



Comportamento Hidrológico da Região Serrana do Rio de Janeiro: Bacia do Rio Piabanha Hydrological Behavior of the Mountainous Region of Rio de Janeiro: Piabanha Watershed

Amanda Carneiro Marques¹; Caio Reis Costa Mattos¹ & Carla Semiramis Silveira²

¹Universidade Federal Fluminense (UFF), Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente, Campus da Praia Vermelha, 24210-240, Niterói, RJ, Brasil.

²Universidade Federal Fluminense (UFF), Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, Departamento de Geoquímica, Campus do Valonguinho, 24020-141, Niterói, RJ, Brasil.

E-mails: amandam@id.uff.br; caioreis@id.uff.br; carla@geoq.uff.br

Recebido em: Aprovado em:

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2017_2_82_88

Abstract

The mountainous region of Rio de Janeiro has a history of natural disasters. The aim of this study was to understand the hydrology of this region. A dataset (up to 70 years) from four rainfall gauges and three stream gauges in Piabanha watershed (2065 km²) was used for this purpose. Mean annual rainfall ranged from 2900 mm (at the headwaters) to 1250 mm in the central area of the watershed. The results showed good correlation between rainfall and stream gauges data. There is a seasonal pattern of dry winters (average month rainfall ranging from 15 to 90 mm) and 20 m³/s mean monthly discharge at the watershed outlet and a rainy summer (average month rainfall ranging from 150 to 450 mm) and 80 m³/s mean monthly discharge at the watershed outlet. The historical rainfall and discharge dataset showed a cyclicity of about 15 years bounded by the driest years. The most catastrophic events that occurred in the mountainous region of Rio de Janeiro were during the years around the top of the rainfall and discharge cycles. According to the historical trend the last cycle began at 1999 and the present moment (2015-2016) matches the end of a drier period. However during this last cycle rainfall and discharge trends are not very clear. Together with an increase of great magnitude natural disasters frequency in recent years this may be a sign of an anthropogenic effect.

Keywords: rainfall; streamflow; cycle; historical dataset; natural disasters

Resumo

A região serrana do Rio de Janeiro apresenta um histórico de desastres naturais. Com o objetivo de entender o comportamento hidrológico da região foram analisados dados de chuva (4 estações) e de vazão (3 estações) na bacia do rio Piabanha (2065 km²) com séries históricas de até 70 anos. O total anual médio de pluviosidade variou de 2900 mm (na cabeceira) a 1250 mm na região central da bacia. Os resultados demonstraram boa correlação entre as estações e a existência de sazonalidade com inverno seco (valores médios mensais entre 15 e 90 mm de chuva) e vazão média na foz de 16 m³/s e verão chuvoso (valores médios mensais entre 150 e 450 mm de chuva) e vazão média na foz de 80 m³/s. As séries históricas de chuva e vazão apresentaram uma ciclicidade, de aproximadamente 15 anos, marcada por anos mais secos. Os dados apontam que os registros existentes de eventos catastróficos regionais foram em anos próximos aos ápices dos ciclos de pluviosidade e vazão propostos. O último ciclo identificado iniciou-se em 1999 e o período atual (2015-2016) representa o fim deste ciclo, representado pela fase mais seca. Entretanto, neste último ciclo o comportamento da chuva e, principalmente, da vazão é muito variável. Isto, em conjunto com o aumento recente da frequência de desastres naturais de grande magnitude, pode ser um indicativo de efeito antrópico.

Palavras-chave: chuva; vazão; ciclo; série histórica; desastres naturais

1 Introdução

Chuvas intensas são eventos responsáveis por enchentes e deslizamentos de terra e são comuns no Sudeste do Brasil, principalmente nas estações chuvosas (Marcelino, 2008). Por outro lado, a irregularidade da distribuição temporal e espacial das chuvas pode ser um problema para o abastecimento nas épocas de estiagem, caso não haja estudos e o planejamento adequado (Tonello *et al.*, 2009). Nos últimos anos, os desastres naturais tiveram sua incidência aumentada, principalmente devido a ações antrópicas, como ocupação desordenada e alterações climáticas globais (Marengo *et al.*, 2008). Especialmente no Brasil estes desastres são majoritariamente inundações e escorregamentos de encosta originados por instabilidades atmosféricas (Marcelino, 2008). Neste sentido, estudos de padrão de chuvas de uma região são fundamentais (Ávila & Brito, 2015).

O objetivo do presente estudo é entender o comportamento hidrológico da região Serrana do Rio de Janeiro, palco de grandes eventos de

escorregamentos e inundações ao longo dos tempos (Domingues *et al.*, 1971; Jones, 1973; COPPETEC, 2006; Marcelino, 2008; Coelho Netto *et al.*, 2011). A região Serrana do Rio de Janeiro pode ser representada pela bacia hidrográfica do rio Piabanha (2065 km²), área geográfica onde ocorreu o Mega Desastre da Região Serrana, entre os dias 11 e 12 de janeiro de 2011, afetando significativamente os municípios de Nova Friburgo, Petrópolis e Teresópolis. Este pode ser considerado um dos maiores episódios de movimento de massa generalizados do país e teve como consequência mais de 2.500 mortes e mais de 50.000 desabrigados, afetando quase 1 milhão de pessoas (Banco Mundial, 2012; Dourado *et al.*, 2012).

2 Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido na bacia do Rio Piabanha (2065 km²), localizada na região central do estado do Rio de Janeiro (Figura 1).

O rio Piabanha, com 80 km de extensão, é um dos principais afluentes do rio Paraíba do

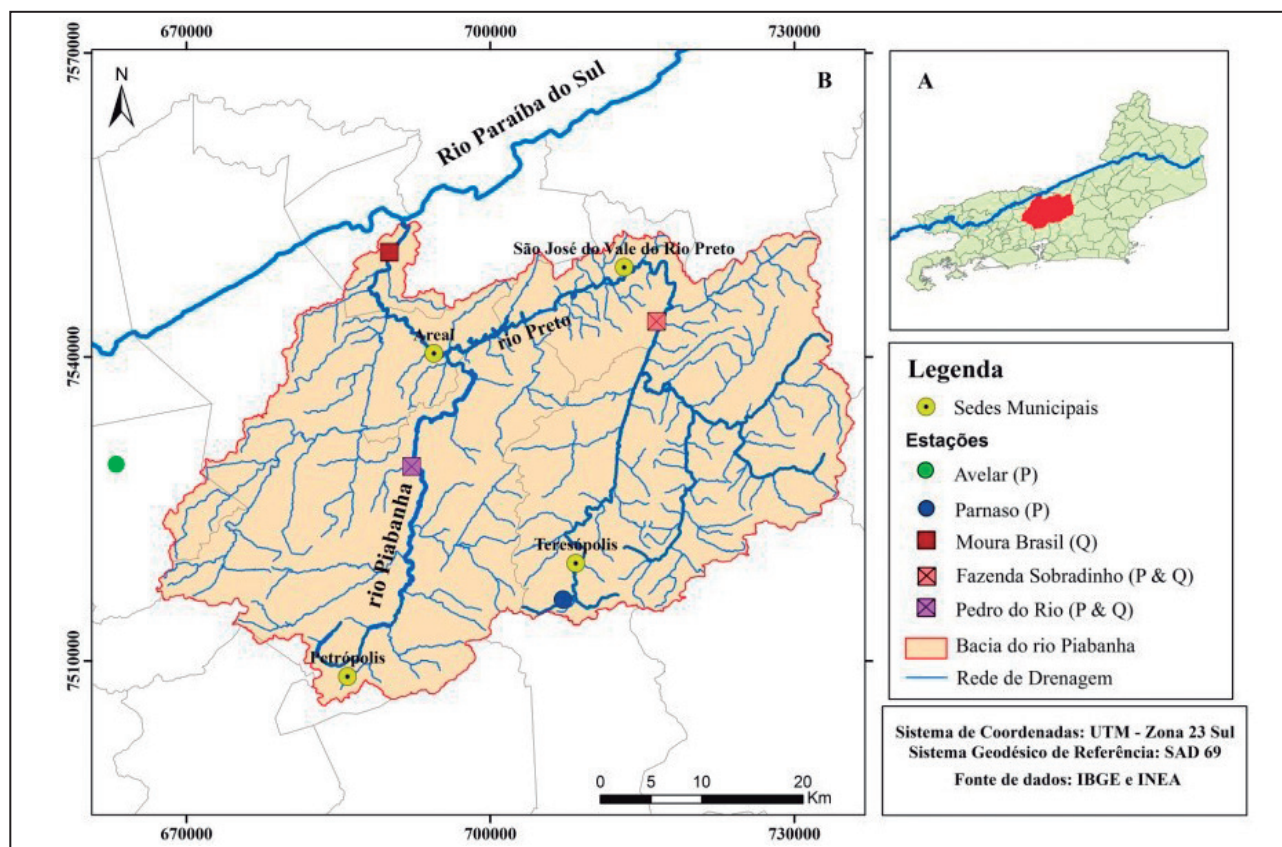


Figura 1 Localização da bacia do rio Piabanha (destacada em vermelho); A. Em relação aos municípios do estado do Rio de Janeiro e ao rio Paraíba do Sul; B. localização das estações pluviométricas e fluviométricas utilizadas neste estudo.

Sul. A bacia abrange principalmente 4 municípios fluminenses (Areal, Petrópolis, Teresópolis e São José do Vale do Rio Preto) onde, em 2010, habitavam cerca de 500 mil pessoas (IBGE, 2010). A bacia do rio Piabanha pode ser subdividida entre a sub-bacia do rio Preto (que drena as regiões urbanas de Teresópolis e São José do Vale do rio Preto) e a sub-bacia do Piabanha - canal principal (que drena a região urbana de Petrópolis).

As unidades geológicas majoritariamente presentes na bacia do Piabanha são gnaisses e granitos das unidades Suíte Serra dos Órgãos, Suíte Cordeiro, Complexo Rio Negro, Suíte Nova Friburgo, Grupo Andrelândia e Complexo Paraíba do Sul (Silva & Cunha, 2001). O relevo da bacia do Piabanha é marcado por escarpas serranas, planaltos residuais e depressões interplanálticas originados deste complexo pré-cambriano de rochas dobradas. Os solos são predominantemente do tipo Latossolo, secundariamente Cambissolo, mas os afloramentos rochosos são muito expressivos (Dantas *et al.*, 2000).

As descontinuidades do relevo em condições de alta pluviosidade geram grandes deslizamentos mesmo em regiões florestadas tal como no episódio do Mega Desastre da região Serrana em 2011 (Avelar *et al.*, 2011; Coelho Netto *et al.*, 2011; Banco Mundial, 2012; Pinho *et al.*, 2013).

O Estado do Rio de Janeiro é dividido em seis regiões pluviometricamente homogêneas. A bacia do Piabanha está localizada em uma delas, que é formada pela região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, onde a altitude contribui significativamente para o regime chuvoso, com as chuvas no verão representando 79% da precipitação total anual (André *et al.*, 2008).

A qualidade das águas dos rios da bacia do Piabanha é prejudicada pelo lançamento de esgotos domésticos sem tratamento adequado, principalmente a jusante das cidades de Petrópolis e Teresópolis (COPPETEC, 2006; Cesar *et al.*, 2011; Alvim *et al.*, 2014). O rápido escoamento das águas é favorecido pela presença de encostas íngremes, chuvas intensas e pelo aumento da urbanização na região. Tais fatores, atuando em conjunto com intervenções de obras nos canais contribuem para a mudança no padrão hidrológico dos rios acarretando pontos de assoreamento e de inundações nas áreas urbanas (Vieira & Da Cunha, 2008; Lou, 2010; Silva *et al.*, 2012).

3 Material e Métodos

Foram utilizados dados de precipitação das estações Parnaso – Parque Nacional da Serra dos Órgãos (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia), Avelar (INMET), Sobradinho (ANA – Agência Nacional de Águas) e Pedro do Rio (ANA) (Figura 1 e Tabela 1). Os dados de precipitação de Parnaso e Avelar apresentam um período amostral menor, devido à instalação mais recente das estações. Os dados de precipitação diária das estações foram agrupados para valores mensais e anuais. Os dados de vazão utilizados foram das estações de Pedro do Rio (ANA), Sobradinho (ANA) e Moura Brasil (ANA), obtidos como valores diários e agrupados em valores mensais e anuais. (Figura 1 e Tabela 1). As estações Pedro do Rio e Sobradinho representam as duas sub-bacias principais da bacia do Piabanha respectivamente: o canal principal e a sub-bacia do rio Preto. Os dados das estações de Sobradinho (chuva e vazão), Pedro do Rio (chuva e vazão) e Moura Brasil (vazão) abrangem um período de dados de aproximadamente 70 anos, permitindo que fosse feita uma análise histórica do comportamento regional de chuva e vazão.

Os dados mensais e anuais de precipitação e de vazão das estações foram manipulados no programa Excel. Foram calculados os valores de média, desvio

Estação	Tipo (P ou Q)	Área (km ²)	Sub-Bacia	Período dos Dados
Parnaso (INMET)	P	-	Cabeceira da bacia rio Preto (rio Paquequer)	nov/2006 a dez/2015 ¹
Avelar (INMET)	P	-	Bacia vizinha à do Piabanha	jan/1992 a dez/2015 ²
Sobradinho (ANA)	P	-	Rio Preto	mai/1936 a dez/2015
	Q	719		jan/1936 a dez/2015 ³
Pedro do Rio (ANA)	P	-	Rio Piabanha	nov/1938 a dez/2015
	Q	435		jan/1932 a dez/2015 ⁴
Moura Brasil (ANA)	Q	2065	Rio Piabanha (foz)	jul/1933 a nov/2015 ⁵

Tabela 1 Dados das estações de precipitação e vazão utilizadas; para localização das estações ver Figura 1; ¹(ausência de dados: 2010; 2011); ²(ausência de dados: 2001; 2002); ³(ausência de dados: 1968; 1970 a 1977; 1998; 2010); ⁴(ausência de dados: 1941 a 1957; 1987); ⁵(ausência de dados: 1983; 2006 a 2007).

padrão e coeficiente de variação (CV) (Equação 1). Para avaliar o ajuste da regressão linear (pelo método dos mínimos quadrados) entre as variáveis pluviosidade e vazão foi utilizado o coeficiente de determinação (r^2). Valores de r^2 acima de 0,5 foram considerados bons.

$$CV (\%) = 100 * \text{média} / \text{desvio padrão} \quad (\text{Equação 1})$$

4 Resultados e Discussão

Os coeficientes de determinação (r^2) entre os valores mensais de precipitação das 3 estações pluviométricas com séries históricas maiores (Avelar, Sobradinho e Pedro do Rio) variam em média, de 0,78 até 0,86, o que indica que a sazonalidade na precipitação da região é comum a toda bacia, variando somente o quantitativo das chuvas. A sazonalidade de todas as 4 estações é de inverno seco (valores mensais de 15 a 90 mm) e verão chuvoso (valores mensais de 150 a 450 mm) (Figura 2). A partir de setembro há um aumento progressivo na quantidade de chuvas, concentrando seus maiores valores médios nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Em abril inicia-se o decréscimo do volume de chuvas. Os meses com menores quantidades de chuva, em todas as estações, são junho, julho e agosto (Figura 2). Os dados de precipitação anual de cada estação encontram-se na Tabela 2.

Parnaso é a estação em que há maior quantidade de chuvas mensal e anual. Isso ocorre devido à localização geográfica da estação na cabeceira da bacia, próxima aos divisores da Serra dos Órgãos. Segundo Andrade *et al.* (2015), a orografia contribui

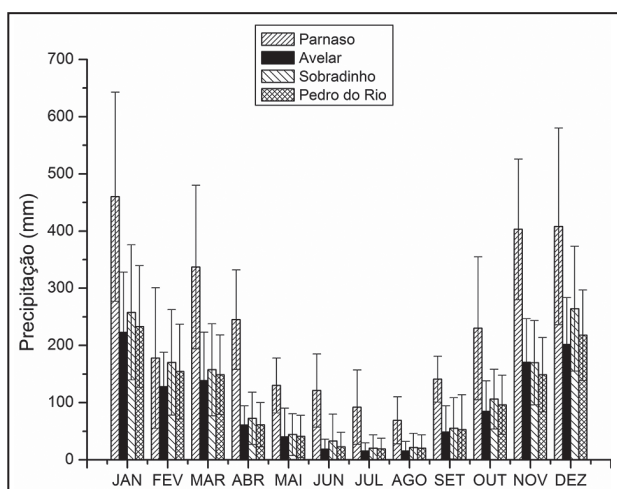


Figura 2 Média mensal de chuvas da bacia do rio Piabanha através da análise de dados das 4 estações pluviométricas.

Estação	Média anual (mm) - P e (m³/s) - Q	Desvio Padrão (mm) - P e (m³/s) - Q
Parnaso (P)	2898	465
Avelar (P)	1156	227
Pedro do Rio (P)	1216	232
Sobradinho (P)	1365	331
Pedro do Rio (Q)	11,14	2,74
Sobradinho (Q)	17,22	4,04
Moura Brasil (Q)	39,76	11,73

Tabela 2 Média anual e desvio padrão das estações de precipitação (P) e vazão (Q) utilizadas.

com o aumento da convecção e da intensificação na quantidade de chuvas. Para as demais estações, o valor anual é significativamente igual. Conforme André *et al.* (2008) a região Serrana do Estado do Rio de Janeiro apresenta uma precipitação média de 1203 mm a 1532 mm, compatível com os valores obtidos no presente estudo (Tabela 2), desconsiderando a estação Parnaso.

A média mensal de vazão das estações é apresentada na Figura 3. A vazão obedece à mesma sazonalidade observada na precipitação, apresentando seus maiores valores nos meses de verão e seus menores valores nos meses de inverno. Os valores de vazão na foz da bacia (Estação Moura Brasil) têm média mensal entre 16 e 80 m³/s. A sub-bacia do rio Preto (Estação Sobradinho) apresenta médias mensais de vazão entre 8 e 30 m³/s e a sub-bacia Piabanha no seu canal principal (Estação Pedro do Rio) entre 5 e 22 m³/s. A média anual dos valores de vazão das estações encontra-se na Tabela 2.

Os valores do coeficiente de determinação (r^2) entre os dados mensais de chuva e vazão para as

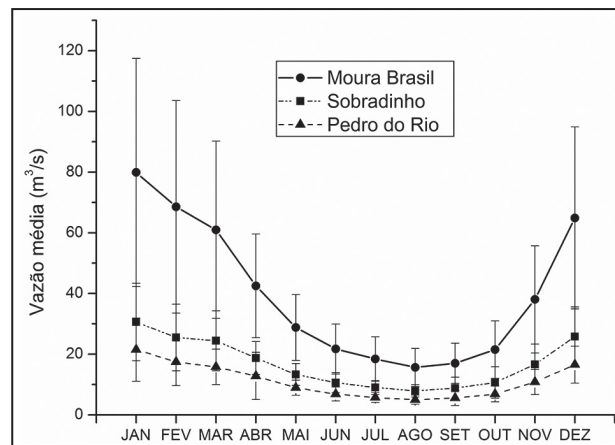


Figura 3 Média mensal de vazões da bacia do rio Piabanha através da análise de dados de 3 estações fluviométricas.

estações encontram-se na Tabela 3. Para a Estação Parnaso (na cabeceira) os valores de r^2 são baixos com todas as estações de vazão. Entretanto, somente para esta estação, ao ser considerada a chuva do mês e a vazão do mês posterior na foz da bacia (Estação Moura Brasil), apresenta-se aumento do valor de r^2 (de 0,35 para 0,39). Este dado sugere o lagtime de 1 mês entre a chuva na cabeceira e a vazão na foz da bacia. Os coeficientes de determinação também mostram a boa correlação entre a chuva no meio da bacia (estações Pedro do Rio e Sobradinho) e a vazão na foz.

Relação entre Estações	Coefficiente
Avelar (P) x Sobradinho (Q) (jan/92 - dez/15)	0,55
Avelar (P) x Pedro do Rio (Q) (jan/92 - dez/15)	0,56
Avelar (P) x Moura Brasil (Q) (jan/92 - dez/15)	0,55
Sobradinho (P) x Sobradinho(Q) (mai/36 - dez/15)	0,57
Sobradinho (P) x Moura Brasil (Q) (mai/36 - dez/15)	0,57
Pedro do Rio (P) x Sobradinho (Q) (dez/38 - dez/15)	0,55
Pedro do Rio (P) x Moura Brasil (Q) (dez/38 - dez/15)	0,58

Tabela 3 Valores dos coeficientes de determinação (R^2) entre os dados mensais de chuva (P) e vazão (Q) para as estações (somente apresentados valores maiores que 0,5).

A análise das séries históricas de precipitação e vazão indica uma ciclicidade delimitada por anos mais secos de aproximadamente 15 anos (com eventual sub-ciclo de 7 anos) (Figura 4). A tendência nestes ciclos é de crescimento dos valores anuais de chuva e vazão, um ápice e um comportamento decrescente. Estes ciclos foram delimitados pelos anos de 1954, 1963, 1970, 1984 e 1999 (com total anual abaixo do valor médio diminuído de 1 desvio padrão) individualizando intervalos de 7 a 9 anos ou 14-15 anos. E entre estes mínimos situam-se os anos mais chuvosos e de maior vazão média. Sant'Anna Neto (1999) analisando um século de dados para o estado de São Paulo também encontrou uma ciclicidade para períodos chuvosos de 9 a 13 anos e períodos secos de 13 a 19 anos que foram associados ao movimento latitudinal periódico da área anti-ciclônica semipermanente do Atlântico Sul. Esta hipótese foi inicialmente proposta por Ferraz (1939) para explicar ciclos de anos mais quentes com periodicidade de 21 a 23 anos. Por outro lado,

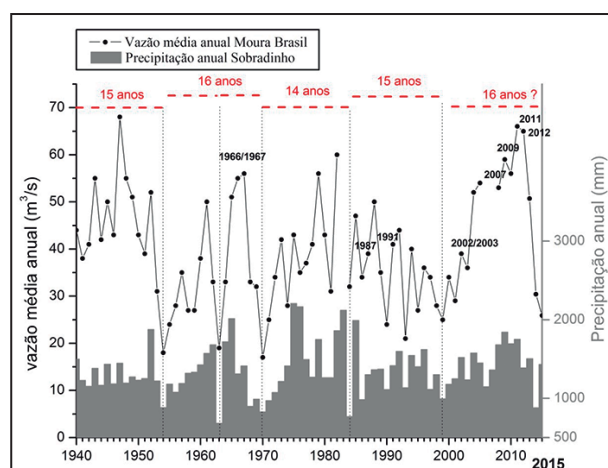


Figura 4 Série histórica de precipitação da estação Sobradinho e de vazão da estação Moura Brasil de 1940 a 2015. Em destaque os anos quando foram registrados os desastres naturais apresentados na Tabela 4.

Valverde & Marengo (2014) na bacia do Paraná (região sul/sudeste do Brasil), relacionaram os anos mais secos a ação do fenômeno La Niña.

Considerando que o último ciclo iniciou-se em 1999, o período atual (2015-2016) é de tendência ao mínimo de pluviosidade. Segundo Marcelino (2008) a dinâmica atmosférica de frentes frias e sistemas convectivos se intensificou entre 1991 e 2000 como consequência do aquecimento global, sendo responsável por desastres naturais registrados principalmente no sul e sudeste do Brasil. Para avaliar uma possível relação entre o comportamento hidrológico da bacia do Piabanha e a frequência de desastres naturais em Petrópolis e Teresópolis foi feito um levantamento histórico dos eventos mais extremos registrados pelo Portal do Sistema de Informações sobre Desastres da Defesa Civil (Brasil Defesa Civil) (Tabela 4). Neste portal existem informações a partir da década de 1980 e por isso foi considerado também o mega desastre de 1966 / 1967 na região da Serra do Mar (Jones, 1973). Os dados apontam que os registros existentes de eventos catastróficos regionais foram em anos próximos aos ápices dos ciclos de pluviosidade e vazão propostos (Figura 4). Estes registros também indicam um aumento na frequência dos eventos catastróficos nas últimas décadas. Este fato pode ser um indício de mudança hidrológica/climática regional. Entretanto há de se considerar também a maior eficiência no registro de eventos catastróficos mais recentes e possíveis mudanças de uso do solo com aumento da construção em áreas de risco, o que é uma prática comum na região.

Ano	Evento
1966 / 1967 ^a	Deslizamentos e inundações na vertente oceânica da Serra do Mar
1987 ^b	Inundações em Petrópolis e Teresópolis; Calamidade pública em Petrópolis
1991 ^b	Enxurrada e calamidade pública em Teresópolis
2002/2003 ^b	Enxurrada e deslizamentos em Petrópolis e Teresópolis
2007 ^b	Deslizamentos em Petrópolis e Teresópolis
2009 ^b	Deslizamentos em Petrópolis; Emergência em Petrópolis
2011 ^{b, c}	Mega Desastre da Região Serrana; Calamidade pública em Petrópolis e Teresópolis
2012 ^b	Deslizamentos em Petrópolis e Teresópolis

Tabela 4 Levantamento de desastres naturais (deslizamentos, inundações e enxurradas) de grande magnitude na região Serrana (principalmente municípios de Teresópolis e Petrópolis) do Rio de Janeiro; ^aJones (1973); ^bdados de Petrópolis e Teresópolis de relatórios disponíveis no Portal do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres da Defesa Civil.

5 Conclusões

Os resultados demonstraram boa correlação entre as estações de chuva e vazão da bacia do Piabanha com uma sazonalidade de inverno seco (valores médios mensais entre 15 e 90 mm de chuva) e vazão média na foz de 16 m³/s e verão chuvoso (valores médios mensais entre 150 e 450 mm de chuva) e vazão média na foz de 80 m³/s.

As séries históricas de chuva e de vazão sugerem uma ciclicidade de 15 anos para anos mais secos. Os eventos catastróficos de inundação e deslizamento na região Serrana (municípios de Petrópolis e Teresópolis) ocorreram no meio destes ciclos, em anos de maior vazão média e precipitação. O aumento da frequência destes nos últimos anos pode ser um indício de mudança hidrológica/climática regional. Com base nesta ciclicidade, o momento atual (2015-2016) seria próximo do mínimo na curva de chuva e vazão, representando uma fase mais seca, finalizando o último ciclo iniciado em 1999. Entretanto, neste último ciclo o comportamento da chuva e, principalmente da vazão na foz não está muito definido. Em conjunto com o aumento da frequência de desastres naturais de grande magnitude isto também pode ser indicativo de efeito antrópico.

6 Agradecimentos

À FAPERJ, pela bolsa de Iniciação Científica concedida a primeira autora; a Furnas e ao Parnaso (Parque Nacional da Serra dos Orgãos) pela disponibilização de dados hidrológicos; e aos revisores pelas sugestões que melhoraram o texto.

7 Referências

- Alvim, R.B.; De Mello, W.V.; Silveira, C.S.; Kligerman, D.C. & Ribeiro, R.P. 2014. Emissões de óxido nitroso em águas fluviais não poluídas e poluídas da Bacia do Rio Paquequer (Teresópolis, Rio de Janeiro). *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 19(4): 471-478.
- Andrade, K.M.; Dolif Neto, G. & Pinheiro, H.R. 2015. Evento extremo de chuva no Rio de Janeiro: análise sinótica, previsão numérica e comparação com eventos anteriores. *Ciência e Natura*, 37(Ed. Especial V SIC): 175-180.
- André, R.G.B.; Marques, V.S.; Pinheiro, F.M.A. & Ferraud, A.S. 2008. Identificação de regiões pluviometricamente homogêneas no Estado do Rio de Janeiro utilizando-se valores mensais. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 23(4): 501-509.
- Avelar, A.S.; Coelho Netto, A.L.; Lacerda, W.A.; Becker, L.B. & Mendonça, M.B. 2011. Mechanisms of the recent catastrophic landslides in the mountainous range of the Rio de Janeiro, Brazil. In: MARGOTTINI, C.; CANUTI, P. SASSA, K. (eds.) *Landslide Science and Practice*, Volume 4: Global Environmental Change. Editora Springer, p.265-270.
- Ávila, P.L.R. & Brito, J.I.B. 2015. Relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico e a variabilidade de precipitação de Campina Grande, PB. *Ciência e Natura*, 37(Ed. Especial V SIC): 159-162.
- Banco Mundial. *Avaliação de Perdas e Danos: Inundações e Deslizamentos na Região Serrana do Rio de Janeiro – Janeiro de 2011*. 2012. Disponível em: <http://www.mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=74dde46c-544a-4bc4-a6e1-852d4c09be06&groupId=10157> Acesso em 12 Set. 2015.
- Brasil Defesa Civil. *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres*. Disponível em: <<http://s2id.mi.gov.br/>> Acesso em 29 Jun. 2015.
- Cesar, R.; Bidone, E.; Castilhos, Z.; Colonese, J.; Egler, S.; Polivanov, H. & Silva, M. 2011. Distribuição de mercúrio, cobre, chumbo, zinco e níquel em sedimentos de corrente da bacia do rio Piabanha, Estado do Rio de Janeiro. *Geochimica Brasiliensis*, 25(1): 35-45.
- Coelho Netto, A.L.; Sato, A.M.; Avelar, A.S.; Vianna, L.G.G.; Araújo, I.S.; Ferreira, D.L.C.; Lima, P.H.; Silva, A.P.; Silva, R.P. 2011. January 2011: the extreme landslide disaster in Brazil. In: WORLD LANDSLIDE FORUM, 2 Roma, 2011. Proceedings, Roma, International Programme on Landslides (IPL), CD Rom.
- COPPETEC 2006. *Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul – Resumo Caderno de Ações Bacia do Rio Piabanha*. 1. Rio de Janeiro, Editora AGEVAP, 103p.
- Dantas, M.E.; Shinzato, E.; Medina, A.I.M.; Silva, C.R.; Pimentel, J.; Lumbreras, J.F.; Calderano, S.B.; Carvalho

- Filho, A.; Oliveira, R.P.; Mansur, K. & Ferreira, C.E.O. 2000. *Diagnóstico Geoambiental do Estado do Rio de Janeiro. Escala 1: 500.000*. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=603&sid=26>> Acesso em 12 Set. 2015.
- Domingues, A.J. P.; Lima, G.R.; Alonso, M.T.A. & Bulhões, M.G. 1971. Serra das Araras: os movimentos coletivos do solo e aspectos da flora. *Revista Brasileira de Geografia*, 33(3): 3-51.
- Dourado, F.; Arraes, T.C.; Fernandes E. & Silva, M.F. 2012. O megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências da UFRJ*, 35(2): 43-54.
- Ferraz, J.S. 1939. Subsídios para o estudo de um ciclo climatológico do sueste brasileiro *Revista Brasileira de Geografia*, 1(3):3-11.
- IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo demográfico. 2010*. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 04 Jun. 2015.
- Jones, F.O. 1973. *Landslides in Rio de Janeiro and Serra das Araras escarpment, Brazil*. U.S. Geological Survey Professional Paper, n. 697, Washington, USGS, 42p.
- Lou, R.F. 2010. *Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na bacia experimental do rio Piabanha/RJ. Rio de Janeiro*: Programa de Pós Graduação em Engenharia – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação Mestrado, 174p.
- Marcelino, E.V. 2008. *Desastres naturais e geotecnologias: conceitos básicos. Caderno Didático n.º 1*, Santa Maria, Editora CRS/INPE, 38p.
- Marengo, J.A.; Tomasella, J. & Nobre, C.A. 2008. Mudanças climáticas e recursos hídricos. In: BICUDO, C.E.M., TUNDISI, J.G. & SCHEUENSTUHL, M.C.B. (Eds.) *Águas do Brasil: Análises estratégicas*, Editora Instituto de Botânica, São Paulo, p.201-215.
- Pinho, G.M.; Francisco, C.N. & Salgado, C.M. 2013. Análise espacial dos movimentos de massa em Nova Friburgo/RJ: O caso do desastre natural de Janeiro de 2011. *Revista Tamoios*, 9(1): 16-27.
- Sant'Anna Neto, J.L. 1999. Avaliação das mudanças no regime das chuvas do Estado de São Paulo durante um século (1888-1993). *Acta Scientiarum*, 21(4): 915-921.
- Silva, L.C. & Cunha, H.C.S. 2001 *Geologia do Estado do Rio de Janeiro: texto explicativo do mapa geológico do Estado do Rio de Janeiro – Brasília*: Editora CPRM. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Geodiversidade/Projeto-Rio-de-Janeiro---Geologia-612.html>>. Acesso em 14 Fev. 2017.
- Silva, L.H.A.; De Mello, E.V. & Barbosa, D.R. 2012. Risco ambiental de enchentes nos rios formadores da bacia do rio Piabanha (Região Serrana Fluminense). *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 35(2): 78-83.
- Tonello, K.C.; Dias, H.C.T.; De Souza, A.L.; Ribeiro, C.A.A.S.; Firme, D.J. & Leite, F.P. 2009. Diagnóstico hidroambiental da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, município de Guanhães, MG, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, 4(1): 156-168.
- Valverde, M.C. & Marengo, J.A. 2014. Extreme Rainfall Indices in the Hydrographic Basins of Brazil. *Open Journal of Modern Hydrology*, 4(1): 10-26.
- Vieira, V.T. & da Cunha, S.B. 2008. Mudanças na morfologia dos canais urbanos: Alto curso do rio Paquequer, Teresópolis – RJ (1997/98 – 2001). *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 9(1): 3-22.