



## **ANÁLISE DAS ANOMALIAS NAS CHUVAS DE INVERNO NA BACIA DO SÃO JOSÉ DOS DOURADOS**

*Filipe Chaves Gonçalves<sup>1\*</sup>; Thaís Tonelli Marangoni<sup>2</sup>; Milton Dall'Aglia Sobrinho<sup>3</sup>;  
Jefferson Nascimento de Oliveira<sup>4</sup>*

**RESUMO** – O conhecimento sobre as formas, distribuições e medidas de precipitação em uma bacia são importantes, pois são necessários para fazer o planejamento de recursos hídricos e fazer previsões sobre o uso e ocupação da terra nessa bacia. Vários estudos têm sido realizados para determinar quais seriam as causas das anomalias encontradas nos padrões de distribuição da precipitação, porém as conclusões são ainda, muitas vezes desconhecidas. Um dos possíveis causadores de anomalias nos padrões de distribuição de precipitação é o fenômeno El Niño, que por ser um fenômeno cíclico torna o assunto sempre atual e merece, assim, a devida atenção. Os dados históricos de precipitação indicam que o El Niño poderia causar anomalias em chuvas de inverno em regiões de clima tropical e de latitudes médias. O trabalho em questão contou com os dados de chuva do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) para a referida análise na bacia de São José dos Dourados.

**Palavras Chaves:** Precipitação, Anomalias, El Niño.

## **AN ASSESSMENT OF THE WINTER RAINFALL ANOMALIES IN THE SÃO JOSÉ DOS DOURADOS BASIN**

**ABSTRACT** - The knowledge about forms, distribution and precipitation measurements on a basin are important because they are necessary to make the water resources management plan and predictions about the use and the land occupation in the basin. Several studies have been conducted to determine the causes of the anomalies found in the rainfall distribution patterns, but the conclusions are still often uncertain. One of the possible causes of anomalies in rainfall distribution patterns is the El Niño phenomenon, which is a cyclical and it is always a current subject and deserves attention. The historical rainfall data indicate that El Niño could cause anomalies in winter rainfall in tropical and middle latitudes regions. The São José dos Dourados basin analysis was made according to the rainfall data given by the Department of Water and Electric Energy (DAEE).

**Key words:** Precipitation, Anomalies, El Niño.

1) LH<sup>2</sup> – FEIS – UNESP, filipechavesg@gmail.com

2) LH<sup>2</sup> – FEIS – UNESP, thais01387@aluno.feis.unesp.br

3) LH<sup>2</sup> – FEIS – UNESP, milton@dec.feis.unesp.br

4) LH<sup>2</sup> – FEIS – UNESP, jeffno@dec.feis.unesp.br



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

### 1 - INTRODUÇÃO

O regime hidrológico de uma região é função de suas características físicas, geológicas e topográficas, além do seu clima. Quanto a esta última característica de uma dada região, um dos fatores mais importantes para um balanço hídrico é a precipitação, principal “input” deste balanço, que nos permite fazer previsões sobre o uso e ocupação dos solos desta região em questão, além de possibilitar os estudos hidrológicos.

Sabe-se, sobre a precipitação, que ela é condicionada pelo clima, entre vários outros fatores, muitos ainda em estudo. No clima tropical, por exemplo, têm-se as conhecidas chuvas de verão e a estiagem no inverno. Contudo, a área da hidrologia é essencialmente estatística, e, portanto deve-se fazer um estudo aprofundado sobre possíveis fatores que venham a interferir no padrão de distribuição das precipitações de uma dada região.

Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, o INPE, o fenômeno El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical, e que pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial e afetando, desta maneira, os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias.

Isso se torna relevante principalmente na bacia do São José dos Dourados, onde existem 3 usinas hidroelétrica e as chuvas anômalas de inverno aumentam os níveis do reservatório, elevando a capacidade de geração de energia. Cerca de 70% dessa energia é direcionada para a cidade de São Paulo, podendo aumentar a produção industrial ou ainda manter o sistema energético estável em horários de pico com a utilização de chuveiros e aquecedores. Tendo o fenômeno El Niño uma contribuição econômica para o estado.

### 2 – MATERIAL E MÉTODO

Em 2015, com a indicação de atuação do fenômeno El Niño e com a precipitação do dia 02 de junho ocorrida na cidade de Ilha Solteira superior à média histórica de todo o mês de junho (segundo o canal CLIMA da UNESP de Ilha Solteira), decidiu-se por analisar possíveis anomalias em chuvas de inverno com o fenômeno El Niño, sabendo-se que nos anos de 97/98 que foi o período de maior intensidade deste fenômeno já registrado, houve uma acumulação de precipitação de 203 mm no mês de junho de 1997, enquanto que a média história para este mês entre os anos 1970 a 2000 é de apenas 29,81 mm (fonte: DAEE).

Tabela 1 – Anos de ocorrência do fenômeno El Niño (INPE)

1877 - 1878	1888 - 1889	1965 - 1966	1968 - 1970
1896 - 1897	1899	1972 - 1973	1976 - 1977
1902 - 1903	1905 - 1906	1977 - 1978	1979 - 1980
1911 - 1912	1913 - 1914	1982 - 1983	1986 - 1988
1918 - 1919	1923	1990 - 1993	1994 - 1995
1925 - 1926	1932	1997 - 1998	2002 - 2003
1939 - 1941	1946 - 1947	2004 - 2005	2006 - 2007
1951	1953	2009 - 2010	-
1957 - 1959	1963		



Foi utilizado o banco de dados hidrológicos do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) do estado de São Paulo, analisando os postos pluviométricos da bacia do São José dos Dourados a fim de verificar as possíveis anomalias em chuvas de inverno. Dos 26 postos encontrados, apenas 11 foram considerados representativos e possuíam registros de pelo menos 30 anos. Os postos analisados foram:

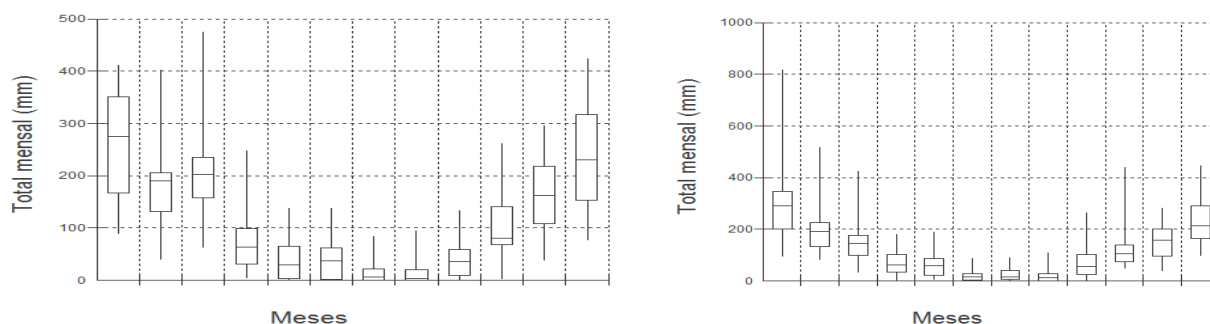
- B6 032 em Votuporanga
- B6 039 em Monte Aprazível
- B6 048 em Sebastianópolis do Sul
- B7 006 em Urania
- B7 008 em Jales
- B7 011 em Valentim Gentil
- B7 016 em Santana da Ponte Pensa
- B7 024 em Santa Fé do Sul
- B7 038 em Ponta Linda
- B7 042 em Palmeira d'Oeste
- B8 016 em Suzanápolis

A partir dos dados pluviométricos extraídos do portal do DAEE de chuva mensal de 11 postos de coleta, compararam-se os dados mensais de pluviometria entre anos de ocorrência do fenômeno El Niño com os anos em que o fenômeno não ocorreu. Assim, pôde-se fazer uma análise quantitativa do impacto do fenômeno El Niño em chuvas de inverno. Os valores comparados foram: a média, a mediana, o primeiro e o terceiro quartil, e a assimetria dos anos em que houve registros em cada um dos postos pluviométricos. Esses dados foram utilizados para se traçar gráficos Box-Plot com o auxílio do software BioEstat 5.3. Posteriormente, também utilizando o software BioEstat, testou-se a hipótese de igualdade (hipótese  $H_0$ ) entre as médias dos períodos com o teste t de Student para amostras de tamanhos diferentes, com nível de confiança de 95% ( $\alpha=0,05$ ). O teste supracitado opera automaticamente o teste de homocedasticidade (igualdade de variâncias). Para a tomada de decisão pelo teste t, considerou-se que a distribuição de total precipitado mensal é paramétrica, pois é formada por 30 eventos aleatórios independentes, e que a análise é composta por duas amostras de dados paramétricos e independentes de dados numéricos. Salienta-se, ainda, que os postos analisados estavam compreendidos entre as latitudes 20°13'00" e 20°46'00", e as longitudes 49°42'00" e 51°21'00".

### 3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conhecendo-se os anos em que houve o fenômeno El Niño, juntamente com os dados pluviométricos mensais de 11 postos de coleta do DAEE presentes na bacia de São José dos Dourados, puderam-se comparar estes dados entre os anos que houve El Niño com os anos em que não houve. As figuras de 1 a 11 enumeradas a seguir servirão de auxílio para a comparação entre os períodos. Em sua concepção foram utilizados: as medianas, primeiro e terceiro quartis, e máximos.

Figura 1 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B6 032 - Votuporanga





## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Figura 2 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B6 039 – Monte Aprazível

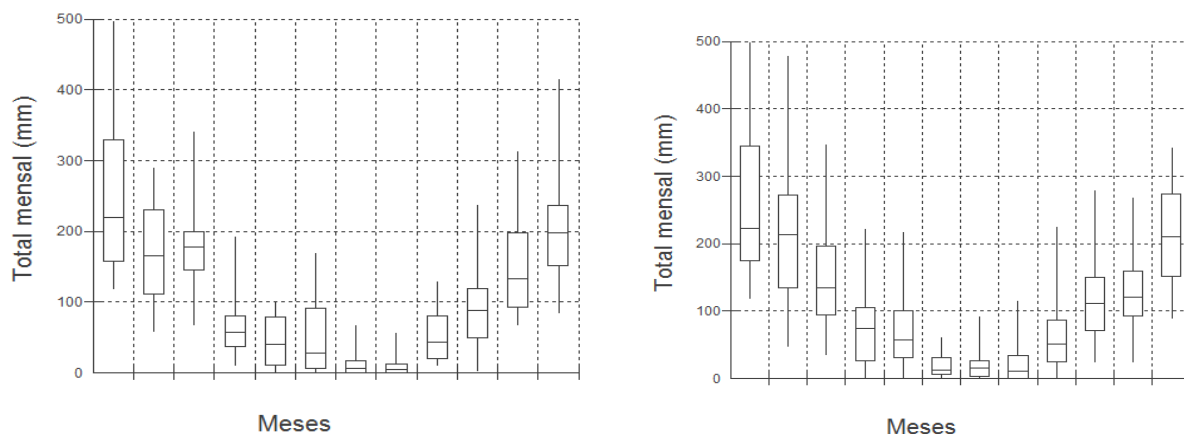


Figura 3 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B6 048 – Sebastianópolis do Sul

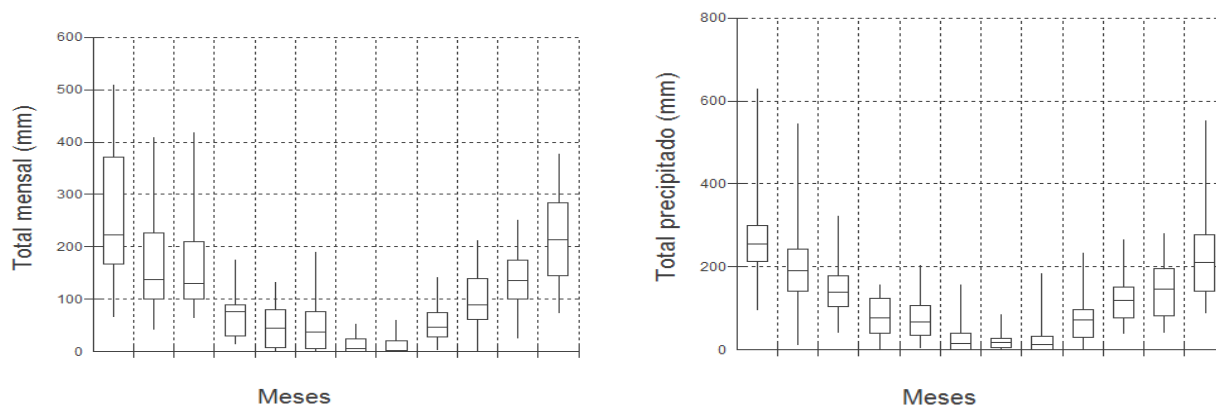
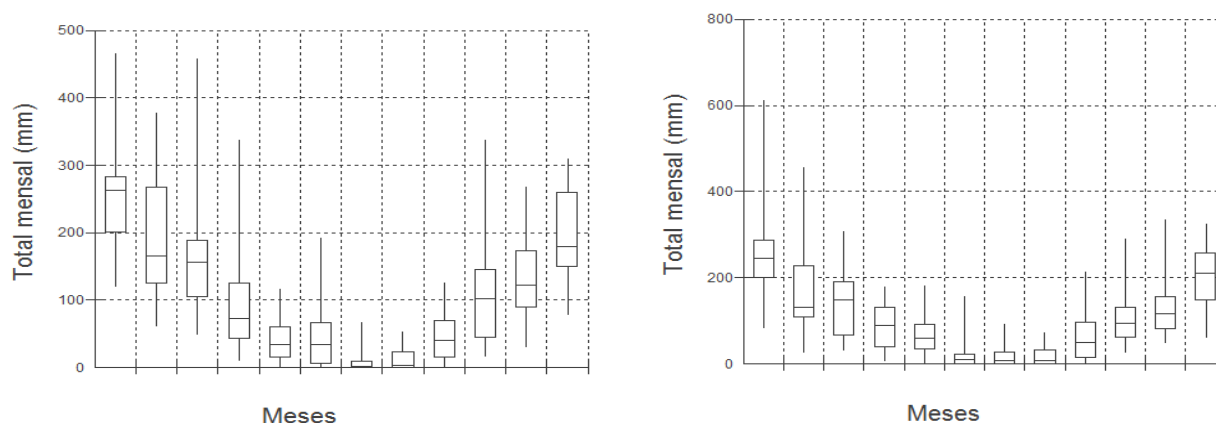


Figura 4 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 006 – Urânia





## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Figura 5 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 008 – Jales

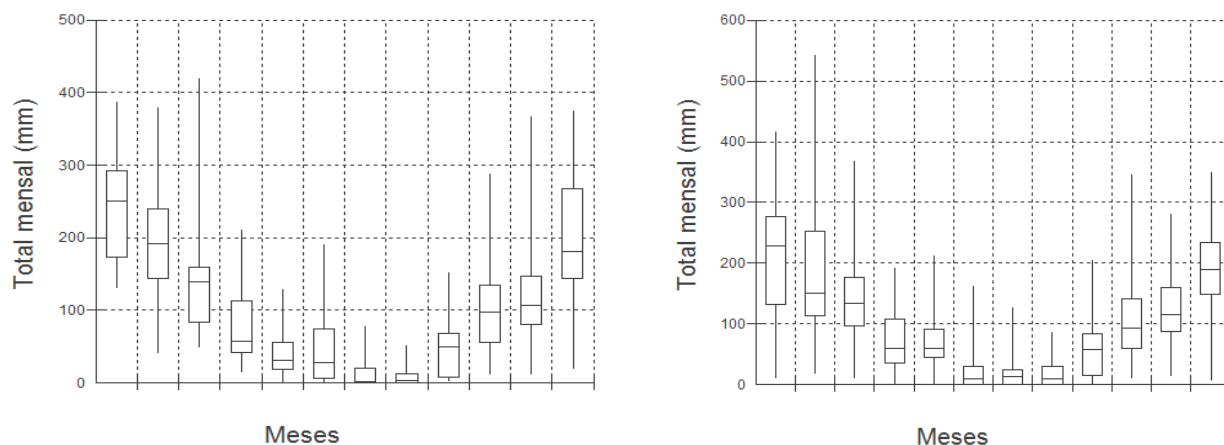


Figura 6 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 011 – Valentim Gentil

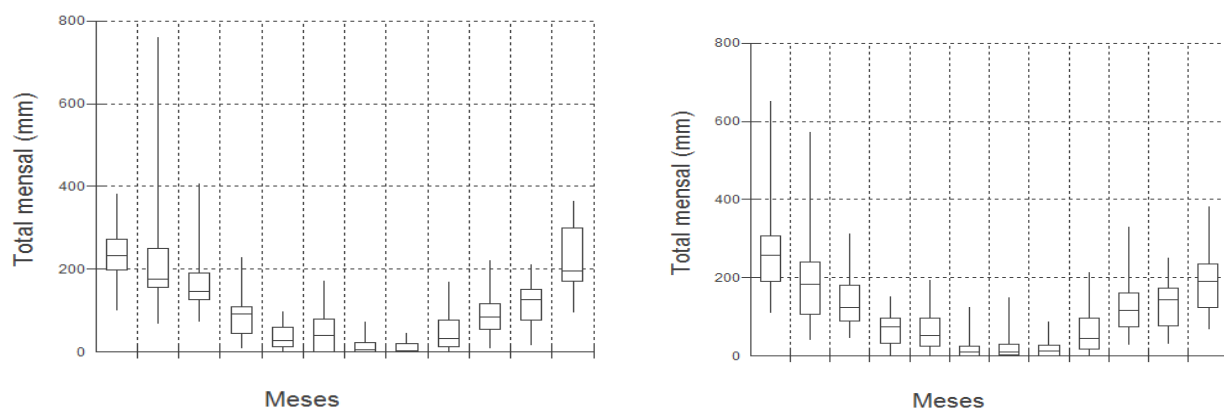
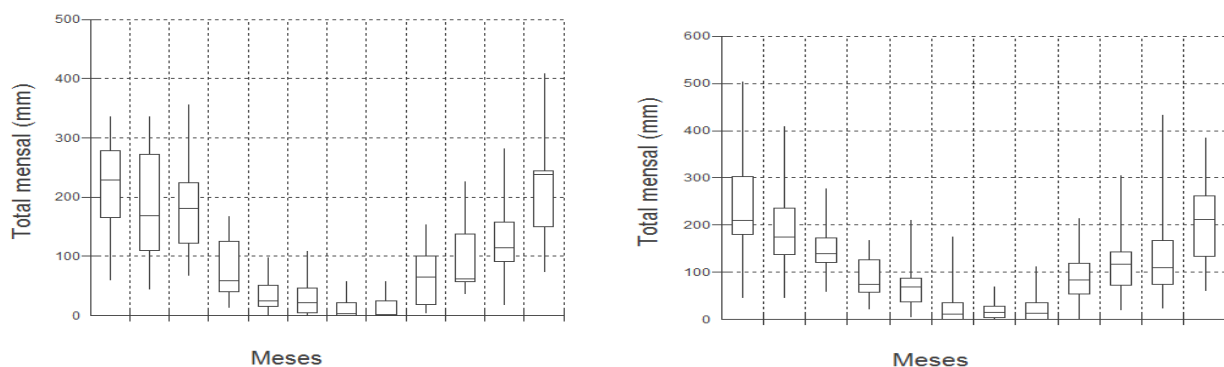


Figura 7 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 016 – Santana da Ponte Pensa





## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Figura 8 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 024 – Santa Fé do Sul

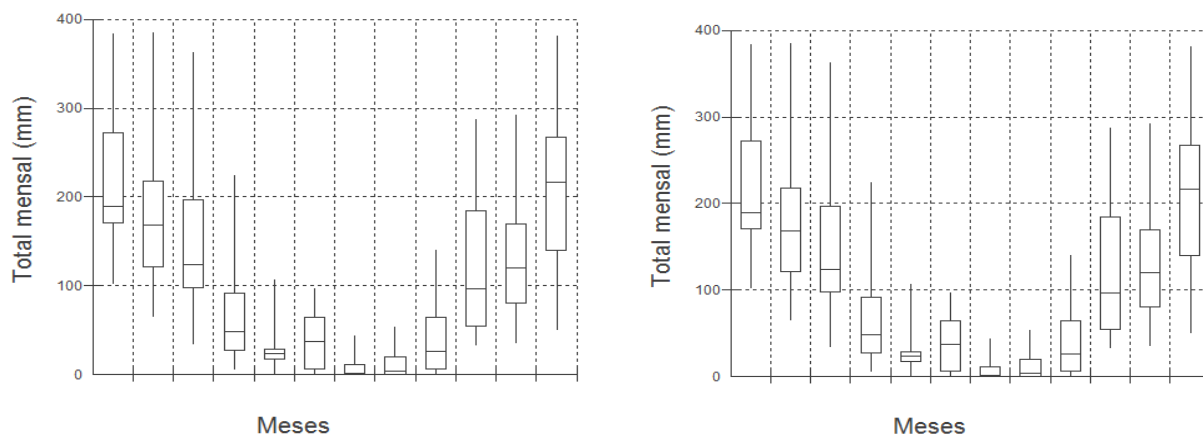


Figura 9 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 038 – Ponta Linda

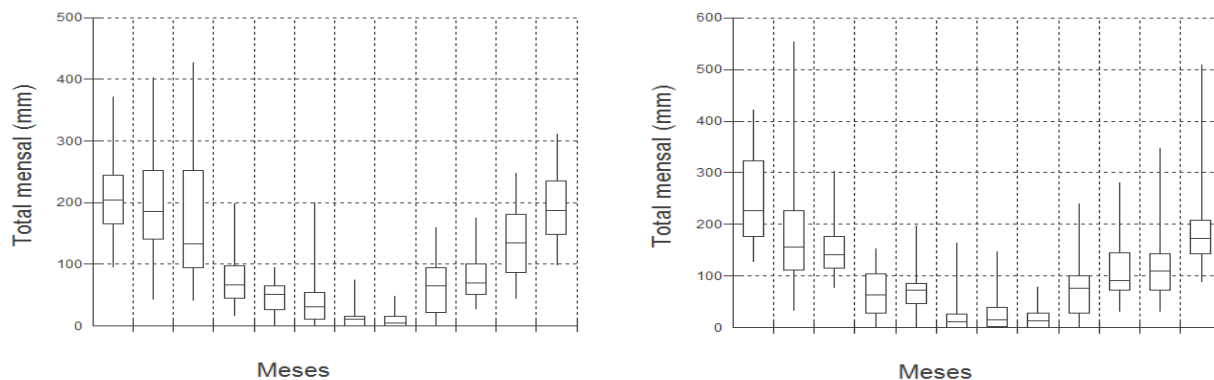
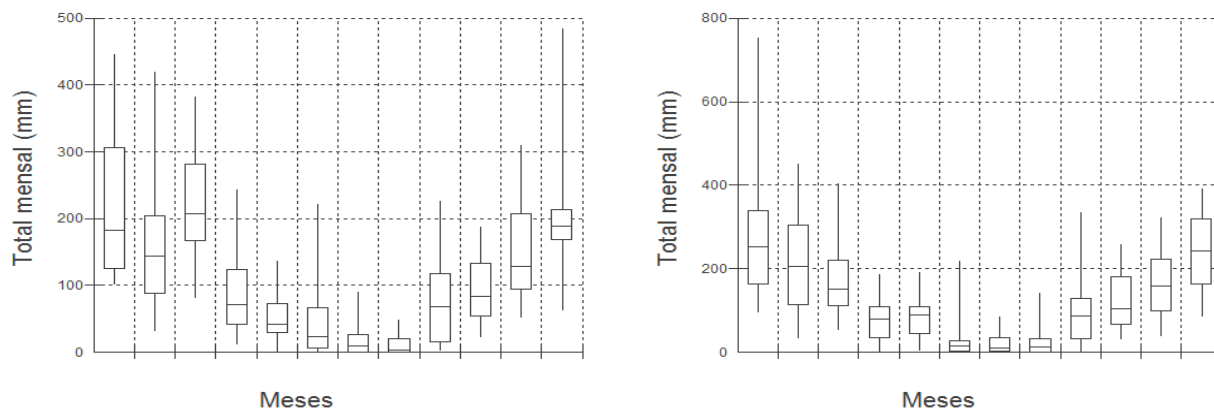


Figura 10 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B7 042 – Palmeira d'Oeste





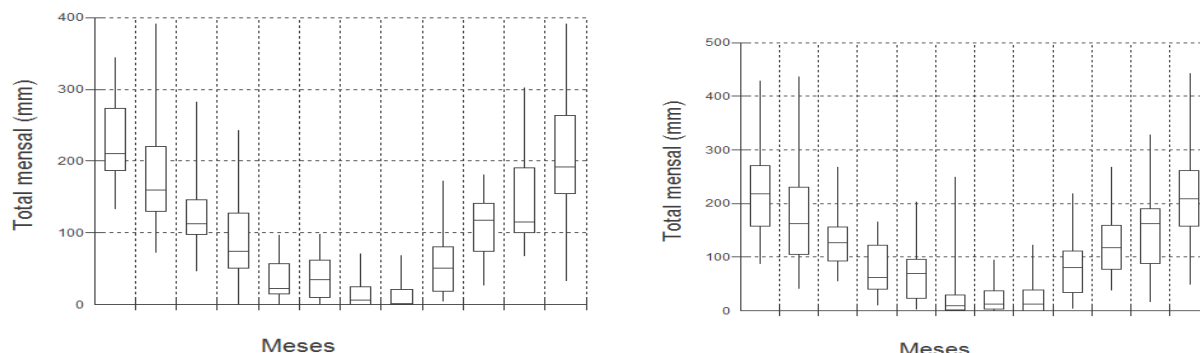


## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Figura 11 – Box-plot das médias mensais de precipitação na ausência de El Niño e em sua presença, respectivamente, para o posto B8 016 – Suzanápolis



Observa-se nos gráficos do tipo box-plot (ou mais especificamente, no caso em questão, box & whisker) que houve uma tendência no aumento das medianas dos meses de maio, julho, agosto, setembro e outubro, e uma tendência de diminuição da mediana do mês de junho, parecendo, então, existir uma influência do fenômeno El Niño em chuvas de inverno na bacia do São José dos Dourados. Além disso, percebeu-se um aumento de eventos máximos durante períodos de El Niño nos meses citados. Salienta-se que as assimetrias calculadas foram, em todos os casos, positivas (como era de se esperar para o tipo de fenômeno estudado, o de precipitação) e menores do que a unidade (corroborando a validade do teste t). No entanto, gráficos do tipo box-plot não constituem uma ferramenta suficientemente segura para garantir a hipótese de existência de efeitos anormais do El Niño sobre a precipitação na bacia de estudo. Assim, faz-se necessário a aplicação de um teste estatístico para uma análise mais minuciosa.

Sabe-se, sobre o teste t, que se pode rejeitar a hipótese nula ( $H_0$ ) de igualdade entre as médias dos períodos quando o valor-p bicaudal for menor do que o alfa imposto (0,05). Quando isso ocorre, a hipótese nula é falsa, e conclui-se haver diferença significativa entre as médias, com um nível de confiança de 95%.

Tabela 1 – Teste t aplicado ao posto B7024 – Santa Fé do Sul

	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro
Média pluviométrica mensal com El Niño (27 anos de dados)	56.93	21.96	22.33	22.85	80.22	116.11
Média pluviométrica sem El Niño (18 anos de dados)	28.33	39.72	9.06	12.5	38.67	121.39
t	2.8217	-1.8035	2.1618	1.4007	2.8475	-0.2561
valor-p (bilateral)	0.0072	0.0782	0.0364	0.1686	0.0067	0.7991
Conclusão	$p < \alpha$	$p < \alpha$	$p < \alpha$	$p > \alpha$	$p < \alpha$	$p > \alpha$



## XXI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

Segurança Hídrica e Desenvolvimento Sustentável:  
desafios do conhecimento e da gestão

De 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília – DF

Assim, no posto B7 024 – Santa Fé do Sul, conclui-se haver diferença significativa nos meses de maio, junho (no sentido do menor precipitação), julho e setembro. Portanto, nas condições do referido posto, há um forte indicativo que o El Niño impacta as chuvas de inverno.

Entretanto, o teste t de Student apenas corroborou essa hipótese, além do mês já discutidos para o posto da Tabela 1, nas chuvas de maio e junho (também no sentido de menor precipitação) nos postos: B7 006 – Urânia, B7 008 – Jales e B7 011 – Valentim Gentil. Em todos os outros postos não houve garantia estatística, pelo teste t, de que o El Niño, de fato, acarreta em diferenças significativas.

### 4 – CONCLUSÕES

Considerando-se ocorrências de El Niño nas intensidades fraca, moderada e forte nas análises, não há confirmação estatística de que o El Niño acarreta em mudanças significativas nas chuvas de inverno na bacia do São José dos Dourados. Optou-se por abordar as três intensidades pela alta recorrência deste fenômeno (considerando intensidade qualquer). No entanto, não se exclui também a possibilidade de que não haja impacto do El Niño forte nas chuvas, pois parece haver uma diferença muito maior de precipitação quando o fenômeno apresenta essa intensidade, ao menos indicado em gráficos de média pluviométrica e Box-plot. Além disso, aumenta-se essa hipótese pelo fato de que, mesmo na análise efetuada neste trabalho, considerando todas as intensidades de El Niño, já existir, em alguns casos, diferenças significativas de precipitação. Sugere-se assim, para trabalhos futuros na bacia do São José dos Dourados, análise do impacto do El Niño forte (como o de 78/79, por exemplo) nas chuvas de inverno.

### 5 – REFERÊNCIAS

- OLIVEIRA, J. N.; DALL'AGLIO SOBRINHO, M.; MACIEL, G. F.; HARADA, C. M. Análise dos efeitos do El Niño 97/98 sobre a disponibilidade hídrica para a geração de energia no Complexo de Urubupungá (ISBN-85-86552-25-9). In: Programa de pós graduação em Ciência da Engenharia Ambiental. (Org.). Recursos Hidroenergéticos: Usos, Impactos e Planejamento integrado. 01ed. São Carlos: Rima, 2002, v. 1, p. 235-246.
- VILLELA, S.M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. McGRAW-HILL, São Paulo – SP. 1975.
- RASMUSSEN; CARPENTER (1989). Climate Diagnostics Bulletin. Journal of Climate.
- ELETROBRAS. *Manual de Pequenas Centrais Hidrelétricas*. Ministério de Minas e Energia, 2000.
- LINSLEY, R. K.; FRANZINI, J. B. Engenharia de Recursos Hídricos. Editora Universidade de São Paulo - McGRAW-HILL, São Paulo – SP. 1978.
- TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Editora UFRGS. Porto Alegre – RS, 1995.
- NAGHETTINI, M.; JOSÉ, É. J. A. (2007). Hidrologia Estatística. CPRM. p. 25-35.