

Mapeamento da máxima, média e mínima precipitação pluviométrica mensal nas sub-bacias pertencentes às bacias do Rio Uruguai e do Atlântico no Trecho Sudeste

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo¹
Maurício Dambrós Melati²

¹ 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
francisco.marcuzzo@cprm.gov.br

² Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS/IPH
Ex-aluno do curso da Eng. Ambiental – C. P.: 15029, CEP 91501-970 - Porto Alegre/RS
mauriciomelati@gmail.com

Abstract. The monthly distribution of rainfall in watersheds is of outstanding importance for proper planning of water resources in a given area. The objective of this study was to characterize and study the monthly rainfall of sub-basins belonging to the watersheds of the Uruguay River and the Atlantic Southeast Stretch, in its Brazilian parts, using temporal averages of specialized rainfall stations in the study region with a historical series of 30 years (1977-2006). Means were used in precipitation of historical data obtained from the Atlas Rainfall in Brazil. The data were analyzed to characterize the average rainfall during the months of the year and the wettest and less humid periods, since the sub-basins was not detected nothing exactly dry period. It was found that the sub-basin 77, the westernmost in the study area, in the west of Rio Grande do Sul, had the lowest average annual rainfall, with $1455,4\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, and that in the same sub-basin 77, the lowest average monthly rainfall was observed, with a value of $69,2\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ in August. Have the sub-basin 80, the northernmost of the Atlantic Watershed - Southeast Stretch, had the highest average annual rainfall, with $2510,3\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, and the highest monthly average rainfall was $323,6\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ in January, in the same sub-basin 80, from the data studied, it appears that the range of average annual rainfall between sub-basins belonging to the basin of the Rio Uruguay, was $508,8\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ and between sub-bacias Atlantic - Southeast Stretch in its Brazilian part, was $1028,1\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$.

Palavras-chave: hietogram, pluviogram, hydrological year, hietograma, pluviograma, ano hidrológico.

1. Introdução

O conhecimento da distribuição da precipitação pluviométrica em bacias hidrográficas é de grande importância para o planejamento do uso antrópico dos recursos hídricos da área.

Estudando fluviogramas de 25 estações com medição de descarga líquida da sub-bacia 87 Simon *et al.* (2013) concluiu que 16 das 25 estações fluviométricas apresentam um período de maior disponibilidade hídrica devido ao aumento da descarga líquida entre abril e outubro. Para as nove outras estações, este período situa-se entre abril e dezembro, com variações entre as estações. Sendo assim, foi possível separar para a quase totalidade da sub-bacia da Lagoa dos Patos um período com maior disponibilidade hídrica por descarga líquida dos rios, de abril a outubro, de um período com menor disponibilidade hídrica, de novembro a março.

A informação dos períodos mais e menos úmidos, além da densidade das estações tem grande relevância em estudos hidrológicos (MELATI e MARCUZZO, 2015). 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.

Zhang *et al.* (2011) identificaram mudanças na precipitação, onde os anos que apresentaram alterações foram associados ao efeito antrópico pela construção de barragens para a produção energética, regulação de rios, variações na cobertura do solo e uso da terra, não em virtude de modificação do clima.

O objetivo deste estudo é caracterizar a precipitação pluvial mensal das sub-bacias pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Uruguai (bacia 7) em sua parte brasileira, utilizando médias temporais de estações pluviométricas especializadas na região de estudo com uma série histórica de 30 anos (1977 a 2006).

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 km² (calculada por SRTM 90m para este estudo) em sua parte brasileira. Esta inserida nos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (com uma pequena parte dos divisores de água no território do estado do Paraná). A bacia hidrográfica do Rio Uruguai (número 7) 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).

A bacia hidrográfica do Atlântico – Trecho Sudeste (Figura 1) é denominada bacia 8 (ANA, 2009; MARCUZZO, 2016) pela classificação da Agência Nacional de Águas (ANA), com área territorial aproximada de 230.167km² (calculada por SRTM 90m para este estudo) em sua parte brasileira. 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 (MARCUIZZO, 2016).

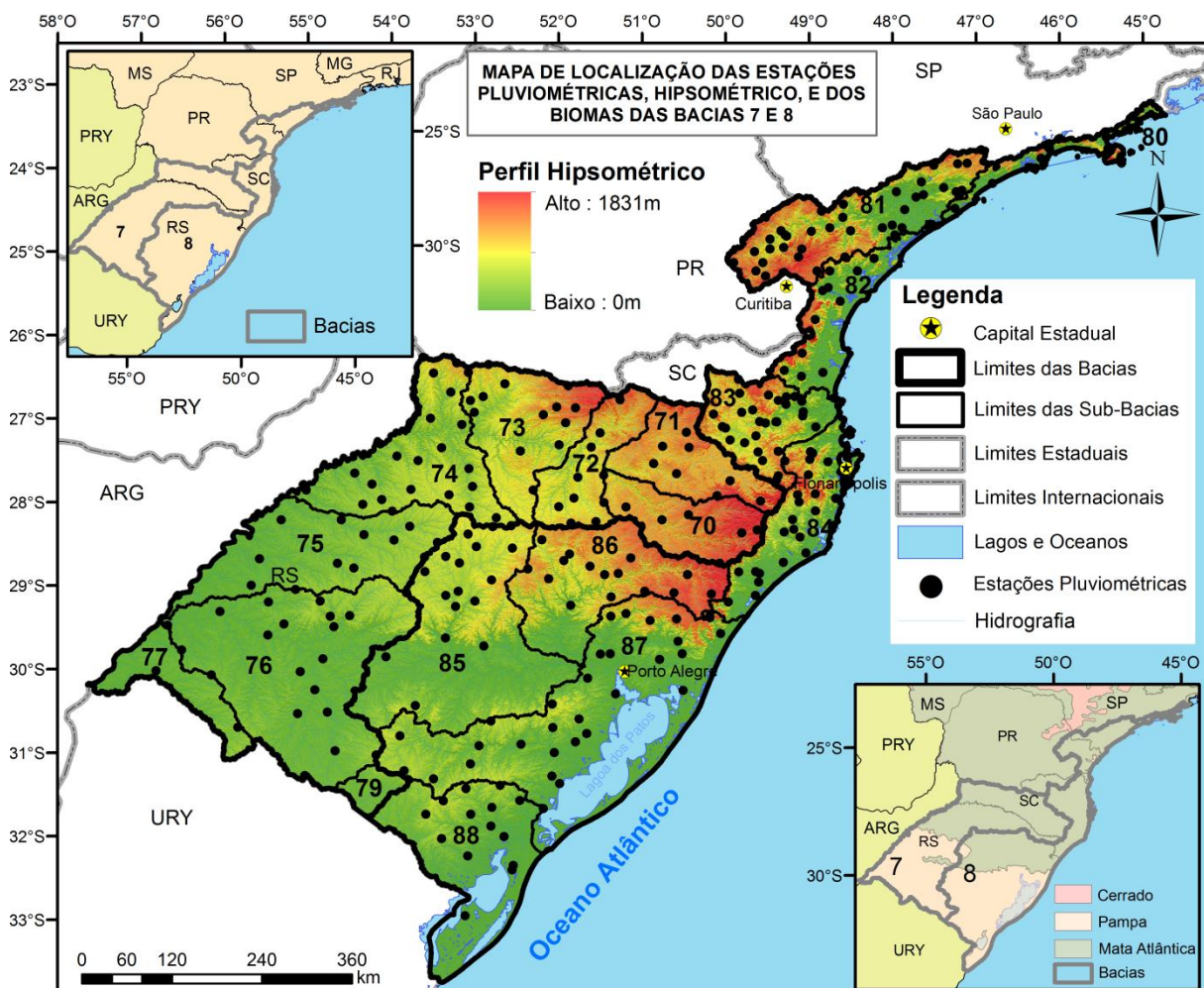


Figura 1. Localização das estações pluviométricas e altimetria das sub-bacias das bacias 7 e 8.

2.2. Dados utilizados no estudo

Foram utilizados dados médios de precipitação das séries históricas de dados pluviométricos das bacias hidrográficas do Atlântico – Trecho Sudeste (bacia 8), obtidos de Pinto *et al.* (2011), também disponibilizados como dados brutos pelo sistema HidroWeb da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2013) e usados por Melati (2015) e Kick *et al.* (2015).

2.3. Meses secos, úmidos e determinação do ano hidrológico

Estudos voltados à determinação do ano hidrológico necessitam da caracterização de períodos denominados de “seco” e “úmido” (MARCUIZZO *et al.*, 2011; MARCUZZO 2013; MARCUZZO e GOULARTE, 2013; MARCUZZO e CARDOSO, 2013), ganhando importância na proposta de Bagnouls e Gaussen (1953), com critérios para “meses secos”.

3. Resultados e Discussão

3.1 Relação Entre a Área das Sub-Bacias e o Número de Estações Pluviométricas

As Figura 2 e 3 mostram o número de estações (PINTO *et al.*, 2011) nas sub-bacias estudadas, bem como a relação entre as sub-bacias e o número de estações nas bacias 7 e 8. Verifica-se que, em toda área das bacias 7 e 8, a sub-bacia 75 é a que apresentou a menor densidade de estações pluviométricas (área de 9.130,6 km² por estação) e a sub-bacia 81 é a que apresentou a maior densidade de estações pluviométricas (área de 458,0 km² por estação).

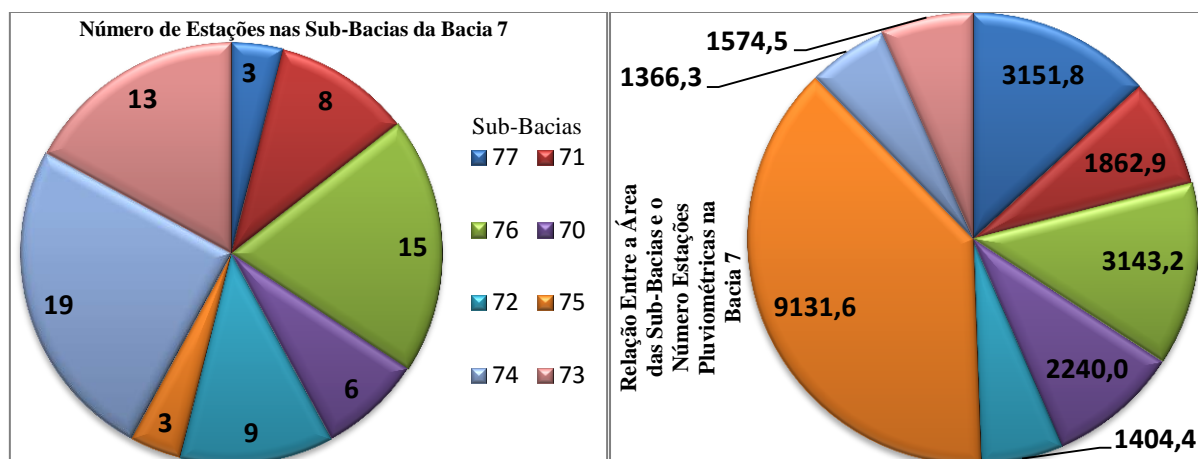


Figura 2. Número de estações, utilizadas neste estudo, por sub-bacia e a relação entre a área das sub-bacias e o número de estações na bacia 7.

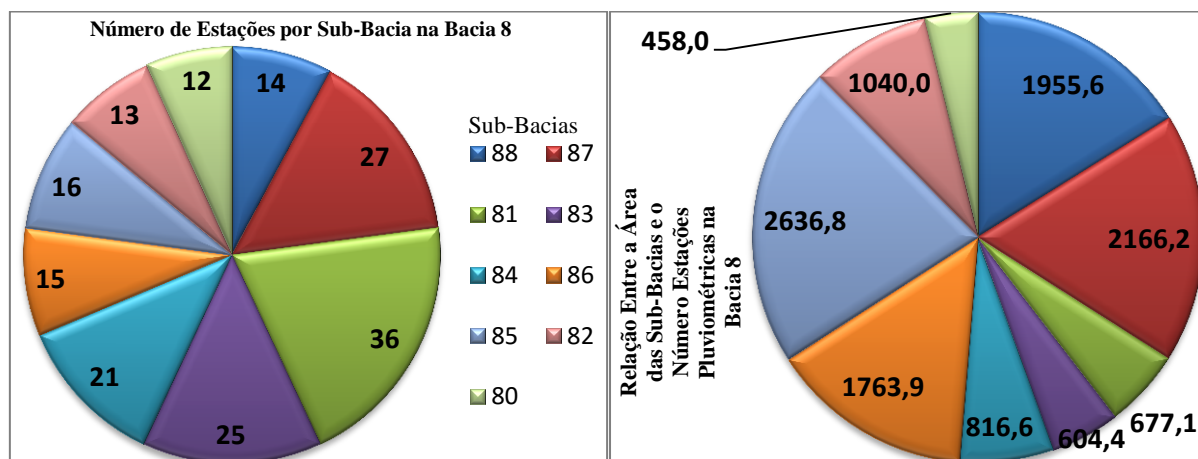


Figura 3. Número de estações, utilizadas neste estudo, por sub-bacia e a relação entre a área das sub-bacias e o número de estações na bacia 8.

3.2. Pluviogramas de máxima, média e mínima das sub-bacias 70 a 77 (Bacia do Rio Uruguai) e 80 a 88 (Bacia do Atlântico – Trecho Sudeste)

As Figura 4 e Figura 5 mostram os pluviogramas de máxima, média e mínima, além da média anual e dos períodos no ano de meses mais chuvosos e menos chuvosos, das sub-bacias estudadas. Mapas com os gráficos das Figura 4 e Figura 5 podem ser baixados pelo Quadro 1.

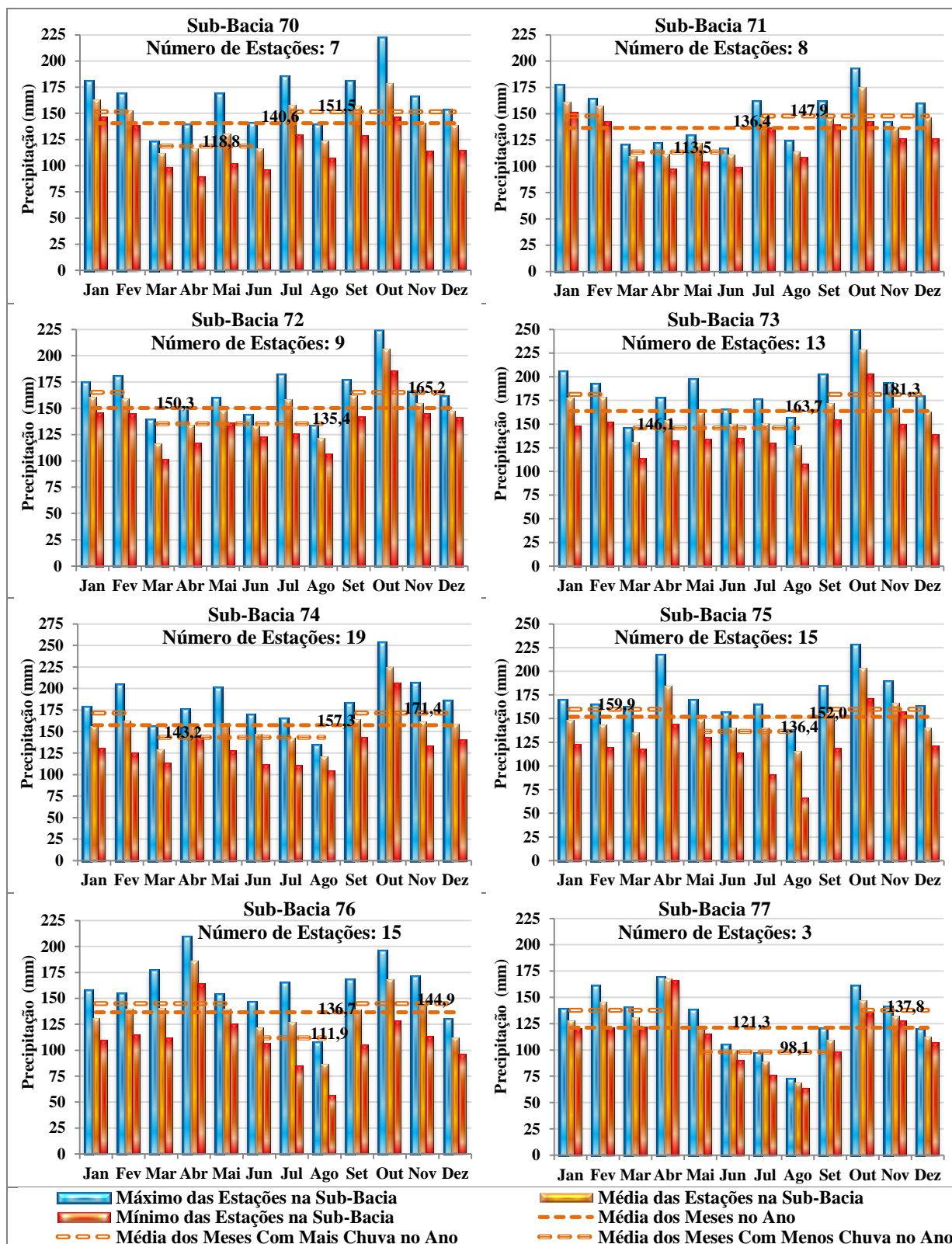


Figura 4. Pluviogramas de máxima, média e mínima das sub-bacias 70 a 77 e 80 a 88.

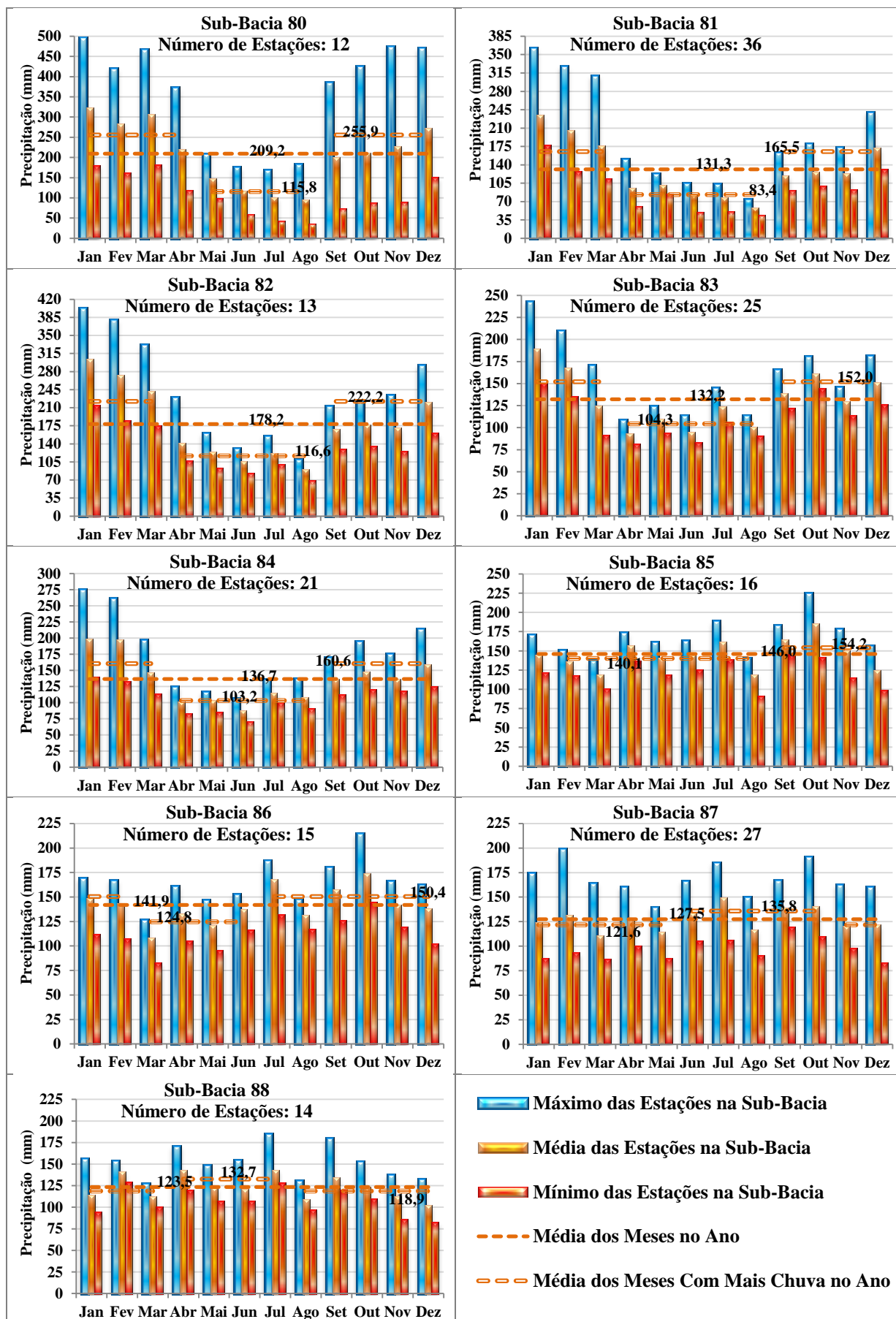


Figura 5. Pluviogramas de máxima, média e mínima das sub-bacias 70 a 77 e 80 a 88.

Nota-se na Figura 4 que o período consecutivo de meses com menos chuva na sub-bacia 70 vai de março a junho, com média de chuva de 118,8mm nestes quatro meses e em que a precipitação média máxima fica em 130,2mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de julho a fevereiro, com média de precipitação de 151,5mm nestes oito meses. Para sub-bacia 71 os meses com menos chuva vão de março a junho, com média de chuva de 113,5mm nestes quatro meses e em que a precipitação média máxima fica em 121,9mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de julho a fevereiro, com média de precipitação de 147,9mm nestes oito meses. Verifica-se na Figura 4 que o período consecutivo de meses com menos chuva na sub-bacia 72 vai de março a agosto, com média de chuva de 135,4mm nestes seis meses e em que a precipitação média máxima fica em 158,6mm no mês de julho. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a fevereiro, com média de precipitação de 165,2mm nestes seis meses. Para a sub-bacia 73 os meses com menos chuva vão de março a agosto, com média de chuva de 146,1mm nestes seis meses e em que a precipitação média máxima fica em 162,7mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a fevereiro, com média de precipitação de 181,3mm nestes seis meses. Para a sub-bacia 74 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de março a agosto, com média de chuva de 143,2mm nestes seis meses e em que a precipitação média máxima fica em 160,0mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a fevereiro, com média de precipitação de 171,4mm nestes seis meses. Para a sub-bacia 75 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de maio a agosto, com média de chuva de 136,4mm nestes quatro meses e em que a precipitação média máxima fica em 149,2mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a abril, com média de precipitação de 159,9mm nestes oito meses. Na sub-bacia 76 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de junho a agosto, com média de chuva de 111,9mm nestes três meses e em que a precipitação média máxima fica em 126,9mm no mês de julho. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a maio, com média de precipitação de 144,9mm nestes nove meses. Nota-se na Figura 4 que o período consecutivo de meses com menos chuva na sub-bacia 77 vai de maio a setembro, com média de chuva de 98,1mm nestes quatro meses e em que a precipitação média máxima fica em 123,0mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de outubro a abril, com média de precipitação de 137,8mm nestes oito meses.

Observa-se na Figura 5 que o período consecutivo de meses com menos chuva na sub-bacia 80 vai de maio a agosto com média de chuva de 115,8mm nestes quatro meses e em que a precipitação média máxima fica em 148,4mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a abril, com média de precipitação de 255,9mm nestes oito meses. Na sub-bacia 81 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de abril a agosto, com média de chuva de 83,4mm nestes cinco meses e em que a precipitação média máxima fica em 100,7mm no mês de maio. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a março, com média de precipitação de 165,5mm nestes sete meses. Para a sub-bacia 82 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de abril a agosto, com média de chuva de 116,6mm nestes cinco meses e em que a precipitação média máxima fica em 140,8mm no mês de abril. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a março, com média de precipitação de 222,2mm nestes sete meses. Nota-se na Figura 5 que o período consecutivo de meses com menos chuva para a sub-bacia 83 vai de abril a agosto, com média de chuva de 104,3mm nestes cinco meses e em que a precipitação média máxima fica em 123,5mm no mês de julho. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a março, com média de precipitação de 152,0mm nestes sete meses. Para a sub-bacia 84 o período

consecutivo de meses com menos chuva vai de abril a agosto, com média de chuva de 103,2mm nestes cinco meses e em que a precipitação média máxima fica em 115,1mm no mês de julho. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a março, com média de precipitação de 160,6mm nestes sete meses. Na sub-bacia 85 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de fevereiro a agosto, com média de chuva de 140,7mm nestes meses, e em que a precipitação média máxima fica em 162,1mm no mês de julho. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de setembro a janeiro, com média de precipitação de 154,2mm nestes meses. Na sub-bacia 86 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de março a junho, com média de chuva de 124,8mm nestes quatro meses e em que a precipitação média máxima fica em 137,1mm no mês de junho. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de julho a fevereiro, com média de precipitação de 150,4mm nestes oito meses. Para a sub-bacia 87 o período consecutivo de meses com menos chuva vai de novembro a maio, com média de chuva de 121,6mm nestes meses e em que a precipitação média máxima fica em 131,8mm no mês de fevereiro. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de junho a outubro, com média de precipitação de 135,8mm nestes meses. Nota-se na Figura 5 que o período consecutivo de meses com menos chuva na sub-bacia 88 vai de agosto a março, com média de chuva de 118,9mm nestes meses e em que a precipitação média máxima fica em 141,2mm no mês de fevereiro. Já o período com meses, não consecutivos, com mais chuvas vai de abril a julho, com média de precipitação de 132,7mm nestes quatro meses.

3.3. Mapa Para Impressão com os Pluviogramas das Sub-Bacias 70 a 77 e 80 a 88

Os mapas deste trabalho, na escala 1:1.700.000, podem ser baixados pelos endereços (“links”) na internet disponibilizados no Quadro 1, ou solicitando pelo e-mail dos autores.

Quadro 1. Mapas em versão de impressão para baixar.

Mapas das Bacias 7 e 8	Endereços (“links”) para Baixar os Mapas Para Impressão
Mapas das bacias hidrográficas do Brasil – 100 a 2000dpi	https://drive.google.com/open?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1lmSXB3ZUE
Hipsométrico e Localização das Estações Utilizadas no Estudo	https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOR1hFVVVnY0s3cVU&authuser=0
Pluviogramas das Sub-Bacias	https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOZnFMcXJZnJvDMnc&authuser=0

4. Conclusão

A sub-bacia 80, a mais setentrional da bacia do Atlântico – Trecho Sudeste, teve o maior volume de precipitação média anual, com $2.510,3\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, e a maior precipitação média mensal foi de $323,6\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ em janeiro, na mesma sub-bacia 80. Verifica-se que a amplitude de precipitação média anual entre sub-bacias pertencentes à bacia do Rio Uruguai, foi $508,8\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ e entre as sub-bacias do Atlântico - Trecho Sudeste foi $1.028,1\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$.

Agradecimentos

O autor agradece a CPRM/SGB (Companhia de Pesquisa Recursos Minerais / Serviço Geológico do Brasil - empresa pública de pesquisa do Ministério de Minas e Energia) pelo fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho e a bibliotecária Ana Lucia Borges Fortes Coelho da CPRM/SGB de Porto Alegre pela ajuda com as referências bibliográficas.

Referências Bibliográficas

- Agência Nacional de Águas - ANA. **Inventário das estações fluviométricas**. 2. ed. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>>. Acesso 26/08/2014.
- Bagnouls, F.; Gaussen, H. **Saison Sèche et Indice Xérothermique**. Docum. pour les Cartes des Prod. Végét. Série: Généralité, 1. 1953. 1-49.
- BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Sistema de informações hidrológicas. 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 11 ago. 2014.

- ESRI – Environmental Systems Research Institute. ArcGIS. Sistema de Informação Geográfica para área de trabalho de computador, versão 10.1. 2013. Disponível em: <<https://www.arcgis.com/features/>>. 09 abr. 2013.
- 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. Acesso em: 20 ago. 2010.
- Kich, E. de M.; Melati, M. D.; Marcuzzo, F. F. N. Estudo do regime hídrico pluvial e fluvial na sub-bacia 86 visando a determinação do seu ano hidrológico. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21, 2015, Brasília. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2015. p. 1-8. Disponível em: <https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOZFloU1NUYjFHQW_s>. Acesso em: 30 dez. 2015.
- Marcuzzo, F. F. N. Ano Hidrológico e Espacialização da Precipitação dos Períodos Úmido e Seco do Pantanal Sul-Mato-Grossense. In: XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** São Paulo: ABRH, 2013. v. 1. p. 1-8. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/sgcv3/UserFiles/Sumarios/25162828ffebcd518fbeatb2ff3b1bdf_b86d7efd7fb737891ce13b9411f229ca.pdf>. Acesso em: 23 out. 2014.
- Marcuzzo, F. F. N. **Mapa das bacias e sub-bacias hidrográficas do Brasil**. Escala 1cm:79km. Porto Alegre: 2016. Disponível em: <https://drive.google.com/folderview?id=0B5YK_fCaGOyfb1FrV1lmSXB3ZUE&usp=sharing>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- Marcuzzo, F. F. N.; Andrade, L. R.; Melo, D. C. R. Métodos de Interpolação Matemática no Mapeamento de Chuvas do Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.4, n.4, p. 793-804, 2011. Disponível em: <<http://www.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/197/204>>. Acesso em: 20 ago. 2012.
- Marcuzzo, F. F. N.; Cardoso, M. R. D. Determinação do ano hidrológico e geoespacialização das chuvas dos períodos úmido e seco da sub-bacia 63. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. **Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2013. v. 1. p. 5612-5619. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0137.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2014.
- Marcuzzo, F. F. N.; Goularte, E. R. P. Caracterização do Ano Hidrológico e Mapeamento Espacial das Chuvas nos Períodos Úmido e Seco do Estado do Tocantins. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 6, p. 91-99, 2013. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/viewArticle/365>>. Acesso em: 23 out. 2014.
- Melati, M. D. **Regionalização das vazões Q95%, Q50% e Q7,10 para a sub-bacia do Taquari-Antas**. 2015. 129 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, UFRGS/IPH, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B_S3etRxlVYzVjBTSjlaek9NMWc/view?ts=560a9ffc>. Acesso em: 29 set. 2015.
- Melati, M. D.; Marcuzzo, F. F. N. Espacialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, João Pessoa, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. p. 27-34. 1 DVD. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0010.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2015.
- Miranda, E. E. de (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br>>. Acesso em: 2 set. 2014.
- 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; De Azambuja, Andressa Macêdo Silva; 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; Melo, Denise Christina de Rezende; 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/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1351&sid=9>>. Acesso em: 3 set. 2015.
- Simon, F. W.; Pickbrenner, K.; Marcuzzo, F. F. N. Estudo do regime pluvial e fluvial em bacia hidrográfica com precipitação homogênea. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 20. 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABRH, 2013. p. 1-8. CD-ROM. Disponível em: <http://www.abrh.org.br/SGCv3/UserFiles/Sumarios/22de4a642c2c18259e4809409096e0ff_6f2356d4ea7d3fcab_a0d55bad04e4bea4.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2013.
- Zhang, Y.; Guan, D.; Jin, C.; Wang, A.; Wu, J.; Yuan, F. Analysis of impacts of climate variability and human activity on stream flow for a river basin in northeast China. **Journal of Hydrology**, v. 410. 2011. p. 239-247. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411006585>. Acesso em: 29 nov. 2014.