



## INFLUÊNCIA DA ALTITUDE NA PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL NAS SUB-BACIAS PERTENCENTES À BACIA DO RIO URUGUAI

*Maurício D. Melati<sup>1</sup> & Francisco F. N. Marcuzzo<sup>2</sup>*

**Resumo** – A altitude pode condicionar o clima de uma determinada região podendo invalidar o aspecto da zona climática na qual a bacia hidrográfica está inserida. O objetivo deste trabalho foi o de caracterizar e estudar a influência da altitude na precipitação pluvial anual das sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Uruguai (7), em sua parte brasileira, utilizando médias temporais de estações pluviométricas especializadas na região de estudo com uma série histórica de 1977 a 2006. Foram utilizados dados médios de precipitação das séries históricas da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, obtidos do Atlas Pluviométrico do Brasil. Utilizou-se o Modelo Digital de Elevação SRTM 90m, para se extrair a altitude dos postos pluviométricos. Observou-se que as sub-bacias 73 a 77 apresentaram tendência positiva no aumento do volume de precipitação pluviométrica média anual conforme se aumentava a altitude da estação pluviométrica estudada. Já a sub-bacia 70 mostrou uma tendência negativa, com decréscimo do volume de precipitação pluviométrica média anual conforme se aumentava a altitude da estação pluviométrica estudada. As sub-bacias 71 e 72, apesar de apresentar uma leve tendência positiva e negativa, respectivamente, pode-se verificar que praticamente ficaram neutras com relação à influência da altitude no volume de chuva anual médio.

**Palavras-Chave** – chuva, altimetria, pluviometria.

## INFLUENCE OF ALTITUDE IN RUSH AVERAGE ANNUAL IN SUB- BASIN BELONGS IN RIVER BASIN URUGUAY

**Abstract** – The altitude may make the climate of a particular region may invalidate the aspect of climate zone in which the basin is inserted. The objective of this study was to characterize and study the influence of altitude on annual rainfall of sub-basins belonging to the basin of the River Uruguay (7) in its Brazilian part, using time averages of specialized rainfall stations in the study region. It was used average rainfall data from historical series of river basin Uruguay obtained Rainfall Atlas of Brazil. It was used the Digital Elevation Model SRTM 90m, to extract the altitude of rain gauges. It was observed that the sub-basins 73 until 77 showed a positive trend in the increase of the average annual rainfall volume as raising the height of the rainfall season studied, considering the historical series from 1977 to 2006. Have the sub-basin 70 showed a trend negative, with a decrease of the average annual rainfall volume as raising the height of the rainfall season studied. The sub-basins 71 and 72, despite showing a slight tendency positive and negative, respectively, it can be seen that virtually remained neutral as to the influence of the altitude on the volume average annual rainfall.

**Keywords** – rainfall, altimetric, pluviometric.

### 1. INTRODUÇÃO

Estudos que envolvam a relação existente entre a altitude e a precipitação pluviométrica são de suma importância para as diferentes bacias hidrográficas brasileiras, que trazem características peculiares, na qual uma modificação hipsométrica pode resultar em transformações no clima e, consecutivamente, no regime pluviométrico.

1) Engenheiro Ambiental, ex-estagiário do projeto de Regionalização de Vazões, CPRM / SGB. [mauriciomelati@gmail.com](mailto:mauriciomelati@gmail.com).

2) Pesquisador em Geociências, CPRM / SGB - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Rua Banco da Província, nº105 - Santa Teresa - Porto Alegre/RS - CEP 90840-030, Tel.:(51)3406-7300. [francisco.marcuzzo@cprm.gov.br](mailto:francisco.marcuzzo@cprm.gov.br).

Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, a chuva exerce influência indiretamente sobre outras variáveis como: temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e a radiação solar (EMBRAPA, 2002). Em um estudo temporal e de espacialização mensal e anual das chuvas na bacia do Rio Paraguai, Cardoso e Marcuzzo (2012) concluíram o período úmido vai de setembro a maio, e os meses referentes ao período seco são junho, julho e agosto. Com base em um estudo sobre a precipitação irregular do nordeste do Brasil, observou-se a necessidade do monitoramento pluviométrico por meio de emprego de índices climáticos (DA SILVA, 2009). Usando modelos estatísticos lineares e multivariados, Basist *et al.* (1994) analisaram a variabilidade espacial da precipitação média anual para dez regiões montanhosas em diferentes locais do mundo. Quanto aos modelos multivariados, os resultados indicam que a exposição da inclinação da montanha onde o vento prevalece é o fator mais importante na relação topografia com a distribuição espacial da precipitação média anual, sendo que, a elevação possui correlação significativamente positiva com a precipitação em apenas dois modelos e é somente correlacionado negativamente em outro.

O objetivo deste estudo foi o de caracterizar e estudar a influência da altitude na precipitação pluvial anual das sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Uruguai (7), em sua parte brasileira, utilizando médias temporais de estações pluviométricas especializadas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização geral da área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Uruguai (Figura 1) é denominada bacia 7 (ANA, 2009) pela classificação da Agência Nacional de Águas (ANA), com área territorial aproximada de 174.375 km<sup>2</sup> (calculada por SRTM 90m para este estudo) em sua parte brasileira.

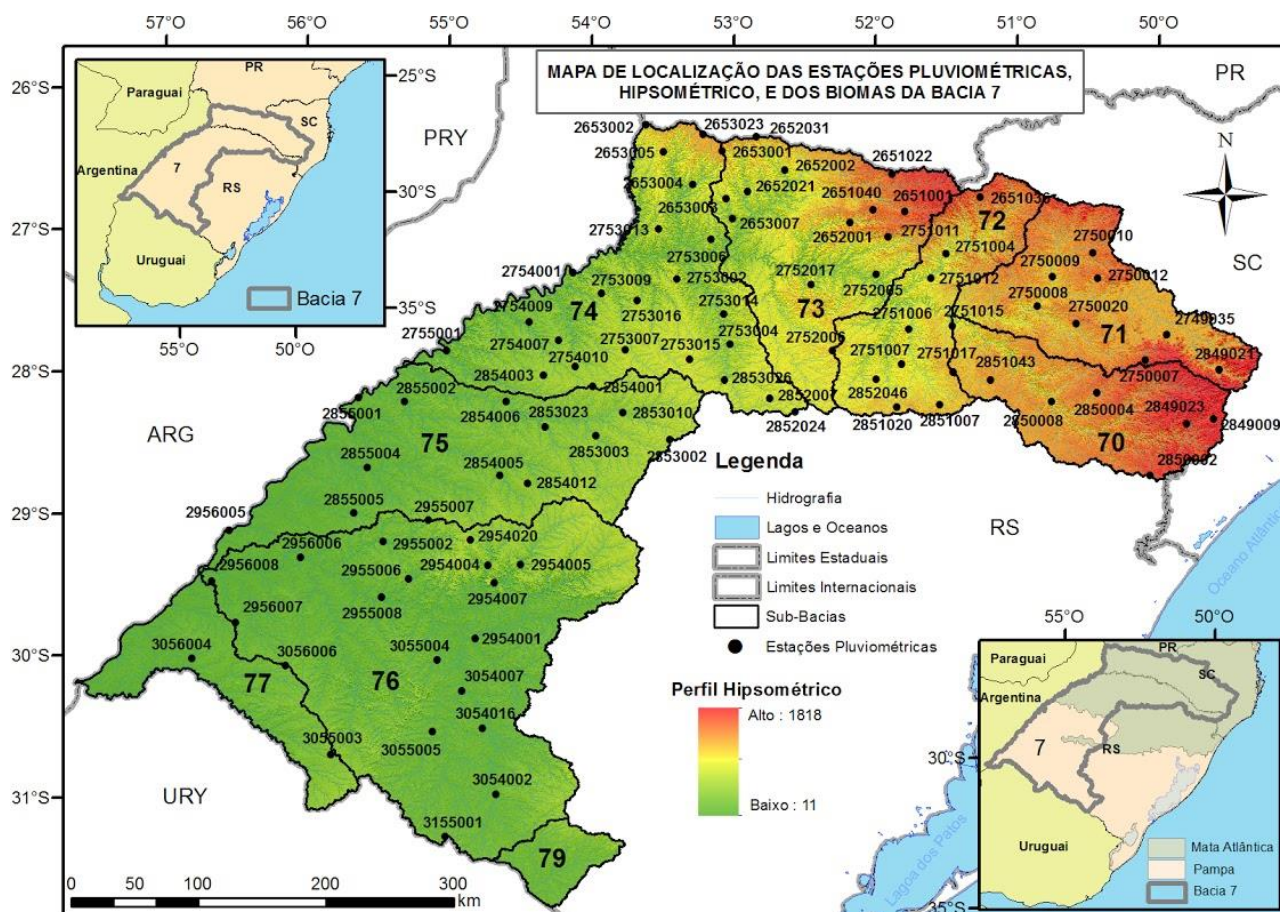


Figura 1. Localização das estações pluviométricas utilizadas nas sub-bacias da bacia 7.



A bacia hidrográfica do Rio Uruguai (número 7), inserida nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (com parte dos divisores de água no território do Paraná), também faz parte da região hidrográfica de número 11, denominada Região Hidrográfica do Uruguai. É constituída pela bacia hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional, estando limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai. (ANA, 2009).

Observa-se na Figura 1 que não há sub-bacia 78 no território brasileiro e que a sub-bacia 79 não possui estações selecionadas para este estudo, segundo a fonte dos dados (PINTO *et al.*, 2011).

## 2.2. Dados utilizados no estudo

Foram utilizados dados médios de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos das bacias hidrográficas do Rio Uruguai (bacia 7), obtidos de Pinto *et al.* (2011), também disponibilizados como dados brutos pela Rede Hidrometeorológica Nacional (BRASIL, 2013).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Coeficiente de Determinação da Relação Entre a Precipitação Anual Média e a Altitude nas Sub-Bacias 70 a 77

Na sub-bacia 70 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Clemente Argolo (2751017), com 1.944,1mm e uma altitude de 864m (extraída pelo SRTM 90). Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Bom Jardim da Serra, com 1.474,3mm e uma altitude de 1.279m. Verifica-se na Figura 2 que há uma tendência de decréscimo ( $r^2 = 0,3014$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 70 (extraída pelo SRTM 90). Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 70, para o período histórico de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 70 de 1.687,2mm.

Na sub-bacia 71 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Bocaina do Sul (2749035), com 1.682,6mm e uma altitude de 860m. Já o posto com menor precipitação anual média foi o Passo Marombas (2750009), com 1.615mm e uma altitude de 760m. Verifica-se na Figura 2 que quase não existe declividade ( $r^2 = 0,0019$ ) da precipitação quanto maior é a altitude. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 71, para o período histórico de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 71 de 1.637,0mm.

Na sub-bacia 72 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Barracão (2751015), com 1.909,4mm e uma altitude de 756m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Encruzilhada II (2851007), com 1.724,3mm e uma altitude de 781m. Verifica-se na Figura 3 que quase não existe declividade ( $r^2 = 0,00004$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 72. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 72, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 72 de 1.803,6mm.

Na sub-bacia 73 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o São Lourenço do Oeste (2652031), com 2.096,7mm e uma altitude de 897m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Saudades (2653007), com 1.778,1mm e uma altitude de 272m. Verifica-se na Figura 3 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,39$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 73 (extraída pelo SRTM 90). Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 73, para o período histórico de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 73 de 1.964,2mm.

Na sub-bacia 74 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Dionísio Cerqueira (2653002), com 2.146,5mm e uma altitude de 801m. Já o posto com menor precipitação

pluviométrica anual média foi o Três de Maio (2754007), com 1.680,5mm e uma altitude de 364m. Verifica-se na Figura 3 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,4375$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 74. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 74, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 74 de 1.887,6mm.

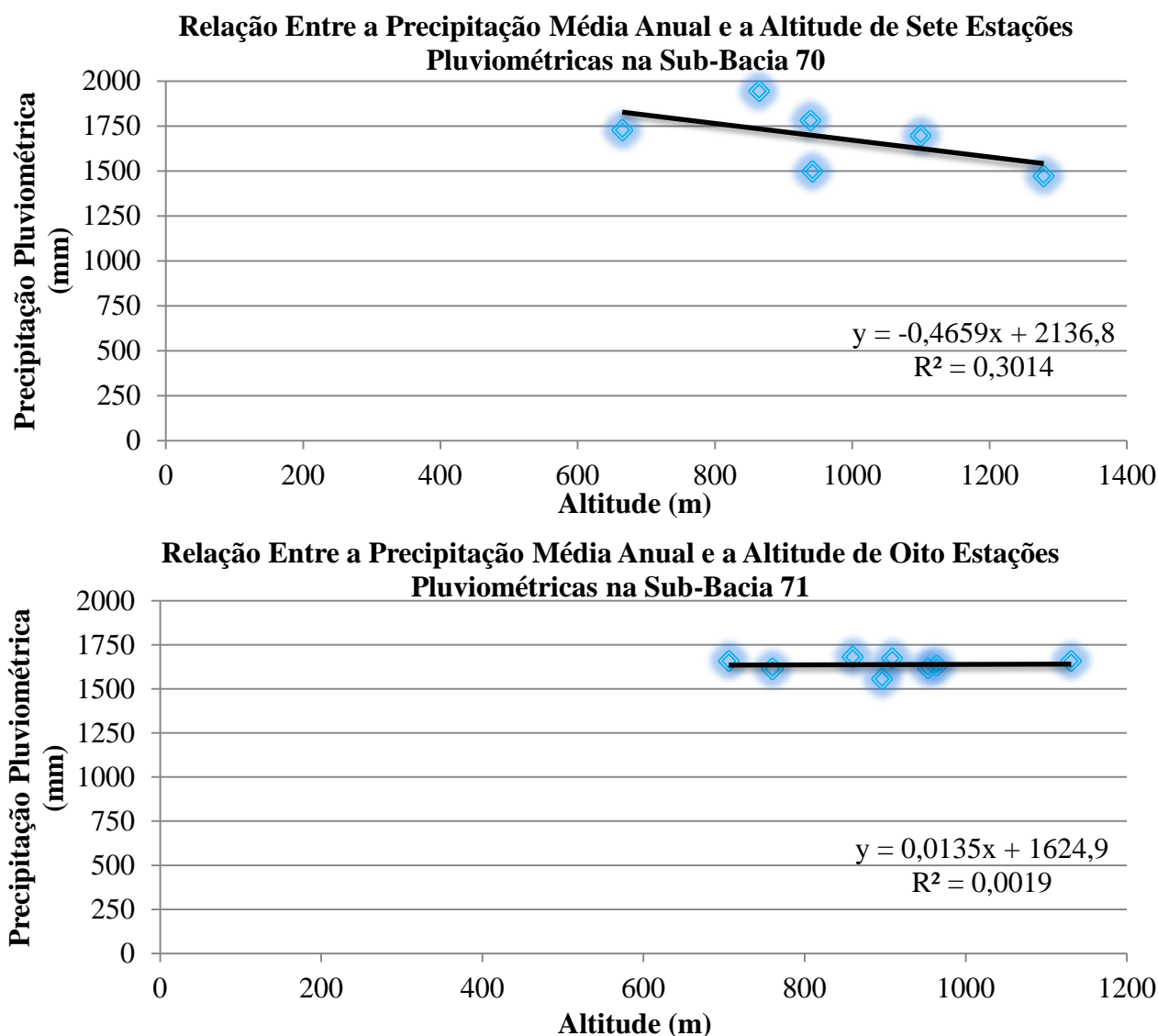


Figura 2. Relação entre o volume de chuva anual (1977 a 2006) e a altitude das sub-bacias 70 e 71.

Na sub-bacia 75 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Condor (2853023), com 1.944,5mm e uma altitude de 207m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Itaqui (2956005), com 1.582,62mm e uma altitude de 59m. Verifica-se na Figura 4 que há uma leve tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,1831$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 75.

Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 75, para o período histórico de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 75 de 1.824,6mm. Cardoso *et al.* (2014) utilizaram volume precipitado em Goiás para determinação da classificação climática de Köppen-Geiger.



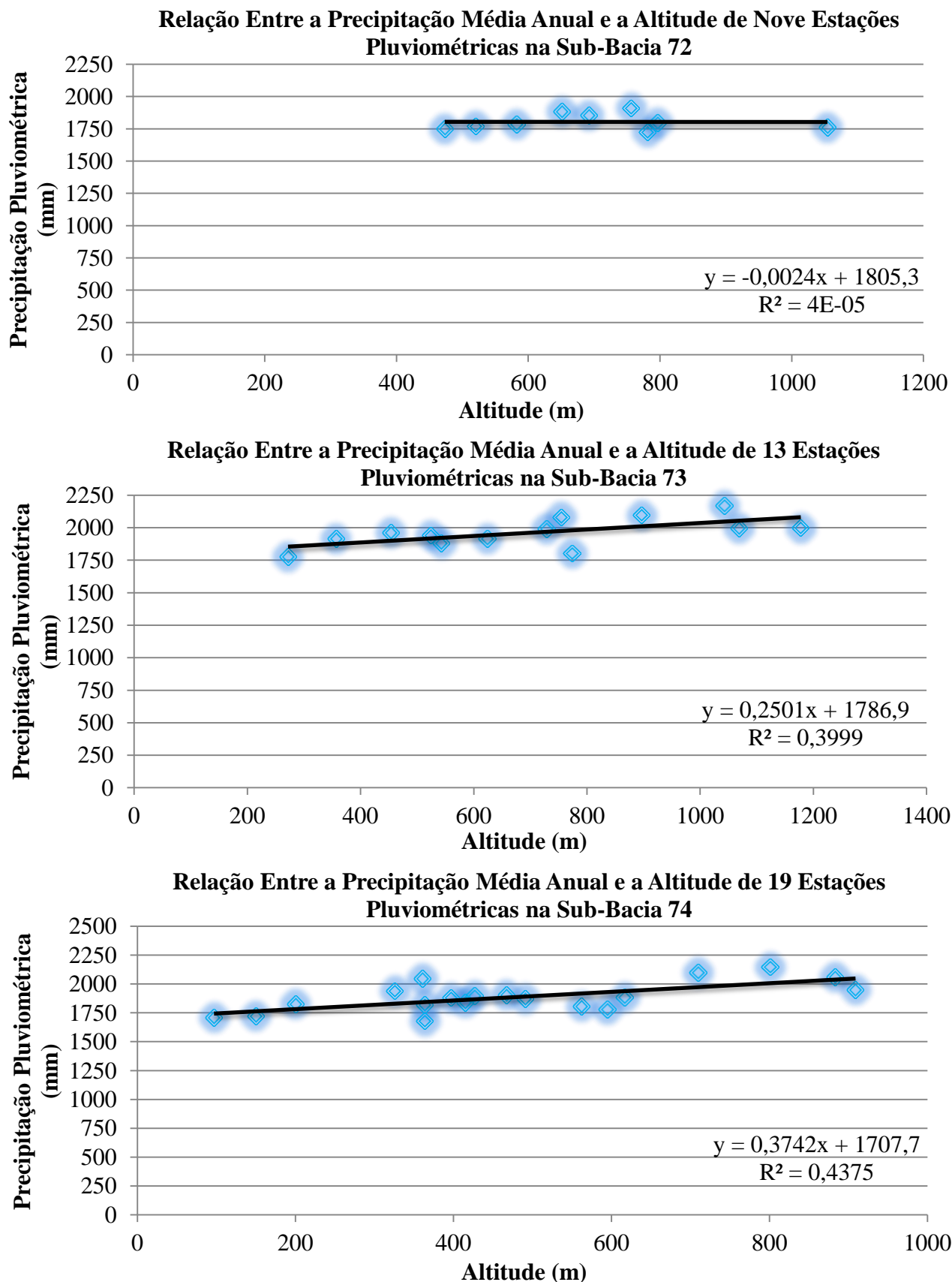


Figura 3. Relação entre o volume de chuva médio anual (1977 a 2006) e a altitude das sub-bacias 72 a 74.

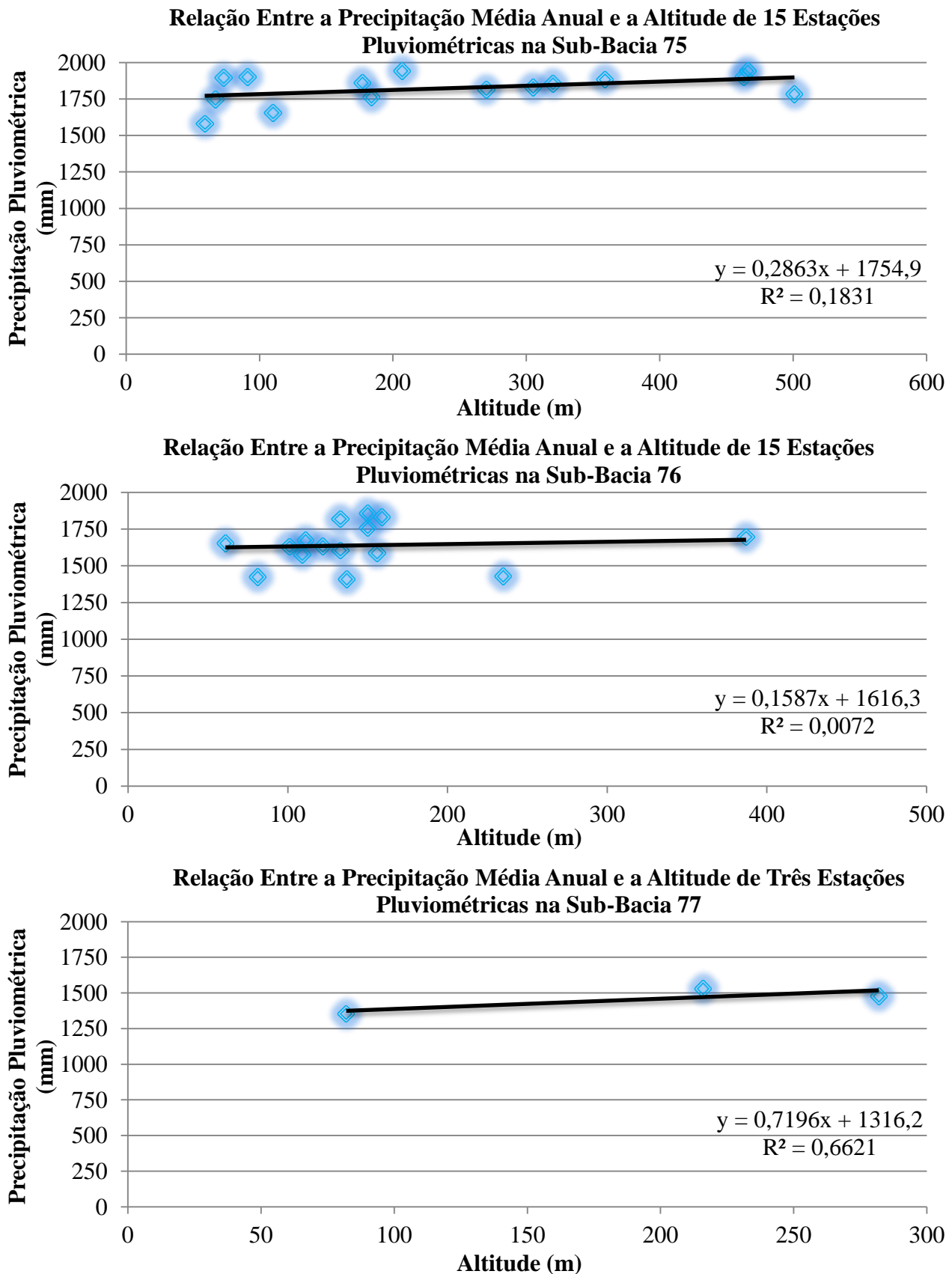


Figura 4. Relação entre o volume de chuva médio anual (1977 a 2006) e a altitude das sub-bacias 75 a 77.



Na sub-bacia 76 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Jaguari (2954007), com 1.858,42mm e uma altitude de 150m (extraída pelo SRTM 90). Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Dom Pedrito (3054002), com 1.407,67mm e uma altitude de 137m. Verifica-se na Figura 4 que quase não existe declividade ( $r^2 = 0,0072$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 76. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 76, para o período histórico de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 76 de 1.639,8mm.

Na sub-bacia 77 o posto com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Harmonia (3056006), com 1.531,03mm e uma altitude de 216m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Fazenda Junco (3054002), com 1.355,66mm e uma altitude de 82m. Verifica-se na Figura 4 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,6621$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 77. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 77, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 77 de 1.455,4mm.

### 3.2. Mapas Para Impressão com Relação das Precipitações e Altitude das Sub-Bacias 70 a 77

Os mapas na escala 1:1.100.000, podem ser baixados gratuitamente pelos endereços (“links”) na internet disponibilizados no Quadro 1, ou solicitando pelo e-mail dos autores deste trabalho.

Quadro 1 – Mapas em versão de impressão (escala 1:1.100.000) para baixar.

Mapas da Bacia 7	Endereços (“links”) para Baixar os Mapas nas Versões de Impressão
Hipsométrico e Localização das Estações Utilizadas no Estudo	<a href="https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOUlI0YmNiM0Y1YTQ&amp;authuser=0">https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOUlI0YmNiM0Y1YTQ&amp;authuser=0</a>
Gráficos de Precipitação versus Altitude das Sub-Bacias da Bacia 7	<a href="https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOR04xaWF1UFV0U2M&amp;authuser=0">https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOR04xaWF1UFV0U2M&amp;authuser=0</a>

## 4. CONCLUSÃO

Observou-se que as sub-bacias 73 a 77 apresentaram tendência positiva no aumento do volume de precipitação pluviométrica média anual conforme se aumentava a altitude da estação pluviométrica estudada, considerando a série histórica de 1977 a 2006. Já a sub-bacia 70 mostrou uma tendência negativa, com decréscimo do volume de precipitação pluviométrica média anual conforme se aumentava a altitude da estação pluviométrica estudada.

As sub-bacias 71 e 72, apesar de apresentar uma leve tendência positiva e negativa, respectivamente, pode-se verificar que praticamente ficaram neutras com relação à influência da altitude no volume de chuva anual médio.

Observa-se que as sub-bacias 70, 71 e 72 são as mais orientais das sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, portanto mais próximas do Oceano Atlântico, e nas partes mais altas da região, o que pode ter efeito no volume precipitado devido a fácil influência das massas de ar do oceano.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Inventário das estações fluviométricas**. 2. ed. BSB, 2009. Disponível em:



<<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>>. Acesso em 26 ago. 2014.

BASIST, A.; BELL, G.D.; MEENTEMEYER, V. Statistical relationships between topography and precipitation patterns. **Journal of Climate**, v.7, p. 1305-1315. 1994. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/mwg-internal/de5fs23hu73ds/progress?id=mn10j29qxr&dl>>. Acesso em: 27 nov. 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Sistema de informações hidrológicas. 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. Estudo Temporal e Espacialização Mensal e Anual das Chuvas na Parte Brasileira da Bacia do Rio Paraguai. In: IV Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2012, Bonito-MS. **Anais do IV Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**. Brasília - DF: INPE e Embrapa Informática, 2012. v. 1. p. 1076-1085. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento\\_Estudo\\_Marcuzzo.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Evento_Estudo_Marcuzzo.pdf)>. Acesso: 23 out. 2014.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Classificação Climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 8, n. 16, jan./mar. de 2014. pp. 40-55. Disponível em: <<http://revista.ufrr.br/index.php/actageo/article/view/1384/1475>>. Acesso em: 03 Mar. 2015.

DA SILVA, D. F. Análise de aspectos climatológicos, agro econômicos, ambientais e de seus efeitos sobre a bacia hidrográfica do rio Mundaú (AL e PE). **Tese (Doutorado em Recursos naturais)** – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2009.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2002). Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Corumbá, Mato Grosso do Sul, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. **Análise da Distribuição da Frequência Mensal de Precipitação para a Sub-região da Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil**. Disponível: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP34.pdf>. Acesso em: 19 ago. de 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. **Comunicação Social – Mapas de biomas e de Vegetação**. 2004. Disponível: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_impressao.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impressao.php?id_noticia=169). Acesso em: 20 ago. 2010.

IBGE – Instituto Brasileiro de Pesquisa e Estatística. **Contagem da População – População recenseada e estimada segundo os municípios – Mato Grosso do Sul**. 2007. Disponível: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem\\_final/tabela1\\_1\\_24.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/contagem_final/tabela1_1_24.pdf). Acesso em: 20 ago. 2010.

PINTO, E. J. de A.; AZAMBUJA, A. M. S. de; FARIAS, J. A. M.; SALGUEIRO, J. P. de B.; PICKBRENNER, K. (Coords.). **Atlas pluviométrico do Brasil: isoietas mensais, isoietas trimestrais, isoietas anuais, meses mais secos, meses mais chuvosos, trimestres mais secos, trimestres mais chuvosos**. Brasília: CPRM, 2011. 1 DVD. Escala 1.5:000.000. Equipe Executora: Da Costa, Margarida Regueira; Dantas, Carlos Eduardo de Oliveira; Melo, De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; De Rezende, Denise Christina; Do Nascimento, Jean Ricardo da Silva; Dos Santos, André Luis M. Real; Farias, José Alexandre M.; Machado, Érica C.; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Rodrigues, Paulo de Tarso R.; Weschenfelder, Adriana Burin; SIG - versão 2.0 - atualizada em 11/2011; Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas\\_Totais\\_Anuais\\_1977\\_2006.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Isoietas_Totais_Anuais_1977_2006.pdf)>. Acesso em: 23 out. 2014.