

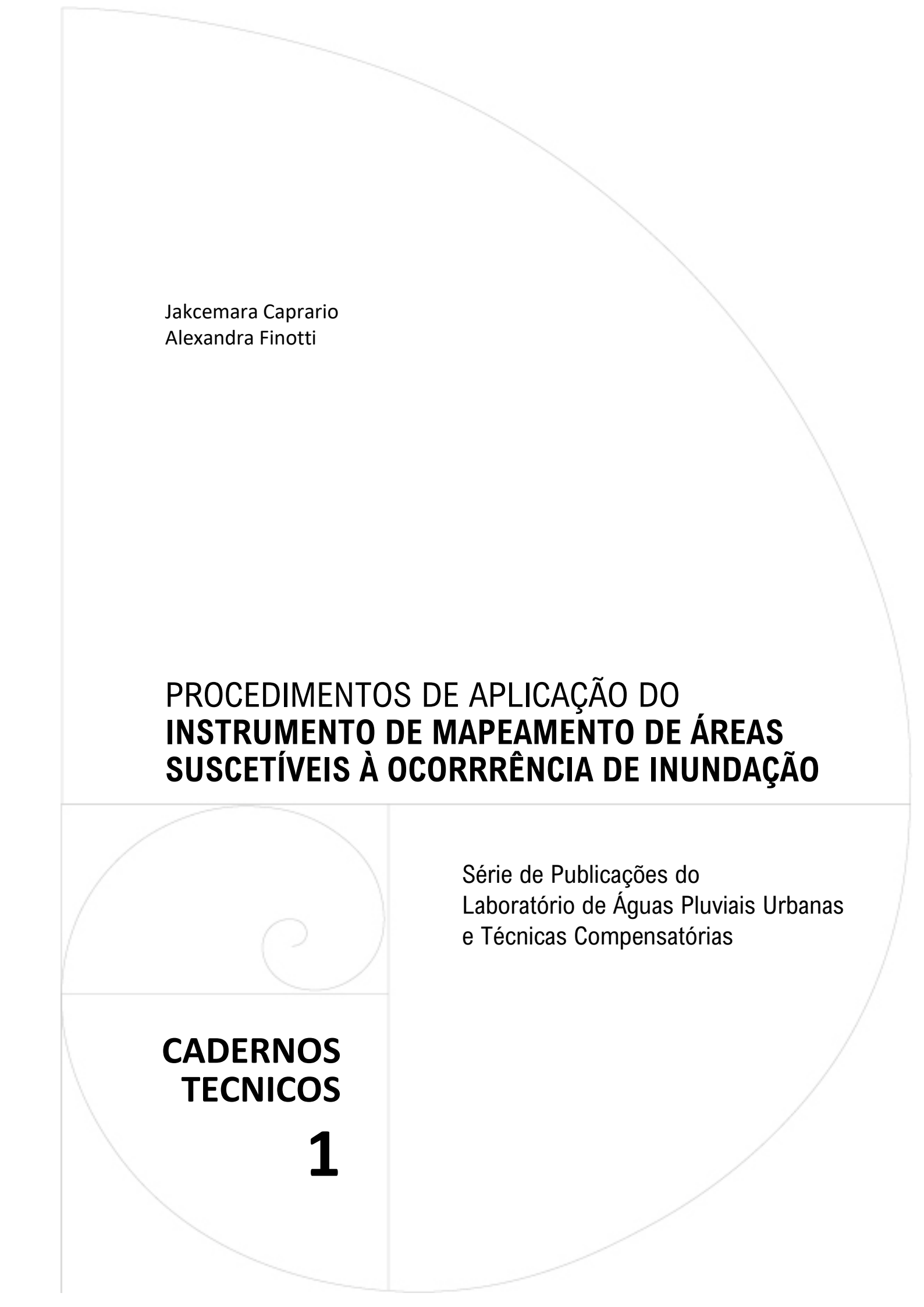
Alexandra Finotti
Jakcemara Caprario

PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO DO INSTRUMENTO DE MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO

Série de Publicações do
Laboratório de Águas Pluviais Urbanas
e Técnicas Compensatórias

**CADERNOS
TÉCNICOS**

1

A large, light gray Fibonacci spiral is centered on the page, starting from the bottom left and expanding outwards. It is composed of a series of quarter-circles that spiral outwards, creating a sense of movement and growth. The spiral is divided into four quadrants by a horizontal and a vertical line that intersect at the center.

Jakcemara Caprario
Alexandra Finotti

**PROCEDIMENTOS DE APLICAÇÃO DO
INSTRUMENTO DE MAPEAMENTO DE ÁREAS
SUSCETÍVEIS À OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO**

Série de Publicações do
Laboratório de Águas Pluviais Urbanas
e Técnicas Compensatórias

**CADERNOS
TECNICOS**

1

Cadernos Técnicos LAUTEC
Uma publicação seriada do
Laboratório de Águas Urbanas
e Técnicas Compensatórias da
Universidade Federal de Santa Catarina

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Caprário, Jakcemara; Finotti, Alexandra
Procedimentos de Aplicação do Instrumento de Mapeamento
de Áreas Suscetíveis à ocorrência de inundação -
Florianópolis: LAUTEC Edições, 2022.
34 p. (Cadernos Técnicos do LAUTEC: v. 1)

Inclui bibliografia

ISBN

Inclui referências.

1. . 2. inundações. 3. mapeamento . 4. ferramenta
gestão. 5. manejo de águas pluviais urbanas. I. Finotti,
Alexandra Rodrigues. II. , . III. Universidade Federal de
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em . IV. Título.



**Laboratório de Águas Pluviais
Urbanas e Técnicas Compensatórias**

ISBN 054564DSF1DF1SDF4D5G3DF21GFD21(fictício)

Alexandra Finotti, Patricia Kazue

Comissão Editorial:

Revisão ortográfica e gramatical:

Normalização:

Diagramação: Katia Diniz

Universidade Federal de Santa Catarina
CTC – ENS LAUTEC

Campus Universitário, Trindade, Setor D
Caixa postal 476
Florianópolis - SC
88040-900, Florianópolis - SC
Email: lautec@ufsc.br
Contate-nos: 55 48 3721 4997

Florianópolis | 2022

CADERNOS TÉCNICOS 1

Alexandra Finotti
Jakcemara Caprario

**Procedimentos de Aplicação
do Instrumento de Mapeamento
de Áreas Suscetíveis à Ocorrência
de Alagamentos e Inundações**





LAUTEC

O LAUTEC



O Laboratório de Águas Urbanas e Técnicas Compensatórias da Universidade Federal de Santa Catarina trabalha no campo do manejo de águas pluviais urbanas. O maior destaque de sua atuação é em pesquisa e desenvolvimento de soluções sustentáveis para a drenagem no Brasil. Temos muito clara a necessidade de disseminação da cultura da sustentabilidade em drenagem e o quanto este tema é importante para o país que segue adotando ainda, com muita frequência, soluções higienistas e ultrapassadas. Auxiliar na mudança deste paradigma é o nosso foco. A missão do laboratório é de promover o ensino, a pesquisa e a extensão nas áreas de manejo de águas pluviais urbanas e planejamento de sistemas resilientes a condições climáticas futuras, sob a perspectiva do pensamento sistêmico, aplicando sua inserção em conjunto com a comunidade. Dentro desta perspectiva criamos os Cadernos Técnicos do LAUTEC



LAUTEC

OS CADERNOS TÉCNICOS DO LAUTEC



Trata-se de uma publicação seriada que visa popularizar informações técnicas em manejo de águas pluviais urbanas proveniente de pesquisas desenvolvidas no laboratório. Publicações técnicas tem a função de trazer informações práticas que possam ser aplicadas no cotidiano das prefeituras, por engenheiros ou técnicos em saneamento. Apesar de julgarmos este um resultado nobre da pesquisa aplicada em engenharia, revistas científicas muitas vezes não se interessam por publicar estes trabalhos. Foi assim que nasceram os Cadernos Técnicos, para serem um espaço para a publicação desse tipo de informação, altamente relevante para o público que atua na prática do manejo de águas pluviais. Os cadernos técnicos ficarão disponíveis gratuitamente na página do LAUTEC, esperamos que possam auxiliar na disseminação da cultura da sustentabilidade em manejo de água pluviais urbanas no Brasil bem como auxiliar na superação do paradigma higienista ainda largamente adotado no país.

Boa leitura!



LAUTEC

SUMÁRIO

ORIGEM E CARACTERÍSTICAS GERAIS	16
DOCUMENTOS GERAIS.....	18
E ETAPAS DO IMAAI	18
EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO	23
MÉTODO DE MAPEAMENTO.....	23



LAUTEC

OBJETIVO



O objetivo do Laboratório de Águas Pluviais Urbanas e Técnicas Compensatórias (LAUTEC) é ampliar e facilitar o acesso às informações necessárias para o MAPEAMENTO DE ÁREAS SUSCETÍVEIS A ALAGAMENTOS E INUNDAÇÕES em regiões urbanas, utilizando o instrumento IMAAI como forma de fomento à definição de áreas e critérios para investimento do orçamento público.

Este Caderno Técnico tem o intuito de viabilizar aos gestores públicos o acesso a ferramentas simplificadas, confiáveis e de baixo custo de aplicação, visando à melhoria no planejamento e gestão do espaço urbano integrado, bem como o apoio na tomada de decisão quando as áreas prioritárias para aplicação das rubricas orçamentárias limitadas.



IMAAI- ORIGEM E CARACTERÍSTICAS GERAIS

Nas últimas décadas ocorreu um avanço no desenvolvimento de medidas de redução e mitigação das inundações, transitando as estratégias tradicionais de defesa para opções mais elaboradas de prevenção e previsão, como por exemplo, o mapeamento da suscetibilidade das áreas urbanas e a elaboração de planos de gestão dos riscos envolvidos (SOUZA, 2012).

O mapeamento da suscetibilidade a ocorrência de inundações e alagamentos é uma importante ferramenta de comunicação com a população local, pois dá uma melhor percepção da distribuição espacial das áreas suscetíveis, bem como, dos consequentes riscos e possíveis prejuízos associados (HAGEMEIER-KLOSE e WAGNER, 2009).

A elaboração do mapa de áreas suscetíveis à inundação demanda uma extensa base de dados, o que muitas vezes dificulta sua execução devido à falta de informações ou mesmo por informações pouco confiáveis (BARBOSA, 2006). A imprecisão dos dados de entrada dificulta, quando não inviabiliza, o uso destas técnicas gerando resultados muito imprecisos. Ressalta-se ainda, que para a aplicação das técnicas de mapeamento tradicional faz-se necessário profissionais com conhecimento especializado, tanto em relação ao software empregado, quanto ao assunto abordado. Isto não representa a realidade da maioria dos órgãos públicos brasileiros, onerando o pouco recurso financeiro disponível pela contratação de profissionais especializados e/ou empresas privadas.

A condição da infraestrutura tecnológica também deixa a desejar, sendo na maioria das vezes utilizado equipamentos ultrapassados e com baixa capacidade de processamento. Apesar da elaboração dos mapas exigirem uma base de dados extensa e conhecimento técnico específico, a fácil interpretação dos resultados por parte da população, acaba favorecendo a



sua utilização, principalmente em programas de educação ambiental e também como suporte à política de prevenção e controle das inundações.

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) instituída pela Lei Nº 12.608, de 10 de Abril de 2012, estabelece que cada município identifique e mapeie as áreas ameaçadas, suscetíveis e vulneráveis a desastres ambientais, como por exemplo, as inundações, visando evitar ou mesmo reduzir sua ocorrência. Reis et al. (2014, p.3) afirmam que:

“a partir desse mapeamento, os gestores públicos poderão tomar medidas estruturais e não estruturais preventivas, como a implantação de obras de engenharia e planejamento do uso da terra, no intuito de evitar ou minimizar os danos decorrentes desses desastres.”(.....)

Neste contexto, foi criado o instrumento metodológico IMAAI que tem como princípio a análise simplificada de informações por meio do tabelamento e ponderação de dados. Para que este método esteja ao alcance dos órgãos de gestão pública e possa ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão, foram considerados em seu desenvolvimento os seguintes requisitos básicos:

- ❖ Baixo custo e fácil aplicação;
- ❖ Não requer pessoal altamente especializado em sistemas computacionais e SIG, mas com conhecimento mínimo dos condicionantes do processo de inundação urbana;
- ❖ Ser confiável, garantindo respostas próximas à realidade;
- ❖ Adequado para uso em escala urbana, incluindo rede de micro-drenagem e a presença de técnicas compensatórias;



DOCUMENTOS GERAIS E ETAPAS DO IMAAI

O método IMAAI consiste na análise, tabulação e ponderação de oito fatores que condicionam o processo de inundação em regiões urbanas, reproduzindo a susceptibilidade à ocorrência com diferentes intensidades de forma pontual e/ou espacial.

A aplicação do IMAAI é composta por 5 etapas, onde toda a complexidade espacial dos fatores é simplificada em uma escala de susceptibilidade. O layout esquemático das etapas de aplicação do método IMAAI é apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

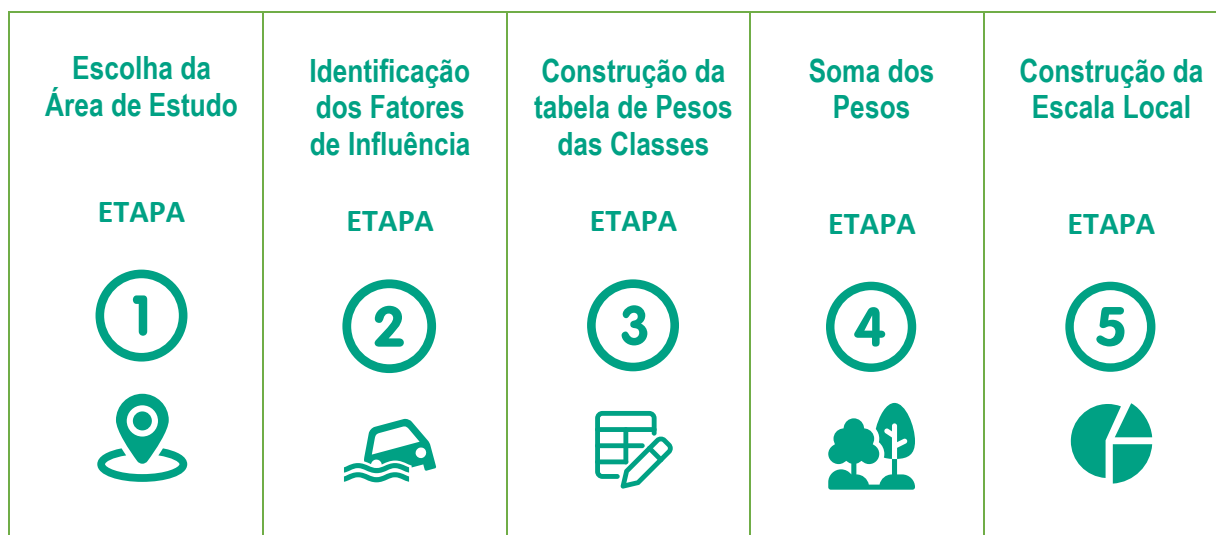


Figura 1. Layout esquemático das etapas do método IMAAI.



ETAPA 1 - Escolha da área de estudo.

O método IMAAI não apresenta restrições sendo aplicável em qualquer lugar.



ETAPA 2 - Identificação dos fatores de influência.

O foco do método é o mapeamento de inundações associadas principalmente à rede de drenagem. Para atingir esse objetivo, foram adotados 8 fatores de influência: **altimetria, uso do solo, hidrografia, precipitação média anual, tipo de solo, declividade, rede de drenagem e estruturas compensatórias**. Deve-se notar que não existe um fator específico que caracterize com precisão as áreas de inundação urbanas, embora a combinação de diversos fatores ambientais e antrópicos seja mais adequada.

Cada fator de influência foi subclassificado de acordo com os diferentes tipos e características do local, por exemplo, o fator de uso do solo é representado por diferentes coberturas dentro de uma região, podendo ser subclassificado como cobertura florestal, corpo d'água, urbanização, vegetação rasteira ou outros (Quadro 1).

Fatores	Classes	Ponderação
Uso do solo	Cobertura florestal	
	Corpo d'água	
	Urbanização	
	Vegetação rasteira	

Quadro 1. Exemplo de subdivisão dos fatores em classes.



ETAPA 3 - Construção da tabela de ponderação das classes.



Os fatores e suas respectivas classes são inseridas em uma tabela simples composta por três colunas (

Quadro 2). Os pesos de cada classe são estabelecidos com base na tabela de pesos das classes brasileiras (Anexo A). Os pesos estabelecidos nesta tabela variam entre 0 e 10, representando o grau de influência que cada classe, dentro do seu respectivo fator, exerce na ocorrência ou não de inundação. Por exemplo, o peso “0” refere-se à classe que tem influência mínima ou nenhuma influência na ocorrência de inundações.

Fatores	Classes	Ponderação
Uso do solo	Fragmento florestal	1
	Reflorestamento	2
	Pastagem	3
	Agricultura	5
	Solo exposto	7
	Estrada Pavimentada	8
	Área urbana	8
	Corpos d'água	10

Quadro 2. Exemplo de atribuição de notas às classes.



ETAPA 4 - Soma dos pesos.

A soma de todos os pesos mínimos e máximos de cada fator estabelecem os limites da escala de susceptibilidade local.



ETAPA 5 - Construção da escala local.

A escala de suscetibilidade local é fragmentado em quatro faixas de suscetibilidade com intervalos distintos. Os intervalos correspondem a 50%, 10%, 15% e 25% dos valores, representando susceptibilidade baixa, moderada, alta e extremamente alta, respectivamente. Esta classificação permite uma melhor distribuição dos resultados, evitando a superestimação de áreas com susceptibilidade extremamente elevada e subestimação de áreas com baixa susceptibilidade.

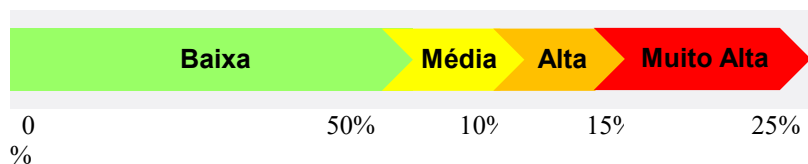


Figura 2. Escala local de suscetibilidade à ocorrência de alagamentos e inundações

A principal aplicação do método IMAAI é considerar a inundações em um cenário de ponto. Por exemplo, um cruzamento de rua onde o bueiro está danificado ou mal dimensionado. Nesse caso, cada fator de influência tem apenas uma classe de referência usada para determinar um índice de suscetibilidade local. Esse índice é comparado à escala local construída na Etapa 5, definindo a faixa de suscetibilidade à ocorrência de inundações sobre o ponto de interesse.

Uma abordagem secundária para aplicação do método IMAAI é considerar a suscetibilidade a ocorrência de inundações em um cenário de mapa. Por exemplo, um distrito ou cidade com características físicas que aumentam naturalmente a susceptibilidade à ocorrência de inundações. Neste caso, em vez de um índice de susceptibilidade de ponto, esta aplicação pode fornecer uma distribuição espacial de todas as áreas potencialmente suscetíveis a inundações, com base na sobreposição das oito camadas de fatores de influência.

A abordagem em cenário de mapa permite a quantificação efetiva da suscetibilidade à ocorrência de inundações em um município, favorecendo uma análise completa das possíveis ações a serem adotadas. Embora a ideia principal por trás do desenvolvimento do método IMAAI não seja a aplicação em cenários de mapa, uma vez que um procedimento



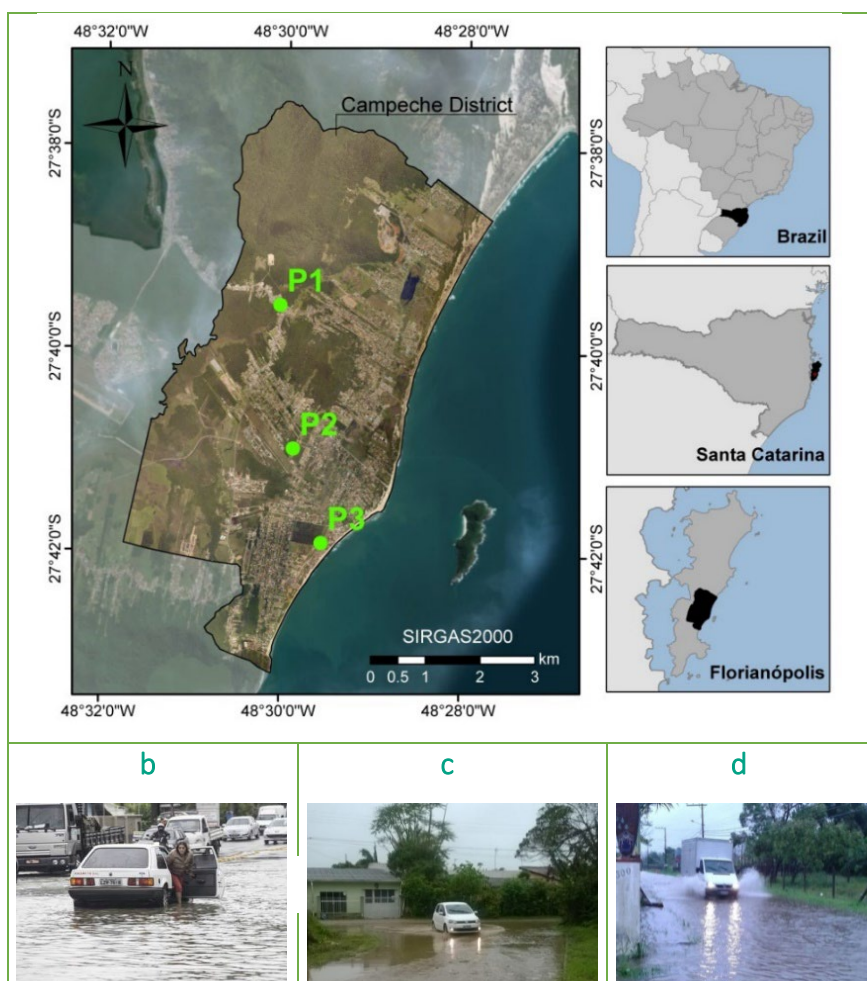
relativamente semelhante pode ser realizado usando técnicas já estabelecidas de geoprocessamento (por

exemplo, a composição AHP-GIS), sua aplicabilidade a cenários complexos prova ser extremamente eficiente em termos de esforço computacional e representação realista das áreas de suscetibilidade em regiões muito grandes e em curto espaço de tempo

EXEMPLO DE APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MAPEAMENTO

Para exemplificar a aplicação do método IMAAI foi escolhido três pontos de teste, localizados no distrito Campeche, região Leste do município de Florianópolis - SC, Brasil. Todos os pontos são constantemente afetados por inundações urbanas causadas por redes de drenagem inexistentes ou mal dimensionadas. A localização dos três pontos de teste é apresentada na

Erro! Fonte de referência não encontrada.





O primeiro ponto de teste está localizado na porção norte do Distrito de Campeche (**Erro! Fonte de referência não encontrada.b**). Os constantes eventos ocorridos neste ponto estão diretamente relacionados à ausência de sistema de captação de águas pluviais, juntamente com a impermeabilização e a presença do rio Tavares.

Esta região ainda é fortemente influenciada por características ambientais, principalmente em relação à presença de bacias hidrográficas, vegetação de mangue e influência direta da elevação das marés. O segundo ponto de teste está localizado na porção central do Distrito do Campeche (**Erro! Fonte de referência não encontrada.c**). Os constantes eventos ocorridos neste ponto estão diretamente relacionados à ausência de sistema de captação de águas pluviais, uma vez que essas ruas são parcialmente pavimentadas. O terceiro ponto de teste está localizado na porção sul do Distrito de Campeche (**Erro! Fonte de referência não encontrada.d**). A principal via de acesso na região possui cobertura parcial da rede de drenagem, basicamente composta por poços de infiltração que transbordam com chuvas intensas, inundando ruas transversais com menor declive. Além disso, no ponto de teste não há estruturas compensatórias e também não há sistema de drenagem por não ser asfaltado. Para todos os pontos, as informações dos oito fatores de influência foram investigadas in loco, procedimento padrão para aplicação do método IMAAI.



CONSTRUÇÃO DA ESCALA LOCAL DE SUSCETIBILIDADE

As classes e pesos para cada fator de influência identificado no Distrito Campeche são apresentados no Quadro 3. A escala de suscetibilidade foi construída conforme previsto no instrumento desenvolvido, sendo obtida pela combinação das notas mínimas e máximas de cada fator, uma escala com variação de 29 a 68 pontos. As faixas da escala de suscetibilidade foram definidas respeitando os intervalos de 50%, 10%, 15% e 25% da variação dos pontos (Figura 3).

Fator	Classes	Ponderação
Altimetria (m)	0 – 250	10
	250 – 500	9
Uso e ocupação do solo	Corpos d'água	10
	Urbanização	8
	Solo exposto	7
	Vegetação rasteira	3
	Fragmento florestal	1
Hidrografia	Existe hidrografia	7
	Não existe hidrografia	3
Precipitação média anual (mm)	1800 – 2100	7
	2100 – 2400	8
	2400 – 2700	9

Quadro 3. Classificação e ponderação das classes dos fatores de influência adaptada para o Distrito Campeche.



Tipos de solo	ARGISSOLOS	5
	NEOSSOLOS	3
Declividade (%)	0 – 3	10
	3 – 8	7
	8 – 20	5
	20 – 45	4
	45 – 75	3
	>75	1
Rede de drenagem	Não existe	7
	Existe rede	3
Estruturas compensatórias	Não existe	10
	Poço de infiltração	3
	Vala de infiltração	2

Figura 4. Escala de suscetibilidade à ocorrência de alagamentos e inundações.



APLICAÇÃO EM CENÁRIO DE PONTO ESPECÍFICO

As classes e pesos que representam os oito fatores de influência para cada ponto de teste são apresentados na

Tabela 1.

	Ponto 1		Ponto 2		Ponto 3	
Factor	Classes	Pesos	Classes	Pesos	Classes	Pesos
Uso do solo	Urbanização	8	Solo exposto	7	Solo exposto	7
Hidrografia	Ausência	3	Ausência	3	Existência	3
Precipitação média anual (mm)	2100 – 2400	8	2400-2700	9	2400-2700	9
Tipo de solo	Neossolo	3	Neossolo	3	Neossolo	3
Declividade (%)	0-3	10	20-45	4	0-3	10
Rede de drenagem	Ausência					
Técnica	Ausência	7	Ausência	7	Ausência	7
Índice de suscetibilidade		59		53		59

Tabela 1: Classes, pesos e índice de suscetibilidade para cada ponto de teste.



É possível observar que a identificação das oito classes de fatores pode ser utilizada de forma simples e rápida para caracterizar a suscetibilidade de ocorrências de inundações em cada ponto de teste, permitindo a análise da influência entre os fatores. Por exemplo, o ponto 2 mostra um terreno fortemente ondulado (declive variando de 20-45%), reduzindo a faixa de suscetibilidade classificada como extremamente alta para apenas alta. Além disso, a classificação determinada pela comparação entre o índice e a escala de suscetibilidade local (53 pontos iguais a suscetibilidade alta e 59 pontos igual a suscetibilidade extremamente alta) confirma os eventos de inundação constantes observados nos pontos de teste.

É interessante notar como o índice de suscetibilidade permaneceu o mesmo para o ponto 1 e ponto 3, embora a precipitação média no ponto 3 tenha sido maior. Esse fato pode estar relacionado ao uso do solo, que se caracteriza por intensa urbanização no ponto 1 e áreas sem vegetação no ponto 3.



APLICAÇÃO EM CENÁRIO DE MAPA

Para representar visualmente a suscetibilidade à ocorrência de inundações em todas as áreas do Distrito de Campeche, o método IMAAI foi aplicado considerando um cenário de mapa composto por múltiplos pontos de teste, mostrados na

Tabela 2 e

Tabela 2. Antes de discutir os resultados, é importante lembrar que a suscetibilidade determinada pelo método IMAAI em cenários de mapas é afetada pela qualidade da representação espacial de oito fatores de influência. Um banco de dados espacial foi construído para o Distrito Campeche; entretanto, esses dados espaciais nem sempre são atualizados e podem gerar divergências com a situação real. Portanto, os resultados apresentados devem ser analisados conceitualmente antes de se tirar conclusões sobre as reais condições de suscetibilidade da área.

Diversas considerações interessantes podem ser extraídas dos resultados. Em primeiro lugar, o mapa de suscetibilidade mostra que faixas de suscetibilidade altas e extremamente altas são evidenciadas basicamente em todas as áreas planas. Este fato pode ser justificado pela presença de encostas baixas, existência de aquífero de superfície livre e rápida elevação do lençol freático por saturação do solo durante os períodos de maior pluviosidade (Cunha et al., 2012).

Além disso, o mapa fornece informações que não podem ser extraídas apenas pela observação visual. Como pode ser visto na

Tabela 2, as áreas com susceptibilidade baixa e moderada juntas representam aproximadamente 49% da área total do Distrito. Devido ao número de fatores de influência considerados, não é possível identificar uma relação direta, apenas tendências que justifiquem esta classificação. Por exemplo, a suscetibilidade a inundações diminui em áreas onde existe uma rede de drenagem associada a estruturas compensatórias, o mesmo é verdadeiro para áreas com declives elevados, como no topo de

morros onde a suscetibilidade é classificada como baixo. É importante observar que uma análise ponto a ponto de suscetibilidade em cenários de mapas existiria o tratamento de uma grande quantidade de informações com probabilidade de erros relacionados a informações desatualizadas. Porém, a aplicação de ferramentas no banco de dados atualizado proporciona informações rápidas e precisas, além de facilitar a extração de relatórios, podendo auxiliar no planejamento e gestão urbana.

Suscetibilidade	Área (km ²)	%
 Baixa	8,49	24,33
 Média	8,60	24,62
 Alta	13,84	39,63
 Muito alta	3,98	11,41
Total	34,91	100,00

Tabela 2: Faixas de suscetibilidade a alagamentos e inundações obtidas por meio do instrumento desenvolvido.

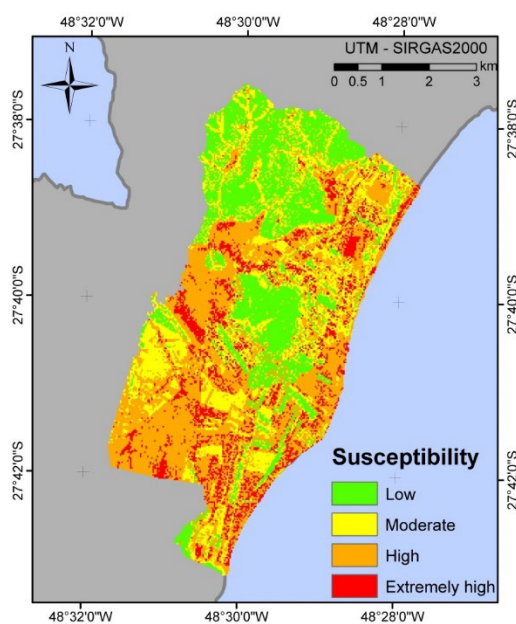


Figura 4. Suscetibilidade a alagamentos e inundações no Distrito do Campeche obtido por meio do IMAAI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, F. A. R. Medidas de proteção e controle de inundações urbanas na bacia do Rio Mamanguape/PB. Paraíba: Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia; 2006.

BRASIL, Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil – SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC; autoriza a criação de sistemas de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nº 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1997, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Portal da Legislação: Leis Ordinárias. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12608.html

CUNHA, L; LEAL, C; TAVARES, A. SANTOS, P. Risco de inundação no município de Torres Nova (Portugal). Rev. Geonorte. Ed. Especial. 2012; 1(4): 961-973.

HAGEMEIER-KLOSE, M., WAGNER, K. Evaluation of flood hazard maps in print and web mapping services as information tools in flood risk communication. Natural Hazards and Earth System Sciences. 2009 Abr, 563-574.

REIS, J. T; SILVA, J. S; MICHEL, G. P; KOBIYAMA, M. Mapeamento da vulnerabilidade a desastres hidrológicos nos Municípios de Alto Feliz e São Vendelino/RS como forma de contribuição à engenharia de sedimentos. XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES. João Pessoa: ABRH. 2014.

SOUSA, L. F. N. M. Metodologia para o mapeamento de cheias em zonas de risco. Aplicação a um troço de um rio do norte de Portugal. [dissertação]. Portugal: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia; 2012.

Cadernos Técnicos LAUTEC
Uma publicação seriada do
Laboratório de Águas Urbanas
e Técnicas Compensatórias da
Universidade Federal de Santa Catarina

Caderno Técnico 1

Universidade Federal de Santa Catarina
CTC – ENS LAUTEC

Florianópolis | 2020



Laboratório de Águas Urbanas e Técnicas Compensatórias da Universidade Federal de Santa Catarina trabalha no campo do manejo de águas pluviais urbanas. O maior destaque de sua atuação é em pesquisa e desenvolvimento de soluções sustentáveis para a drenagem no Brasil.