

Caracterização socioeconômica dos setores censitários urbanos na planície de inundação potencial, Sorocaba, São Paulo.

Marcos Roberto Martines¹
Rogério Hartung Toppa¹
Ricardo Vicente Ferreira²
Fabio de Oliveira Sanches²
Fernando Shinji Kawakubo³
Josenilson Bernardo da Silva²
Edineuza Oliveira Silva¹

¹ Universidade Federal de São Carlos- UFSCar/NEEPC
18052-780- Sorocaba/SP, Brasil
mmartines@ufscar.br
rhtoppa@gmail.com

² Universidade Federal do Triângulo Mineiro- UFTM
38025-180 - Uberaba/MG, Brasil
fsanches.73@gmail.com
rcrdvf@gmail.com
josenilson@geografia.uftm.edu.br

³ Universidade de São Paulo - USP
05508-000 - São Paulo, SP - Brasil
fsk@usp.com

Abstract. Because of urban growth, the occupation of areas unfit for housing takes place, which ends up entailing natural risks comprised by dynamics between the physical and social elements. In this context, the process of intense urbanization in the city of Sorocaba contributed to the occupation of alluvial plain areas, as consequences we have the problem of environmental degradation and decharacterization. The present work characterizes the urban dynamics on the potential flood plain, for this the following criteria were taken: Indicator of socio economic vulnerability, based on the variables of persons, income and households by IBGE census tracts; Identification of potential floodplain by DEM. By overlay, we identified the sectors that occupy the potential floodplain. Using the Natural Breaks method 9 classes of vulnerability intensity were defined. It was expected that only the most vulnerable sectors would occur in this area, but all classes were identified. To explain this result, two samples were interpreted through satellite image. It was found that there is a significant differentiation between the uses within these sectors, the most vulnerable being occupied by housing, characterizing great risks to the population and the less And less vulnerable, occupied by industries, roads, parks, etc. Thus the methods and results of this research contribute to the understanding of the urban dynamics of the municipality of Sorocaba, In special, the differentiations of appropriations of urban space within the area of the potential floodplain

Palavras-chave: urban planning, socioeconomic modeling, spatial analysis

1. Introdução

A ocupação da planície aluvial por atividades humanas vem ocorrendo desde o início do surgimento das cidades, sendo esse processo parte da própria história da civilização humana. Essa ocupação acontecia de forma a respeitar as condições físicas dos sítios ocupados mas, a partir da Revolução Industrial, iniciou-se uma mudança na estrutura das cidades. Essas passaram a ser concebidas como lugar da produção e sofrem grandes transformações estruturais, entre elas, o aumento de suas populações e conseqüentemente a ocupação de maiores porções de terras (Quinto Junior, 2010).

Neste contexto, a consolidação da cidade de Sorocaba como um dos polos de atração econômica e populacional no estado de São Paulo ocorre em dois momentos. O primeiro

compreende o final do século XIX até meados do século XX, e acompanha o processo de concentração econômica no território paulista com as atividades no interior sendo complementares à da capital do estado. Nesta fase ocorre a mudança na base de acumulação de capital: de comercial para industrial. O segundo período é marcado pelas particularidades do contexto da desconcentração produtiva paulista entre as décadas de 1970-1990, que também atingem o município de Sorocaba (Frey, 2010).

Em decorrência do crescimento urbano, ocorre a ocupação de áreas impróprias para habitação, o que acaba por acarretar riscos naturais compreendidos por dinâmicas entre os elementos físicos e sociais (Oliveira e Robaina, 2009). Assim, o processo de intensa urbanização na cidade de Sorocaba contribuiu para a ocupação das áreas da planície aluvial, tendo com consequências, o aumento do problema da degradação e descaracterização do meio ambiente.

Neste contexto, essa pesquisa busca caracterizar a ocupação urbana nas áreas de inundação potencial da cidade de Sorocaba, São Paulo, na perspectiva socioeconômica, tomando como unidade espacial de análise os setores censitários do IBGE. Para isso, foi elaborado um modelo de potencial de inundação e um indicador de vulnerabilidade socioeconômica para identificar e analisar os setores censitários que ocupam essa área específica.

2. Metodologia de Trabalho

A caracterização socioeconômica da população na planície de inundação potencial urbana foi elaborada em dois modelos: a planície de inundação potencial e um indicador de vulnerabilidade socioeconômica.

2.1 Modelo de Planície de Inundação Potencial

Para a construção do modelo de planície de inundação potencial foi utilizando os dados do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), resolução de 30 metros. A partir dos dados do SRTM foram gerados dois produtos: o Mapa Altimétrico (Figura 1A) e o mapa de declividade (Figura 1B). Os intervalos da carta de declividade foram baseados na proposta do De Biase (1970), que classifica o relevo com base na capacidade de instalar diferentes tipos de usos na superfície do terreno.

Para elaborar um mapa síntese que representa a área de inundação potencial, procedeu-se uma normalização dos mapas temáticos. Esse processo consistiu-se em atribuir valores as distintas classes temáticas para produzir modelos numéricos que possam subsidiar à aplicação de uma operação de álgebra de mapas, de acordo com o conceito de Tomlin, (1990). A normalização foi feita atribuindo à menor classe altimétrica à menor declividade o valor “1”, acrescentando o intervalo “1” às classes subsequentes. Aos mapas normalizados aplicou-se a seguinte expressão (Equação 1).

$$m_i = \sum(ma + mc) \quad (1)$$

Onde:

m_i = modelo algébrico resultante;

ma = modelo de altimetria normalizado;

mc = modelo de declividades normalizado.

As planícies de inundação foram associadas ao valor 2 no mapa modelo algébrico resultante, pois esse valor representa a menor declividade e a menor altitude do ambiente, definindo assim, a área de planície potencial para inundação (Figura 1C).

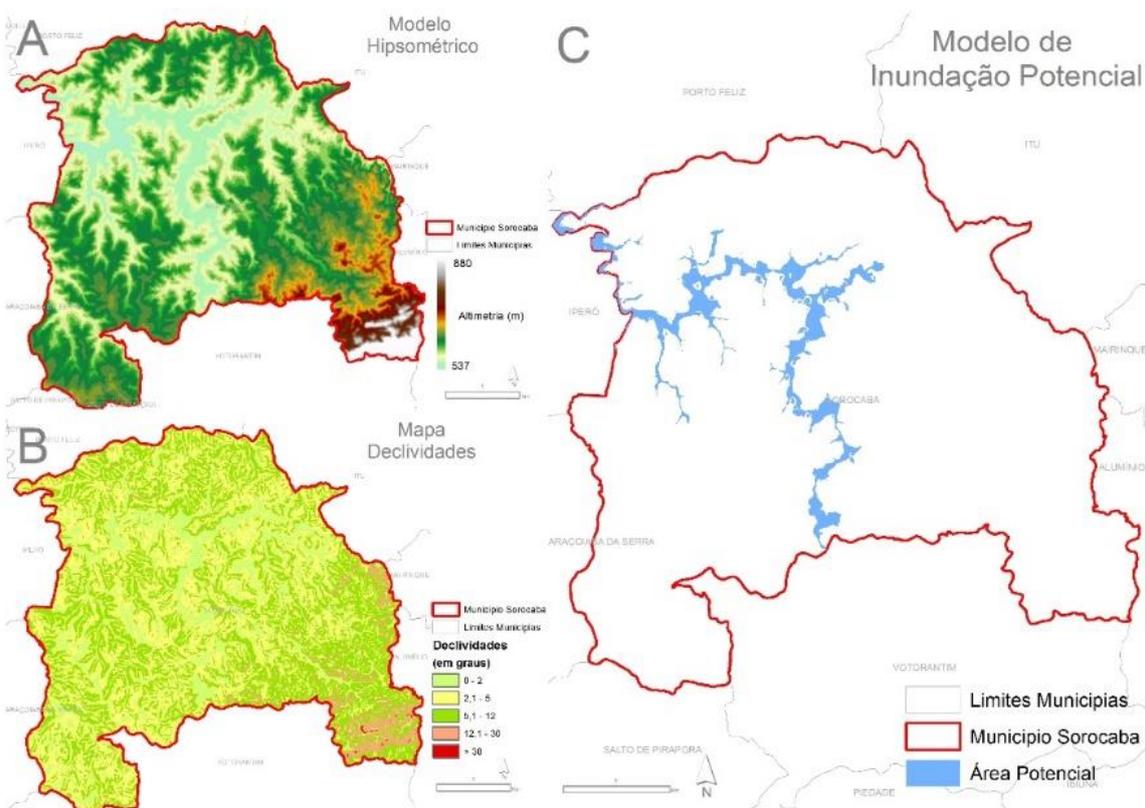


Figura 1. Modelo de obtenção da área de planície potencial para inundação. (A – modelo hipsométrico; B – modelo de declividades; C – planície de inundação potencial.

2.2. Modelo de obtenção do Mapa de Vulnerabilidade Socioeconômico

Para a elaboração do modelo de vulnerabilidade socioeconômica foram utilizados os dados da Base de Informações do Censo Demográfico 2010, agregados em unidades territoriais em nível de setor censitário, compondo um universo de 679 setores. Foram selecionadas as seguintes variáveis: pessoas responsáveis alfabetizadas por domicílio; domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários mínimos; e moradores em domicílios particulares permanentes com 1 banheiro de uso exclusivo. Para cada uma das variáveis selecionadas procedeu-se inicialmente o cálculo de um coeficiente em função dos totais absolutos das variáveis consideradas por setor censitário. Esse cálculo gerou um valor, por setor, que expressa a proporcionalidade de cada variável função do universo dos dados. Para a elaboração do indicador de vulnerabilidade socioeconômica, realizou-se uma normalização dos coeficientes calculados para o intervalo de 0 a 1. Esse procedimento permitiu a comparação de variáveis de natureza distinta. Para a obtenção do modelo de vulnerabilidade socioeconômica foi aplicado uma soma linear e seu resultado normalizados para o intervalo de 0 a 1, indicando que os valores próximos a 1 são as áreas de maior vulnerabilidade socioeconômica. A expressão utilizada consistiu (Equação 2):

$$v_{se} = \sum(va + ve + vd) \quad (2)$$

Onde:

v_{se} = indicador socioeconômico do setor censitário (Figura 2D);

va = valor normalizado do coeficiente de pessoas responsáveis alfabetizados por domicílio (Figura 2A);

ve = valor normalizado do coeficiente de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de mais de 1 a 2 salários mínimos (Figura 2B);
vd = valor normalizado do coeficiente de domicílios particulares permanentes com 1 banheiro de uso exclusivo dos moradores (Figura 2C).

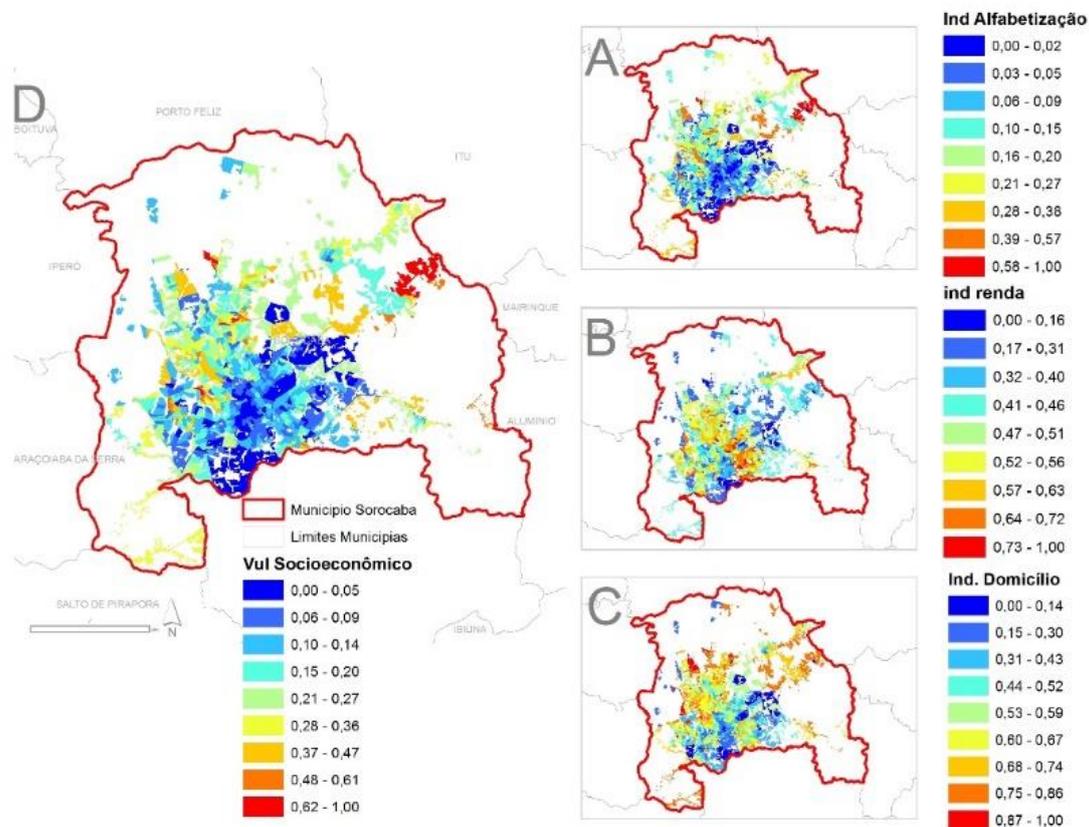


Figura 2. Modelo de obtenção da Área de Planície Potencial para Inundação (A – Indicador de Alfabetização; B – Indicador de Renda; C – Indicador de Domicílios; D – Indicador Socioeconômico)

A fim de possibilitar uma interpretação dos dados de forma agregada, foi utilizado o método estatístico Natural Breaks, que é um método de classificação que particiona os dados em classes baseadas em grupos naturais, considerando para isso as rupturas naturais do histograma de distribuição. Assim, os valores mínimos que separam as faixa de distribuição definem os cortes das classes de agrupamento (Jenks, 1963). A aplicação desse método gerou nove classes que foram qualificadas em função dos seus valores sendo: valores próximos a 0 os melhores indicativos e próximo a 1 os piores indicativos. A partir dos modelos de cada variável temática, foi realizado o processo de dasimetria dos setores censitário com base na mancha urbana de Sorocaba de 2010, (Martines e Toppa, 2015) para todos os modelos gerados (Figura 2). O mapeamento dasimétrico é um método de desagregação e pode ser definido como uma interpolação areal que utiliza dados auxiliares (adicionais e relacionados) para auxiliar no processo de interpolação areal (Wright, 1936).

2.3 Identificação dos setores censitários na planície de inundação potencial

Com o objetivo de identificar os setores censitários mais vulneráveis, que estão localizados dentro da planície de inundação potencial, procedeu-se a aplicação da análise overlay. Cabe destacar que dentro da macha urbana estão estabelecidos diferentes tipos de usos: industrial, residencial, parques, avenidas, etc. Nesse sentido, buscou-se compreender a variação dos

índices de vulnerabilidade socioeconômica na planície de inundação potencial na perspectiva de diferenciar os tipos de usos e como eles se comportavam em relação ao indicador. Para isso, realizou um overlay do indicador socioeconômico de vulnerabilidade com imagens disponíveis no *Google Maps* a fim de melhor compreender as características urbanas da cidade nestas áreas (Figura 5). Além disso, foi dado um tratamento estatístico utilizando o gráfico matricial, que é um conjunto de gráficos de dispersão individuais que expressa a relação entre vários pares de variáveis ao mesmo tempo e mostra a influência de cada variável sobre o indicador de vulnerabilidade socioeconômica.

3. Resultados e Discussão

Dos 679 setores analisados (Figura 3A) foram selecionados 103 (Figura 3C) que encontram-se na área de potencial inundação (Figura 3B). Os setores censitários foram classificados em diferentes graus de vulnerabilidade de 1 a 9 baseada na classificação *Natural Breaks* e foi calculada a frequência dos setores no indicador (Tabela 1).

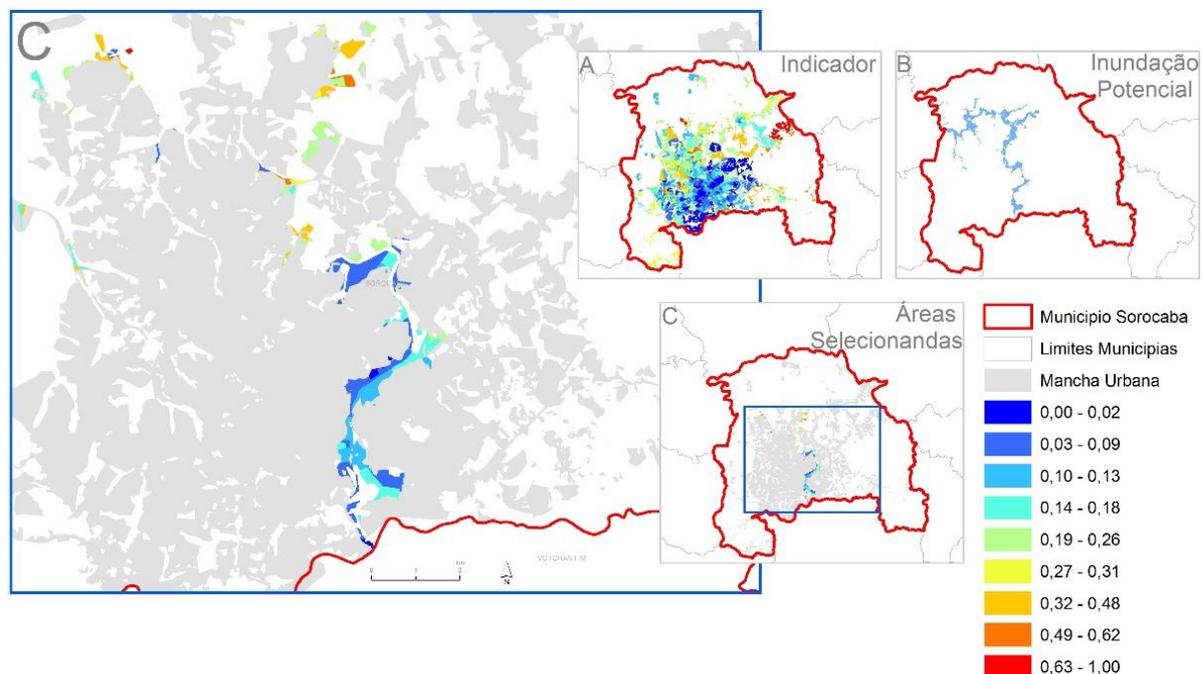


Figura 3. Modelo de seleção dos setores censitários na planície de inundação potencial (A – indicador sócio econômico; B – planície de inundação potencial; C – Setores censitários selecionados na planície de inundação potencial).

Destaca-se que, na planície de inundação potencial foram identificados quatro setores que se encontram entre as classes que representam alto índices de vulnerabilidade socioeconômica (9 e 8), sendo um setor o de valor máxima vulnerabilidade. Também foram identificados setores que apresentam baixa vulnerabilidade ocupando a área da planície de inundação potencial, sendo 21 setores com graus inferiores ou iguais a 0,089, que estão classificados nas classes 1 e 2.

Tabela 1. Frequência da classificação da vulnerabilidade socioeconômica dos setores censitários na planície de inundação

	<i>Gradientes</i>	<i>Frequência</i>		<i>Gradientes</i>	<i>Frequência</i>		<i>Gradientes</i>	<i>Frequência</i>
1	0,022688	2	4	0,179859	21	7	0,479004	17
2	0,089174	19	5	0,258499	15	8	0,616475	3
3	0,126181	16	6	0,309679	9	9	1	1

Fonte: Censo Demográfico 2010- IBGE

A Figura 4 ilustra o gráfico matricial dos indicadores socioeconômicos para os setores censitários. Ao analisar o gráfico, é possível observar que a maior fragilidade incidente ocorre na classe dos domicílios, seguido significativamente pela renda. Já o indicador alfabetização apresenta mais uniformidade dos setores com melhores valores, próximos ao valor zero, indicando uma maior homogeneidade positiva nesse parâmetro.

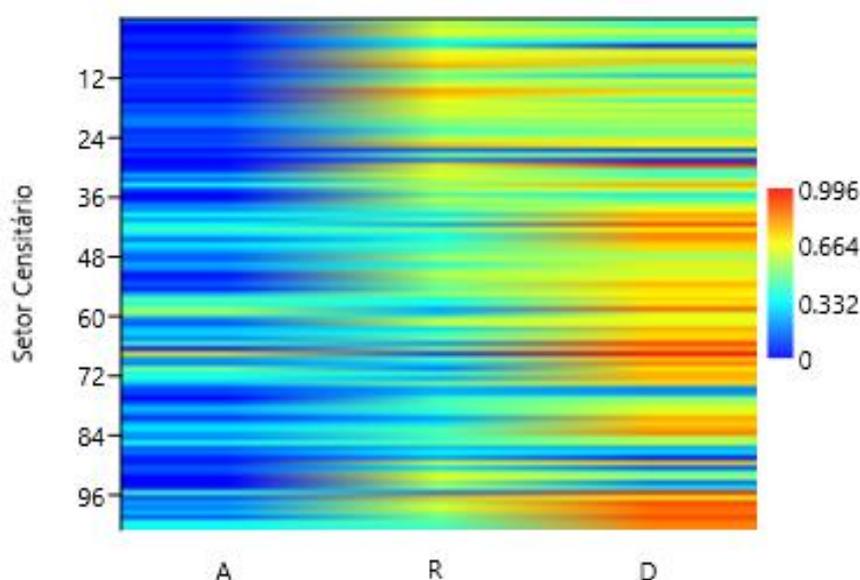


Figura 4. Gráfico matricial dos setores censitários pelo indicador de vulnerabilidade socioeconômica por classes na planície de inundação potencial. (A - Ind. Alfabetização, R – Ind. Renda, D – Ind. domicílio).

Dessa forma, a pesquisa identificou que existem setores de baixa e de alta vulnerabilidade localizados dentro da área da planície de inundação potencial o que é contraditório no sentido de que na literatura, essas áreas são consideradas como impróprias e se esperava encontrar apenas setores com alta vulnerabilidade socioeconômica. Assim, foi constatado que os índices de vulnerabilidade por setor censitários não estão distribuídos de forma aleatória; pelo contrário eles formam *clusters* que acompanham um gradiente de mudança do indicador de norte a sul, sendo que os menores índices de vulnerabilidade socioeconômica estão na região sul, progressivamente aumentando a vulnerabilidade na direção região norte (Figura 3C). A fim de elucidar a distribuição espacial do indicador dos setores censitários ao logo da planície de inundação, foi selecionada a área com os índices mais críticos do indicador socioeconômico, que de em modo geral, estão ocupadas por grandes adensamentos urbanos habitacionais/residenciais, configurando um cenário crítico para essa população (Figura 5A)

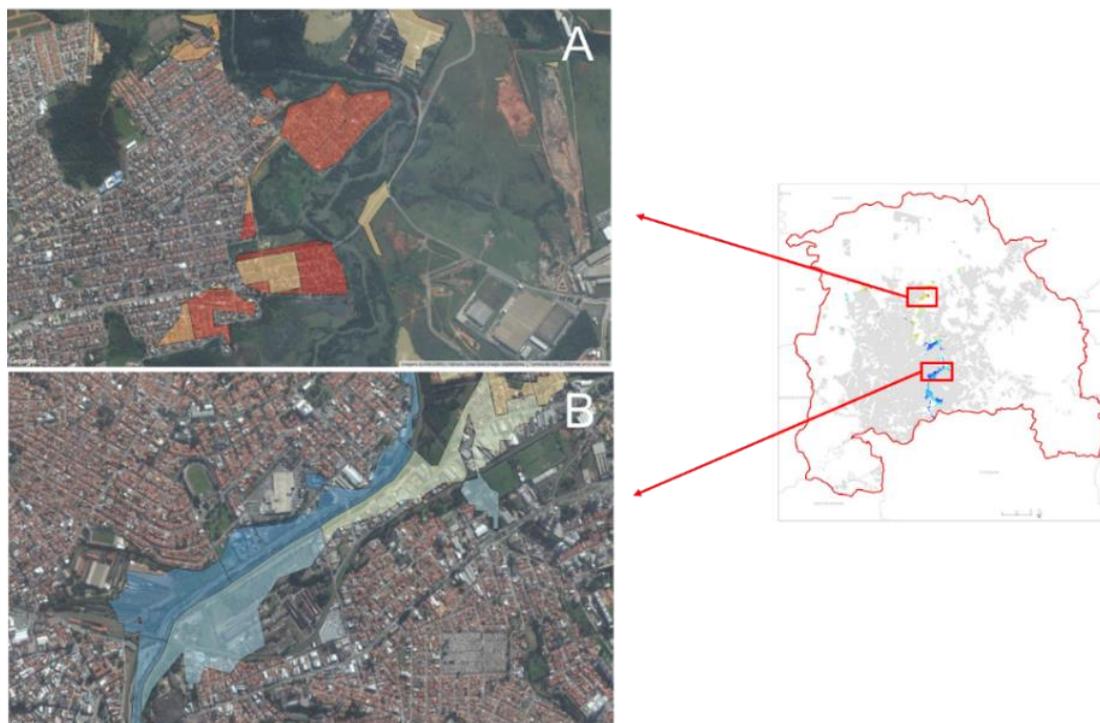


Figura 5. Amostra espacial dos usos e ocupações nos extremos do indicador (A – amostra de classe mais crítica do indicador; B – amostra da classe menos crítica do indicador).

Por outro lado, as áreas que apresentam os maiores índices socioeconômicos do município e se localizam na planície de inundação, são áreas destinadas as vias, áreas industriais ou parques lineares, assim, configuram-se como estruturas urbanas de baixo risco (Figura 5).

4. Conclusões

As questões urbanas no município de Sorocaba têm contribuído para o desencadeamento de relações complexas e contraditórias no que concerne às formas de ocupação do solo urbano. Embora a planície potencial de inundação seja ocupada tanto por indicadores de baixa e alta vulnerabilidade socioeconômica, pode-se constatar que os setores de alta vulnerabilidade se concentram na periferia da cidade e são ocupados basicamente por moradias/habitações; por outro lado, os setores de baixa vulnerabilidade se concentram na porção sul, e de modo geral, são ocupadas por distintos usos de baixo impacto. Os métodos e resultados dessa pesquisa contribuem na compreensão da dinâmica urbana do município de Sorocaba, em especial, as diferenciações de apropriações do espaço urbano dentro da área da planície de inundação potencial. Assim, pode subsidiar a implantação de estratégias de planejamento urbano a fim de ordenar os usos e ocupação dentro da planície de inundação potencial, diminuindo os impactos naturais sobre a população que habitam essas áreas.

Referências Bibliográficas

- De Biasi, M. Cartas de declividade: confecção e utilização. *Geomorfologia*, n. 21. p. 8-12, 1970.
- Felgueiras, C. A. **Desenvolvimento de um sistema de modelagem digital de terreno para microcomputadores**. 1987. 243 p. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 1987.
- Frey, H. **O processo de ocupação do espaço urbano na cidade de Sorocaba e sua região**. Dissertação (Mestrado em Demografia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.

- Graf, W. L. A lei da razão em geomorfologia fluvial. **Notícia Geomorfológica**. v.18, n.36, p.57-78, 1978.
- Jenks, G. F. Generalization in statistical mapping. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 53, p. 15–26, 1963.
- Martines, M. R.; TOPPA, R. H. Expansão da mancha urbana de Sorocaba, São Paulo, no período de 2002 a 2009: subsídios ao plano diretor por meio de técnicas de geoprocessamento. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 17, 2015, João Pessoa. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2015. Artigos, p. 727-733. CD-ROM, On-line. Disponível em: <http://urlib.net/rep/8JMKD3MGP6W34M/3JM45KA>. Acesso em: 07 ago. 2016.
- Oliveira, E. L. A.; Robaina, L. E. S.; Reckziegel, B. W. Metodologia utilizada para o mapeamento de áreas de risco geomorfológicos: bacia hidrográfica do Arroio Cadena, Santa Maria-RS. In: Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: GEDN/UFSC, 2004, p. 1-14.
- Quinto Junior, L. de P. Urbanização e a ocupação de áreas de risco. In: Encontro de Geografia - A Geografia e suas Vertentes: Reflexões e VI Semana de Ciências Humanas,3, 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Instituto Federal Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2010.
- Tomlin, D. **Geographic information systems and Cartographic Modeling**. New York: Prentice Hall, 1990.
- Wright, J, K. A method of mapping densities of population with Cape Cod as an example. **Geographical Review**, v. 26, p.103–10, 1936.