



## EFEITO DA ALTITUDE NA CHUVA MÉDIA ANUAL NAS SUB-BACIAS PERTENCENTES À BACIA DO ATLÂNTICO – TRECHO SUDESTE

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

**Resumo** – A altitude é um dos principais fatores condicionantes para o clima e, consecutivamente, para o regime pluviométrico de uma bacia hidrográfica. O objetivo deste trabalho foi o de distinguir e estudar a extensão da altitude na precipitação pluvial mensal das sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste (8), 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 anual das séries históricas da bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste, obtidos do Atlas Pluviométrico do Brasil. Utilizou-se o Modelo Digital de Elevação SRTM 90m, para se extrair a altitude dos postos pluviométricos. Na sub-bacia 80, a mais chuvosa das sub-bacias estudadas, o pluviômetro com maior precipitação pluviométrica anual média foi a Represa Itatinga (2346065), com 4.254,4mm e uma altitude de 849m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o São Francisco (2345057), com 1.291,6mm e uma altitude de 73m. Apesar da tendência, observada pela linha de regressão linear, de aumento da precipitação pluviométrica na maioria das sub-bacias, não se pôde concluir de forma clara e objetiva a influência da altitude no volume precipitado.

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

**Abstract** – The altitude is one of the main contributing factors to the climate and consecutively to the rainfall in a river basin. The objective of this study was to distinguish and study the extent of altitude on monthly rainfall of sub-basins belonging to the basin of the Atlantic - Southeast portion (8) in its Brazilian part, using time averages of specialized rainfall stations in the region of study with a historical series from 1977 to 2006. Was used average annual rainfall data of the historical series of river basin of the Atlântico – Trecho Sudeste obtained Rainfall Atlas of Brazil. It was used the Digital Elevation Model SRTM 90m, to extract the altitude of rain gauges. In sub-basin 80, the wettest of the studied sub-basins, the rain gauge with annual average rainfall was Represa Itatinga (2346065), with 4.254,4mm and an altitude of 849m. Have the post with lower mean annual rainfall was the São Francisco (2345057), with 1.291,6mm and a height of 73m. Despite the trend, observed by linear regression line, increased rainfall in most sub-basins, could not be concluded in a clear and objective manner the influence of altitude on rainfall volume.

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

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).

# 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, peculiares, na qual uma modificação hipsométrica pode resultar em transformações no regime pluviométrico.

Em diversos sistemas de uso e ocupação do solo, a precipitação pluviométrica é um dos elementos meteorológicos que exerce maior influência sobre as condições antrópicas (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. 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. Das seis variáveis topográficas utilizadas como previsoras, as variáveis elevação e inclinação foram as mais fracas no estudo. 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 chuva 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 mensal das sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste (8), em sua parte brasileira, utilizando médias temporais de estações especializadas na região.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização geral da área de estudo

A bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste (Figura 1) é denominada bacia 8 (ANA, 2009) pela classificação da Agência Nacional de Águas (ANA), com área territorial aproximada de 230.167 km<sup>2</sup> (calculada por SRTM 90m para este estudo) em sua parte brasileira.

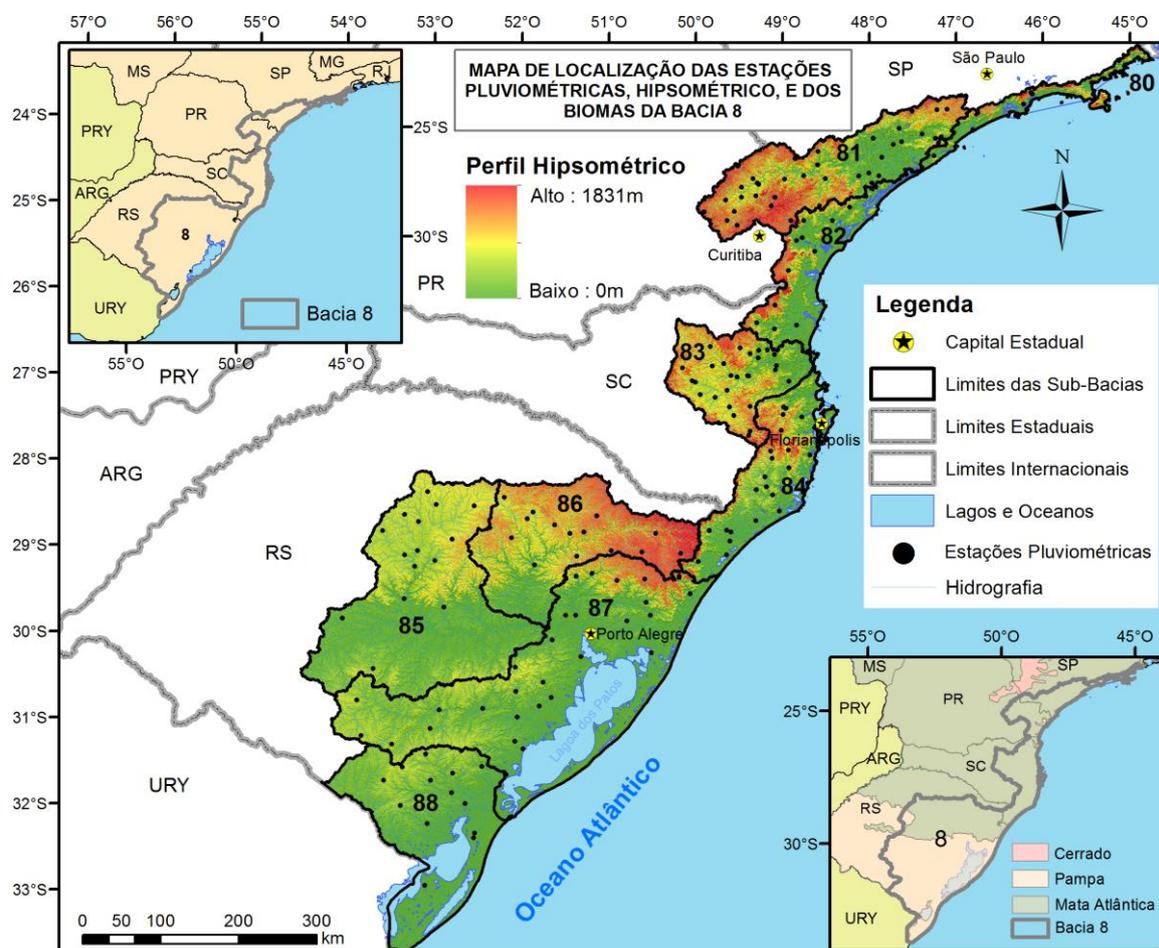


Figura 1. Localização das estações pluviométricas utilizadas nas sub-bacias da bacia 8.

A bacia do Atlântico – Trecho Sudeste (Figura 1) esta inserida nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo. A bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste também tem parte do seu território na região hidrográfica de número 12, denominada região hidrográfica do Atlântico Sul. Observa-se na Figura 1 que não há sub-bacia 89 no território brasileiro (ANA, 2009).

## 2.2. Dados utilizados no estudo

Foram utilizados dados médios de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos das bacias hidrográficas (bacia 8), 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 80 a 88

Na sub-bacia 80 o pluviômetro com maior precipitação pluviométrica anual média foi a Represa Itatinga (2346065), com 4.254,4mm e uma altitude de 849m (extraída pelo SRTM 90). Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o São Francisco (2345057), com 1.291,6mm e uma altitude de 73m. Verifica-se na Figura 2 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,2499$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 80 (extraída pelo SRTM 90). Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 80, para o período histórico de 1977 a 2006 (PINTO *et al.*, 2011), obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 80 de 2.510,3mm.

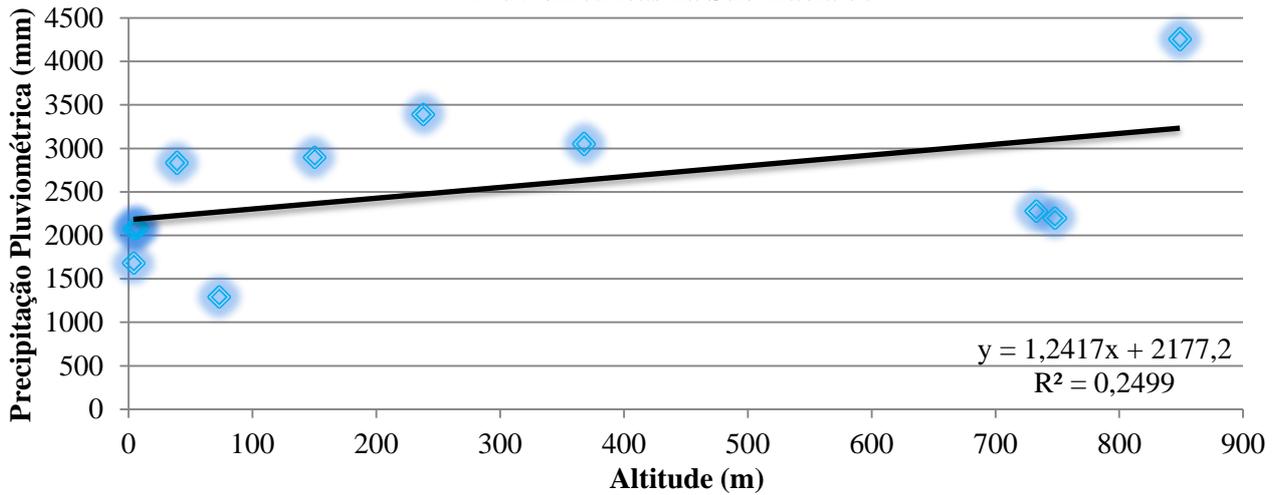
Na sub-bacia 81 o pluviômetro com maior precipitação pluviométrica anual média foi o Ribeirão da Serra (2447012), com 2.287,7mm e uma altitude de 52m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Santa Cruz - Tigre (2549054), com 1.297,9mm e uma altitude de 920m. Verifica-se na Figura 2 que há uma leve tendência de decréscimo ( $r^2 = 0,0547$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 81. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 81, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 81 de 1.575,1mm.

Na sub-bacia 82 o posto com maior chuva anual média foi o Rio Guaraqueçaba (2548042), com 2.701,6mm e uma altitude de 234m. Já o posto com menor precipitação pluviométrica anual média foi o Piçarras (2648019), com 1.677,9mm e uma altitude de 7m. Verifica-se na Figura 2 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,1061$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 82. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 82, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 82 de 2.138,2mm.

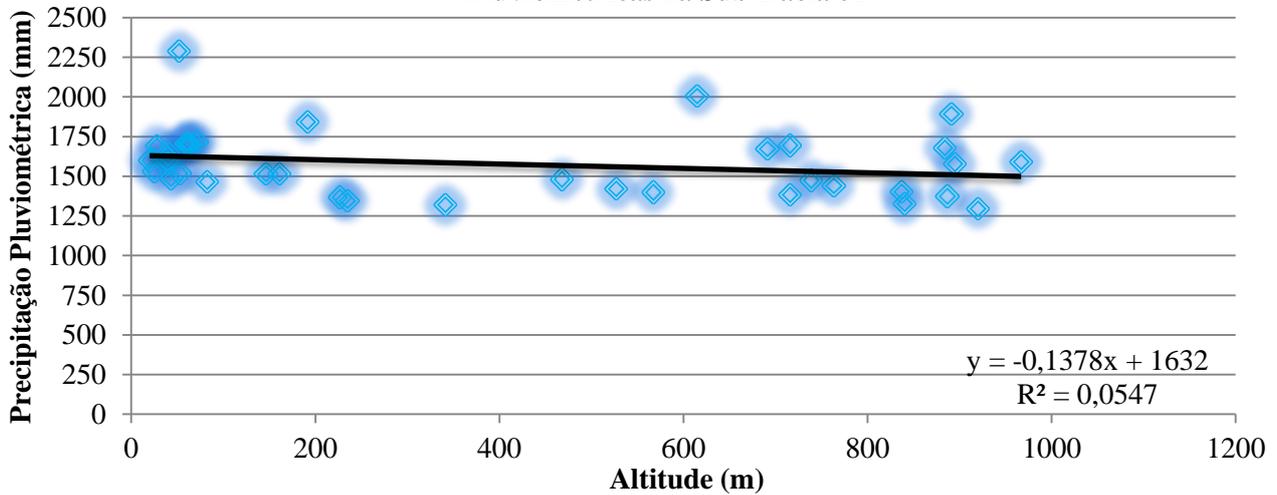
Na sub-bacia 83 o posto com maior chuva anual média foi o Itoupava Central (2649010), com 1.794,61mm e uma altitude de 27m. Já o posto com menor anual média foi o Nova Bremen (2749005), com 1.425,15mm e uma altitude de 281m. Verifica-se na Figura 3 que há uma leve tendência de decréscimo ( $r^2 = 0,0935$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 83. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 83, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 83 de 1.586mm.

Na sub-bacia 84 o posto com maior chuva anual média foi o Timbé do Sul (2849019), com 2.014,84mm e uma altitude de 117m. Já o posto com menor chuva anual média foi o Imbituba (2848007), com 1.420,58mm e uma altitude de 25m. Verifica-se na Figura 3 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,3072$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 84. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 84, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 84 de 1.640,3mm.

**Relação Entre a Precipitação Média Anual e a Altitude de 12 Estações Pluviométricas na Sub-Bacia 80**



**Relação Entre a Precipitação Média Anual e a Altitude de 36 Estações Pluviométricas na Sub-Bacia 81**



**Relação Entre a Precipitação Média Anual e a Altitude de 13 Estações Pluviométricas na Sub-Bacia 82**

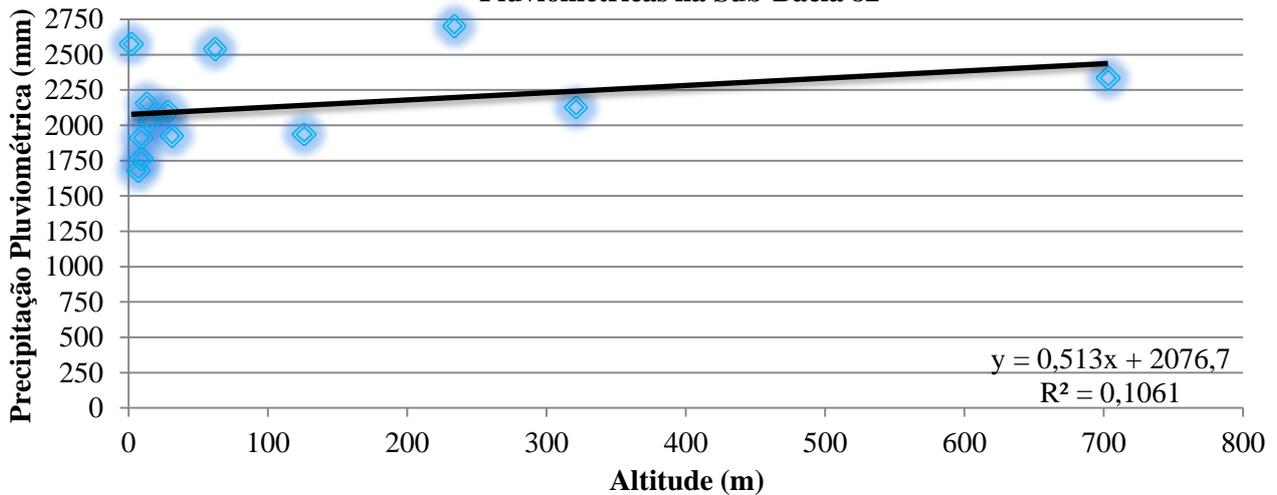


Figura 2. Relação entre o volume de chuva médio anual (1977 a 2006) e a altitude das sub-bacias 80 e 82.

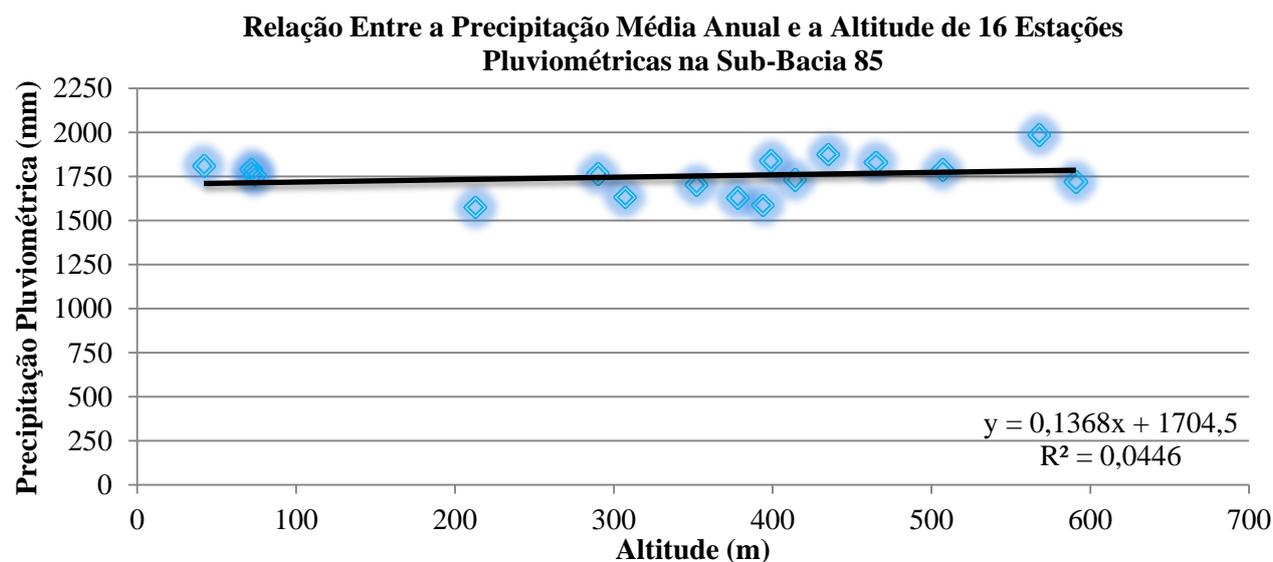
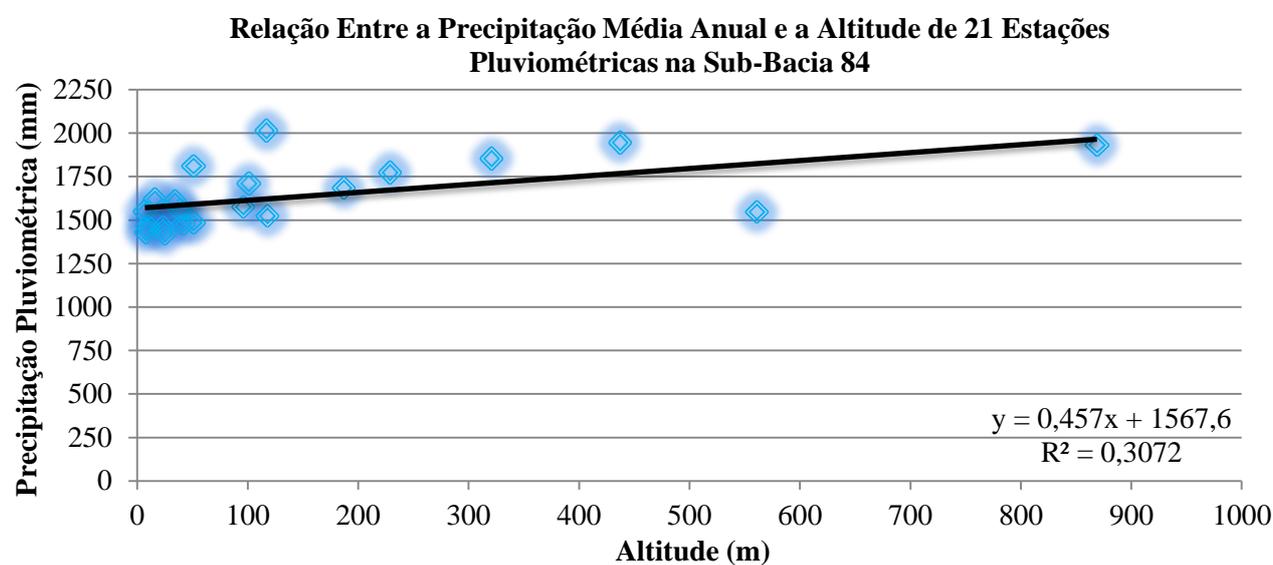
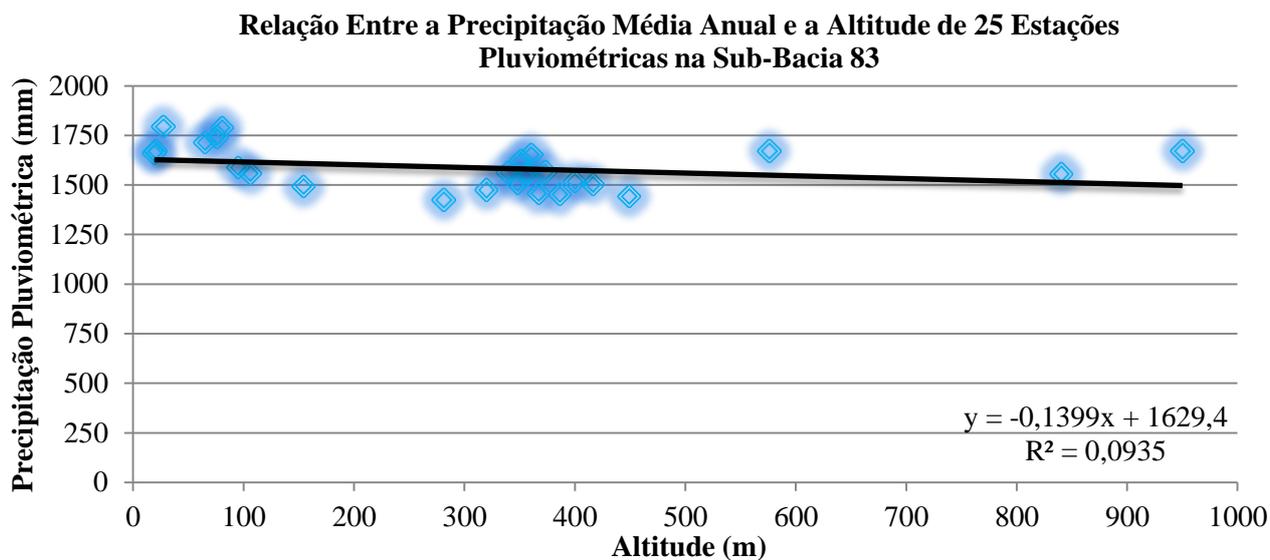
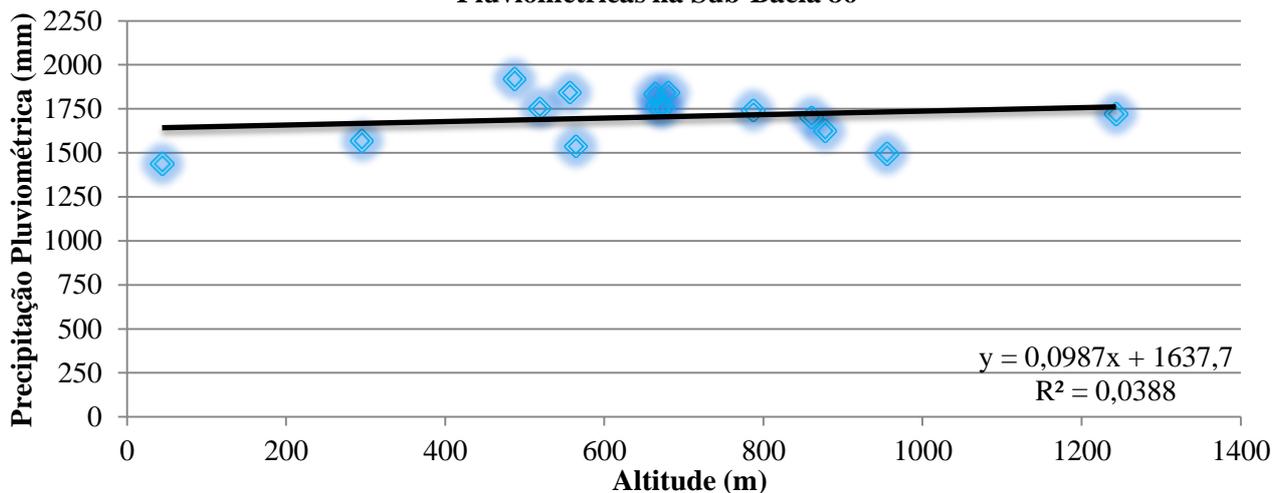
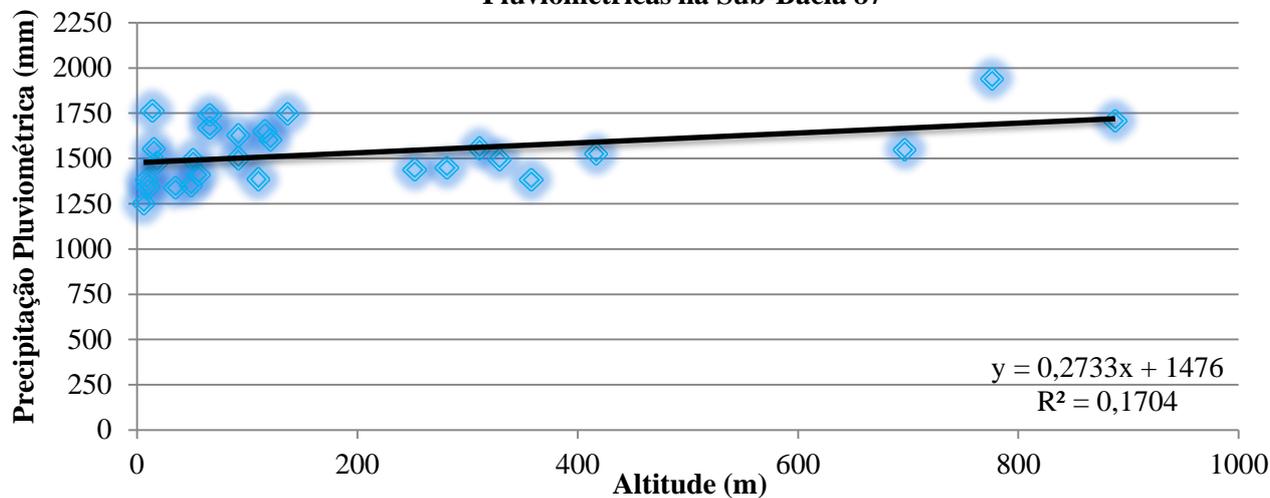


Figura 3. Relação entre o volume de chuva médio anual (1977 a 2006) e a altitude das sub-bacias 83 a 85.

**Relação Entre a Precipitação Média Anual e a Altitude de 15 Estações Pluviométricas na Sub-Bacia 86**



**Relação Entre a Precipitação Média Anual e a Altitude de 27 Estações Pluviométricas na Sub-Bacia 87**



**Relação Entre a Precipitação Média Anual e a Altitude de 14 Estações Pluviométricas na Sub-Bacia 88**

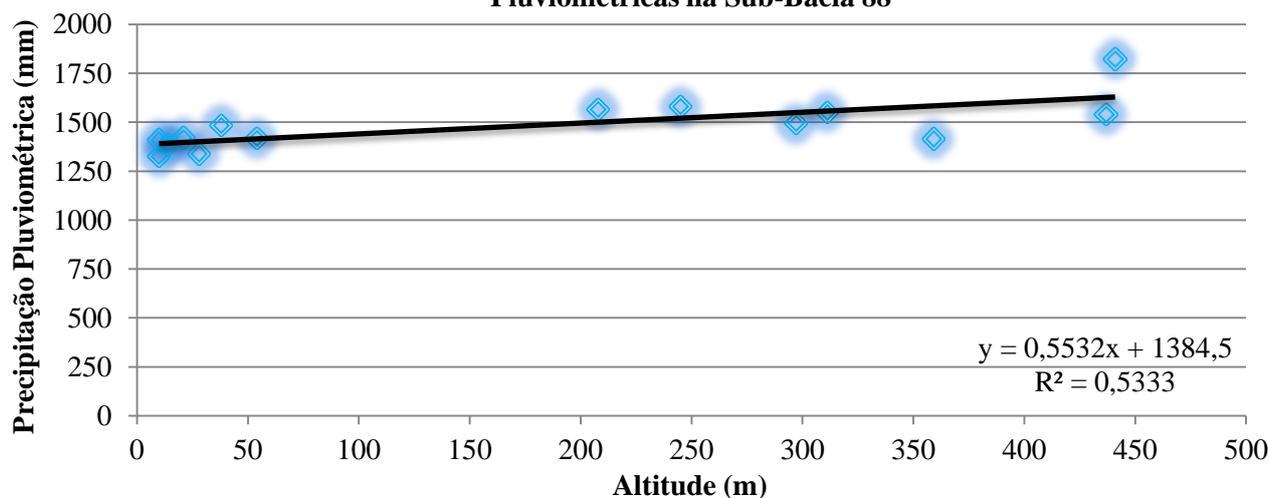


Figura 4. Relação entre o volume de chuva médio anual (1977 a 2006) e a altitude das sub-bacias 86 a 88.

O posto, na sub-bacia 85, com maior chuva anual média foi o Carazinho (2852006), com 1.985,65mm e uma altitude de 568m. Já o posto com menor chuva anual média foi o Passo dos Freires (3053017), com 1.574,3mm e uma altitude de 213m. Verifica-se na Figura 3 que há uma leve tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,0446$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 85. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 85, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 85 de 1.751,5mm.

Na sub-bacia 86 o posto com maior chuva anual média foi o Passo Migliavaca (2851022), com 1.919,4mm e uma altitude de 487m. Já o posto com menor chuva anual média foi o Encantado (2951010), com 1.438,43mm e uma altitude de 44m. Verifica-se na Figura 4 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,0388$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 86. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 86, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 86 de 1.702,7mm. Na sub-bacia 87 o posto com maior chuva anual média foi o Renania (2950026), com 1.941,3mm e uma altitude de 776m. Já o posto com menor chuva anual média foi o Palmares do Sul (3050002), com 1.248,97mm e uma altitude de 6m. Observa-se na Figura 4 que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,1794$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 87. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 87, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 87 de 1.530,4mm. Na sub-bacia 88 o posto com maior chuva anual média foi o Canguçu (3152003), com 1.823,25mm e uma altitude de 447m. Já o posto com menor chuva anual média foi o Granja Osório (3253003), com 1.325,72mm e uma altitude de 10m. Na Figura 4 nota-se que há uma tendência de acréscimo ( $r^2 = 0,5333$ ) da precipitação quanto maior é a altitude na sub-bacia 88. Considerando a soma das médias mensais da precipitação de todas as estações pluviométricas na sub-bacia 88, obtém-se uma média de precipitação anual na sub-bacia 88 de 1.482,2mm. As Figuras 5 e 6 mostram mapas em alta resolução que podem ser baixados pelo links no Quadro 1.

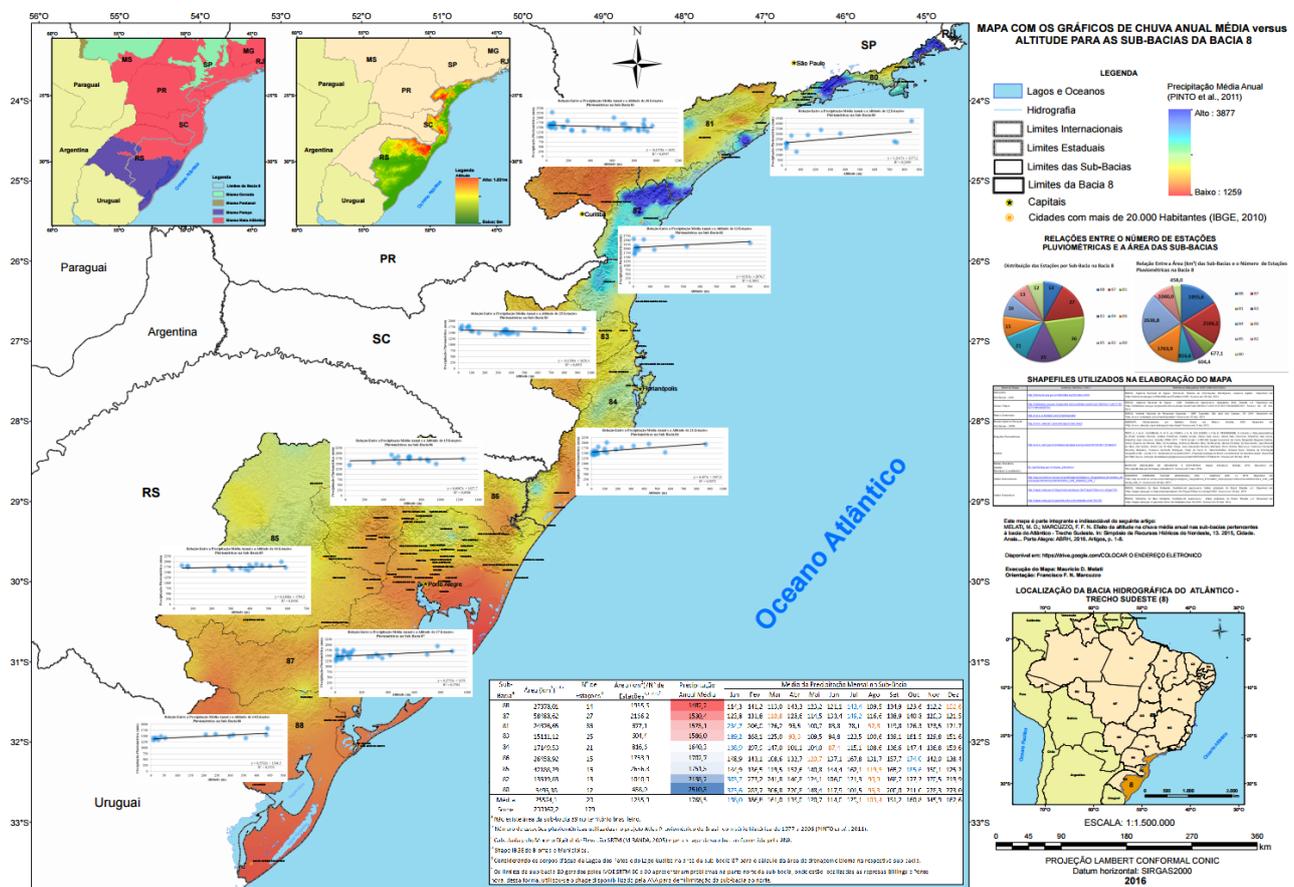


Figura 5. Mapa com os gráficos de chuva anual média versus altitude para as sub-bacias pertencentes a bacia do Atlântico – Trecho Sudeste.

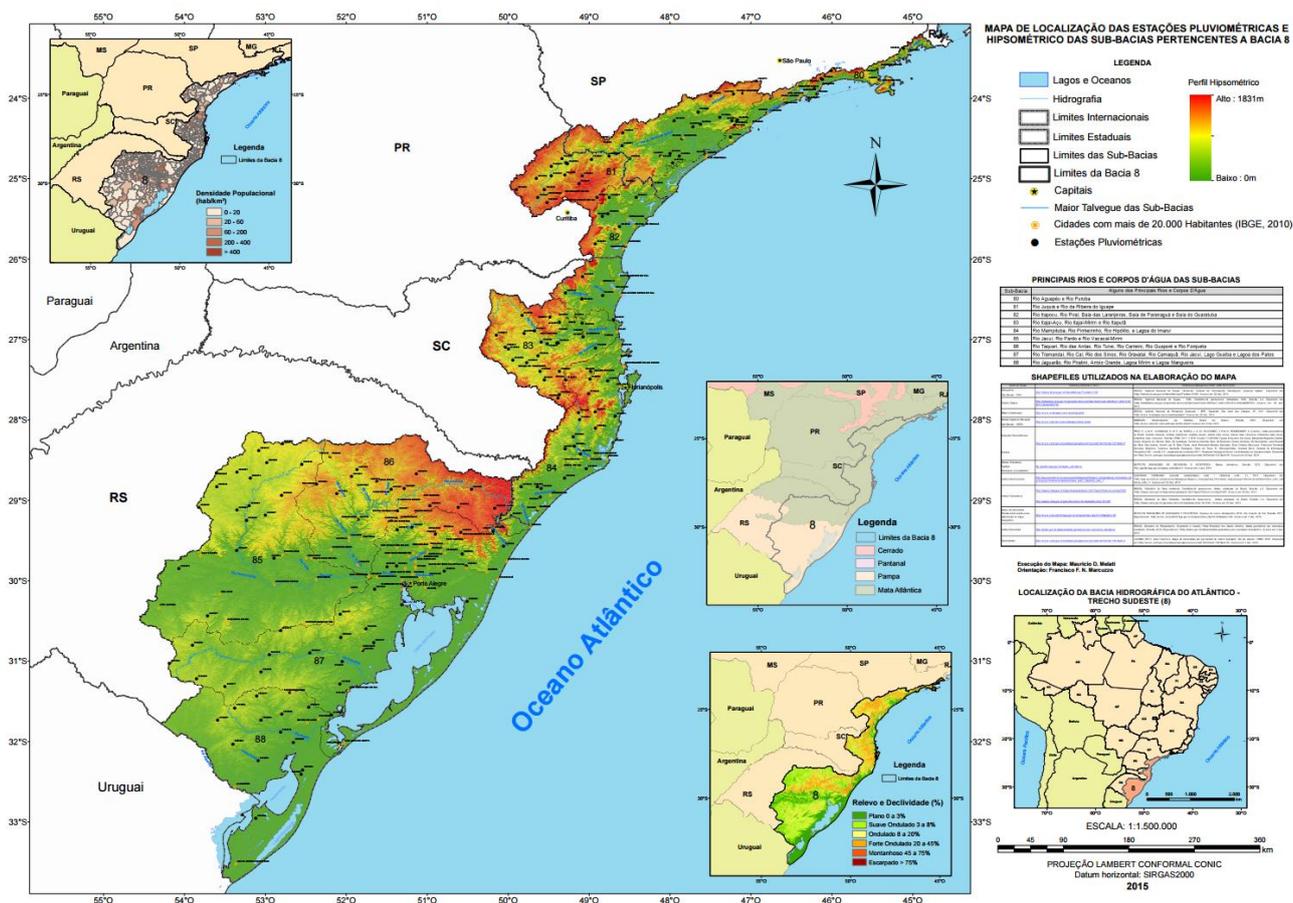


Figura 6. Mapa de localização das estações pluviométricas, das sub-bacias pertencentes a bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, utilizadas neste estudo.

### 3.2. Mapas Para Impressão com Relação das Precipitações e Altitude das Sub-Bacias 80 a 88

Os mapas na folha A0 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 1:1.500.000 e 1:1.700.000) para baixar.

Mapas	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_aVgORWxIVmJHMxIyeEU&amp;authuser=0">https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgORWxIVmJHMxIyeEU&amp;authuser=0</a>
Gráficos de Precipitação versus Altitude das Sub-Bacias da Bacia 8	<a href="https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOaks1TUFVeDjZT2c&amp;authuser=0">https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOaks1TUFVeDjZT2c&amp;authuser=0</a>

## 4. CONCLUSÃO

Observou-se que as sub-bacias 80, 82 e da 84 a 88 apresentaram tendência positiva no aumento do volume de chuva média anual conforme se aumentava a altitude da estação pluviométrica estudada, considerando a série histórica de 1977 a 2006. Já as sub-bacias 81 e 82, na região mais ao norte da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, mostraram uma tendência negativa, com decréscimo do volume de chuva média anual conforme se aumentava a altitude da estação pluviométrica estudada.

A sub-bacia 85, apesar de apresentar uma leve tendência positiva, pôde-se verificar que praticamente ficou neutra com relação à influência da altitude no volume de chuva anual médio.

Apesar da tendência observada pela linha de regressão linear de aumento da precipitação pluviométrica na maioria das sub-bacias da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, não pôde-se concluir de forma clara e objetiva que estações pluviométricas em altitudes elevadas obtiveram maior volume precipitado, em média, o que implica em se desenvolver novos estudos a respeito.

## AGRADECIMENTO

O autor agradece a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - Empresa Pública do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento e a bibliotecária Ana Lucia Borges Fortes Coelho da CPRM/SGB de Porto Alegre pela ajuda constante com as referências bibliográficas.

## BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Inventário das estações fluviométricas**. 2. ed. Brasília, 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.

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\\_impresao.php?id\\_noticia=169](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.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 Moreira; Machado, Érica Cristina; Marcuzzo, Francisco Fernando Noronha; Medeiros, Vanesca Sartorelli; Rodrigues, Paulo de Tarso R.;

Weschenfelder, Adriana Burin; Sistema de Informação Geográfica-SIG - versão 2.0 - atualizada em novembro/2011; Programa Geologia do Brasil; 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.