



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

ANÁLISE DAS INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE JUQUIÁ-SP ENTRE 2005 E 2015 ATRAVÉS DE DADOS PLUVIOMÉTRICOS, FLUVIOMÉTRICOS E DA DEFESA CIVIL DO MUNICÍPIO

Allan Eduardo Cano¹ | Raul Reis Amorim²

RESUMO

O objetivo deste trabalho é inventariar os episódios de inundações ocorridos entre 2005 e 2015 no município de Juquiá-SP e relacioná-los aos dados pluviométricos, fluviométricos e às cotas de referência para inundação adotadas no Mapa da Defesa Civil do município e enumerar os valores dos danos causados pelas inundações. Os episódios de inundação foram inventariados através do SIMPAT, vinculado ao IPMet – Faculdade de Ciências da UNESP; e o SID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, do Ministério da Integração Nacional. O mapa de suscetibilidade a inundações foi obtido no Sistema de Informações Geográficas da Bacia do rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul. Os dados das estações pluviométricas e fluviométricas foram recolhidos no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), do estado de São Paulo. As inundações na área de estudo em sua minoria atingiram o nível de emergência proposto pela Defesa Civil, desse modo não é possível atestar somente por esse tipo de dado a ocorrência das inundações. Observar a precipitação em conjunto se mostrou mais esclarecedor.

Palavras-chave: Inundação, dados pluviométricos, dados fluviométricos

ABSTRACT

The aim of this paper is to inventory the flood episodes that occurred between 2005 and 2015 in the city of Juquiá - SP and relate them to the pluviometric and fluviometric data and reference quotas for flooding adopted in the Civil Defense Map of the city and list the cost of the damages caused by the floods. The flood episodes were inventoried through SIMPAT, - bound to IPMet - Faculty of Sciences of UNESP; and the SID - Integrated Disaster Information System of the Ministry of National Integration. The flood susceptibility map was obtained from the Geographic Information System of the Ribeira de Iguape river and South coast. The datas of the pluviometric and fluviometric station were collected on the website of the Department of Water and Electrical Energy (DAEE), of the state of Sao Paulo. The floods in the study area in its minority reached the level of emergency proposed by the Civil Defense, so it is not possible to attest to this type of data only by the occurrence of floods. Observing precipitation together proved more enlightening.

Key words: Flood, pluviometric data, fluviometric data.

¹ Bolsista de Iniciação Científica. Departamento de Geografia | Instituto de Geociências | Unicamp <allaneduardocano@gmail.com>

² Professor Doutor do Departamento de Geografia | Instituto de Geociências | Unicamp <raul_reis@ige.unicamp.br>



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

1. INTRODUÇÃO

A água, além de ser recurso hídrico se visto sob perspectiva econômica, com valor econômico-financeiro (VIANA, 2005), pode ser também causadora de desastres como inundações que implicam em prejuízo para as populações afetadas. Inundação é um evento natural e respeita a periodicidade dos cursos de água, conforme lembram Amaral e Ribeiro (2009) e atesta Christofolletti (1980), ao afirmar que “a planície de inundação é a faixa do vale fluvial composta de sedimentos aluviais bordejando o curso de água e periodicamente inundada pelas águas do transbordamento provenientes do rio” (p. 76). Tucci (2003) denomina esse evento natural como *inundação ribeirinha*, adicionando a variável precipitação ao conceituar tal evento. Para o autor *op. cit.*, uma vez que a precipitação ocorre em grande intensidade e ou duração, e o solo saturado perde a capacidade de infiltração, a água passa a escoar superficialmente para o sistema de drenagem local, que ao exceder sua capacidade de escoamento natural na calha de seu curso, extravasa, inundando a área ao redor, acompanhando a sua topografia.

Entendendo esse processo como natural, é esperado então que nos períodos do ano em que ocorrem maiores volumes de precipitação as áreas de várzea estão sujeitas a inundar-se. Uma vez que nelas estão presentes ocupações humanas como cidades e áreas cultivadas, é possível, devido às inundações, haver a perda material relativa à atividade humana, como por exemplo, deterioração de construções e prejuízos nas colheitas de lavouras. Dessa forma, entender o comportamento natural das cheias de um curso d’água e observar a frequência desse fenômeno no tempo pode auxiliar na tomada de decisões sobre medidas de prevenção e mitigação de danos.

Este trabalho analisa as ocorrências de inundação no município de Juquiá-SP entre os anos de 2005 e 2015, através de dados de estações pluviométricas e fluviométricas presentes no município e da cota de referência de situação normal observada no mapa de suscetibilidade a inundações da área em estudo. É feita também uma síntese sobre os danos e prejuízos causados pelas inundações a partir dos AVADAN’s disponibilizados no SI2D.

2. METODOLOGIA

Este trabalho contempla resultados parciais da pesquisa de iniciação científica³ desenvolvida junto ao Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Unicamp. Essa pesquisa pretende, entre seus objetivos, traçar uma análise dos eventos de inundação e suas imediatas consequências para a população residente na bacia hidrográfica do rio Juquiá, onde se encontram 8 municípios com área significativa dentro da bacia: Ibiúna, Sete Barras, Tapiraí, Juquiá, Miracatu, Piedade, Jquitiba e Itariri. Entretanto, como nessa pesquisa estão sendo analisados os episódios de inundação à jusante das usinas hidrelétricas presentes no rio Juquiá, os municípios e episódios a montante foram descartados, sobrando para serem analisadas as inundações em Tapiraí, Juquiá, Miracatu, Piedade, Ibiúna e Jquitiba. Desses últimos, Juquiá é o município com maior número de

³ “A relação entre as usinas hidrelétricas presentes no rio juquiá e a ocorrência de inundações à jusante na bacia hidrográfica do rio Ribeira de Iguape” Pesquisa de iniciação científica financiada pelo SAE-Unicamp e desenvolvida no Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Unicamp, com período de trabalhos previsto entre agosto de 2016 e julho de 2017.

XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS
26 de novembro a 01 de dezembro de 2017
Florianópolis- SC

ocorrências de inundação no período, entre 2005 e 2015, e sua posição dentro da bacia hidrográfica do rio Jiquiá pode ser vista na figura 1.

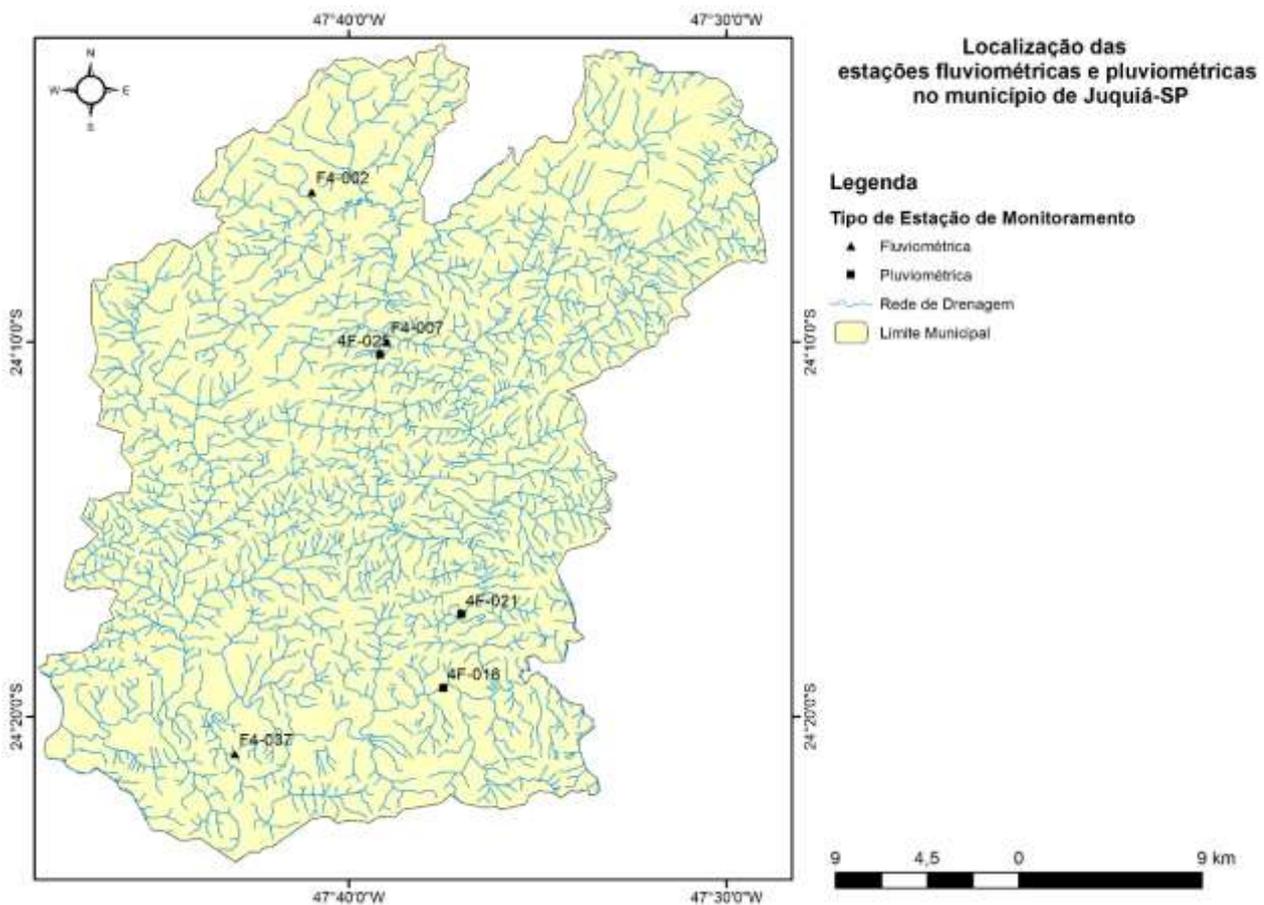


Figura 1 - Localização das estações fluviométricas e pluviométricas no município de Juquiá-SP.

O levantamento dos episódios de inundação foi feito através de dois bancos de dados, o Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil (SIMPAT), vinculado ao IPMet – Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” no Câmpus Bauru; e o Sistema do Ministério da Integração Nacional, o SID – Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, onde também foram recolhidos os documentos AVADAN.

Após o levantamento das inundações buscou-se no site do Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, do estado de São Paulo, estações pluviométricas e fluviométricas localizadas em Juquiá-SP. Encontrou-se 3 estações de cada tipo com dados disponíveis que cobriram o período de estudo, entre os anos de 2005 e 2015. Nas estações pluviométricas os registros diários são feitos às 7h00 da manhã diariamente. Assim como exposto no site da instituição, as alturas diárias de chuva apresentadas são as acumuladas entre 7 horas do dia anterior



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

e às 7 horas do dia considerado. As cotas diárias das estações fluviométricas são medidas às 7h00 e às 18h00 todos os dias. A posição das estações pluviométricas e fluviométricas podem ser observadas na figura 1.

Concluída a aquisição dos dados mencionados há pouco, foi buscado o Mapa de Suscetibilidade de Inundações do município de Jiquiá. Nesse mapa, disponível no Sistema de Informações Geográficas da Bacia do rio Ribeira de Iguape e Litoral Sul, encontram-se as cotas referência do nível do rio na régua para indicar situações de possíveis episódios de inundação. Essas cotas indicam situação normal (até a cota 4,0 m), de atenção (entre as cotas 4,01 m e 4,5 m), de alerta (entre 4,51 m e 5,0 m), e de emergência (acima de 5,0 m), sendo essa última, sinal de prováveis situações de transbordamento dos cursos de água e inundações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontrados nos bancos de dados do SIMPAT e do SI2D 10 episódios de inundação em Jiquiá entre 2005 e 2015. Esses episódios apresentaram determinada frequência nesse intervalo de tempo: ocorreram em anos seguidos, depois não ocorreram por um ou dois anos e depois voltaram a acontecer consecutivamente. Conforme se observa na tabela 1, aconteceram episódios em 2005, 2006 e 2007. Em 2008 não foram registradas ocorrências, que voltaram a ser registradas em 2009 e 2010. Posteriormente há registros nos anos de 2013 e 2014, e em 2015 não consta nos bancos de dados nenhuma ocorrência.

Tabela 1 - Inventário dos episódios de inundações do município de Jiquiá-SP entre 2005 e 2015

Registro da ocorrência	Tipo de ocorrência	Notificação dos episódios
17/01/2005	Inundações bruscas	SIMPAT e SID (Avadan)
18/03/2009		SIMPAT e SID (Avadan)
21/01/2005	Inundações graduais	SIMPAT
18/02/2006		SIMPAT
24/02/2009		SIMPAT
01/11/2007		SIMPAT
22/01/2010		SIMPAT e SID (Avadan)
03/04/2013		SIMPAT
05/12/2013		SIMPAT
15/02/2014		SIMPAT e SID (Avadan)

No ano de 2005 observou-se dois episódios registrados nos dias 16 e 21 de janeiro. Para dia 16, uma das três estações pluviométricas no município marcou precipitação acumulada de 5 dias, de mais de 100mm. Nos 5 dias posteriores, outra estação marcou mais de 200mm, o que indica um período de dez dias bastante chuvoso. Em relação às estações fluviométricas, no período entre os dias 12 e 22, observa-se aumento das cotas diárias dos cursos d'água significativo entre os dias 16 e 17, passando, por exemplo, de 1,9m às 18h do dia 16 para 3,28m às 7h do dia 17, na estação 4F-



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

021, localizada no rio Juquiá. As cotas de emergência (de mais de 5m) são atingidas no dia 21 às 7h, na estação 4F-018, também instalada no rio Juquiá.

Para a ocorrência registrada dia 21, a precipitação acumulada dos 5 dias anteriores passa de 200mm em duas estações pluviométricas (F4-002 e F4-037), atestando que as chuvas mais intensas ocorreram após o primeiro registro, do dia 16. A precipitação acumulada dos 5 dias posteriores, apesar de altas, de mais de 100mm em duas estações, são menores em relação ao acumulado dos 5 dias anteriores, evidenciando que as chuvas diminuíram depois dos registros de inundação, mas não pararam de vez. As cotas altimétricas aparecem em nível de emergência a partir do dia 21 na estação 4F-018, e são observadas nesse estado, nessa estação até dia 28. Na estação fluviométrica 4F-021 cotas de emergência são observadas entre dia 22 e 24. Na estação 4F-025 não é observada no período, entre os dias 16 e 26, nível de emergência. Isso pode acontecer porque a estação está em um afluente a montante do rio Juquiá. Logo, o volume precipitado e escoado é medido a jusante, nas estações presentes no rio em questão.

Em 2006 o registro de inundações foi feito dia 18 de fevereiro. Em duas das três estações pluviométricas a precipitação acumulada de 5 dias antes até o dia do registro ultrapassa 100mm, sendo que são registradas precipitações significativas somente dia 13 ou 14. Nos dias seguintes os valores são próximos de zero. Esse fato pode significar que precipitação foi a montante dos registros. Nas três estações fluviométricas, do dia 18 para o dia 19, é visto aumento nas cotas altimétricas, sendo a mais expressiva a observada na estação 4F-018, quando o nível do rio passa de 1,98 m às 18h do dia 18 para 3,94 m às 7h do dia 19. Em nenhuma das estações o nível de emergência, de mais de 5m, é atingido na data do registro ou depois, somente o nível de atenção, de 4,05 no dia 19 às 18h, na estação 4F-018. Entretanto, dias antes, em duas estações é observada cota de alerta: 4,84m dia 14 às 7h, na estação 4F-018, e 4,9m dia 13 às 18h na estação 4F-025. Interessante que entre os dias 15 e 18 nas três estações as cotas diminuam. A precipitação acumulada nos 5 dias posteriores foi menor em duas estações.

O próximo registro é de 01 de novembro de 2007 e aparece como *alagamentos*. A precipitação acumulada dos 5 dias anteriores não chega a 40mm, já dos 5 dias posteriores apresenta valores maiores para as três estações, mas ainda baixos, comparados aos outros registros, chegando a 57,5mm na estação F4-002. Das três estações pluviométricas somente uma denuncia precipitação dia 01, com 19,3mm, as outras marcam 0mm. As cotas medidas nas três estações fluviométricas apresentam valores de nível normal, sendo que em duas aparecem valores menores que 1m e em uma, menor que 2m, de 1,69m.

Em 2009 foram registrados dois episódios, dia 24 de fevereiro e 18 de março. No primeiro, a precipitação acumulada dos 5 dias anteriores ao dia do registro foi baixa, não chegou a 10mm em nenhuma das três estações pluviométricas. Entretanto, nos 5 dias posteriores em todas elas o acumulado foi maior que 100mm, chegando a 160,6 mm na estação F4-037. Considerando o período entre os 5 dias antes e os 5 dias depois do registro do dia 24 de fevereiro, as cotas estão em situação normal, até bem abaixo da situação de atenção (a partir de 4,0 m). Somente nos dias 27 e 28 que são vistos níveis de alerta (entre 4,5 m e 5,0 m). Para o episódio do dia 18 de março a precipitação acumulada dos 5 dias antes do registro não chega a 40mm, sendo que na estação F4-002 é visto 0,4 mm nesse período. Nos 5 dias depois o acumulado é maior nas três estações. Na F4-



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

037, por exemplo, que acumulou 23,3 mm até o dia do registro, nos 5 dias depois, o acúmulo de precipitação foi de 157,3 mm. As cotas altimétricas apresentam valores de situação normal nas três estações fluviométricas. Porém, em duas delas é observado aumento das 18h do dia 18 para as 7h do dia 19. Na outra, não é possível conferir esse comportamento porque não há dados desses dias.

No ano de 2010 há um registro datado de 22 de janeiro. A chuva acumulada dos 5 dias anteriores denuncia que o evento já era esperado, os valores das três estações passam de 100mm e em uma F4-037, chega a quase 200mm. Apesar de ainda elevados, os valores de precipitação acumulada dos 5 dias após o registro são menores que o acúmulo até a data especificada, demonstrando que após as inundações as chuvas diminuíram, apesar de ainda acontecer até o final do mês. Em duas estações fluviométricas são observados níveis de emergência ou de alerta desde o dia 16. Isso é explicado pelos altos valores de chuva acumulada dos 5 dias antes. Após o registro, níveis de emergência são registrados até dia 24 em duas estações.

Os próximos registros são do ano de 2013, dia 03 de abril e 05 de dezembro. Para a ocorrência de abril, os valores da precipitação acumulada dos 5 dias anteriores a data registrada é baixa, o maior valor é da estação F4-007, com 10,2 mm. Em duas estações pluviométricas o valor acumulado dos 5 dias depois são maiores que o acumulado até a data da ocorrência, mas ainda assim são valores mais baixos quando comparados aos outros episódios. O maior valor é da estação F4-002, 23,5 mm. As cotas diárias estão em situação normal no mês todo, em torno de 1,5 m, distante do nível de alerta, de 4,5 m.

O evento de dezembro apresenta valores de precipitação acumulada inferiores quando comparada aos outros eventos. O maior valor é 44,1 mm no acumulado anterior ao registro. As cotas medidas nas três estações fluviométricas estão todas dentro da situação normal com valores que oscilam entre 1,5m e 2,5m.

A última ocorrência de inundação no período estudado é de 15 de fevereiro de 2014. A precipitação acumulada de 5 dias no dia do registro é alta em duas estações pluviométricas, de 98,4 mm em F4-002 e 178,3 mm em F4-007. O acumulado nos 5 dias posteriores é maior em duas estações, possibilitando a interpretação de que a chuva continuou após os registros de inundações. As cotas medidas nas estações fluviométricas são observadas em nível de emergência em duas estações, do dia 15 até o dia 18, sendo que na estação 4F-018 é vista tal situação até dia 20, e é marcada a maior cota observada no estudo, 6,6 m no dia 17 às 18h.

Dos 10 episódios inventariados nos dois sistemas (SIMPAT e SID), foi encontrado no SID apenas 4 documentos AVADAN, que registram e estimam os danos e prejuízos das inundações. Uma síntese desses documentos pode ser conferida na tabela 2.

Tabela 2 - Síntese dos danos das inundações entre 2005 e 2015 em Juquiá-SP a partir dos AVADANs

Data	Zona de ocorrência	Prejuízo material* estimado (R\$)	Prejuízo econômico** estimado (R\$)
17/01/2005	Rural e urbana	2.221.000,00	7.855.000,00
18/03/2009	Rural e urbana	10.681.500,00	416.000,00
22/01/2010	Rural e urbana	20.540.000,00	15.305.400,00
15/02/2014	Rural e urbana	2.270.000,00	910.000,00



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

*Edificações e infraestruturas danificadas ou destruídas;

**Perdas relativas às atividades econômicas: agropecuária, indústria e serviços.

Além das perdas materiais e econômicas aparecem nos AVADANs os prejuízos referentes às pessoas afetadas: os desalojados e desabrigados. Nos quatro documentos são registradas as duas categorias. Ou seja, há pessoas vivendo em situação vulnerável à esse tipo de evento e que provavelmente se encontram nas áreas de inundação dos cursos de água. É interessante observar o valor dos prejuízos ocasionados pelas inundações. Somados os dois tipos, em cada evento, ele pode ultrapassar até 30 milhões de reais, como o evento de 2010, ilustrando assim a abrangência e a intensidade desse fenômeno nessa área.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dos 10 episódios registrados, somente em 3 se observou níveis de emergência nos cursos d'água. Nos outros, as cotas subiram, mas não se chegava nem mesmo ao nível de atenção (entre 4,0 m e 4,5 m). Em alguns casos se chegava a situação de alerta alguns dias após o registro, o que provavelmente está ligado a precipitação ocorrida a montante que foi medida nas estações fluviométricas após as chuvas intensas. Desse modo, as ocorrências de inundações parecem estar mais ligadas a precipitação com essa característica e localizada nos períodos mais úmidos do ano, final da primavera até início do outono.

Nos três casos em que apareceram cotas de emergência o volume de precipitação antes e depois da data registrada foi alto. Porém, mesmo sem atingir o nível de mais de 5,0 m, existem os outros registros de inundação, significando que não necessariamente é preciso atingir essa cota para atestar a ocorrência de fenômenos desse tipo. Logo, a observação da quantidade de precipitação e o acompanhamento das cotas diárias, quando começam a subir podem servir de indicadores para emissão de alertas a população, visto que essas inundações estão mais relacionadas a precipitações intensas de pouca duração. Esse fato pode ser explicado também pela geomorfologia da área, que se caracteriza por locais que apresentam altas declividades associadas ao domínio serrano e vales encaixados com baixas declividades, assim como suscita Amavales (2013). Além disso, nos documentos AVADAN é possível observar que as inundações acometem e causam prejuízos tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais, ou seja, não podem ser explicadas somente pelos condicionantes referentes à impermeabilização do solo e déficit na infraestrutura de drenagem urbana, por exemplo. Logo, a geomorfologia da área é uma variável bastante relevante no entendimento dessas inundações.

A quantidade de documentos AVADAN disponíveis não permite estabelecer análises mais amplas e completas. Dessa forma não é possível traçar as reais consequências das inundações na cidade para a população que ali reside. Entretanto, é possível observar o grau dos prejuízos que elas causam.

5. AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) – processo 2016/0007-3 pelo financiamento deste projeto de pesquisa.



XXII SÍMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

26 de novembro a 01 de dezembro de 2017

Florianópolis- SC

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundação e enchentes. In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. 39-52p.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Blucher, 1980.

KELMAN, J. et al. Hidreletricidade. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.) **Águas doces no Brasil**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2006. 507-543p.

SEVÁ FILHO, A. O.; KALINOWSKI, L. M. Transposição e hidrelétricas: o desconhecido Vale do Ribeira (PR-SP). **Estudos Avançados**. v. 26 n. 74, São Paulo, 2012. 269-286p.

SID. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Disponível em: <<https://s2id.mi.gov.br/>> Acesso em abril de 2017.

SIMPAT. **Sistema Integrado de Monitoramento, Previsão e alerta de Tempestades para as Regiões Sul-Sudeste do Brasil**. Disponível em: <http://www.ipmet.unesp.br/index2.php?abre=ipmet_html/defesa_civil/index.php> Acessado em fevereiro de 2017.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA BACIA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL. Disponível: <<http://sigrb.com.br/>> Acessado em março de 2017.

TUCCI, C. E. M. Inundações e drenagem urbana. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. (org.) **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003.

VIANNA, P. A água vai acabar? A importância dos conflitos pela água na formação do Brasil. In: ALBUQUERQUE, E. S. (org.) **Que país é esse?: pensando o Brasil contemporâneo**. São Paulo: Globo, 2005. 341-368p.