

XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DOS ASPECTOS ECONÔMICOS DAS INUNDAÇÕES URBANAS NO GRANDE ABCD PAULISTA

Tatiana Peixoto Goncalves¹ ; Melissa Cristina Pereira Graciosa²

RESUMO – Este artigo tem por objetivo apresentar um estudo de danos econômicos causados por inundações em grandes metrópoles, tendo por estudo de caso a região do ABC Paulista. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento de informações como instrumento para mensuração dos danos econômicos, com a intenção de avaliar as áreas mais vulneráveis aos eventos extremos de precipitação. No estudo de caso foram avaliados e quantificados os segmentos de habitação, renda, comércio e serviços e infraestruturas públicas dentro da mancha de inundação de tempo de retorno = 25 anos para a região do ABC.

Palavras-Chave – drenagem urbana; inundações urbanas; danos econômicos das inundações.

ABSTRACT– This paper presents a study of economic flood damages in metropolitan regions, with a case study of ABC Region, part of Metropolitan Region of São Paulo (MRSP), Brazil. Geoprocessing analysis was carried on in order to measure flood losses, aiming to evaluate vulnerable areas regarding to extreme flood events. This work analyzed the relationships between the occurrence of floods and economic aspects, including housing, income, commerce, public services and infrastructures, considering the 25- years flood.

Palavras-Chave – urban drainage, urban floods, flood damage.

INTRODUÇÃO

No período entre 2005 a 2015 anos, cerca de 250 milhões de pessoas foram afetadas por inundações em todo mundo, sendo as enchentes o risco de desastre mais generalizado e recorrente nos assentamentos urbanos de diferentes tamanhos. A falta de atenção para as questões da drenagem urbana, a precariedade do saneamento e a ausência infraestruturas de tratamento de resíduos sólidos são os fatores que mais contribuem para os cenários catastróficos das enchentes urbanas. (UN/ISDR,2013).

Os desastres naturais, em especial as inundações acarretam prejuízos em escala de bilhões para as indústrias, saúde e comércio das grandes metrópoles do mundo, tornando se um grande obstáculo

¹) Universidade Federal do ABC, Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Engenharia Ambiental e Urbana, tatianapgk@gmail.com

²) Universidade Federal do ABC, Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Engenharia Ambiental e Urbana, melissa.graciosa@ufabc.edu.br

para a prosperidade e desenvolvimento de qualquer tipo de economia (Brasil, 2016). E com a intenção de mitigar esses danos, cientistas de diversas áreas como economistas, meteorologistas e engenheiros, buscam desenvolver novas metodologias e tecnologias para equacionar os problemas da gestão do risco das inundações em ambientes urbanos altamente vulneráveis (Q. Zhou,2011).

Entretanto, existe alguns fatores limitantes para a criação de novas metodologias da gestão do risco, que é a ausência de dados ou informações incompletas sobre eventos de inundações que acabam por dificultar simulações e construções de cenários para a estimativa de prejuízos (Merz, 2010). E uma possibilidade para tal cenário seria buscar informações nos setores censitários, organizando bases cartográficas do censo com outros tipos de informações geográficas e assim processar essas informações desejadas por meio de sistemas de informação geográfica, com a intenção de obter estimativas quantitativas para análises socioeconômicas e cálculos de indicadores em áreas mais vulneráveis a inundações (Franca, 2010).

Portanto, o mapeamento do risco, torna - se uma alternativa para conhecer os efeitos potencialmente adversos nos valores dos ativos, pessoas, ambientes e assim mensurar os danos causados por enchentes em uma determinada região, auxiliando na tomada de decisão e o desenvolvimento de políticas públicas em gestão de riscos naturais. (Cardoso, 2011).

Estudo de caso

O ABC é a região da metrópole paulista localizada na bacia do Rio Tamanduateí e seus principais afluentes, Ribeirão dos Couros e Ribeirão dos Meninos. Abrange uma população de 2.771.554 habitantes em uma área de 842 km² (IBGE, 2018). Parte de sua área de drenagem aflui para a bacia da vertente Billings da Serra do Mar; as regiões de urbanização consolidada, no entanto, estão localizadas majoritariamente na bacia do Rio Tamanduateí.

O Grande ABC abrange os municípios de Santo André, São Bernardo do Campo, São Caetano do Sul, Diadema, Mauá, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra. As sete cidades juntas, representam uma área dinâmica para região metropolitana de São Paulo, com produto interno Bruto de 2,2 % o que corresponde a 6,6 % do Estado. (IBGE, 2014). São Bernardo do Campo e Santo André são os maiores municípios da região, entretanto São Caetano do Sul, é o município que detém o maior PIB per capita da região, sendo duas vezes a média regional A cidade de Diadema, por sua vez lidera com a maior densidade populacional, seguida por São Caetano do Sul e Mauá. E os municípios de Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra com menores índices de ocupação. (Klink, 2001)

Os anos de 1980, foram marcados por grandes eventos de inundações ao longo do eixo Tamanduateí (centro de Santo André, São Caetano com divisa de SP, centro de São Bernardo) e córrego dos Meninos (centro de Diadema e São Bernardo do campo) e os danos causados pelas chuvas foram inúmeros e daí por diante, o processo de inundações só se intensificaram em todo o território ao ponto de ter a necessidade da construção de medidas estruturais de macrodrenagem para armazenar a água excedente. O primeiro reservatório de retenção foi construído nos anos 90 e por sequência outros novos 17 reservatórios foram implantados na região como uma medida compensatória para a drenagem das bacias urbanas do Grande ABC (CONSÓRCIO, 2016).

Entre o período de 2010 a 2013, foram registradas junto a Defesa Civil, ocorreram 197 ocorrências de pontos de inundação e 107 ocorrências de pontos de alagamentos entre as áreas centrais e periféricas dos municípios de Mauá, Santo André, São Caetano do Sul, São Bernardo do Campo e Rio Grande da Serra (Gonçalves, 2017). No ano de 2016, o Consórcio Intermunicipal do



Grande ABC, elaborou o Estudo Plano Regional Macro drenagem e Macro drenagem do Grande ABC o qual prevê 259 intervenções para a micro e macro drenagem sendo que as propostas de investimentos estão na casa de 3 bilhões de Reais, para tratar o déficit da drenagem na faixa de 13,5 milhões de metros cúbicos (CONSÓRCIO, 2016).

METODOLOGIA

Como metodologia para o estudo de caso utilizou-se do método dasimétrico clássico, o qual foi construído com informações de uso e cobertura do solo. Para estruturar a análise dasimétrica dos danos econômicos para inundações das sete cidades, organizou-se a base cartográfica de modo a combinar o esforço de apreensão da realidade regional e formulação de técnicas de análise dos danos para a drenagem do Grande ABC, com a intenção de aprimorar o processo de participação e negociação dos atores sociais e agentes públicos em torno das estratégias de otimização da drenagem urbana. (Silva, et al.2017).

Resumidamente, a interpolação dasimétrica é um método que possibilita a construção de nova base de dados partindo de um conjunto discreto de dados pontuais já conhecidos, obtidos por amostragem. Dependendo do tipo de dado ou variável (apud Li e Heap, 2008), a interpolação zonal pode ser aplicada para estimar uma ou mais variáveis de um conjunto de unidades espaciais (zonas de destino) a partir de valores existentes em um conjunto de unidades (zonas de origem) para uma mesma região de estudo (apud LAM, 1983). Ou seja, a interpolação espacial permite o tratamento de dados de fontes distintas, sendo possível desagregá-los e compor variáveis de zonas maiores em zonas menores. (Franca, 2010). Para aplicação desta metodologia o trabalho foi subdividido em quatro etapas. Na primeira etapa delimitou-se o problema, elaborando um breve diagnóstico da realidade regional. (Goncalves, 2017), identificando os principais problemas potenciais, existentes no contexto interno a região. Na segunda etapa, organizou-se a base de dados de todas as informações relevantes sobre a drenagem dos sete municípios do Grande ABC Paulista.

Na terceira etapa foram selecionadas as variáveis do setor censitário (população, renda domiciliar, domicílios) por meio do uso dos arquivos cartográficos que continham apenas dados de identificação, ou seja, geocódigo e as unidades territoriais, os quais pertenciam à tabela de dados do recenseamento. (IBGE,2010). Os dados de lançamentos imobiliários residenciais e comerciais do Grande ABC (2010 a 2013) foram extraídos da tabela de empreendimentos da empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio (EMBRAESP, 2013), os quais foram georreferenciados e sistematizados pelo Centro de Estudos da Metrópole (CEM, 2013). Da tabela base Rais Caged (2010) foram extraídos dados referentes aos números de comércios e indústrias do ABC. As informações sobre a mancha de inundação de 2010 de período de retorno de 25 anos ($Tr = 25$), na escala 1:25000 (PDMAT-2, 2010) são referentes as bacias dos meninos inferior e superior e Tamanduateí inferior e superior que originalmente estavam em formato DWG do software CAD e foram transformados para base Cartográfica do Quantum Gis - QGis em formato *shapefile*.

Para obter se os dados da mancha de inundação para o perímetro do Grande ABC, utilizou se de ferramentas do sistema de informação geográfica, onde a mancha urbana do Grande ABC foi recortada respeitando os limites dos municípios da região do ABC para a questão das áreas inundáveis, descartando assim as demais informações referentes a região metropolitana de São Paulo-RMSP. Em seguida inseriu-se as informações sobre domicílios particulares permanentes ou pessoas responsáveis por domicílios particulares permanentes e criando-se um novo recorte da camada de

setor censitário urbano a partir da camada de áreas inundação e assim foram recalculadas as áreas restantes destes setores censitários urbanos inseridos em áreas suscetíveis a inundação por área. Multiplicando-se esta área calculada por cada uma das densidades obteve-se como resultado, o número de domicílios e população afetada dentro de cada setor censitário nos perímetros inundáveis.

A partir desta nova área foi calculada a densidade de domicílios por hectare e a partir desta nova densidade domiciliar, foi possível gerar uma nova mancha urbana sobre a área de inundação, com esses novos dados agregados por mancha de inundação foi feita uma sobreposição nas áreas inundáveis do Grande ABC e assim pode se obter valores referentes ao número de domicílios nas áreas inundáveis, densidade domiciliar e a faixa de renda por domicílio. Para a última etapa consistiu se da elaboração dos mapas criados em formatos de *shapefiles* dos pontos críticos de inundação envolvendo os lançamentos imobiliários comerciais e residenciais, as tabelas em Excel foram exportadas para o *formato camada separated values - csv*, e em seguida, a tabela *csv* foi exportada para o formato *shapefile*, possibilitando a criação de uma nova base cartográfica que possibilitou uma leitura dos segmentos mais afetados em áreas inundáveis.

RESULTADO E DISCUSSÃO

A mancha de inundação de estudada foi extraída do PDMAT 2 e refere-se aproximadamente à cheia de TR 25 anos. Possui extensão de 1342 hectares, como apresentado Figura 1. Após o cruzamento das variáveis de renda, densidade domiciliar, população, obteve-se o resultado que 5642 domicílios particulares permanentes estão sobre as áreas inundáveis (IBGE, 2010) e o total de 8771 pessoas que habitam essas áreas inundáveis e a densidade domiciliar está na faixa entre 3 a 6 domicílios por hectare, destacando se as regiões centrais de cada município.

A Tabela 1 e a Figura 2 apresentam a análise da variável de renda domiciliar onde identificou-se que 43% da população habita sobre a mancha de inundação, possuindo a renda de 3 a 6 salários mínimos por domicílio, 28 % das moradias possuem renda de 6 a 9 salários mínimos por domicílio, 23% dos domicílios estão na faixa de 1 a 3 salários mínimos, 5% para faixa de 9 ou mais salários mínimos e apenas 1% dos domicílios, está na faixa de 0 a 1 salário. Isto demonstra que a metrópole se expande por sobre os rios, aumentando as taxas de impermeabilização do solo e contribuindo para a ampliação das inundações.

Tabela 1- Número de domicílios em Área Inundável

Faixa de renda	Número de domicílios	Porcentagem%
0 a 1	56	1
1 a 3	1298	23
3 a 6	2426	43
6 a 9	1580	28
9 ou mais	282	5
Total	5642	100

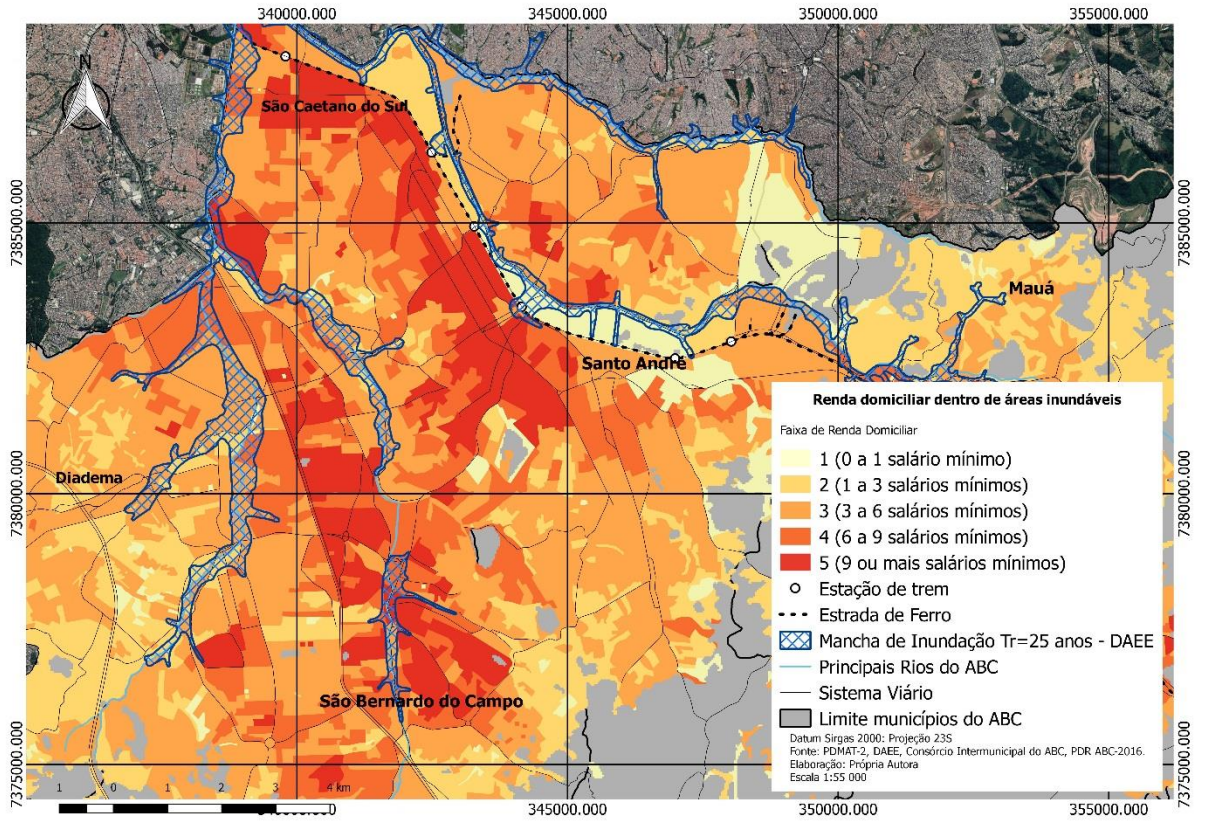


Figura 1- Renda domiciliar dentro de Áreas Inundáveis

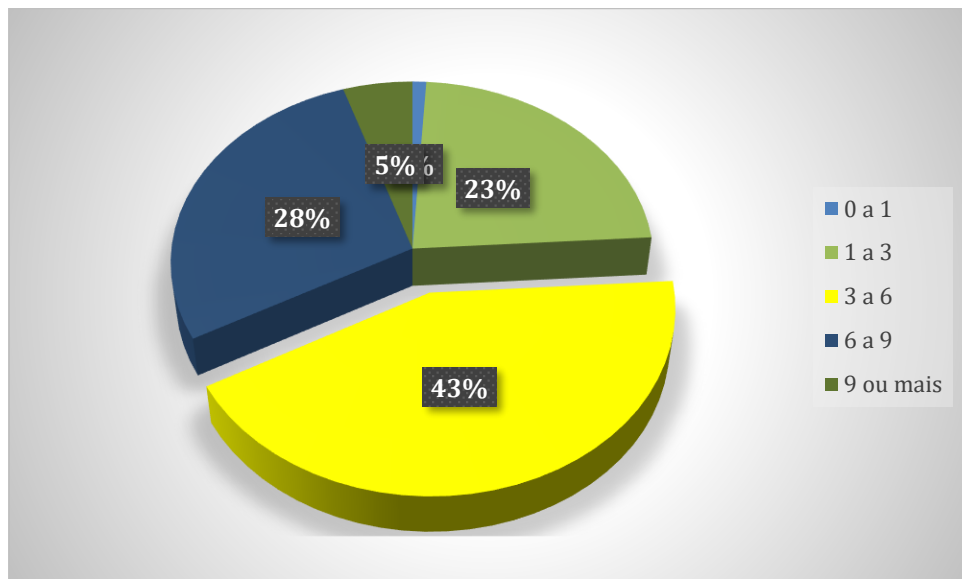


Figura 2- Número de domicílios em área inundável por Faixa de Renda

No período entre 2011 e 2013 observou-se que foram lançados oito empreendimentos residenciais na cidade São Bernardo do Campo, três empreendimentos comerciais de grande porte em São Caetano do Sul e um empreendimento comercial na cidade de São Bernardo do Campo, sendo o preço do metro quadrado nestas áreas variando entre R\$ 3000 até R\$7000 por metro quadrado, como apresentado na Figura 3.

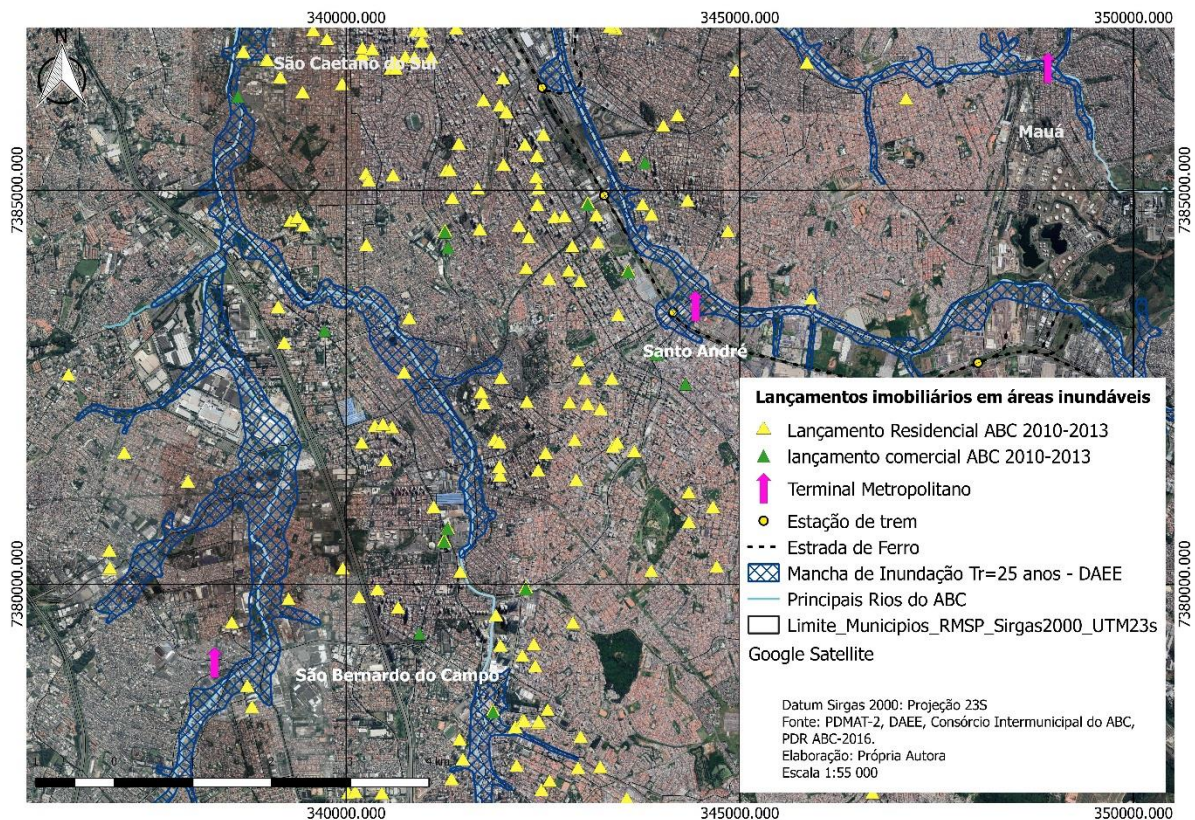


Figura 3- Lançamento imobiliários em Áreas Inundáveis

No estudo também estimou-se os danos por objeto afetado e como resultado identificou-se que os equipamentos mais vulneráveis no ABC, são os terminais de transporte público, as indústrias, seguidos pelos comércios, serviços, e lazer, como apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Infraestruturas em áreas vulneráveis a inundação

Infraestruturas	Total da região	Total dentro da mancha de inundação	Porcentagem %
Comércio e serviços	1373	52	3,79 %
Educação	876	9	1,03 %
Saúde e serviço	229	4	1,75 %
Lazer	57	2	3,5 %
Indústrias	281	14	4,98 %
Terminais de transporte público	14	3	21,43%
Domicílios particulares e permanentes	901388	5642	0.63%

Segundo a Fecomércio (2019), durante eventos de inundação, os micro e pequenos negócios são os mais afetados, pois possuem estoques menores de mercadorias, equipes menores, o que pode inviabilizar o funcionamento do estabelecimento. Já para o comércio de médio a grande porte, às vezes esses estabelecimentos são poupados de grandes perdas materiais, entretanto a perda pela ausência de fluxo de clientes é relevante. Para as indústrias, montadoras e locadoras de automóveis os prejuízos podem ser de grande monta, devido perda de produção e alienação de bens.

Esse tipo de ocupação é o resultado de modelos de urbanização do século 20, produto de técnicas higienistas que usavam os córregos para afastar o esgoto dos centros das cidades, combinadas com as construções das matrizes viárias para o desenvolvimento econômico, o qual permitiu que muitos córregos e rios da região fossem tamponados, para dar espaço a bairros, as vias e rodovias. (São Paulo, 2014). Neste estudo contabilizou-se mais de 250 vias dentro da mancha de inundação, além das 5 estações de trem e 4 terminais urbanos. As áreas mais atingidas pelas inundações localizadas em Santo André (Prefeito Saladino, Celso Daniel e Utinga), Mauá e, Ribeirão Pires e Rio Grande da Serra e os terminais urbanos de Ferrazópolis e São Bernardo do Campo, Santo André leste e Oeste, como apresentado na Figura 4.

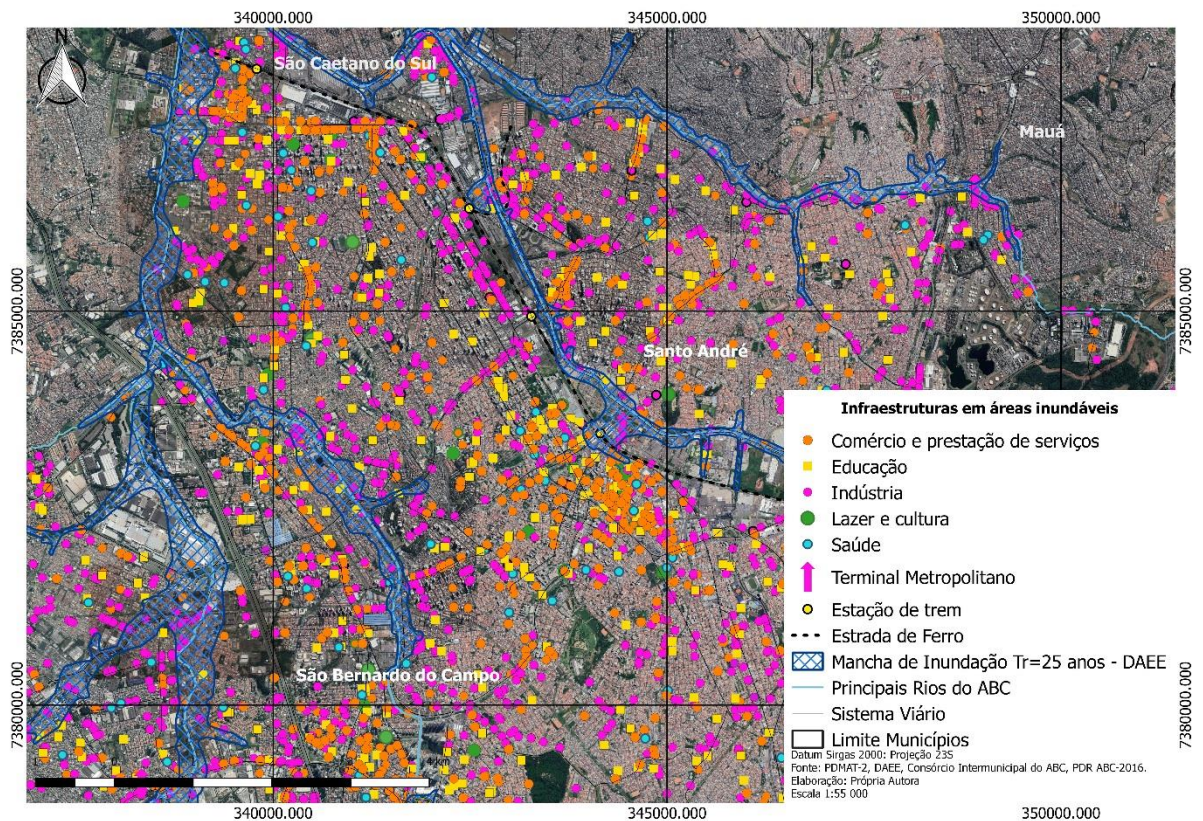


Figura 4 – Infraestruturas em Áreas Inundáveis

As estações de trem e terminais metropolitanos são pontos frequentes de alagamentos e inundações, por estarem localizadas dentro das várzeas de córregos da região, como o Cassaquera, Guarará, Usiminas, Oratório, Utinga e Jurubatuba. Os maiores impactos em termos de usuários atingidos ocorrem na estação Celso Daniel, onde passam diariamente 55 mil usuários, seguidos dos outros 45 mil usuários da estação Mauá. Pelos terminais de ônibus e leste e oeste de Santo André com 39 linhas de ônibus e o terminal de São Bernardo com 13 linhas e Ferrazópolis com 7 linhas de ônibus que conectam se aos outros 6 municípios da região do ABC e São Paulo. A linha de trem turquesa, é um ponto importante de conexão com a região metropolitana de São Paulo, sendo que, em um dia de inundação, a não operação ou operação parcial, impacta na ligação com o corredor ABC e outros eixos de mobilidade da capital Paulista. Estimou-se que mais de 372.289 usuários são afetados em um dia útil com a interrupção dos serviços após um evento de inundação, o que impacta também nos serviços prestados pelo corredor metropolitano ABC que interliga-se a São Mateus (zona leste da cidade de SP) e o terminal Jabaquara (a zona sul de SP). (São Paulo, 2018).

CONCLUSÃO

Com base neste estudo de caso, concluiu-se que os prejuízos por inundações na região do ABC Paulista abrangem notadamente a cidade regularmente instalada, composta por infraestrutura de transportes, sistema viário, edificações residenciais e comerciais de classes média e média-alta e indústrias. Poucas são, dentro da mancha de inundação de TR-25 anos, as áreas de ocupação irregular na região. O geoprocessamento e a cartografia, aliados ao estudo hidrológico e hidráulico das manchas de inundação, são ferramentas metodológicas que podem auxiliar na elaboração de novos estudos para estimar os danos causados por inundações, auxiliando nas construções de diferentes cenários de vulnerabilidade. Recomenda-se que estudos hidrológicos e hidráulicos mais detalhados, considerando as atuais condições do sistema de macrodrenagem da região, sejam conduzidos, como forma de subsidiar análises econômicas para cheias de maiores períodos de retorno, notadamente a cheia de 100 anos. Com base nesses resultados, gestores podem desenvolver novas políticas públicas para prevenir maiores prejuízos em grandes metrópoles, já que a grande maioria não está preparada para lidar com eventos pluviais fora dos padrões.

AGRADECIMENTOS à Universidade Federal do ABC, pela estrutura e orientação; Ao laboratório de Águas Urbanas e Hidráulica Ambiental, pelos dados hidrológicos; ao Consórcio Municipal Grande ABC, pelo suporte e dados; ao Laboratório de Estudos e Projetos Urbanos e Regionais - LEPUR, pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. (2016). *Acordo de Paris*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

CARDOSO, Laila Regina. (2011). *Diagnóstico de Risco Ambiental em áreas de vulnerabilidade da cidade de Marília (SP)*. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, Unesp, Rio Claro, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/110580/000790240.pdf?jsessionid=523CF3D6D9F315A85ADE45F8758B8D10?sequence=1>>. Acesso em: 01 mar. 2019.

CEM. Centro de Estudos da metrópole. (2013). *Lançamentos imobiliários comerciais e residenciais*. Disponível em: <<http://web.fflch.usp.br/centrodametropole/716>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

CONSÓRCIO, Intermunicipal do Grande ABC. (2016). *Estudo regional do plano estratégico da macrodrenagem e microdrenagem na região do grande abc*. Disponível em: <<http://consorcioabc.sp.gov.br/noticia/2687/planos-regionais>>. Acesso em: 02 nov. 2016.

EMBRAESP. Empresa Brasileira de Estudos de Patrimônio (2013). *Tabela de empreendimentos da empresa brasileira de estudos de patrimônio*. Disponível em: <<http://embraesp.geoembraesp.com.br/>>. Acesso em: 06 jul. 2017.

- GONÇALVES, Tatiana Peixoto. (2017) *Análise dos aspectos econômicos da gestão da drenagem urbana no Grande ABC*. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Urbana, CECS, Universidade Federal do ABC - UFABC, Santo André, 2017.
- FRANÇA, Vitor Oliveira; STRAUCH, Julia Celia Mercedes; AJARA, Cesar. (2014) *Método dasimétrico inteligente: uma aplicação na mesorregião metropolitana de Belém*. Revista Brasileira de Cartografia, Rio de Janeiro, v. 66, n. 6, p.1395-1411, 30 ago. 2014. Disponível em: <<http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/issue/view/65>>. Acesso em: 01 nov. 2017
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). *Censo demográfico*. Disponível em: <censo2010.ibge.gov.br>. Acesso em: 01 nov. 2016.
- KLINK, Jeroen Johannes. (2001). *Cidade-Região, a Regionalismo e Reestruturação no Grande ABC Paulista*. Santo André: Dp&a. 156 p.
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., Thielen, A., 2010. Review article “Assessment of economic flood damage”. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 10 (8), 1697–1724.
- PDMAT-2. Segundo Plano Diretor De Aproveitamento de Recursos Hídricos para Macrometrópole Paulista. São Paulo: Secretaria de Saneamento de Recursos Hídricos, 2010.
- Relação Anual de Informações Sociais. **Tabela RAIS: RAIS**. 2010. Disponível em: <<http://www.rais.gov.br/sitio/tabelas.jsf>>. Acesso em: 05 fev. 2016.
- SÃO PAULO. (2014) *A cidade dos rios invisíveis*. São Paulo: Fapesp, 2014. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ifUkXKEGfyQ>>. Acesso em: 24 fev. 2019.
- SÃO PAULO. Governo do Estado. (Comp.). *Terceiro Plano Diretor De Aproveitamento de Recursos Hídricos para Macrometrópole Paulista*. São Paulo: Secretaria de Saneamento de Recursos Hídricos, 2017. 3 v. Disponível em: <<http://www.dae.sp.gov.br>>. Acesso em: 03 jul. 2017.
- SÃO PAULO. Portal do Governo. (2018). *CPTM registra recorde de passageiros transportados. 2018*. Disponível em: <<http://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/companhia-paulista-de-trens-metropolitanos-registra-recorde-de-usuarios/>>. Acesso em: 15 out. 2018.
- TUCCI, Carlos Eduardo Morelli et al. (2012). Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48. In: CARIBE, Comissão Econômica Para A América Latina e O et al (Org.). *Gestão da drenagem urbana*. Brasília: Cepal. p. 1-50. Disponível em: <http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38004/LCBRSR274_pt.pdf;jsessionid=C54E86B542177D2147A78307C4601DA4?sequence=1>. Acesso em: 10 out. 2016.
- UN/ISDR, Estratégia Internacional das Nações Unidas Para A Redução de Desastres (Org.).2013. *Inundações atingem 250 milhões de pessoas por ano no mundo, calcula ONU*. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/inundacoes-atingem-250-milhoes-de-pessoas-por-ano-no-mundo-calcula-onu/>>. Acesso em: 01 abr. 2019.
- ZHOU, Q.; MIKKELSEN, P.s.; HALSNÆS, K. (2011). *Framework for economic pluvial flood risk assessment considering climate change effects and adaptation benefits*. Journal of Hydrology. Denmark, p. 539-549. 12 nov. 2011. Disponível em: <[journal homepage: www.elsevier.com/locate/jhydrol](http://journal.homepage.elsevier.com/locate/jhydrol)>. Acesso em: 25 nov. 2011.