

Mapeamento das áreas de suscetibilidade à inundação em um trecho do rio Capivari no município de Silva Jardim - RJ, com a utilização de sistemas de informações geográficas

Gabriela Branquinho Antônio ¹
Bruno Rodrigues de Oliveira ²

¹ Universidade Federal de Alagoas - UFAL
Avenida Lourival de Melo Mota, s/n – Tabuleiro dos Martins, Maceió – AL, Brasil, CEP
57072-900
gabrielabranquinho56@gmail.com

² Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro UFRRJ
Rodovia Br 465 - Km 7 s/n -Seropédica– RJ, Brasil, CEP 23890-000
brunorodriguesoli@gmail.com

Abstract: The urban floods are one of the most important impacts on the society and are mainly caused by inadequate urban occupation. This paper aims to identify flood susceptible areas in a stretch of the Capivari river in Silva Jardim City. The methodological procedures were organized in three steps, the first step consists in the bibliographic research, on the second step the thematic maps of the study area were prepared and spatial analysis of the flooding occurrence was realized using the maps produced and the information obtained in the field. The mapping and evaluation of flood susceptibility in the study area revealed that much of the area has a very high risk of flooding due to lower elevations and slopes, less than 8%.

Palavras-chave: GIS, Flood hazard mapping, Capivari river, SIG, Mapeamento de risco de inundação, Rio Capivari.

1. Introdução

As inundações urbanas constituem-se num dos mais importantes impactos sobre a sociedade e são causados, principalmente, pela ocupação inadequada do espaço urbano. A ocupação de áreas ribeirinhas sem planejamento causa modificações nos ecossistemas locais e ameaça segurança da população.

As enchentes em áreas urbanas são consequência de dois processos que ocorrem de maneira isolada ou de forma integrada: enchentes em áreas ribeirinhas ou devido à urbanização (TUCCI, s.d.). É importante ressaltar que as áreas próximas aos cursos d'água são submetidas a processos de inundação. Porém quando ocupadas de forma irregular reduzem a área em que a água pode infiltrar e acabam acelerando e aumentando o escoamento superficial, o que favorece o transbordamento das águas dos rios (Tucci, 2009).

Este trabalho visa identificar as áreas suscetíveis à ocorrência de inundações no trecho do rio Capivari, que corta a sede município de Silva Jardim, devido à recente expansão da ocupação da margem direita e por ser frequentemente afetado por alagamentos e inundações. Foi definido como área de estudo uma distância de 400 metros em cada margem a partir do eixo do rio Capivari (Figura 1) por ser a distância média alcançada pelas inundações na área de estudo. Nos dois últimos planos de contingência de proteção e Defesa Civil (PLANCON) foram identificados 28 locais de risco em 2014 e 23 locais em 2015 sendo que seis destes locais estão localizados em bairros (Centro, Caju, Nova Silva Jardim, Reginópolis, Romanópolis e Fazenda Brasil) que estão no limite ou dentro da área de estudo.

Diversas medidas de prevenção e proteção contra enchentes urbanas são adotadas, mas em geral são de caráter corretivo. As medidas estruturais demoram para serem implementadas

e tem um custo elevado enquanto as medidas não estruturais são medidas preventivas como sistema de alerta ligada à Defesa Civil.

Atualmente, outros métodos de prevenção como as técnicas compensatórias, que visam compensar os efeitos da urbanização no ciclo hidrológico vem sendo incorporados em manuais de drenagem urbana e águas pluviais, como: Águas pluviais : técnicas compensatórias para o controle de cheias urbanas de Belo Horizonte (ReCESA, 2007); Manual de Drenagem Urbana de São Paulo (SMDU, 2012); Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana (Baptista, Nascimento, Barraud, 2011); Desing Manual de Boas Práticas de Gestão de Desenvolvimento de Baixo Impacto (*Desing Handbook for Low Impact Development Best Management Practices*) (2011); Stormwater (Urbonas & Stahre, 1990).

As áreas de planície de inundação, são consideradas de risco, nestas situações são normalmente são adotadas soluções de caráter preventivo tais como zoneamento de áreas de inundação (Robaina & Saueressig, 2015).

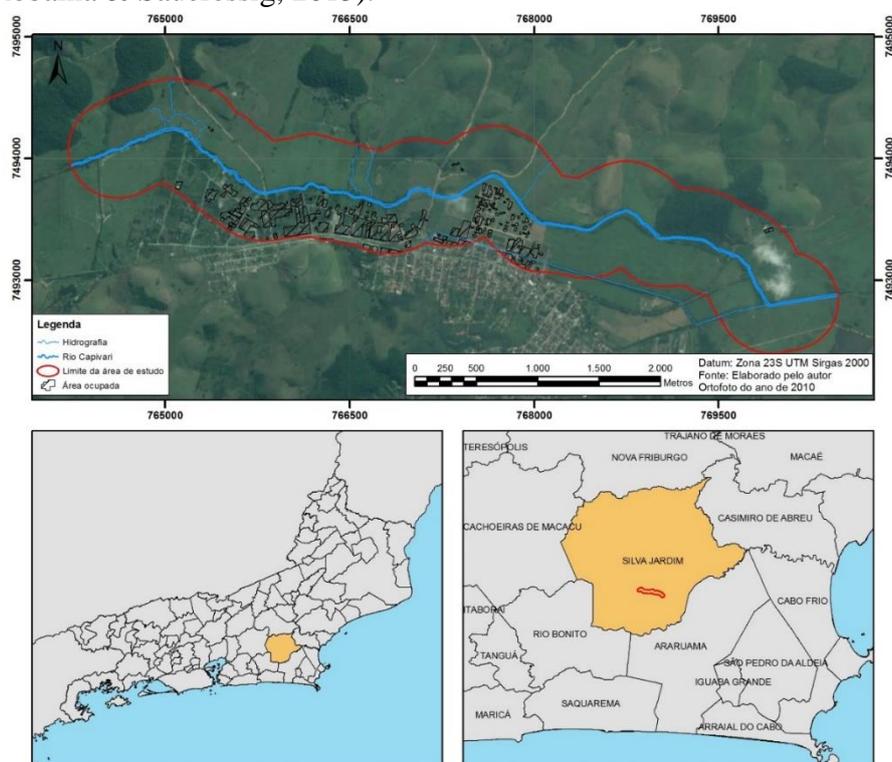


Figura 1: Mapa de localização da área de estudo (Fonte: Elaborado pelo autor).

Para elaboração de um zoneamento de risco é necessário analisar a suscetibilidade de ocorrência de um evento e a vulnerabilidade de perdas materiais e de vidas. Este trabalho analisará somente a suscetibilidade utilizando como base mapas de hipsometria, de declividade, geológico-geotécnico e de uso e ocupação do solo.

Tendo como objetivo elaborar o mapa de suscetibilidade a inundação a partir de dados disponíveis ao público e utilizando softwares livres de código aberto como Spring, Terraview, JUMP, OpenEV, Udig, Ossim (Imagelinker), Thuban, SAGA, Grass e Qgis, retende-se recomendar a utilização desta ferramenta para otimizar a tomada de decisão dos gestores públicos e complementar os estudos já realizados pela prefeitura de Silva Jardim e a Defesa Civil.

2. Metodologia de Trabalho

Os procedimentos metodológicos foram organizados em três etapas. A primeira etapa consiste no levantamento bibliográfico realizado junto a periódicos, trabalhos técnicos e documentos oficiais.

Foram definidos, onde se definiram os conceitos e classificações a serem empregadas e os fundamentos metodológicos para a realização do mapa de suscetibilidade e organização de dados compilados.

Os conceitos de suscetibilidade e inundação adotados neste trabalho são os definidos no manual de mapeamento de riscos em encostas e margens de rios (BRASIL, 2007). A suscetibilidade indica a potencialidade de ocorrência de processos naturais e induzidos em uma dada área, expressando segundo classes de probabilidade de ocorrência enquanto inundação é o processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior do rio) quando a enchente atinge cota acima do nível máximo da calha principal do rio.

As informações compiladas para a elaboração do mapa de suscetibilidade a inundação e seus formatos de aquisição, escalas e respectivas fontes estão resumidas na Tabela 1. Para organização dos dados compilados e obtidos no mapeamento foram utilizados os programas *Quantuns Gis*, e o *GPS Track Maker*.

Tabela 1: Resumo dos dados compilados e suas respectivas referências.

Dados	Formato	Escala	Fonte
Modelo digital de elevação (MDE)	Vetorial	1:25.000	IBGE (2010)
Carta geológica	Raster	1:50.000	DRM (1974)
Carta topográfica FOLHA SF-23-Z-B-VI-1	Raster	1:50.000	IBGE (1974)
Mapa de uso e ocupação do solo do ano de 2010	Vetorial	1:25.000	Elaborado pelo autor a partir da base de dados da ESRI e imagens Bing.
Mapa geológico-geotécnico preliminar	Vetorial	1:25.000	Elaborado pelo autor
Pontos afetados anteriormente por inundações e alagamentos	Digital	Pontual	PLACON (2014, 2015)

Na segunda etapa foram realizados os mapeamentos da área de estudo e as análises espaciais da ocorrência do fenômeno de inundação. Nos mapeamentos foram coletadas informações geológico-geotécnicas (caracterização tátil-visual do solo superficial e afloramentos, delimitação da extensão dos depósitos aluvionares, etc) e dados para a atualização do mapeamento do uso e ocupação do solo elaborado a partir das ortofotos.

Em seguida, foi realizada a reclassificação das variáveis ambientais que compõem cada mapa com base nos pesos definidos que foram posteriormente analisados utilizando a metodologia do Processo Analítico Hierárquico (AHP) proposta por Saaty (1990).

A partir dos dados apresentados na Tabela 1 foram elaborados quatro tipos de mapas: de hipsometria, de declividade, de uso e ocupação do solo e geológico-geotécnico da área de estudo. Mediante estas informações foi feita a reclassificação das variáveis ambientais que compõem cada mapa com base nos pesos definidos na Tabela 2. Quanto à ordem de importância das variáveis, obteve-se em primeiro lugar a declividade (55%), seguido por altitude (25%), uso e ocupação do solo (10%) e geologia-geotecnia (10%).

Tabela 2: Pesos para elaboração do mapa de suscetibilidade.

Altimetria (m)		Declividade		Uso e ocupação do solo		Geologia-geotecnia	
Peso da classe (0,25)		Peso da classe (0,55)		Peso da classe (0,10)		Peso da classe (0,10)	
Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso	Valor	Peso
10-20	7	0-3	9	Corpo d'água	10	Solo aluvionar	8
20-30	5	3-8	7	Cultivo	8	Solo residual	3
30-50	3	8-20	3	Edificação	7	-	-
50-75	1	20-45	1	Mata ciliar	6	-	-
75-90	1	45-75	1	Pasto	8	-	-
90-105	1	75-90	1	Rua não pavimentada	5	-	-
-	-	-	-	Rua pavimentada	9	-	-
-	-	-	-	Sem cobertura vegetal	8	-	-
-	-	-	-	Vegetação	6	-	-

Foi realizado o cruzamento dos mapas no sistema de informações geográficas (SIG) utilizando álgebra de mapas. O produto final foi complementado com os dados obtidos no mapeamento de campo. Por fim, a terceira etapa é representada pelo zoneamento das áreas suscetíveis a inundação utilizando os mapas elaborados e as informações obtidas em campo. De posse dos mapas, utilizou-se o *plugin* RasterCalc do programa Quantun Gis para processar algebricamente os valores dos pixels tomando como base a equação 01, em que x_1 , x_2 , x_3 e x_4 serão os pesos estatísticos obtidos previamente gerando um novo arquivo raster. As novas células contêm valores que variam de 0 a 10, onde os valores mais próximos de 0 são referentes às áreas com menor susceptibilidade a inundações e os valores mais próximos de 10, com maior susceptibilidade a inundações.

$$SI = x_1 \text{Uso e ocupação} + x_2 \text{Declividade} + x_3 \text{Hipsometria} + x_4 \text{Geologia - geotecnia} \quad (1)$$

onde: *SI* é a Susceptibilidade à inundações

3. Resultados e Discussão

A área de estudo apresenta uma pequena amplitude altimétrica, de cerca de 95 metros (Figura 2), e a sua maior parte apresenta declividades inferiores a 8% (Figura 3). A maior parte da área é caracterizada por um relevo plano, locais com cotas e declividades mais baixas onde a ocupação urbana está concentrada. Os tipos de relevo ondulados a forte ondulado são identificados ao norte da área.

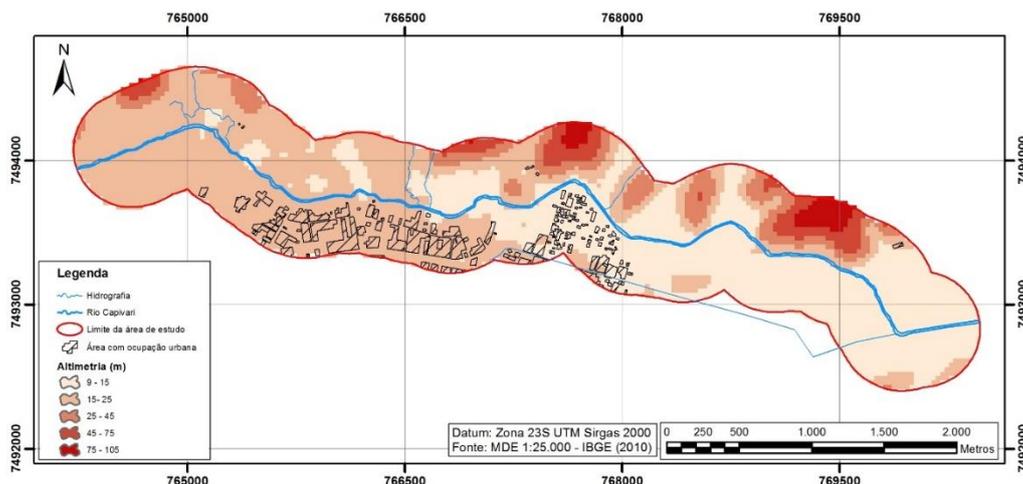


Figura 2: Mapa hipsométrico da área de estudo (Fonte: Elaborado pelo autor).

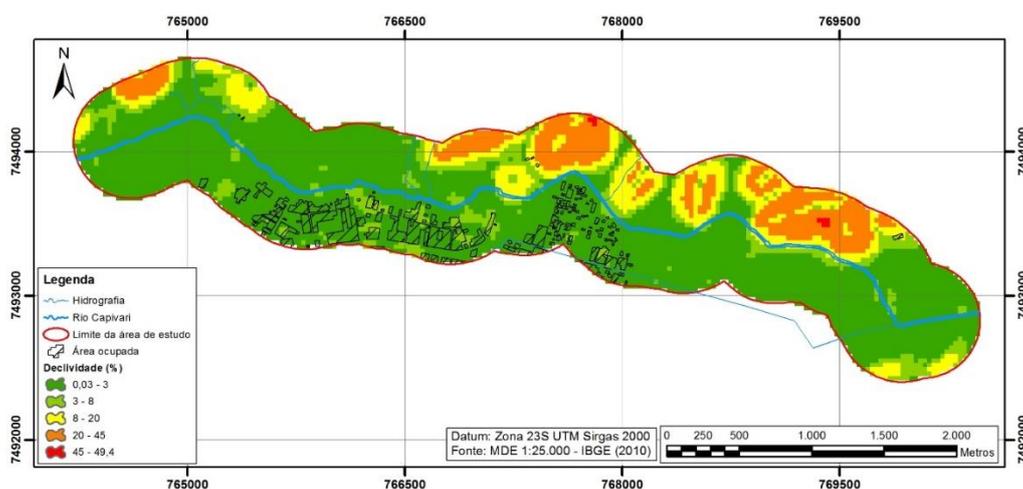


Figura 3: Mapa de declividade da área de estudo (Fonte: Elaborado pelo autor).

Geologicamente, a unidade Região dos Lagos (pCIrl) ocorre em 38% da área de estudo sendo composta por gnaisses de coloração cinza clara amarelada, granulação fina a média e inclui domínios porfiroblásticos de granulação média a grosseira, orto-anfibolitos e quartzitos. Rochas com ou sem orientação, por vezes migmatizadas, representadas por gnaisses graníticos, granodioríticos e quartzodioríticos ou tonalíticos (DRM, 1974). Está estrita a locais com cotas mais elevadas (entre 25 e 105 metros) e declividades maiores que 8%. Essa unidade só é identificada próxima ao rio Capivari devido à erosão das planícies aluvionares e apresentam espessuras de solos residuais expressivos.

Os Sedimentos aluvionares (Qa), presentes em 62% da área de estudo são compostos por areias e argilas de planícies de inundação, depósitos de várzea, depósitos paludiais (turfa), fluviais, e às vezes feldspáticos, com ou sem matéria orgânica (DRM, 1974). Estes ocorrem nas áreas com baixa amplitude altimétrica (9 e 25 metros) e baixa declividade (menor que 8%). A distribuição espacial das unidades geológicas pode ser vista na Figura 4.

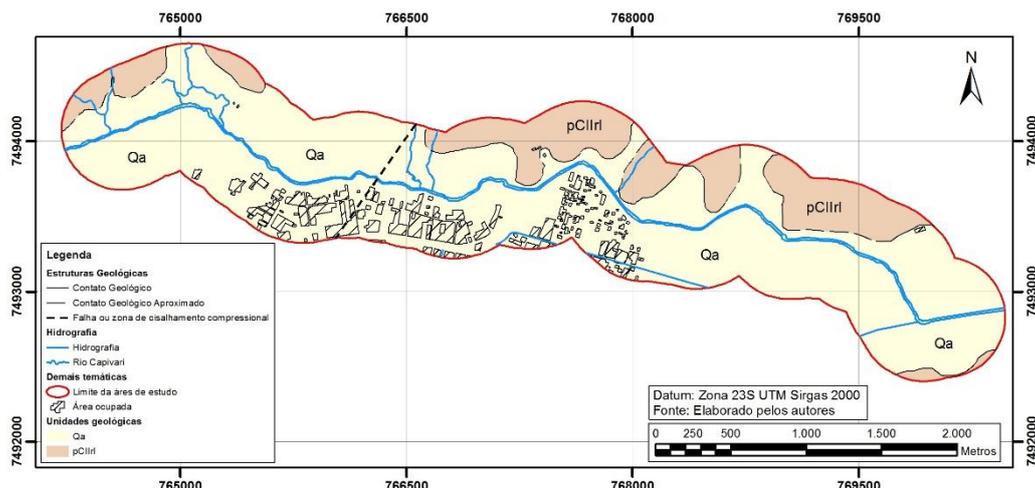


Figura 4: Mapa geológico-geotécnico preliminar da área de estudo. (Fonte: Modificado de DRM,1974)

A área de estudo apresenta uma pequena amplitude, cerca de 95 metros, e a sua maior parte apresenta declividades inferiores a 8%. São identificadas três unidades geomorfológicas: Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos que apresentam cotas altimétricas entre 30 a 80 metros e declividades variando de 5 a 20°; As Superfícies Aplainadas Conservadas com baixa amplitudes altimétricas (em torno de dez metros) e declividades variando de 0 a 5°; Os Domínios de Colinas Amplas e Suaves com altitudes variando de 20 a 50 metros e declividades entre 3 a 10°.

A porosidade da bacia é baixa na sua maior porção, fazendo com que a taxa de infiltração seja reduzida, propiciando um aumento na taxa de escoamento superficial.

As seguintes unidades pedológicas foram identificadas e caracterizadas pela Embrapa (2001). Nas área de baixada ocorre, de ocorrência mais expressiva que as demais unidades, a GXbd1 composta por um gleissolo-háplico ou melânico ambos textura média e média/argilosa.

Nas áreas de relevo ondulado a forte ondulado ocorrem as unidades Lad2 composta por latossolo amarelo e vermelho-amarelo ambos textura argilosa e a unidade Lad3 composta por latossolo amarelo e vermelho-amarelo, ambos textura argilosa, não pedregosa, não rochosa e oriundos de alteração de ortognaisses da Unidade Região dos Lagos. Também foi identificada a unidade Pad2 composta por argissolos amarelo e vermelho-amarelo, ambos textura média

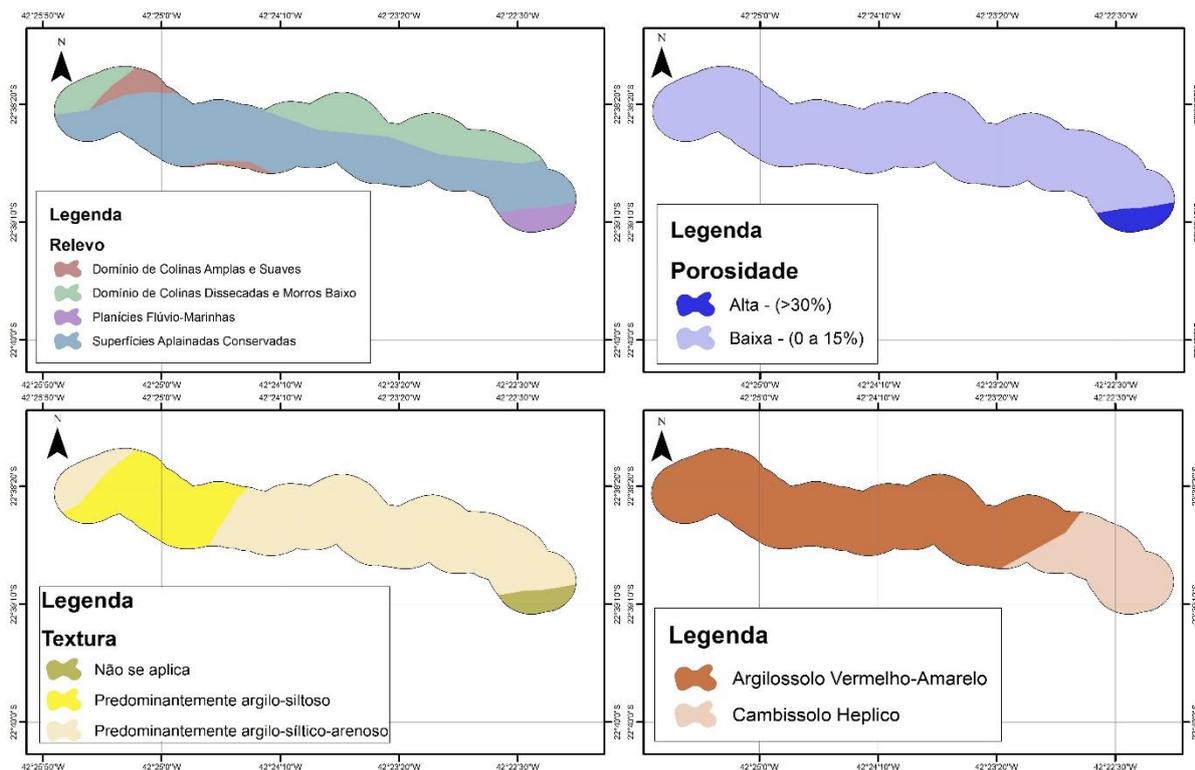


Figura 5: Mapas com características físicas (Fonte: Modificado de CPRM, 2012).

O mapeamento do uso e ocupação do solo (Figura 6) demonstrou que cerca de 90% da área de estudo apresenta uma ocupação do tipo rural. Entretanto, a expansão urbana está ocorrendo na margem direita do rio Capivari, principalmente, nos bairros Nova Silva Jardim e Fazenda Brasil como foi observado na comparação entre o mapeamento de uso e ocupação do solo elaborado e a imagens mais atuais disponibilizadas pelo *Google Earth Pro*, *Bing* e levantamentos em campo.

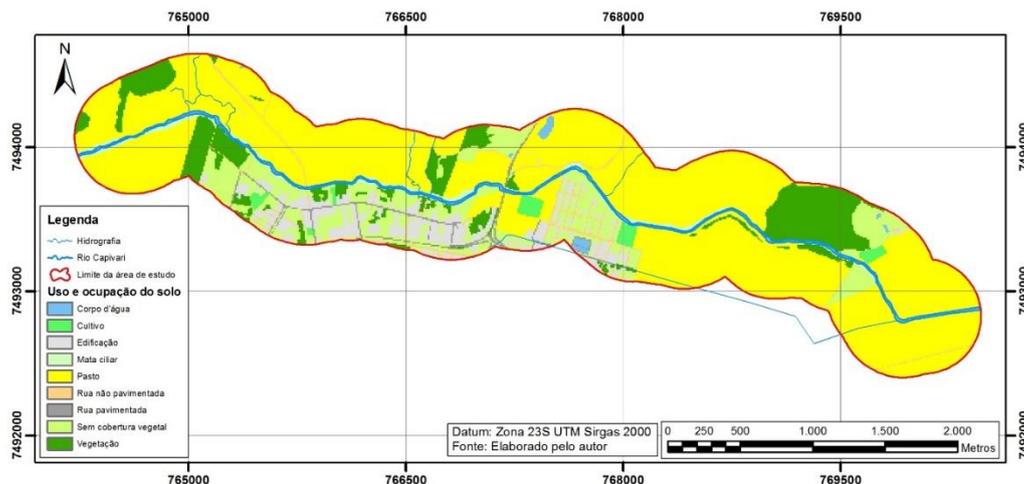


Figura 6: Mapa de uso e ocupação do solo (Fonte: Elaborado pelo autor).

A partir dos trabalhos realizados foi possível determinar os locais com registros de eventos associados a inundações e permitiram o zoneamento das áreas suscetíveis à inundação no trecho da área urbana Silva Jardim, como mostra a Figura 7. Observa-se que a maior parte da área de estudo apresenta uma suscetibilidade muito alta à inundação e isso se dá pelo fato de ela ser uma área com baixa declividade e pouca vegetação.

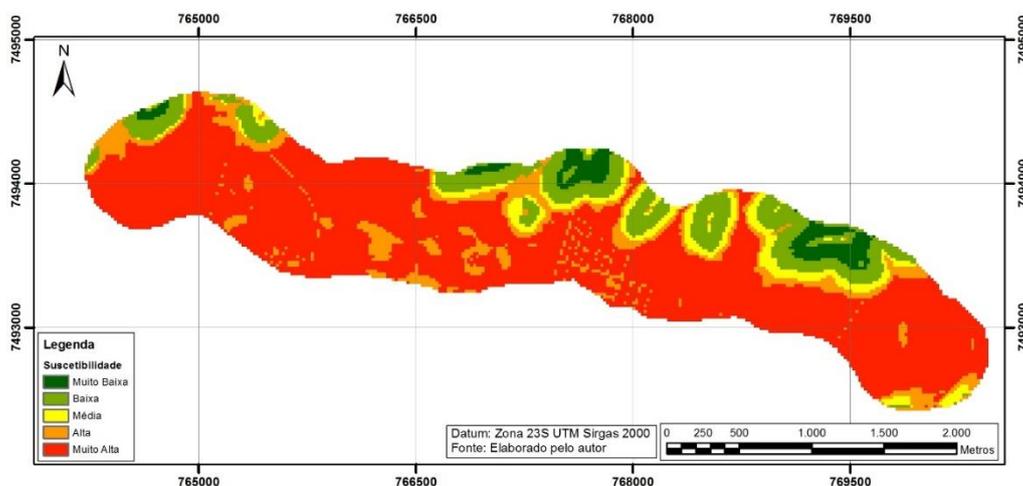


Figura 7: Mapa de suscetibilidade a inundação (Fonte: Elaborado pelo autor).

Essas áreas próximas ao rio Capivari são frequentemente afetadas por alagamentos, mesmo com as intervenções realizadas, descritas no PLACON (2014, 2015). As manchas de inundação e alagamento aproximadas, elaboradas a partir de informações obtidas de moradores locais, vídeos feitos pela população e sobrevôo de um drone estão representadas na Figura 8. Observa-se que as áreas afetadas estão inseridas nas classes de suscetibilidade alta e muito alta.

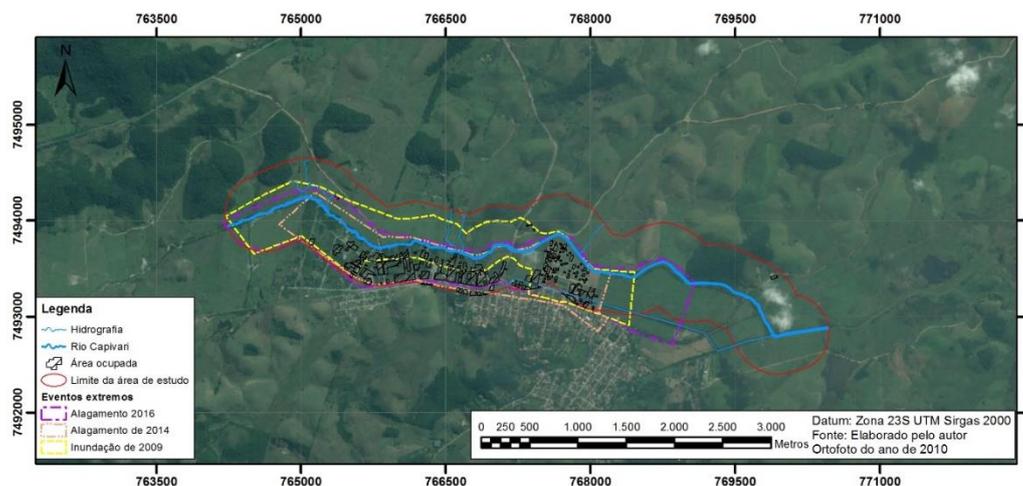


Figura 8: Limites aproximados dos eventos de inundação nos últimos anos (Fonte: Elaborado pelos autores)

As áreas de entorno de rios, as faixas marginais de proteção, apesar da legislação vigente (Lei Estadual nº 1.130/87) ainda são ocupadas mesmo que com densidades diferentes, de qualquer forma coloca a vida da população risco, como nas inundações passadas conforme indica a figura 7. Essa ocupação das margens de rios é comum não só no RJ mas também em diversos estados, como em Alagoas, onde parte das margens do rio Reginaldo é ocupada.

4. Conclusões

As inundações urbanas têm se configurado como uma das grandes preocupações para a população mundial. O mapeamento e avaliação da suscetibilidade de inundação na área em estudo revelou que grande parte da área apresenta um risco muito alto de inundação devido às baixas cotas e declividades.

Através dos resultados obtidos a partir da análise das formas de relevo da área foi possível observar que a expressividade da faixa de cota abaixo dos 25m, mais do que 70% da área total estudada e a sua associação às áreas de relevo plano (declividades inferiores a 8%) acarreta um cenário favorável a ocorrência de inundações e alagamentos em diferentes regimes de cheias do rio Capivari. Além das características físicas, como a porosidade do solo que é baixa, a forma de relevo tipo colinas que que drena a água da chuva pra uma superfície plana.

A população localizada nessas áreas enfrenta os maiores impactos principalmente, em função da localização às margens do rio onde as várias inundações ocorridas na área nos últimos anos têm acarretado em situações de perdas materiais e transmissão de doenças.

Visando mitigar esses problemas e elaborar estratégias de planejamento de cunho preventivo é importante que se tenha material cartográfico atualizado objetivando maior precisam nos produtos gerados e estudos hidrológicos, todavia ressalta-se que é igualmente importante que a capacitação e atualização de profissionais na área de geoprocessamento e que tenha uma visão integrada da problemática, considerando o fator físico-ambiental e social importantes na resolução dos problemas. Uma das formas de trabalhar a problemática é a abordagem dada nesse trabalho utilizando software de geoprocessamento de código livre que permitem a manipulação de dados sem custo adicional como pro exemplos licenças de programas.

A informação gerada do no trabalho a partir de informações disponíveis ao público e conseqüentemente não sendo atual (2016), ainda sim é uma forma de auxiliar a gestão de pequenos municípios que de forma geral tendem a carecer de diversas informações.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Ministério das Cidades / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Ministério das Cidades. **Mapeamento de áreas de risco em encostas e margem de rios**. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007. 176p.

DRM – Departamento de Recurso Minerais. **Projeto carta geológica do estado do Rio de Janeiro. Folha Silva Jardim**. SF-23-Z-B-VI-1. Escala 1:50.000. 1974.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; Modelo Digital de Elevação 1:25.000 do Projeto RJ-25.2010.

PLACON - **Plano de contingência de proteção e Defesa Civil**. Silva Jardim – RJ. 2014. 46p.

PLACON - **Plano de contingência de proteção e Defesa Civil**. Silva Jardim – RJ. 2015. 76p

PRINA, B.Z. TRENTIN. R. **Metodologia para mapeamento de áreas suscetíveis à inundação: estudo de caso para o município de Jaguari/RS**. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia -V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento - XXV Expositicarta. Gramado – RS – Brasil – 03 a 07 de agosto de 2014.

SCCOTI, A.A.V., MENEZES, D.J. **Mapeamento da suscetibilidade e perigo de inundação em Rosário do Sul-RS**. XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia -V Congresso Brasileiro de Geoprocessamento - XXV Expositicarta. Gramado – RS – Brasil – 03 a 07 de agosto de 2014.

SAATY, T. L. **How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process**. European Journal of Operational Research. North-holland, p. 9-26. Setembro 1990.

TUCCI, C.E.M. **Inundações urbanas**. Disponível em: http://4ccr.pgr.mpf.mp.br/institucional/grupos-de-trabalho/encerrados/residuos/documentos-diversos/outros_documentos_tecnicos/curso-gestao-do-territorio-e-manejo-integrado-das-aguas-urbanas/drenagem1.PDF. Acesso em: Abril de 2016. S.d.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Editora da UFRGS/ABRH: Porto Alegre/RS, 2009. 943 p.

Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano - SMDU. **Manual de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais: Aspectos Tecnológicos - Fundamentos**. Técnico, São Paulo, 2012.

Riverside Country Flood Control and Water Conservation District. **Desing Handbook for Low Impact Development Best Management Practices**. Riverside, CA.2011.

Urbonas, B., & Stahre., P. .Overview. Em B. Urbonas, & P. Stahre., **Stormwater: Beste Management Practices and Detention for water quality, drainage, and CSO Management**. New Jersey.1990.

Márcio Baptista, Nilo Nascimento, Sylvie Barraud. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. ed - 2. 2011.

Instituto Estadual do Ambiente - Inea. Disponível em: http://www.inea.rj.gov.br/cs/groups/public/documents/document/zwff/mde0/~edisp/inea_014685.pdf. Acesso em: 17 de jun. 2016.