

## ASSOCIAÇÃO ENTRE SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA ÁREA URBANIZADA DE CAMPINAS-SP

### ASSOCIATION BETWEEN FLOOD SUSTAINABILITY AND DEVELOPMENT OF THE URBANIZED AREA OF CAMPINAS-SP

**A. Thiago Massucato Cinti & B. Mara Lúcia Marques**

*Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Brasil*

*thiago.mc1@puccampinas.edu.br*

*mara.marques@puc-campinas.edu.br*

#### RESUMO

As inundações são fenômenos naturais, que na contemporaneidade têm se intensificado nos centros urbanos, sobretudo em razão de ações antrópicas que estão ligadas diretamente com o processo de impermeabilização do solo. Essa pesquisa questiona se a premissa do aumento de área impermeabilizada, em decorrência do processo de expansão urbana, ter necessariamente como consequência o aumento de áreas suscetíveis à inundação pela ação antropogênica multitemporal, quando comparado ao perigo natural. Utilizou-se o método multicritério pela *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para ponderar as variáveis na elaboração de um panorama que conta com modelos de suscetibilidade à inundação em um contexto natural e antrópico, a partir da seleção de datas específicas. Os resultados demonstraram um acentuado crescimento da área impermeabilizada em direção a periferia, região esta que se mostra mais suscetível a este risco uma vez que não conta com uma infraestrutura qualificada de drenagem urbana como na região central.

**Palavras-chave:** Análise Espacial, Ambiente Urbano, Risco, Inundação.

**Linha de Investigação:** Cidade e Ambiente

**Tópico:** Risco, vulnerabilidade e resiliência

#### ABSTRACT

Floods are natural phenomena, which in contemporary times have intensified in urban centers, mainly due to anthropic actions that are directly linked to the soil waterproofing process. This research addresses the question whether the premise of increasing the impermeable area, as a result of the urban expansion process, is necessary a consequence of the increased areas susceptible to flooding due to multitemporal anthropogenic action, when compared to natural danger. The multicriteria method was employed through Analytic Hierarchy Process (AHP) to weight the variables in the elaboration of a panorama that has models of susceptibility to flooding in a natural and anthropic context, from the selection of specific dates. The results showed a marked increase in the impermeable area towards the periphery, a region that is more susceptible to this risk since it does not have a qualified urban drainage infrastructure as in the central region.

**Keywords:** Spatial Analysis, Urban Environment, Risk, Flood.

**Research line:** City and Environment

**Topic:** Risk, vulnerability and resilience

## Introdução

A análise do crescimento urbano e seu impacto sobre a suscetibilidade à inundação é um viés para abordar a adequação das ações antrópicas sobre o ambiente natural. O mapeamento multitemporal do uso e ocupação do solo e modelagem de suscetibilidade à inundação possibilita questionar a eficiência da infraestrutura do sistema de drenagem urbana, e conseqüentemente avaliar a eficácia das ações e diretrizes do planejamento urbano para amenização de risco à população. Essa temática é relevante para Campinas -SP, Brasil, ao considerar que este município se constitui em um importante polo industrial e tecnológico do estado de São Paulo, passando nas últimas décadas por um intenso processo de modernização dos setores industrial e agrícola, que favoreceu um grande fluxo populacional para a área urbana, a qual carece de estudos multitemporais que retratam e fornecem um prognóstico sobre a adequação do adensamento e da qualidade de sua infraestrutura.

O presente estudo teve por objetivo diagnosticar tipo e magnitude da correlação entre a densidade da área impermeabilizada e a suscetibilidade à inundação no município de Campinas, entre 1981 e 2018, visando avaliar a influência do adensamento de área impermeabilizada sobre o potencial de áreas inundáveis. Espera-se que a suscetibilidade à inundação esteja direta e positivamente associada aos tipos de uso e ocupação do solo que contribuem para o aumento de áreas impermeabilizadas, à medida que ocorre a expansão urbana ao longo do período analisado. Portanto a investigação questiona a premissa do aumento de área impermeabilizada, em decorrência do processo de expansão urbana, ter necessariamente como consequência o aumento de áreas suscetíveis à inundação pela ação antropogênica multitemporal, quando comparado ao perigo natural.

O conhecimento das potencialidades do meio natural promove um desenvolvimento mais conservacionista, permitindo um ordenamento territorial mais adequado (Ross, 1994). A partir dessa premissa foram identificados fatores que influenciam na fragilidade natural à inundação, ou seja, que atua de forma direta no escoamento de água superficial e, portanto, podem interferir no acúmulo de água e, conseqüentemente, provocar um evento de inundação (Amaral e Ribeiro, 2009).

## 1. Fundamentação teórica

O crescimento urbano desordenado de algumas cidades provoca uma dispersão da forma de ocupação dos espaços urbanos. Essa forma de ocupação e crescimento demonstra um baixo desempenho em termos de eficiência, equidade e sustentabilidade socioambiental, podendo associar a este tipo de ocupação territorial altos custos econômicos, como também sociais e ambientais. Devido a necessidade de igualar as infraestruturas das áreas menos densas às áreas mais densas para servir um menor número de população, o que implica em um maior investimento público. Deste modo, é necessário estudar previamente a localização de novas urbanizações, tendo em conta os impactos econômicos das infraestruturas, da evolução demográfica e econômica, como o intuito de melhorar a qualidade de vida dos habitantes (Amaral e Ribeiro, 2009).

Nesta tentativa de planejar o território, a avaliação da suscetibilidade aos perigos ambientais, como a análise das potenciais áreas de inundação permite realizar diagnósticos socioambientais que possam apoiar as decisões de modo a antecipar os problemas, auxiliando na comparação e avaliação de alternativas perante as decisões já tomadas, permitindo fazer a comparação entre planos atuais e intervenções futuras (Polidori, 2005).

Considera-se que o processo de urbanização maximiza o impacto humano sobre o sistema natural, sendo que esse processo de construção urbana, com a consequente impermeabilização do solo, altera a dinâmica natural do escoamento de águas superficiais, promovendo a ocorrência de áreas de inundações. Entretanto, é preciso reconhecer que as inundações são fenômenos naturais do sistema ambiental, mas podem causar impacto ambiental conforme as alterações de cobertura e uso da terra, com a intensificação demográfica e do aglomerado urbano-industrial. O perigo de inundações, por sua vez, pode influenciar as preferências locais, afastando a maioria dos agentes urbanos por causa do risco de perdas, porém pode atrair os agentes urbanos com menor renda, uma vez que o risco de inundações faz com que esses locais tenham menor interesse de ocupação para outros setores da sociedade (Bathrellos et al., 2017).

Nas últimas décadas, as inundações têm ocorrido com maior frequência e magnitude, em praticamente todas as regiões do Brasil. Essa problemática ocorre, principalmente, em razão do processo de ocupação das margens de rios e impermeabilização do solo de bacias urbanas (Hora e Gomes, 2009).

Conforme Tucci e Bertoni (2003), diante essa realidade, tem-se discutido medidas preventivas e estratégias de planejamento que possam diminuir os impactos dos eventos de inundação, sendo o mapeamento das áreas de perigo ou susceptíveis à inundação, uma medida que contribui com a prevenção, controle e gestão das inundações.

Para Christofolletti (1999), os estudos da avaliação do perigo à inundação devem considerar a dinâmica própria do sistema ambiental em associação à atividade humana, deve abordar o natural (fatores físicos) e o antropogênico (representado pelo uso e cobertura do solo), em constante interação. O princípio dessa abordagem considera a água como matéria fundamental do sistema hidrológico, seguido das características morfológicas da área tais como: declividade e altimetria e tipos de solos, que em seu conjunto propiciam a dimensão da dinâmica do sistema. Por ser um sistema aberto, a precipitação é definida como variável externa, que em parte é absorvida pelos elementos componentes do sistema e outra parte escoada pela rede de drenagem e pelo processo de evapotranspiração. Considera-se a existência de uma relação entre absorção e saída de material no sistema, que pode sofrer mudanças pela ação humana, ao alterar a capacidade de infiltração das águas e a energia do escoamento, podendo ocasionar o incremento das enchentes e/ou inundações pela concentração e saturação das águas na rede de escoamento, devido as alterações de uso e ocupação do solo.

Portando, torna-se necessário compreender a dinâmica ambiental da suscetibilidade potencial às inundações, como também identificar e relacionada ao potencial perigo de inundação das áreas urbanizadas e não urbanizadas do município, partindo da premissa que há uma relação entre a influência dos aspectos pedo-geomorfológicos em uma área com clima tropical e o aumento da densidade de ocupação e populacional, pode desencadear frequentemente eventos de risco ambiental, que associados aos diferentes padrões socioeconômicos podem ocasionar prejuízos sociais e ambientais em diferentes níveis de vulnerabilidade à população e ao município como um todo (Hogan et al., 2001).

## 2. Método

### 2.1 Área de estudo

O município de Campinas, definido como área de estudo abrange, está localizado no interior do estado de São Paulo, possui uma área de aproximadamente 795km<sup>2</sup> (Fig. 1), com população de 1.080.113 habitantes, sendo cerca de 98,3% residentes na área urbana (IBGE, 2011). O município está inserido na área de contato entre as unidades morfoestruturais do Planalto Atlântico e da Depressão Periférica Paulista, sendo a área majoritária localizada na depressão periférica, apresentando relevo suave composto por colinas, planícies e terraços fluviais, embasado por rochas de origem sedimentar com ocorrência de intrusões magmáticas. Na região leste, localizada no planalto o relevo é composto por morros e morrotes, com substrato formado por rochas magmáticas e metamórficas (IPT e CPRM, 2014). O tipo climático, de acordo com a classificação de Koeppen é considerado Cwa – clima subtropical de inverno seco e verão quente, com precipitação média anual de 1.424,5mm (CEPAGRI, 2017).

## Localização do Município de Campinas-SP

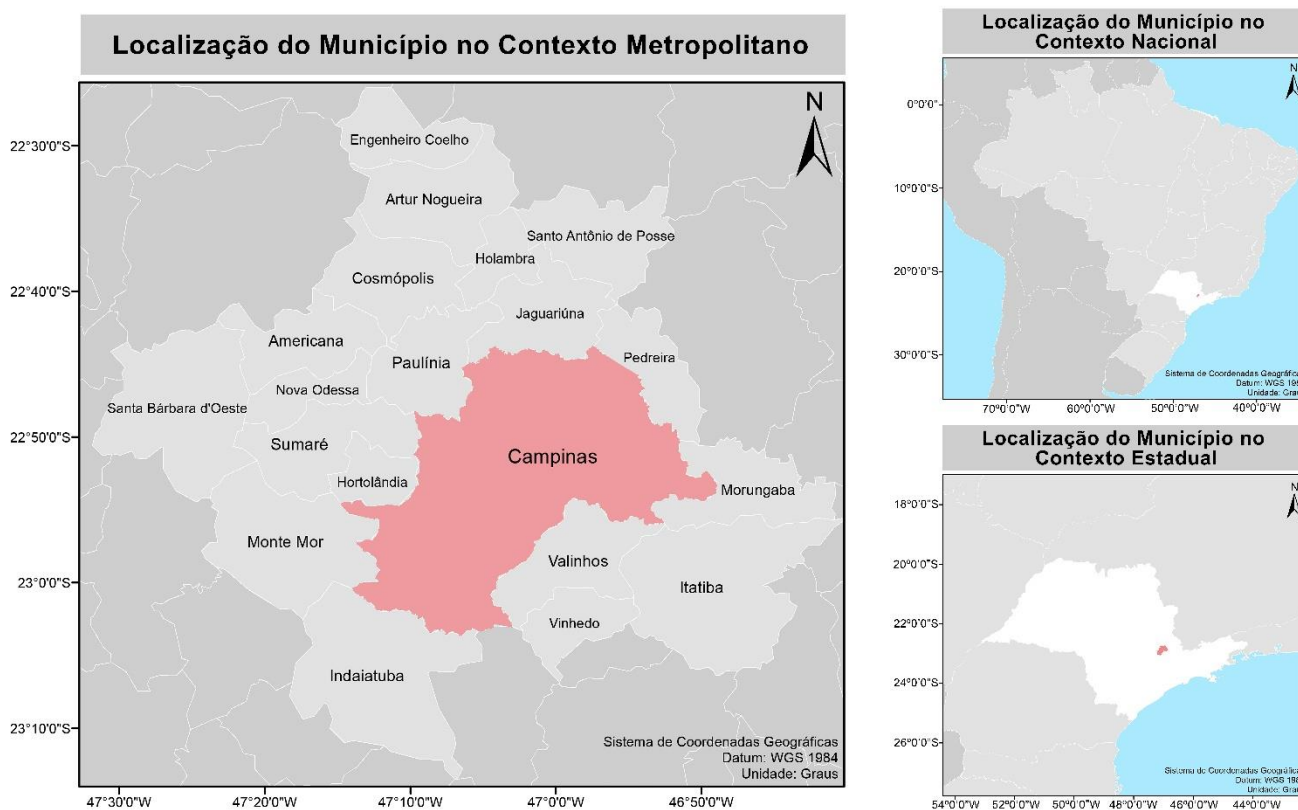


Fig. 1 Localização da área de estudo. Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE 2015.

### 2.2 Elaboração da base de dados

Na elaboração dos modelos de Perigo Natural à Inundação e de Perigo Antropogênico à Inundação nas datas 1981, 1993, 2003, 2011 e 2018, foi empregado sobreposição ponderada em Sistema de informação Geográfica (SIG), utilizando o método multicritério pela *Analytic Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1990) para ponderar, em cada modelo, os critérios: densidade de drenagem, distância de drenagem, declividade, pluviometria, formação geológica, tipos de solo, cobertura vegetal, sendo uso e cobertura do solo empregado nos modelos antropogênicos (Fig. 2).

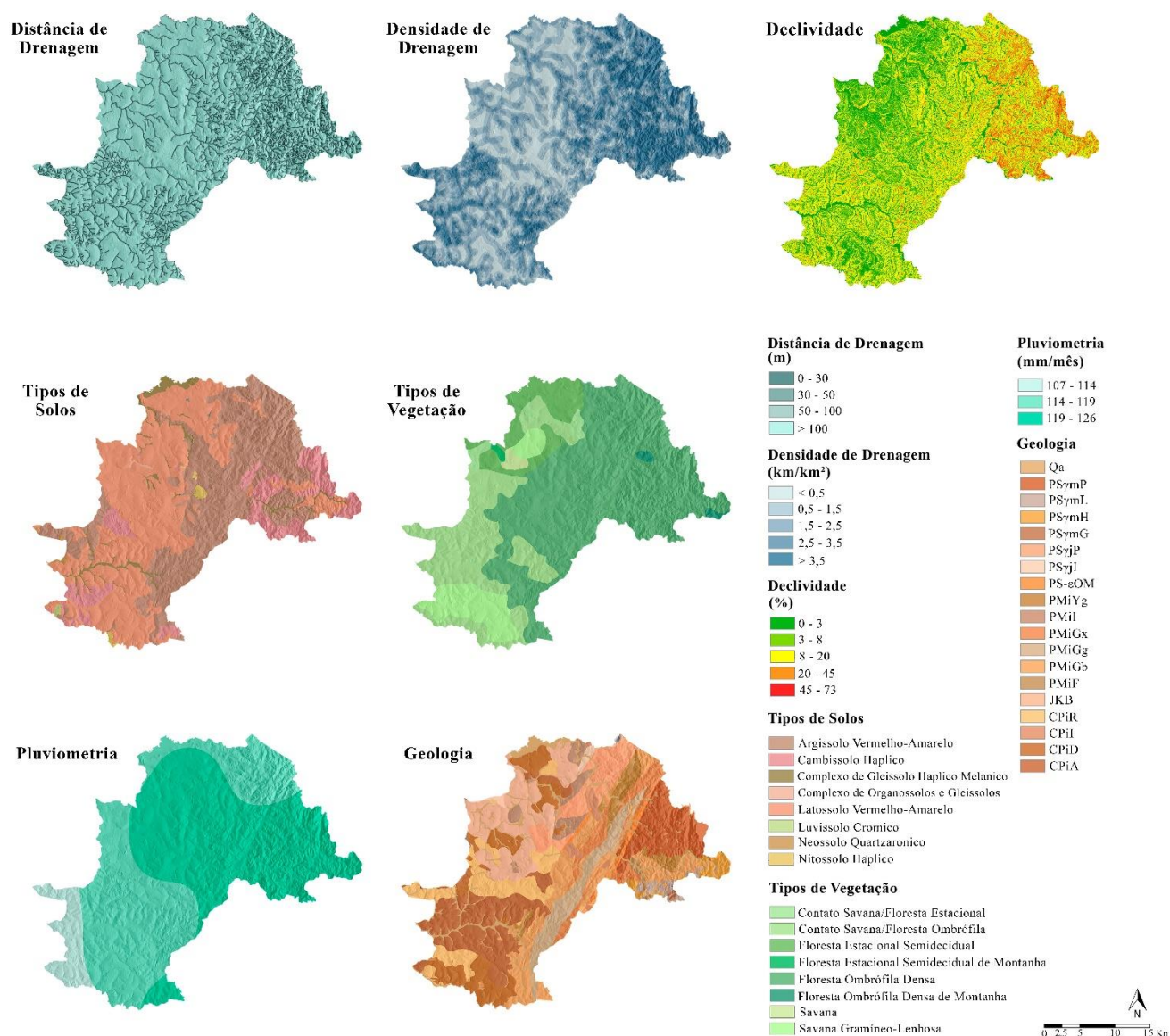


Fig. 2 Parâmetros empregados nos modelos de inundação natural e antropogênicos. Fonte: Elaboração própria a partir dos dados descritos nos itens 2.2.1 a 2.2.6.

### 2.2.1 Mapa de declividade

O mapa de declividade do município de Campinas foi gerado a partir do Modelo Digital de Elevação - SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) com resolução de 30m, onde o mesmo foi dividido em 05 classes: 0 a 3%; 3 a 8%; 8 a 20%; 20 a 45% e 45 a 75%, conforme proposta da EMBRAPA (Santos et al., 2006).

### 2.2.2 Mapa de tipo de solos

O mapa de tipos de solos foi obtido por digitalização e reclassificação das feições do Mapa Pedológico Semidetalhado do município de Campinas, na escala 1:50.000 (Valladares, Coelho e Chiba, 2008). Foi empregando o agrupamento das classes de solos pelo segundo nível categórico do sistema brasileiro de classificação de solos, Santos et al. (2006) e adaptado para o sistema mundial de solos, apresentando as classes: Argissolos Vermelho-Amarelo; Cambissolos Haplíco; Complexos Organossolos/ Gelissolos; Latossolos Vermelho-Amarelo; Luvisolos Cramíco; Neossolos Quartzarónico e Nitossolos Haplíco.

### 2.2.3 Mapa de densidade e distância de drenagem

A densidade de drenagem foi determinada a partir do plano de informação da rede hidrográfica obtido no site da Agência Nacional das Águas (ANA, 2018), na escala 1:50.000. Pelo método de densidade linear para área calculou-se a densidade de extensão de drenagem por quilômetro quadrado. Conforme proposta de classificação de Villela e Mattos (1975) foram geradas cinco classes: <0,5 km/km<sup>2</sup>; 0,5 – 1,5 km/km<sup>2</sup>; 1,5 – 2,5 km/km<sup>2</sup>; 2,5 – 3,5 km/km<sup>2</sup> e >3,5 km/km<sup>2</sup>. A partir do mesmo dado, foi obtido o mapa de distância de drenagem, que foi dividido em 4 classes: <30 m; 30 – 50 m; 50 – 100m e >100 m.

### 2.2.4 Mapa de tipos de vegetação original

O mapa dos tipos de vegetação original do Município de Campinas, foi adquirido a partir do recorte da região de estudo do Mapa Nacional de Vegetação produzido pelo Projeto RADAMBRASIL na escala 1:250.000 (BRASIL, 1983). A classificação do mesmo segue a proposta de Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), apresentando as classes: Contato Savana/Floresta Estacional; Contato Savana/Floresta Ombrófila; Floresta Estacional Semidecidual; Floresta Estacional Semidecidual Montana; Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Densa Montanha; Savana e Savana Gramíneo-Lenhosa.

### 2.2.5 Mapa de pluviométrico

Os dados pluviométricos foram levantados na base de informações do DAEE (2018). Selecionou-se 16 postos hidrológicos da região metropolitana de Campinas que disponibilizavam série de dados mensais para o período de 1970-2017. O mapa de pluviometria foi gerado pelos valores de médios anuais de precipitação, que foram especializados e interpolados método do Inverso da Distância Ponderado (IDW), gerando o mapa de distribuição pluviométrica em três classes: 107,00–114,00 mm/mês; 114,00–119,00 mm/mês e 119,00–125,73 mm/mês.

### 2.2.6 Mapa de litológico (Geologia)

O mapa litológico foi auferido pela Prefeitura Municipal de Campinas, produzido pelo Instituto Geológico (Fernandes, Azevedo Sobrinho e Texeira, 1993). cuja classificação se apresenta disposta nas seguintes siglas: sedimentos terciários-quaternários (Qa), biotita granito porfírico róseo (PSymP), biotita granito quigranular leucocrático (PSymL), hololeucocrático (PSymH) e fino com muscovita e granada (PSymG), hornblenda-biotita granito gnáissico porfírico (PSyjP), biotita granito gnáissico inequigranular (PSyjI), miloníticas (PS-εOM), granito gnáissico equigranular (PMiγg), gnaiesses indiferenciados (PMil), xistosos (PMiGx) e bandados (PMiGb),

granada biotita gnaisses (PMiGg), gnaiss granitoide facoidal (PMiF), ritmitos (CPiR), subgrupo Itararé indiferenciado (CPiI), associação de ritmitos e diamictitos (CPiD), arenitos (CPiA), diabásios (JKB).

### 2.3 Uso e cobertura antropogênica do solo

Uma vez obtido o modelo da suscetibilidade à inundação no período anterior à ocupação urbana, foi realizado, posteriormente, para análise e mapeamento dos contextos de ocupação territorial do período de estudo, os mapas de uso e cobertura do solo do município, pela classificação digital das imagens orbitais do sistema LANDSAT adquiridas em 02/agosto/1981, 22/junho/1993, 25/maio/2003, 23/maio/2011 e 08/agosto/2018, com resolução espacial de 30m (Fig. 3). Foram realizados os processamentos de realce de imagem e georreferenciamento. Em seguida, foi empregado o método de classificação por região para o mapeamento das classes de uso e cobertura do solo: urbano, agrícola, solo exposto, vegetação arbórea, vegetação rasteira e água. Para tanto, as imagens foram segmentadas em áreas homogêneas definidas pelos limiares de área, textura, média e variância dos valores de reflectância espectral (Jensen, 1982; Meneses e Almeida, 2012).

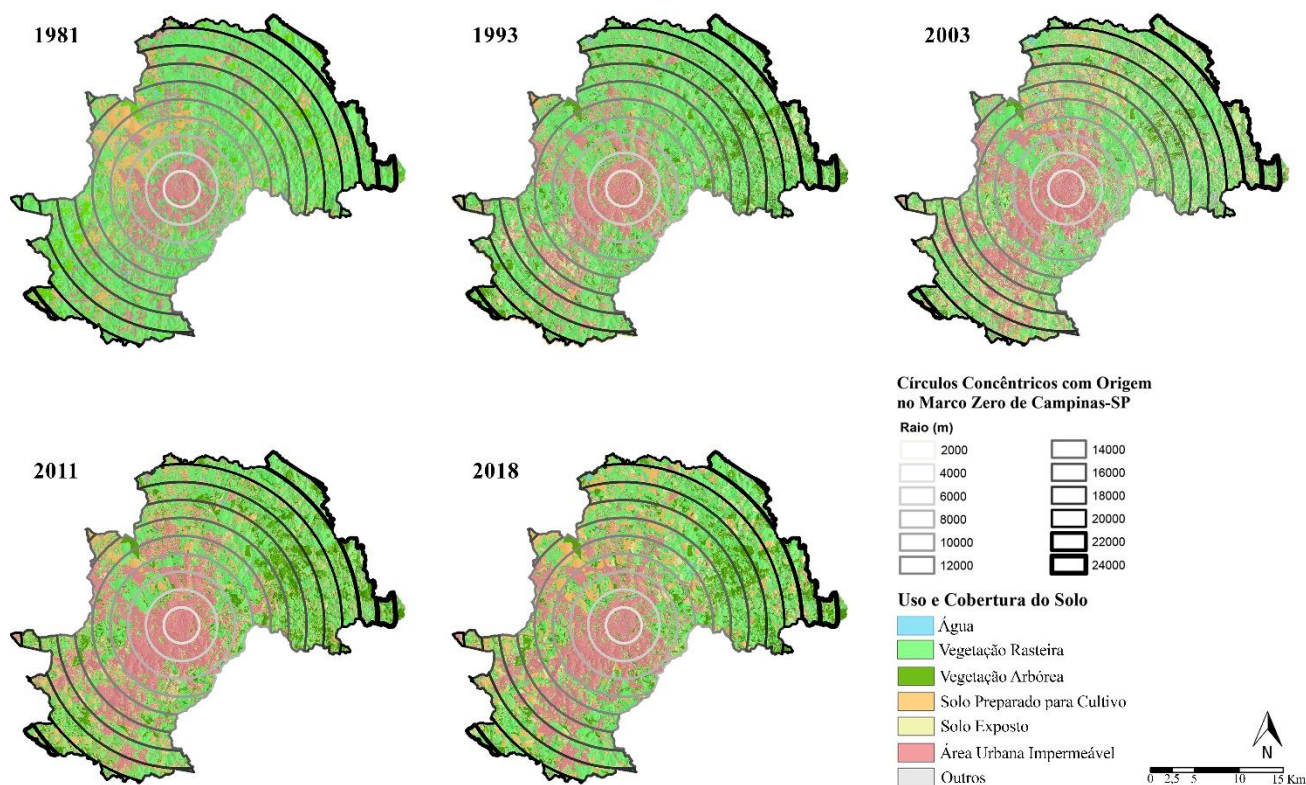


Fig. 3 Expansão urbana do Município ao longo das datas estudadas. Fonte: Elaboração própria a partir da interpretação de classificação das imagens orbitais do sistema LANDSAT.

Esses modelos antrópicos foram interpolados junto aos demais dados, substituindo os dados de Tipos de Vegetação pelo Uso e Cobertura do Solo de cada período, assim, obteve-se seis modelagens da

suscetibilidade à inundação, sendo estas, uma com ausência urbana e as demais criando um panorama da expansão da cidade ao longo das datas estudadas.

#### **2.4 Modelos de inundação por meio do método de multicritério AHP**

A partir do método AHP foram produzidas matrizes de decisão para cada modelo, conforme a relação de importância pareada, gerando pesos para cada critério com índices de consistência adequados ( $<0,10$ ). Também foram atribuídas cargas individuais para as variáveis que compõem cada critério (Quadro 1). Nessas matrizes, os pesos, de cada parâmetro, resultaram da atribuição de valores de preferência por julgamento pareado (valores 1 a 9), como considerado por Amaral e Ribeiro (2009) e Kanani-Sadat et al. (2019), baseando-se na ordem de importância entre os parâmetros para ocorrência de inundação, sendo: 1 - importância igual; 2 - importância igual a moderada; 3 - importância moderada; 4 - moderada a forte importância; 5 - forte importância; 6 - importância forte a muito forte; 7 - importância muito forte; 8 - importância muito a extremamente forte; e 9 - extrema importância (Saaty, 1990).

Para geração de cada modelo foi empregado o método de integração multicritério ponderado no sistema de informação geográfica ArcGIS. A suscetibilidade à inundação foi classificada pelo método quatis em: muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Em cada data analisada, o coeficiente ( $r$ ) de Pearson averiguou a correlação entre área impermeabilizada e classes de suscetibilidade à inundação, em cada faixa de distância de 2km em relação ao ponto central (marco zero da cidade). Os níveis de correlação foram classificados em muito alto ( $r$  entre 0,90 a 1,00), alto ( $r$  entre 0,70 a 0,90), moderado ( $r$  entre 0,50 a 0,70), baixo ( $r$  entre 0,30 a 0,50) e insignificante ( $r$  menor que 0,30).



Quadro 1 Pesos e cargas para os modelos de perigo à inundação natural e antropog nicos. Elaborado pelos autores.

Parâmetros/Variáveis			Perigo Natural	Perigo Antropogênico
Distância de Drenagem (m)		Carga	Peso	Peso
1	0 - 30	10	0,355	0,289
2	30 - 50	6		
3	50 - 100	3		
4	> 100	1		
Densidade de Drenagem (km <sup>2</sup> /km)			0,257	0,196
1	<0,5	1		
2	0,5 - 1,5	3		
3	1,5 - 2,5	6		
4	2,5 - 3,5	8		
5	>3,5	10		
Declividade (%)			0,108	0,091
1	0 - 3	10		
2	3 - 8	8		
3	8 - 20	4		
4	20 - 45	2		
5	45 - 75	1		
Tipo de Solo			0,068	0,052
1	Argissolo Vermelho-Amarelo	6		
2	Cambissolo Haplico	3		
3	Complexo de Gleissolo Haplico e Melanico	10		
4	Complexo Organossolos e Gleissolos	10		
5	Latossolo Vermelho-Amarelo	5		
6	Luvissolo Cramico	7		
7	Neossolo Quartzarônico	2		
8	Nitossolo Haplico	6		
Tipo de Vegeta�o			0,031	----
1	Contato Savana/Floresta Estacional	4		
2	Contato Savana/Floresta Ombrófila	4		
3	Floresta Estacional Semidecidual	2		
4	Floresta Estacional Semidecidual Montana	2		
5	Floresta Ombrófila Densa	1		
6	Floresta Ombrófila Densa Montana	1		
7	Savana	10		
8	Savana Gramíneo-Lenhosa	9		
Classes de Pluviometria (mm/mês)			0,138	0,099
1	107,00 - 114,00	1		
2	114,00 - 119,00	6		
3	119,00 - 125,73	10	0,041	0,032
Geologia				
1	Qa	3		
2	CPiA	1		
3	CPiD	3		
4	CPiP	3		
5	CPiI	1		
6	PSYOM	5		
7	PSYmL, PSYmH, PSYmG, PSYmP, PSYjP, PSYjI	8		
8	PMiF, PMiYg, PMiGb, PMiGx, PMiGg, PMiI	8		
9	JKB	8		
Uso e Cobertura do Solo			----	0,242
1	�gua	10		
2	Urbano Espa�ado	8		
3	Urbano Denso	9		
4	Vegeta�o Rasteira	7		
5	Vegeta�o Arbórea	1		
6	Solo Exposto	5		
7	Outros	4		

 ndice de consistência 0,08 para o modelo de Perigo Natural   Inunda o e 0,07 nos modelos de Perigo Antropogênico   Inunda o.

### 3. Resultados e discussão

No período analisado a área urbanizada aumentou de ~35km<sup>2</sup> para ~191km<sup>2</sup>, caracterizando um expressivo crescimento horizontal. As faixas de adensamento de áreas impermeabilizadas apresentam uma relação inversamente proporcional à distância em relação ao centro urbano. As áreas de suscetibilidade à inundação apresentam perfis para as classes muito baixa e baixa que se reduzem entre o modelo natural e o estimado para a data de 1981, não se modificando até 2018. Por outro lado, as classes média e alta de suscetibilidade à inundação aumentam entre o modelo natural e o estimado para a data de 1981, que se mantém até 2018 (Fig. 4, Fig. 5 e Fig.6).

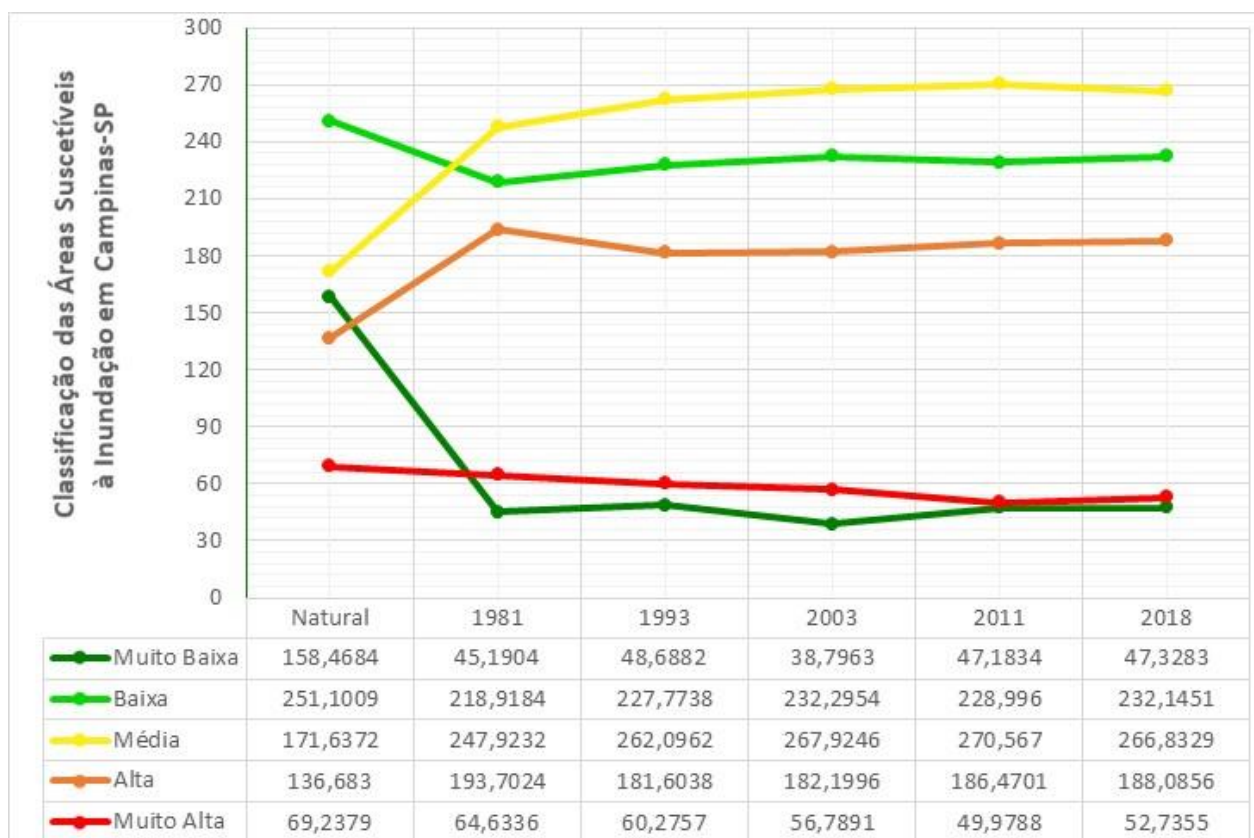


Fig. 4 Classificação das áreas de suscetibilidade à inundação natural e antropogênicas no período analisado. Fonte: Elaboração própria.

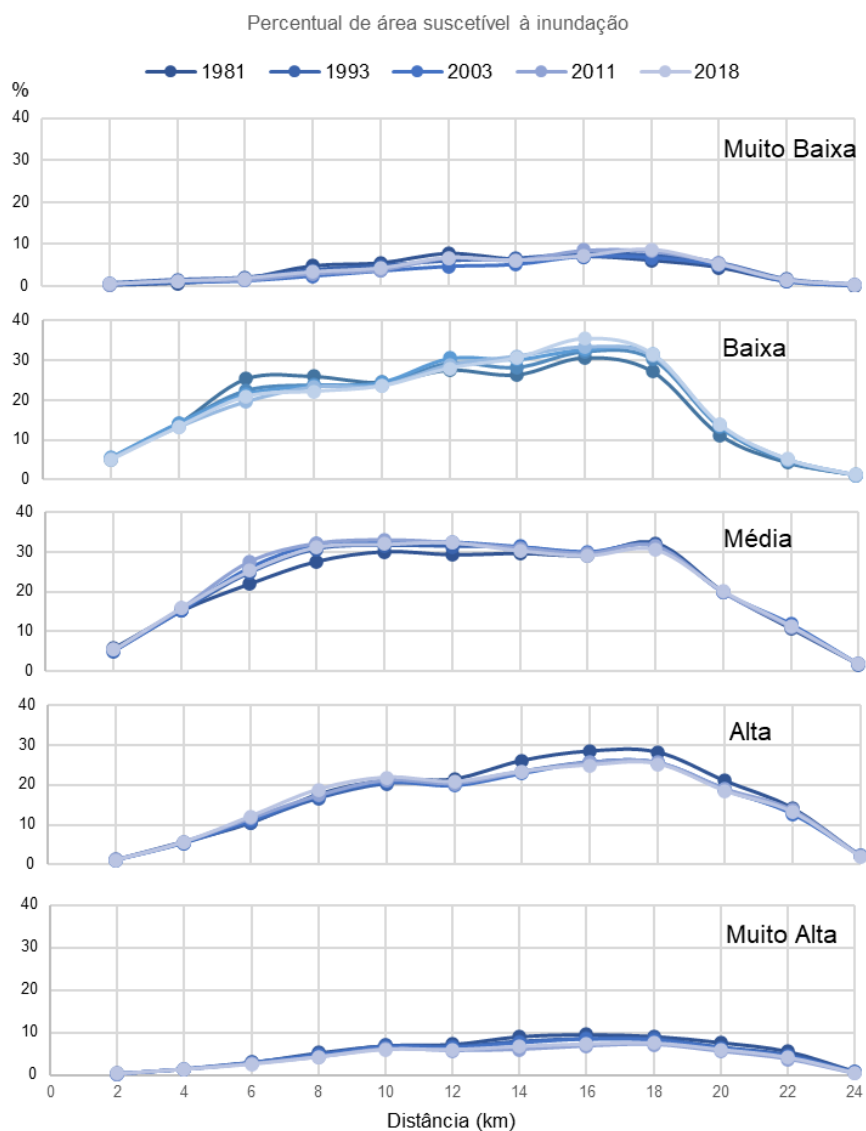


Fig. 5 Variação do percentual de área suscetível à inundação pela distância da área central no período analisado. Fonte: Elaboração própria.

Ao analisar a suscetibilidade à inundação ao longo das faixas de distâncias do centro para as áreas periféricas, observa-se um perfil semelhante para todas as classes, indicando a ocorrência de crescimento tanto da suscetibilidade alta quanto baixa nas áreas periféricas. Porém, essas tendências têm formas de crescimento diferentes, sendo linear para as classes de suscetibilidade muito baixa e baixa; e exponencial para as classes média e alta. Esses perfis determinaram a ocorrência de uma associação moderada, para todas as datas analisadas, entre a proporção de área impermeabilizada em cada faixa e a suscetibilidade alta e muito alta à inundação.

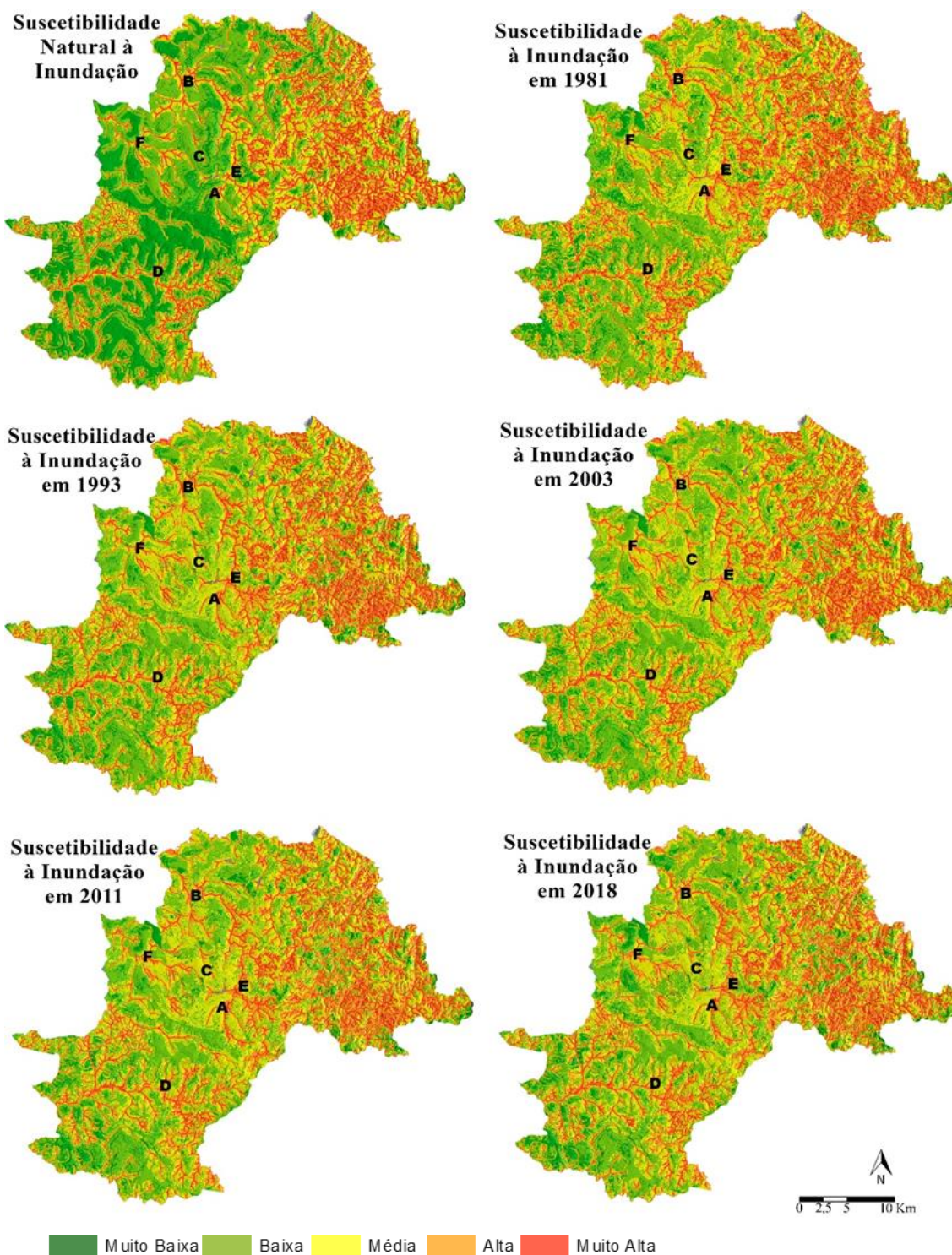


Fig. 6 Mapeamento da suscetibilidade à inundação natural e antropogênicas no período de análise. Fonte: Elaboração própria.

A natureza inversa dessa associação sugere que a suscetibilidade está nas áreas periféricas. O presente estudo observou que as áreas próximas à região central não apresentam elevado perigo de inundação apesar da elevada proporção de áreas impermeáveis. Para essa região, o resultado permite avaliar como adequado o plano de saneamento básico do município de Campinas.

Nesse plano definiu-se os serviços de infraestruturas e instalações operacionais do abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e das águas pluviais urbanas. Dentre os pontos de intervenções observados e comparados ao plano municipal de saneamento básico, houve aqueles que apresentaram avaliação favorável, enquanto outros apresentaram avaliação desfavorável.

Os locais favoráveis foram: **(A)** localizado na Avenida José de Souza Campos, córrego Proença (bacia do ribeirão Anhumas), o projeto introduzido na região central do Município de Campinas-SP ao longo dessa via de grande fluxo que apresenta um curso d'água canalizado em seu subsolo, a proposta de intervenção consiste na interrupção da canalização da vertente hídrica em determinado trecho, o que faz com que a água volte à superfície em um vala escavada onde é formada uma área de retenção temporária de água, impedindo que ocorra inundações no trecho seguinte do rio em momentos de grande vazão; **(B)** projeto implantado de um Parque Linear na região norte do município, ao longo do Ribeirão das Pedras (Anhumas), ocupando uma área desde sua nascente até o limite municipal, tendo como proposta a revitalização da área de APP, promovendo a reposição da cobertura vegetal e a instalação de equipamento urbano de uso público, com o objetivo de criar um eixo linear ao longo do curso d'água conectando os vários pontos de matas, lagos e afluentes do ribeirão; **(C)** no Jardim Santa Genebra, ribeirão das Pedras (Anhumas), o projeto estabelecido no trecho inicial do Ribeirão das Pedras, próximo a sua nascente, caracterizado por uma área de entorno altamente urbanizada, possui a proposta de escavação de uma vala ao longo do curso d'água, onde a mesma fica retida em períodos de grande escoamento impedindo a inundação do ribeirão a jusante; **(D)** no Jardim Amoreiras, região sul do município, no médio Capivari e ao longo do trecho central do Rio Capivari, caracterizada como uma área que se encontra em processo de adensamento urbano, a proposta consiste na implantação de uma lagoa junto a vertente do rio que pode servir como um local para a retenção temporária de um volume extra de água em um instante de intensa vazão, mas que vem a atender também o objetivo de um espaço de lazer e permanência para a população local, apresentando um programa voltado para a prática de atividades físicas. Como também foram observadas alguns pontos críticos que necessitam de ações: **(E)** no Jardim Boa Esperança, o córrego Proença encontra-se totalmente exposto, sem a presença de uma APP e com suas margens totalmente ocupadas e impermeabilizadas, o que gera uma enorme vazão pluvial para esse corpo d'água, causando enchentes, devido ao leito estar há pouca distância do nível das vias que o margeiam; **(F)** no Jardim Campineiro, córrego da Lagoa (ribeirão do Quilombo), o ribeirão sofre uma grande pressão externa, devido à ausência de área de proteção (APP) em seu curso, ocorre a ocupação direta de suas margens por moradias de baixa renda, acarretando um problema ainda maior na questão da inundação já que estes são os principais afetados na ocorrência de enchentes e alagamentos.

#### 4. Conclusão

O método de integração multicritério cumpriu, satisfatoriamente, com a função de analisar conjuntos de dados qualitativos e quantitativos para avaliar a suscetibilidade ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos no município de Campinas – SP. Os cenários resultantes da modelagem podem contribuir para adequar o

processo decisório às necessidades dos ambientes urbanos, principalmente aqueles referentes à implementação de ações de readequação da macrodrenagem e microdrenagem das águas pluviais nos pontos mais críticos.

Nesta análise do perigo à inundação, destacou-se a relevância das modificações na organização da ocupação urbana ao longo do tempo para avaliar as deficiências a serem sanadas nos sistemas de microdrenagem urbana, como o redimensionamento de bueiros, bocas de lobo, galerias e tubulações para atender às insuficiências no escoamento pluvial, que por sua vez podem acentuar a suscetibilidade de uma área à inundação em decorrência da deficiência nos sistemas de macrodrenagem, como a impermeabilização do solo, retificação e assoreamento de cursos d'água, e também a ocupação das planícies de inundação.

Dessa forma, este estudo permitiu a avaliação da suscetibilidade à inundação, ao analisar o efeito da expansão urbana ao longo do tempo, e assim, apontando propostas para inter-relacionar o processo do uso e ocupação do solo urbano aos aspectos físicos e ambientais, que visou destacar a influência do nível de impermeabilização do solo sobre o perigo de inundação e riscos à população residente. Complementarmente, há necessidade de explorar a associação entre indicadores demográficos, características geomorfológicas e estruturas urbanas do entorno das áreas potencialmente expostas ao risco à inundação.

## 5. Bibliografia

### 5.1 *Obra completa*

BRASIL. (1983). Projeto RADAMBRASIL - Folhas SF23/24 Rio de Janeiro e Vitória. IBGE, Rio de Janeiro.

CHRISTOFOLETTI, A. (1999). Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Blucher.

MENESES, P.R. e ALMEIDA T.D. (2012). Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto. Brasília: UnB.

POLIDORI, M. (2005). Crescimento urbano e ambiente: um estudo exploratório sobre as transformações e o futuro da cidade. Tese de doutoramento. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro de Biotecnologia do Estado do Rio grande do Sul: Programa de Pós-Graduação em Ecologia.

SANTOS, H.G., JACOMINE, P.K.T., ANJOS, L.H.C., OLIVEIRA, V.A. DE, OLIVEIRA, J.B. DE, COELHO, M.R., LUMBRERAS, J.F. e CUNHA, T.J.F. (2006). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos.

TUCCI, C.E.M. e BERTONI J. C. (1993). Inundações urbanas na América do Sul. Porto Alegre: ABRH.

VELOSO, H.P., RANGEL-FILHO, A.L.R; LIMA, J.C.A. (1991). Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. IBGE, Rio de Janeiro.

VILLELA, S.M. e MATTOS, A. (1975). Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil.

### 5.2 *Capítulo de livro*

AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. (2009). Inundação e Enchentes. Em L. K. TOMINAGA, J. SANTARO e R. AMARAL (ed.) Desastres naturais: conhecer para prevenir (39-52). São Paulo: Instituto Geológico.

HOGAN, D. J., CUNHA, J. M. P., CARMO, R. L. e OLIVEIRA, A. A. B. (2001). Urbanização e vulnerabilidade sócio-ambiental: o caso de Campinas. Em D. J. HOGAN, R. BAENINGER, J. M. P. CUNHA e R. I. CARMO (Ed.). Migração e ambiente nas aglomerações urbanas (395-418). Campinas: NEPO/UNICAMP.

JENSEN, J.R (1983) Urban/Suburban Land Use and Analysis. Em R. N. COWELL Manual of Remote Sensing. (1571-1666) Falls Church: American Society of Photogrammetry.

### 5.3 Revistas

BATHRELLOS, G.D., SKILODIMOU H.D., CHOUSIANITIS K., YOUSSEF A.M. e PRADHAN B. (2017). Suitability estimation for urban development using multi-hazard assessment map. *Science of the Total Environment*, 1(575),119-134.

HORA, S. B. e GOMES, R. L. (2009). Mapeamento e Avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do município de Itabuna/BA. *Sociedade & Natureza*. 21(2),57-75.

KANANI-SADAT, Y., ARABSHEIBANI, R., KARIMIPOUR, F., e NASSERI, M. (2019). A new approach to flood susceptibility assessment in data-scarce and ungauged regions based on GIS-based hybrid multi criteria decision-making method. *Journal of Hydrology*, 572, 17-31.

ROSS, J. L. S. (1994). Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados. *Revista do Departamento de Geografia*. 8, 63-74.

SAATY, T. L. (1990). How to make a decision: the Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*. 48, 9-26.

### 5.4 Fontes eletr nicas

ANA – Agência Nacional das  guas. (2018). Base Hidrográfica Ortocodificada Multiescalas de Bacias do Atlântico Sul e Sudeste. Website: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home> (consulta: 08/08/2019).

CAMPINAS – Prefeitura municipal de Campinas -SP (2013) Plano municipal de saneamento básico. Prefeitura Municipal de Campinas <http://www.campinas.sp.gov.br/governo/meio-ambiente/plano-saneamento-basico.php> (consulta: 12/11/2019).

CEPAGRI (2017). Clima dos Municípios Paulistas. <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html> (consulta: 10/10/2019).

DAEE – Departamento de água e Esgoto. São Paulo (2018). <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/> (consulta: 20/08/2019).

FERNANDES, R. J. AZEVEDO SOBRINHO, J. M. e TEXEIRA, A. L. (1993). Mapa Geológico do município de Campinas. Em IG – Instituto Geológico. Subsidio do meio físico geológico ao planejamento do município de Campinas, São Paulo. <http://www.campinas.sp.gov.br/arquivos/meio-ambiente/plano-saneamento/mapa-02-geologia.pdf> (consulta: 10/10/2019).

IBGE – Instituto Brasileiro de Geográfica e Estatística (2011). Censo Demográfico 2010. Resultados do universo por setores censitários. <http://www.censo2010.ibge.gov.br/resultados.html> (consulta: 20/08/2019).

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2015). Malhas Territoriais 2015. Malhas Municipais. <https://www.geoftp.ibge.gov.br> (consulta: 20/08/2019)

IPT e CPRM (2014). Carta de suscetibilidade a movimentos gravitacionais de massa e inundações município de Campinas-SP. [http://www.sidec.sp.gov.br/producao/map\\_risco/uploads/doc1447942602.pdf](http://www.sidec.sp.gov.br/producao/map_risco/uploads/doc1447942602.pdf) (consulta: 01/09/2019).

VALLADARES, G.S.; COELHO, R.M. e CHIBA, M.K. (2008). Mapa pedológico do Município de Campinas, SP. Campinas: CNPM. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/107206/1/2211.pdf> (consulta: 10/08/2019).