

ANÁLISE DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO PROVENIENTES DE DIFERENTES FONTES, SOBRE A AMÉRICA DO SUL, COM ÊNFASE NO BRASIL



CLIMEP – Climatologia e Estudos da Paisagem, Rio Claro, SP, Brasil – eISSN: 1980-654X – está licenciada sob [Licença Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Ana Carolina Vasques Freitas [1]
Sérgio Henrique Franchito [2]
Vadlamudi Brahmananda Rao [3]

INTRODUÇÃO

A precipitação é uma das variáveis climáticas mais importantes. O conhecimento desta é de fundamental importância não só para caracterizar o clima do continente, mas também para o planejamento de inúmeras atividades produtivas, tais como agricultura, pecuária, geração de energia hidrelétrica etc. A variação de longo prazo desta variável afeta diversas atividades econômicas.

Estendendo-se meridionalmente de 10°N a 60°S, a América do Sul (AS) tem uma extensão de 17.819.100 Km², abrangendo 12% da superfície terrestre. Este continente apresenta características tropicais, subtropicais e extratropicais de tempo e clima. Uma climatologia de precipitação para a AS tropical foi obtida por Figueroa e Nobre (1990), com base em 30 anos de dados disponíveis, no período de 1960 a 1989. A distribuição total da precipitação anual mostra que a precipitação sobre a bacia Amazônica e regiões adjacentes varia de 1500 mm/ano a leste para 3500 mm/ano a oeste e nordeste (em torno da foz do rio Amazonas). Na Amazônia central, é cerca de 2800 mm/ano. Maiores precipitações, excedendo 5000 mm/ano, são observadas no oeste da Colômbia sobre uma região relativamente pequena. A precipitação é também muito alta (cerca de 3000 mm/ano) no leste do Peru e regiões adjacentes, a leste das montanhas andinas.

Rao e Hada (1990) determinaram os períodos chuvosos e secos para várias estações pluviométricas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no Brasil usando séries com 21 anos de dados (1958-78). Exceto para o nordeste e o extremo

sul, a maior parte do Brasil central, entre 10° e 27°S, tem sua estação chuvosa no verão (Dezembro-Janeiro-Fevereiro - DJF) e para a maior parte do extremo norte do Brasil, ao norte de 2°S, o período chuvoso ocorre de abril a junho. Para grande parte do Brasil central, de 5° a 24°S, e a oeste de 42°W, a estação seca se inicia no inverno (Junho-Julho-Agosto - JJA); e ao norte de 2°S o período seco inicia-se na primavera austral (Setembro-Outubro-Novembro - SON).

Quadro et al. (1996) apresentaram a climatologia de precipitação e temperatura para o Brasil, dividindo este território em 5 regiões: Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. Em termos de precipitação, a Região Norte tem o maior total pluviométrico anual. Observaram-se três centros de precipitação abundante nesta região: noroeste da Amazônia, cuja existência está associada à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT); parte central da Amazônia e parte leste da bacia Amazônica, cuja existência se deve às linhas de instabilidade que se formam ao longo da costa, durante o fim de tarde, forçadas pela circulação de brisa marítima (KOUSKY, 1979, 1980). A Região Nordeste apresenta diferentes regimes de precipitação. No norte desta região a estação chuvosa ocorre no trimestre Março-Abril-Maio (MAM), no sul e sudeste as precipitações ocorrem principalmente durante o período de DJF e no leste a precipitação acumulada é maior nos meses de maio a julho. A principal estação chuvosa do Nordeste brasileiro (NEB), correspondendo a 60% da precipitação anual, ocorre nos meses de abril a julho. A estação seca, para a maior parte da região, estende-se de setembro a dezembro (RAO et al., 1993).

Em um estudo anterior, Rao et al. (2002) procuraram fazer uma comparação entre os dados de precipitação na AS provenientes do National Centers for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR) NCEP/NCAR e dados pluviométricos. Foram estimadas as potencialidades e limitações dos dados de precipitação sobre o Brasil, resultados da análise do NCEP/NCAR, em comparação com dados pluviométricos provenientes das estações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no período de 1960 a 1998. Foi detectado que a precipitação do NCEP/NCAR é superestimada no NEB em comparação com os dados das estações. A reanálise do NCEP/NCAR tem

dificuldade em reproduzir corretamente a intensidade e orientação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

A ZCAS é caracterizada por uma banda de nebulosidade convectiva, que nos meses de primavera e verão se estende da região Amazônica até o Atlântico subtropical. Esta nebulosidade é resultado da interação da convecção tropical com sistemas extratropicais, como as zonas frontais. A ZCAS está associada à intensa atividade convectiva da região Amazônica, formando-se ao longo de jatos subtropicais em altos níveis (KODAMA, 1992 e 1993).

DADOS E METODOLOGIA

Os dados de reanálises do NCEP/NCAR são baseados em modelo e assimilação de diversas observações (KALNAY et al., 1996). O Global Precipitation Climatology Project (GPCP) combina dados de satélite operando no infravermelho e em microondas com medições de chuva efetuadas em mais de 6000 estações, produzindo estimativas de precipitação em uma grade de $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$.

Para a realização deste trabalho, foram consideradas séries mensais de dados de precipitação da ANEEL, do GPCP e da reanálise do NCEP/NCAR para o período de 1979-2000. Os dados da ANEEL, irregularmente espaçados, foram agrupados numa grade de $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, conforme se vê na figura 1.

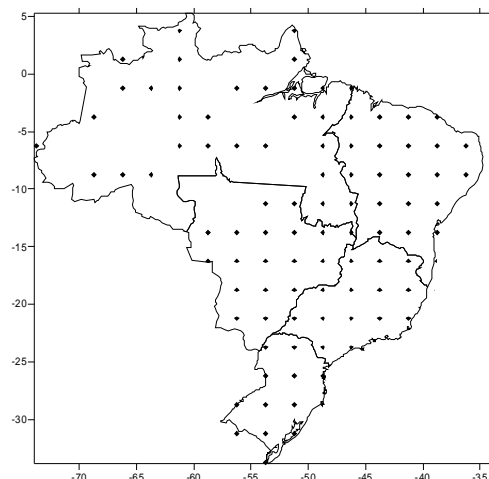


Figura 1: Distribuição espacial das estações pluviométricas da ANEEL sobre o Brasil em uma grade de 2.5° x 2.5°. Org. Ana Carolina Vasques (2007).

Para traçar as isolinhas, foi utilizado o método de interpolação do Vizinho mais Próximo para o GPCP e reanálise do NCEP/NCAR, já que os dados destas fontes já se encontravam em pontos de grade. Para interpolar os dados da ANEEL, irregularmente espaçados em pontos de grade, utilizou-se o método Kriging (MATHERON, 1970).

Cabe ressaltar que os dados de cada uma das fontes foram colocados em uma grade de 2.5° x 2.5°, exceto os dados do GPCP, que já se encontravam originalmente nesta resolução. Portanto, ao traçar as isolinhas, foi realizada uma extrapolação. Isto é semelhante à interpolação, porém, diferentemente desta, se pretende encontrar o valor da função desejada num ponto fora da zona conhecida.

O método Vizinho mais Próximo atribui o valor do ponto mais próximo e é um método útil quando os dados estão regularmente espaçados. Já a técnica de Kriging assume que os dados de uma determinada amostra se encontram correlacionados no espaço. Assim, se em determinado ponto o valor de precipitação é x , é muito provável que se encontrem valores muito próximos de x quanto mais próximo se estiver do ponto x . Porém, a partir de determinada distância de x , certamente não se encontrarão valores aproximados de x porque a correlação espacial pode deixar de existir. Esta técnica atribui diferentes pesos às amostras e estes são calculados de

forma a minimizar a variância estimada. Esta variância é calculada em função de um modelo selecionado com base em um variograma, e a localização de cada uma das amostras em relação às outras e os pontos que se pretende estimar.

O método Kriging é considerado o melhor estimador linear sem viés [*best linear unbiased estimator* (BLUE)], pois suas estimativas são combinações lineares ponderadas dos dados existentes (baseia-se numa média - móvel – ponderada) e faz com que a média dos erros (desvios entre o valor real e o valor estimado) seja nula. Essa técnica é a melhor porque os erros de estimação apresentam uma variância (variância da estimação) mínima.

A Figura 1 mostra que a rede de estações pluviométricas da ANEEL é esparsa na região norte, mais especificamente no noroeste do Brasil. Desta forma, uma comparação detalhada nesta área não será possível. Os pontos de grade do GPCP e da reanálise têm uma distribuição espacial uniforme.

RESULTADOS

Para o cálculo dos resultados, foram consideradas séries pluviométricas mensais da ANEEL, GPCP e reanálise do NCEP/NCAR para o período de 1979-2000.

As Figuras 2, 3 e 4 mostram a precipitação anual média para cada fonte de dados. Regiões escuras representam valores de precipitação maiores que 2000 mm e áreas hachureadas representam valores menores que 1200 mm.

Uma comparação visual das figuras mostra que há diferenças quantitativas significativas, embora existam algumas similaridades. Nas três fontes de dados (GPCP, reanálise do NCEP/NCAR e ANEEL), observa-se baixa precipitação no NEB (áreas hachureadas).

Os maiores índices pluviométricos (acima de 2000 mm) se encontram na região noroeste da Bacia Amazônica. Novamente aqui nota-se que nos dados da reanálise do NCEP/NCAR a precipitação na região leste da Amazônia é mais alta, já sobre o sudoeste da Amazônia é menor. Resultado semelhante foi encontrado por Rao et al. (2002). Além disso, a reanálise do NCEP/NCAR tende a superestimar a precipitação, principalmente nesta região mencionada. Nos dados da reanálise, observamos índices pluviométricos acima de 3200 mm sobre o norte do Pará e sudeste do Amapá e sobre o sul de Roraima; característica não observada nas outras fontes.

Os dados do GPCP mostram alta precipitação sobre o oeste da Colômbia, em uma região relativamente pequena, conforme visto na climatologia de precipitação obtida por Figueroa e Nobre (1990).

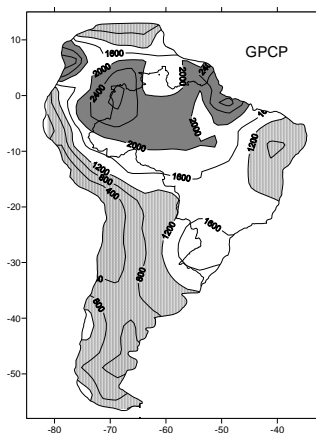


Figura 2: Precipitação média anual (mm) para os dados do GPCP 1979-2000. Org.: Ana Carolina Vasques (2007).

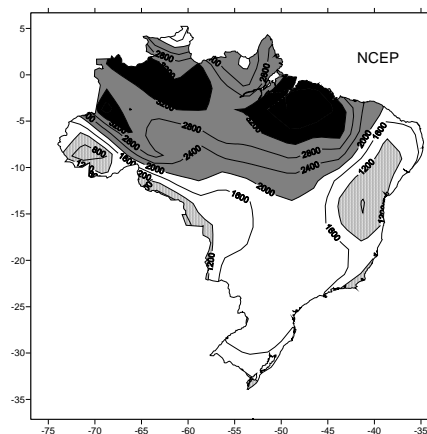


Figura 3: Precipitação média anual (mm) para os dados da reanálise do NCEP/NCAR 1979-2000. Org.: Ana Carolina Vasques (2007).

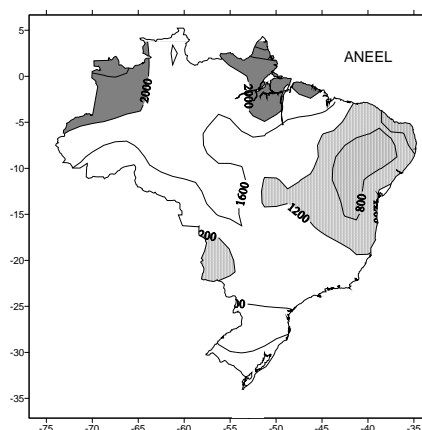


Figura 4: Precipitação média anual (mm) para os dados da ANEEL 1979-2000 na grade de 2.5° x 2.5°. Org. Ana Carolina Vasques (2007).

As figuras 5, 6 e 7 mostram a porcentagem das chuvas sazonais com relação à precipitação média anual sobre o país para cada uma das fontes de dados analisadas em DJF, MAM, JJA e SON. As áreas mais escuras representam porcentagens maiores que 40% e as áreas em branco representam porcentagens menores que 20%.

Em DJF (verão), mais de 40% da precipitação anual se encontra sobre a parte central do Brasil, nas três fontes. Porém, nos dados da reanálise do NCEP/NCAR o contorno de 40% se estende na direção sul e leste.

A principal estação chuvosa do NEB é MAM. Na série pluviométrica da reanálise do NCEP/NCAR o contorno de 40%, representando este período chuvoso, abrange uma região bem menor do NEB, em comparação com as duas outras fontes de dados.

A estação seca em JJA para a maior parte do Brasil está bem representada nas três fontes de dados. Observa-se, nesse período, que mais de 20% da precipitação anual se encontra sobre a região sul da AS, costa leste do NEB, noroeste e sul do Brasil. A região da Venezuela recebe, nesse mesmo período, mais de 40% da precipitação anual (observado através dos dados do GPCP).

Em SON observa-se a estação seca no NEB representada pela região em branco. Porém, nos dados da reanálise do NCEP/NCAR, essa área se estende na direção sul e nos dados da ANEEL na direção oeste em comparação com os dados do GPCP.

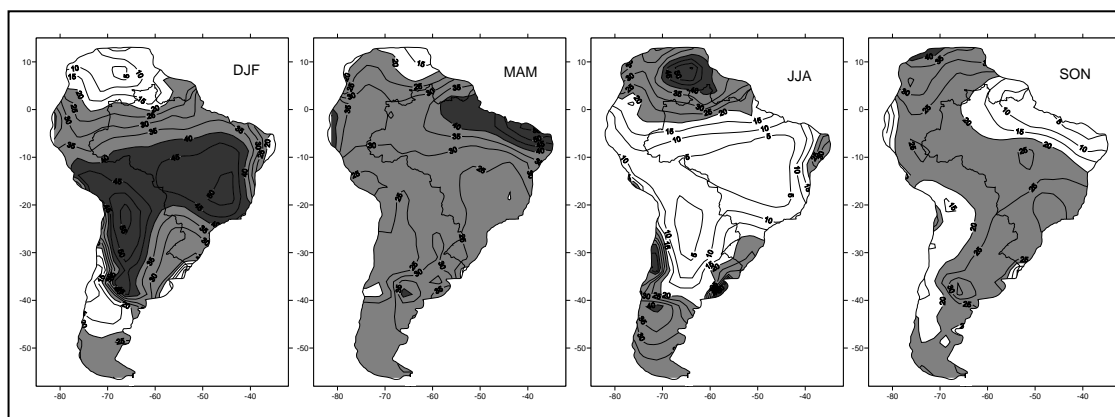


Figura 5: Porcentagem de precipitação sazonal para os dados do GPCP: 1979-2000: (DJF) verão, (MAM) outono, (JJA) inverno, (SON) primavera. Org. Ana Carolina Vasques (2007).

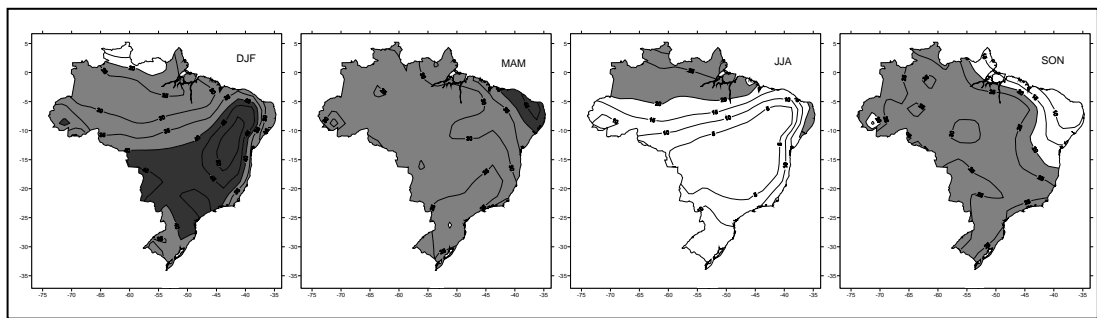


Figura 6: Porcentagem de precipitação sazonal para os dados do NCEP/NCAR: 1979-2000: (DJF) verão, (MAM) outono, (JJA) inverno, (SON) primavera. Org. Ana Carolina Vasques (2007).

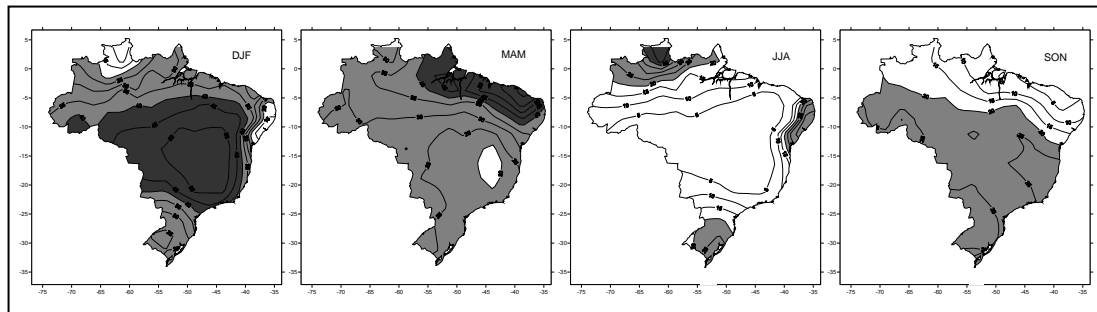


Figura 7: Porcentagem de precipitação sazonal para os dados do ANEEL na grade 2.5° x 2.5°: 1979-2000: (DJF) verão, (MAM) outono, (JJA) inverno, (SON) primavera. Org.: Ana Carolina Vasques (2007).

Foi feita uma comparação entre a precipitação acumulada anual, obtida através das séries pluviométricas da reanálise do NCEP/NCAR e do GPCP, e as obtidas através das séries medidas nas estações da ANEEL, para cinco regiões do Brasil: norte, nordeste, sul, sudeste e centro-oeste. Para a obtenção da precipitação acumulada anual não foram utilizados anos que contivessem menos de 10 meses (estes pontos de dados foram contabilizados nas falhas para que se pudessem avaliar quais as regiões com maiores deficiências). Os valores dos coeficientes de correlações lineares, o número de falhas, o número de estações pluviométricas e o número de pontos de dados presentes nos diagramas de dispersão são mostrados na Tabela 1. O asterisco representa correlação significativa ao nível de 99% pelo teste t.

Tabela 1: Número de estações, número de pontos de dados, número de falhas e coeficiente de correlação linear para 5 regiões. Cálculos realizados através dos dados utilizados neste trabalho.

Regiões do Brasil	Número de estações	Número de pontos de dados	Número de Falhas	Coeficiente de correlação entre ANEEL e NCEP	Coeficiente de correlação entre ANEEL e GPCP
Norte	28	510	106	0.24	0.65*
Nordeste	20	421	19	0.60*	0.90*
Sudeste	14	302	6	0.67*	0.91*
Sul	10	205	15	0.59*	0.91*
Centro-oeste	18	332	64	0.24	0.67*

As regiões com maior número de falhas são as regiões norte e centro-oeste (menor cobertura espacial das estações da ANEEL) e isso se reflete no baixo coeficiente de correlação nessas regiões, sendo que somente o coeficiente entre os dados de precipitação acumulada da ANEEL e do GPCP é significativo (a 99%).

As regiões com menor número de falhas são as regiões sudeste, sul e nordeste, devido à boa cobertura espacial das estações da ANEEL. Desse modo, os coeficientes de correlação nestas regiões são altamente significativos, principalmente entre os dados obtidos a partir da ANEEL e do GPCP, em torno de 0,9 a 99%. Entre os dados obtidos a partir da ANEEL e da reanálise do NCEP/NCAR, esse valor cai em torno de 0,6 a 99%.

Com essas considerações, pode-se concluir que as séries pluviométricas da ANEEL e as séries do GPCP mostraram altos índices de correlação. Índices significativos também foram encontrados nas regiões em que a rede de estações da ANEEL é esparsa (norte e centro-oeste).

As séries pluviométricas da reanálise do NCEP/NCAR são úteis nas regiões sudeste, sul e nordeste (embora superestimem a precipitação nesta região), mas nas regiões norte e centro-oeste são de qualidade questionável em vista da baixa correlação encontrada.

É importante ressaltar a influência da rede deficitária de estações, associada com o baixo coeficiente de correlação encontrado. No artigo de Rao et al. (2002), a

rede de estações era ainda mais esparsa (em comparação com a Figura 1) e, portanto, foram encontrados coeficientes de correlação ainda mais baixos entre as séries pluviométricas obtidas a partir da ANEEL e as obtidas da reanálise do NCEP/NCAR (Tabela 2).

Tabela 2: Coeficiente de correlação encontrado por Rao et al. (2002). O asterisco representa correlação significativa ao nível de 99% pelo teste t.

Regiões	Coeficiente de correlação entre ANEEL e NCEP
Norte	0.13
Nordeste	0.36*
Sudeste	0.38*
Sul	0.36*
Centro-oeste	0.06

CONCLUSÃO

A abordagem principal deste trabalho foi a comparação entre as seguintes fontes de dados de precipitação: reanálise do NCEP/NCAR, GPCP e estações pluviométricas da ANEEL. Para isto, foram usadas algumas ferramentas estatísticas, como a média anual, porcentagem de precipitação sazonal e o coeficiente de correlação.

Com relação aos dados da ANEEL, observou-se que a rede de estações é esparsa principalmente na região norte. Além disso, é notório o problema de ausência de dados ou falhas em algumas estações nos valores de precipitação mensal. Várias delas possuíam menos de 10 meses de dados. Porém, apesar dos problemas mencionados, esses dados reproduziram a climatologia e serviram como base de comparação com as outras fontes de dados. As regiões nordeste, sul e sudeste foram as que apresentaram a mais densa rede de estações pluviométricas e, portanto, os dados de precipitação para essas regiões se mostraram confiáveis.

As séries pluviométricas do GPCP foram as mais semelhantes às séries da ANEEL. Isso ficou demonstrado através dos altos coeficientes de correlação encontrados entre essas duas fontes. Uma das explicações para isso é que os dados do GPCP são frutos de uma combinação de dados de satélite com 6700 estações pluviométricas ao redor do globo.

Os valores de precipitação obtidos através da reanálise do NCEP/NCAR foram os que apresentaram maiores diferenças regionais, quando comparados com os dados pluviométricos. Além disso, os dados de precipitação da reanálise do NCEP/NCAR apresentaram deficiências em reproduzir o comportamento da ZCAS, que é o principal sistema atmosférico atuante no verão, nas regiões sudeste e central do Brasil. Isso é observado nas isolinhas de precipitação média sazonal em DJF (Figura não mostrada). Em grande parte da região norte do Brasil, os valores de precipitação obtidos da reanálise foram superestimados, divergindo das outras fontes de dados. Porém, os dados de precipitação são úteis nas regiões sul, sudeste e nordeste, como foi mostrado através dos significativos coeficientes de correlação nessas regiões.

REFERÊNCIAS

- FIGUEROA, S. N.; NOBRE, C. A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 5, n. 6, p.36-44, jun. 1990.
- KALNAY, E. et al. The NCEP/NCAR 40 year reanalysis project. **Bulletin of the American Society**, Boston (MA), v. 77, n. 3, p. 437-471, mar. 1996.
- KODAMA, Y. M. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. **Journal Meteorological Society of Japan**, Tokyo, v. 70, n. 4, p. 813-836, ago. 1992.
- KODAMA, Y. M. Large-Scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (the Baiu Frontal, the SPCZ, and the SACZ) Part II: Conditions of the circulations for generating the STCZs. **Journal Meteorological Society of Japan**, Tokyo, v. 71, n. 5, p. 581-610, out. 1993.
- KOUSKY, V. E. Influences on northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, Boston (MA), v. 107, n. 9, p. 1140-1153, set. 1979.

KOUSKY, V. E. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. **Monthly Weather Review**, Boston (MA), v. 108, n. 4, p. 488-498, abr. 1980.

MATHERON, G.; Random functions and their applications in geology. In: Merriam, D.F. (Ed.). **Geostatistics**. New York: Plenum, 1970, p. 79-87.

QUADRO, M. F. L.; MACHADO, L. H. R.; CALBETE, S.; BATISTA, N. N. M.; OLIVEIRA, G. S. de. Climatologia de precipitação e temperatura. **Climanálise Especial** – Edição comemorativa de 10 anos. Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. São José dos Campos, Cap.9, 1996.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual Variations and Connections with the Southern Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, New York, v. 42, n. 2, p. 81-91, jun. 1990.

RAO, V. B.; MOSCATI, M. C. L.; FRANCHITO, S. H. Seasonal and interannual variations of rainfall over Eastern Northeast Brazil. **Journal of Climate**, Boston (MA), v. 6, n. 9, p. 1754-1763, set. 1993.

RAO, V. B.; SANTO, C. E.; FRANCHITO, S. H. A diagnosis of rainfall over South America during the 1997/98 El Niño event. Part I: Validation of NCEP/NCAR reanalysis rainfall data. **Journal of Climate**, Boston (MA), v. 15, n. 5, p. 502-511, mar. 2002.

Agradecimentos:

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), pelo financiamento deste trabalho através da bolsa de mestrado do primeiro autor.

RESUMO

Neste trabalho foram investigadas as potencialidades e limitações de diferentes fontes de precipitação no Brasil. Foram analisadas as semelhanças e diferenças regionais entre os valores de precipitação obtidos das estações da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), e as séries pluviométricas obtidas da reanálise do NCEP/ NCAR (National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research) e do GPCP (Global Precipitation Climatology Project). A análise levou em conta as precipitações médias anuais e sazonais e as correlações entre as séries pluviométricas de valores medidos (estações da ANEEL) e as séries pluviométricas obtidas das outras fontes nas diferentes regiões do país.

Palavras-chave: Precipitação. Fontes de dados. Climatologia. América do Sul. Regiões do Brasil. Estações Pluviométricas.

ABSTRACT

In this work the potentialities and limitations from different precipitation sources over Brazil were investigated. The regional similarities and differences were analyzed between the

precipitation values obtained from ANEEL (National Electrical Energy Agency), and the rain gauge series obtained from the reanalysis of NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction/ National Center for Atmospheric Research) and GPCP (Global Precipitation Climatology Project). The analysis considered the average annual and seasonal precipitation and the correlations between the rain gauge series measured data (ANEEL stations) and the rain gauge series obtained from the other sources in different country regions.

Keywords: Precipitation. Data Sources. Climatology. South America. Regions of Brazil. Rain Gauge.

Informações sobre os autores:

[1] Ana Carolina Vasques Freitas - <http://lattes.cnpq.br/4997501162611820>

Pós-graduação em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos/SP.

Contato: ana.carolina@cptec.inpe.br

[2] Sérgio Henrique Franchito - <http://lattes.cnpq.br/5465249419038855>

Pesquisador Titular III da Pós-Graduação em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos/SP.

Contato: sergio.franchito@cptec.inpe.br

[3] Vadlamudi Brahmananda Rao - <http://lattes.cnpq.br/7733149898220234>

Pesquisador Emérito da Pós-Graduação em Meteorologia do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos/SP.

Contato: vbrao@cptec.inpe.br

Recebido: 16-07-2009

Aprovado: 30-05-2010