9	60,0	124,1	195,5
1985	270,3	244,7	248,2	89,2	58,7	32,0	14,6	22,6	87,6	60,2	138,8	162,9
1986	163,9	260,4	257,8	91,7	103,5	22,0	80,8	88,7	63,8	62,1	152,3	346,6
1987	271,9	176,7	139,9	173,9	196,2	124,0	30,4	17,6	104,6	112,9	80,4	170,9
1988	245,8	238,3	133,4	159,5	143,7	71,7	20,3	5,0	51,9	153,9	89,7	173,1
1989	229,7	240,0	177,1	118,5	89,1	62,4	114,6	26,1	119,9	62,9	114,0	139,4

1990	225,8	125,2	179,0	90,1	65,3	47,3	106,9	55,3	92,5	100,3	90,7	107,6
1991	237,8	204,8	326,4	94,2	50,4	58,0	36,7	31,2	79,9	146,5	71,4	207,6
1992	163,0	104,0	202,3	68,8	105,5	9,7	67,1	38,5	125,2	180,6	198,4	140,0
1993	208,8	269,9	170,6	95,4	71,9	78,3	20,8	36,3	186,7	109,1	104,0	175,6
1994	225,7	187,6	227,3	113,1	82,4	58,0	37,8	15,2	31,7	96,3	147,2	236,3
1995	315,4	367,1	241,1	74,2	91,2	54,8	46,8	58,5	78,8	189,4	126,0	243,6
1996	243,4	259,7	346,0	99,1	62,1	58,9	24,0	42,8	167,2	157,0	147,9	257,7
1997	304,5	93,1	78,6	57,0	79,1	101,0	15,1	48,0	120,3	91,5	165,0	188,6
1998	185,8	305,9	180,9	69,1	104,2	31,8	18,8	62,1	108,7	218,3	59,2	192,2
1999	326,1	260,4	174,5	80,9	50,2	67,6	23,7	16,0	101,8	54,8	100,9	171,9
2000	304,2	223,2	157,3	17,7	21,8	16,0	41,2	81,8	140,5	69,9	185,0	251,5
2001	203,3	209,2	158,2	34,9	111,3	37,7	41,3	46,6	62,1	175,4	165,2	203,6
2002	264,5	214,6	164,6	62,5	76,1	57,9	37,9	90,8	79,0	109,5	212,2	222,4
2003	370,3	128,2	154,8	75,9	48,5	15,6	43,3	42,6	28,8	122,5	162,3	188,1
2004	240,2	273,3	155,8	147,7	87,0	50,1	88,3	7,6	34,4	109,2	156,6	230,5
2005	314,4	130,6	193,4	139,8	136,0	47,9	52,1	24,8	147,8	145,9	106,4	175,8
2006	250,9	233,5	234,2	50,2	28,3	21,3	57,0	24,9	92,8	120,7	226,0	223,8
2007	277,4	194,1	134,0	105,5	75,9	20,5	136,5	21,9	16,4	106,6	194,3	200,8
2008	342,4	267,0	199,2	149,0	*	*	*	*	*	*	*	*

\* Dados ainda não disponíveis.

Tabela 2 - Totais mensais (mm) de precipitação obtidos na UNITAU.

Ano	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
1983	258	193	136,5	111,5	127,5	151	53	11,5	266	51,5	109,3	157,5
1984	103,5	63	67	109	90,5	0	3,5	48,5	84,5	24,5	98,5	161
1985	275	200	189,5	44	57	10,5	2,5	9	75,5	117	109,5	237
1986	142,5	134	268	83,5	58	7	26,5	81,5	39,5	42,5	115,5	249,5
1987	293,5	215	111	221	181	129	11,5	1,5	50	103,5	85,5	70,5
1988	196	293	213	97	152,5	31	0	0	34	153,5	71,5	178
1989	231,5	340,3	247,3	113,3	72,9	85,5	84,2	79,4	83,7	19,2	135,8	193,8
1990	161,7	123,2	132,8	74,5	21,3	5	67,8	76,2	117,6	83,3	107,5	95,3
1991	301,9	162,4	356,3	84,8	20	32,9	9,8	14,1	118	141,3	96,8	178,1
1992	166,5	129,8	159,8	80	53,7	0	75,2	23,7	125,6	114,5	210,5	130,2
1993	245,6	250,6	300,2	131,7	49	31,9	12,3	14,7	145,5	84,5	79,9	86,1
1994	216,7	72,4	151,3	100,1	89,2	40,5	21,7	0	1,1	96,7	132,4	298,2
1995	151	353,5	197,8	31	67,5	8,1	63,9	11,9	38,2	266,5	120,3	183,1
1996	215,8	229,3	364,8	48,1	31,9	22,9	5,1	26,1	149,2	124,1	189,5	201,3
1997	223,5	49,2	70,4	25,8	57,4	69,3	9	18,4	112,6	63,8	243,8	142,4
1998	120,7	254,3	158,4	45,6	89,1	12,4	12,3	10,6	141,1	211,1	66,4	130,5
1999	377,6	401,4	80,5	40,6	19	68,6	11	4,8	65	26,5	71,4	150
2000	342	169,1	260,1	8,3	9,4	0,4	60,5	92,4	90,4	56	227,8	235,9
2001	109,9	108,6	123,4	25,8	81	6,2	31	60,7	71,1	137,1	121,1	270,4
2002	265,3	192,7	113,1	56,8	71,9	1,8	9,2	78,8	60,2	99,6	301	114,9

2003	288,2	48,5	131,1	23,7	29,5	1,3	15,7	25,7	22,9	188,4	170,3	88,1
2004	251,1	276,4	172,7	137,6	87,9	52,8	84,6	3,7	41,9	152,9	225,9	126,7
2005	331,8	78,5	121,6	72,6	105,2	18,1	27,7	1,7	94,5	131,1	139,4	198
2006	177,4	296,5	206,8	78,6	34,2	5,8	57,9	23,1	73,6	128,7	218,6	177,2
2007	150,9	94,5	85,1	137,4	55,2	19,5	128,2	1,2	24,1	140,8	263,9	110,2
2008	230,4	189,1	266,7	173,6	52,4	31,8	0	91,9	59,6	93,1	246,6	313,5

A partir dos dados coletados foram confeccionados gráficos que correlacionam os dados observacionais com as estimativas e com o cálculo de dois parâmetros, sendo Desvio1 o viés estatístico da amostra e o Desvio 2 este mesmo viés normalizado. Estes desvios, apresentados nas equações 1 e 2, foram calculados com o auxílio do software Excel para as escalas de tempo mensal, sazonal e anual. O termo observação corresponde aos dados pluviométricos medidos na UNITAU e a estimativa aos dados do GPCP.

$$\text{Desvio 1} = \text{Estimativa} - \text{Observação} \quad (1)$$

$$\text{Desvio 2} = \frac{\text{Estimativa} - \text{Observação}}{\text{Observação}} \quad (2)$$

### 3. Resultados

Como se pode perceber no gráfico de precipitação média sazonal (**Figura 2**) há variação considerável entre as estações do ano como já preconizado na literatura. Tal ocorrência também pode ser observada no gráfico de precipitação média mensal (**Figura 1**). Para o ano de 2008 ainda não está disponível a série completa de dados; por isso, esta série não foi considerado na análise anual e sazonais correspondentes ao outono, inverno e primavera. A **Figura 3** apresenta a precipitação total anual.

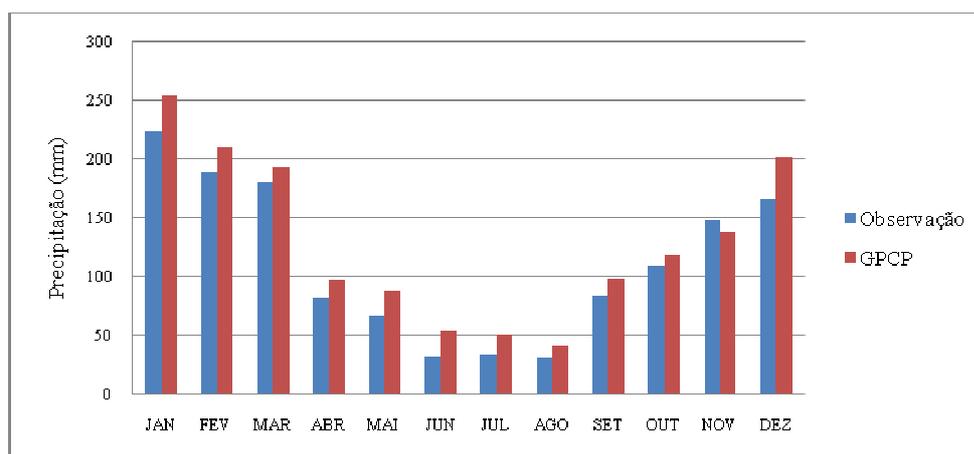


Figura 1 - Precipitação média mensal.

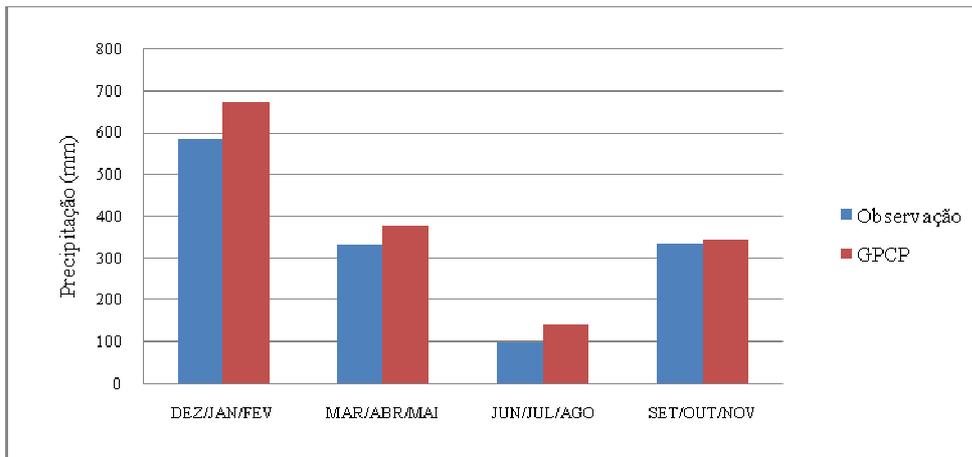


Figura 2 - Precipitação média sazonal.

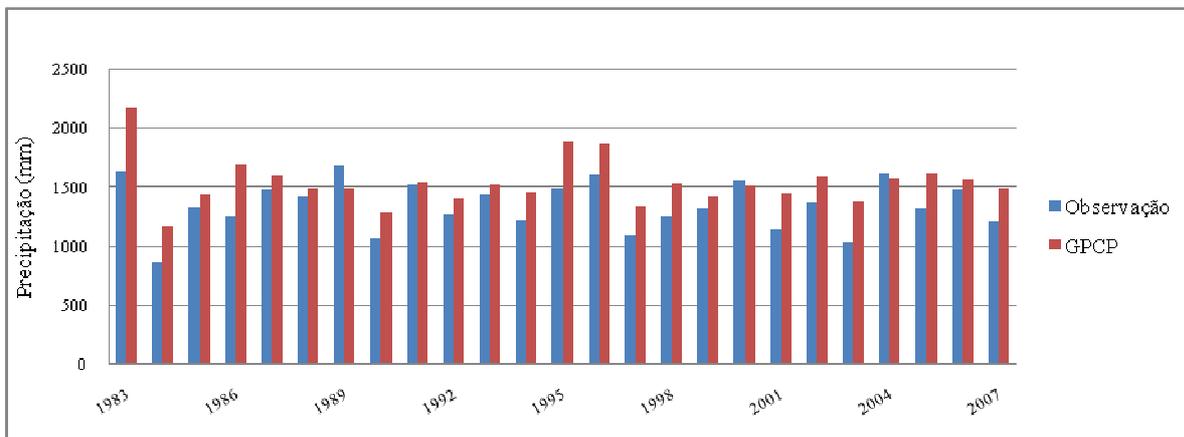


Figura 3 - Série temporal da Precipitação no Vale do Paraíba.

A **Figura 4** mostra a precipitação estimada pelo GPCP desde 1979 e indica a manutenção do regime pluviométrico, segundo o software KyPlot versão 2.0, disponibilizado ao público gratuitamente, através da utilização do Método de Mann-Kendal. A tendência de precipitação ao longo dos últimos 29 anos apresentou  $\tau = -0,0394$ .

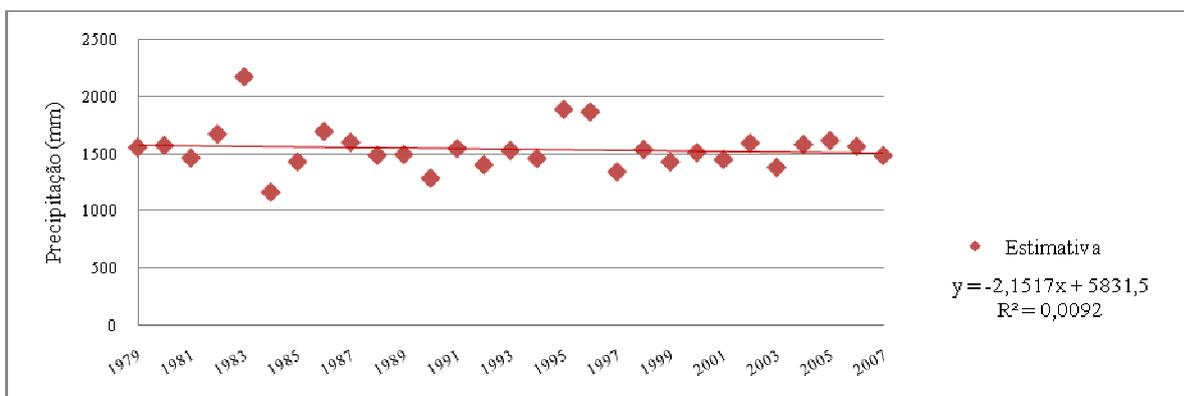


Figura 4 - Série temporal completa dos dados de precipitação anual.

Nas **Tabelas 3, 4 e 5**, são apresentadas as correlações obtidas entre os dados observacionais e os estimados, para as escalas de tempo mensal, sazonal e anual, respectivamente.

Tabela 3 - Resultados de coeficiente de correlação (escala mensal).

Mês	R (Observação x Estimativa)	R (Observação x Desvio 1)	R (Observação x Desvio 2)
Janeiro	0,6005	-0,6860	-0,7480
Fevereiro	0,7508	-0,6773	-0,6717
Março	0,6674	-0,6632	-0,6947
Abril	0,7850	-0,6076	-0,7059
Maio	0,8890	-0,1998	-0,6251
Junho	0,8886	-0,3325	-0,4018
Julho	0,8667	-0,2992	-0,5143
Agosto	0,7083	-0,5262	-0,5243
Setembro	0,8834	-0,3400	-0,3380
Outubro	0,7367	-0,6523	-0,7025
Novembro	0,8400	-0,7760	-0,6309
Dezembro	0,4429	-0,6583	-0,7575

Tabela 4 - Resultados de coeficiente de correlação (escala sazonal).

Estação	R (Observação x Estimativa)	R (Observação x Desvio 1)	R (Observação x Desvio 2)
Verão	0,6141	-0,6824	-0,7429
Outono	0,6693	-0,4761	-0,6394
Inverno	0,7725	-0,5746	-0,7947
Primavera	0,7142	-0,5526	-0,7187

Tabela 5 - Resultados de coeficiente de correlação (escala anual).

Ano	R (Observação x Estimativa)	R (Observação x Desvio 1)	R (Observação x Desvio 2)
1983 – 2008	0,6814	-0,4300	-0,6449

Para as observações nas escalas de tempo mensal, sazonal e anual, o indicador Desvio 2 apresentou melhores resultados. Ele representa uma normalização da diferença (entre observação e o estimado) pelo valor típico do mês (observado).

As **Figuras 5 e 6** representam os melhores resultados obtidos em escala mensal e sazonal que foram, respectivamente, em maio ( $R=0,8890$ ) e no período de inverno ( $0,7725$ ). Como pode ser notado, eles não apresentam distorções de resultados.

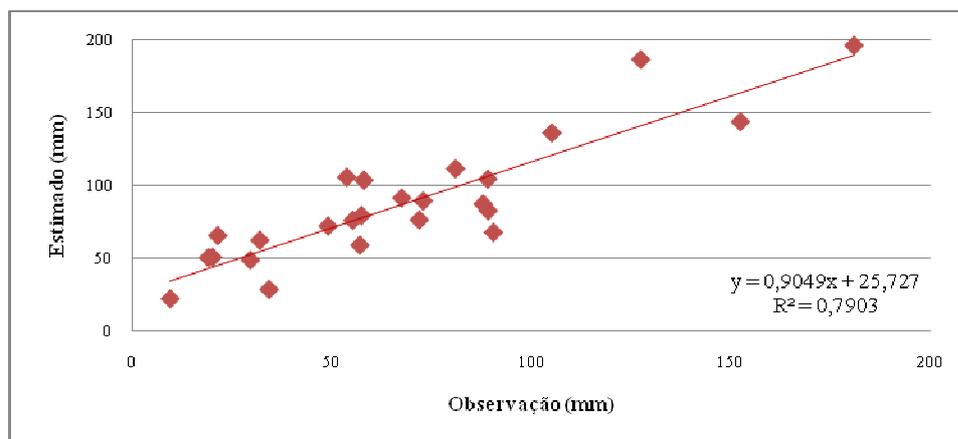


Figura 5 - Comparação entre dados observacionais (UNITAU) com a estimativa (GPCP) para o mês de maio.

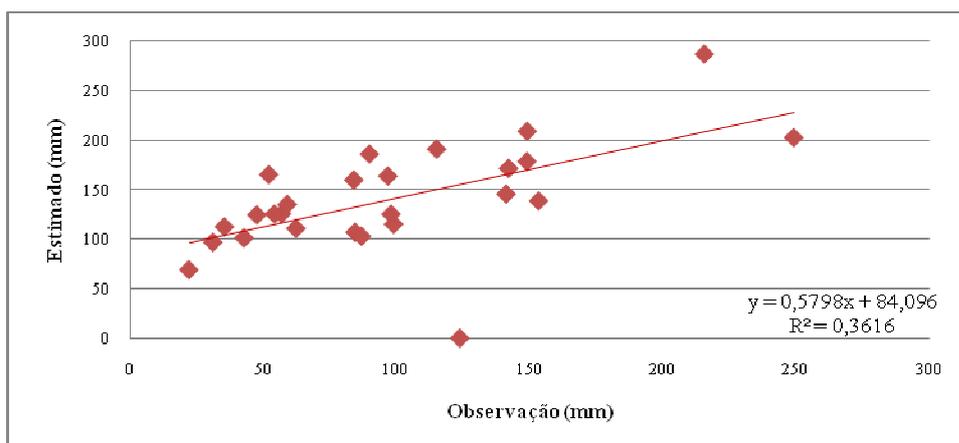


Figura 6 - Comparação entre dados observacionais (UNITAU) com a estimativa (GPCP) para o período de inverno.

### 3. Conclusão

Os resultados apresentados nas escalas de tempo mensal, sazonal e anual para a série temporal de observações e do GPCP mostram a mesma tendência, o que representa que os dados do GPCP podem ser utilizados como representativos da região do Vale do Paraíba.

A análise da série temporal completa do GPCP mostra que não houve alteração na tendência de precipitação, indicando a manutenção do regime pluviométrico local ao longo dos últimos 29 anos, sendo  $\tau = -0,0394$ .

Através das correlações mensais, sazonais e anuais foram obtidos os coeficientes de correlação e as retas de ajuste, bem como os desvios entre os dados, por meio dos quais se validou as estimativas do GPCP para valores observacionais do Vale do Paraíba. Isto permitiu a ampliação dos dados de precipitação para uma série histórica mais longa de 29 anos, suprimindo as falhas e limitações destes. No período de 1983 a 2008, os melhores resultados correspondem ao mês de maio ( $R = 0,8890$ ) e ao inverno ( $R = 0,7725$ ). De modo geral, a correlação entre observações e estimativas ou desvios calculados para todas as escalas temporais analisadas são classificadas médias ( $0,3 \leq R < 0,7$ ) ou altas ( $0,7 \leq R < 1$ ).

As variações nos ajustes obtidos podem ser justificadas pela origem dos dados, lembrando que os dados estimados compreendem um quadrante de  $2,5^\circ \times 2,5^\circ$  e os dados observacionais são pontuais.

### 4. Referências Bibliográficas

Adler, R.F., G.J. Huffman, A. Chang, R. Ferraro, P. Xie, J. Janowiak, B. Rudolf, U. Schneider, S. Curtis, D. Bolvin, A. Gruber, J. Susskind, and P. Arkin, 2003: The Version 2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation Analysis (1979 - Present). *J. Hydrometeorol.*, v. 4, n. 6, p. 1147-1167, 2003.

BRASIL. Ministério da Defesa. Centro de Lançamento de Alcântara. Disponível em: <<http://www.cla.aer.mil.br/>>. Acesso em: 16 jan. 2009.

Fisch, G. Vendrame, I. F., Hanaoka, P.C. de M. Variabilidade Espacial da Chuva durante o experimento LBA/TRMM 1999 na Amazônia. *Acta Amazônica*, v. 37, n. 4, p. 585-592, 2007.

Folhes, M. T. Fisch, G. Caracterização Climática e Estudo de Tendências nas Séries Temporais de Temperatura do Ar em Taubaté (SP). *Ambi Água*, 2006.

Gruber, A. e Levizzani, V. Assessment shows no trend in the global precipitation. *Gewex News*, v. 16, n. 4, p. 6-8, 2006.

National Aeronautics and Space Administration . Global Precipitation Climatology Project. Rainfall Analysis Tools. Disponível em: <<http://disc2.nascom.nasa.gov/Giovanni/tovas/rain.GPCP.2.shtml>>. Acesso em: 16 jan. 2009.

Vianello, R. L.; Alves, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1991.