

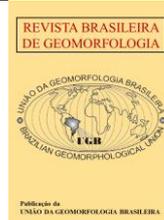


<https://rbgeomorfologia.org.br/rbg>
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 23, n° 4 (2022)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v23i4.2152>



Artigo de Pesquisa

Inundações e alagamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brasil, segundo indicadores geomorfológicos

Inundations and floods in Teófilo Otoni, Minas Gerais, Brazil, according to geomorphological indicators

Caio Mario Leal Ferraz ¹, Roberto Célio Valadão ², Daniel Brasil Ferreira Pinto ³ e Rafael Alvarenga Almeida ⁴

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia; Teófilo Otoni, Minas Gerais; Brasil; caio.ferraz@ufvjm.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6083-9543>

² Universidade Federal de Minas Gerais; Instituto de Geociências; Belo Horizonte, Minas Gerais; Brasil. valadaobh@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3449-7628>

³ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia; Teófilo Otoni, Minas Gerais; Brasil; daniel.brasil@ufvjm.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6968-8435>

⁴ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri; Instituto de Ciência, Engenharia e Tecnologia; Teófilo Otoni, Minas Gerais; Brasil; rafael.almeida@ufvjm.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3828-7305>

Recebido: 05/08/2021; Aceito: 05/05/2022; Publicado: 01/10/2022

Resumo: Inundações são frequentes nas cidades brasileiras, não apenas em função das características climáticas nacionais, mas em decorrência das alterações promovidas pela expansão urbana, comumente desacompanhada de planejamento e políticas eficazes para ocupação e uso do solo. Em Teófilo Otoni, Minas Gerais, inundações causam danos econômicos e sociais ao município, com o agravante do aumento da sua frequência nas últimas décadas. O objetivo deste trabalho é apresentar um mapa da suscetibilidade a inundações e alagamentos na cidade. A partir da avaliação dos fatores condicionantes, esta pesquisa se baseou em trabalhos de campo, análise de produtos de sensoriamento remoto e avaliação de dados obtidos junto a órgãos de segurança pública, sendo identificadas áreas com distintos graus de perigo. Observou-se que as inundações estão relacionadas com alterações no comportamento hidrológico do principal curso d'água que drena o município, decorrentes da ocupação desordenada. Inundações também decorrem de alterações diretas no canal e planícies fluviais. Os alagamentos ocorrem predominantemente em feições convergentes do modelado, que também experimentaram impermeabilização das vertentes e fundos de vale, muitas vezes acompanhadas de canalização subterrânea dos cursos d'água. Deficiências no planejamento são práticas que ocorreram no passado, se repetindo no presente, configurando modelo de continuada produção do perigo na cidade.

Palavras-chave: Perigo Ambiental; Planejamento Urbano; Geomorfologia Aplicada

Abstract: Floods are frequent in Brazilian cities, not only because of the country's climatic characteristics, but also because of changes promoted by urban expansion, commonly unaccompanied by effective planning and policies for land occupation and use. In Teófilo Otoni, Minas Gerais, they cause economic and social damage to the municipality, aggravating the increase in their frequency in recent decades. In order to present a map of the susceptibility to flooding and flooding in the city. From the assessment of conditioning factors, this research was based on fieldwork, analysis of remote sensing products and evaluation of data obtained from public security agencies, identifying areas with different degrees of danger. It was observed that floods are related to changes in the hydrological behavior of the main watercourse that drains the municipality, resulting from disorderly occupation. Floods also result from direct changes in the channel and river plains. Flooding occurs predominantly in convergent features of the model, which also experienced waterproofing of the slopes and valley bottoms, often accompanied by underground channeling of watercourses. Deficiencies in planning are practices that occurred in the past and are repeated in the present, configuring a model for the continued production of danger in the city.

Keywords: Environmental Hazard; Urban Planning; Applied Geomorphology

1. Introdução

Inundações são fenômenos que podem ocorrer naturalmente, embora as suas manifestações sejam potencializadas ou induzidas pela ação humana. Esses fenômenos, como também alagamentos, podem ser condicionados por alterações antrópicas promovidas na morfologia das vertentes, nas propriedades dos solos ou nas condições de drenagem (TUCCI, 1997; TAVARES e SILVA, 2008; CARMO, 2014; MAZOTO, 2015). O uso inadequado do solo, ditado pelas características de sua ocupação aliada à sistemática intensificação do crescimento populacional, tal qual tem ocorrido historicamente quanto ao processo de urbanização no Brasil, ocasionou severas interferências na dinâmica dos condicionantes de inundações e alagamentos. Em decorrência disso, é cada vez mais comum no país desastres cujas dimensões se relacionam às características intrínsecas do território, à sua interação com um sistema em desequilíbrio e à magnitude dos eventos (RAMOS, 2013; AMARAL e REIS, 2017).

Notadamente nos países subdesenvolvidos, a formação das cidades se iniciou em áreas adjacentes aos cursos d'água, quer pela facilidade promovida pela topografia plana, quer pelo acesso à água (ALMEIDA e CARVALHO, 2010). Em razão disso são comuns as inundações que causam vultuosos prejuízos econômicos e levam ao óbito de habitantes nas cidades (FLOODSITE PROJECT, 2008; MAZOTO, 2015). Ramos (2013) considera que inundações são fenômenos hidrológicos extremos, que apresentam frequência variável e consistem na submersão de uma área usualmente emersa. Na mesma linha, para Bloch *et al.* (2012) uma inundação ocorre quando um volume de água inunda uma área, construída ou não, antes não submersa, sendo normalmente causada por uma combinação de eventos meteorológicos e hidrológicos. Alagamentos, por sua vez, se referem a acúmulo momentâneo de águas em determinados locais por deficiência no sistema de drenagem (AMARAL e RIBEIRO, 2009).

O que se observa em Teófilo Otoni, sede municipal localizada na região nordeste do estado de Minas Gerais e a 450 km de Belo Horizonte (Figura 1–A), no que diz respeito às inundações e alagamentos, é panorama coerente com a literatura até aqui referenciada: o crescimento da cidade ocorreu, inicialmente, ao longo das planícies fluviais que margeiam o principal curso d'água que drena o município (Rio Todos os Santos) e seus mais relevantes tributários – rios São Jacinto e Santo Antônio (FERRAZ *et al.*, 2016a) (Figura 1–B). Muitas destas áreas são afetadas por inundações e alagamentos, ambos recorrentes, podendo-se atribuir aos fenômenos frequência periódica, ao menos nos últimos anos do século atual (FERRAZ *et al.*, 2018).

Em recorte temporal recente, veículos de comunicação distintos noticiaram inundações e alagamentos em Teófilo Otoni em 04 de fevereiro de 2002; 28 de novembro de 2012; 09 de dezembro de 2013 e 20 de janeiro de 2016, os quais afetaram vários pontos da cidade. Além desses registros, a compilação de dados fornecidos pelo Corpo

de Bombeiros Militar de Minas Gerais (2ª Cia/6º Batalhão) e Polícia Militar de Minas Gerais (19º Batalhão) permitiu concluir que entre os anos de 2011 e 2015 ocorreram 59 diligências voltadas para o atendimento da população afetada por inundações e alagamentos. Apesar das informações que apontam para a ocorrência de inundações e alagamentos em Teófilo Otoni, há relativa carência na sistematização dos registros e de trabalhos que indiquem os setores de ocorrência e os condicionantes destes fenômenos. Isso também significa que pouco se conhece a respeito da contribuição do clima e do sítio de ocupação para a deflagração destes eventos na cidade. Pode-se considerar o mesmo a respeito do papel da urbanização, sendo tais considerações alvo de interesse deste trabalho.

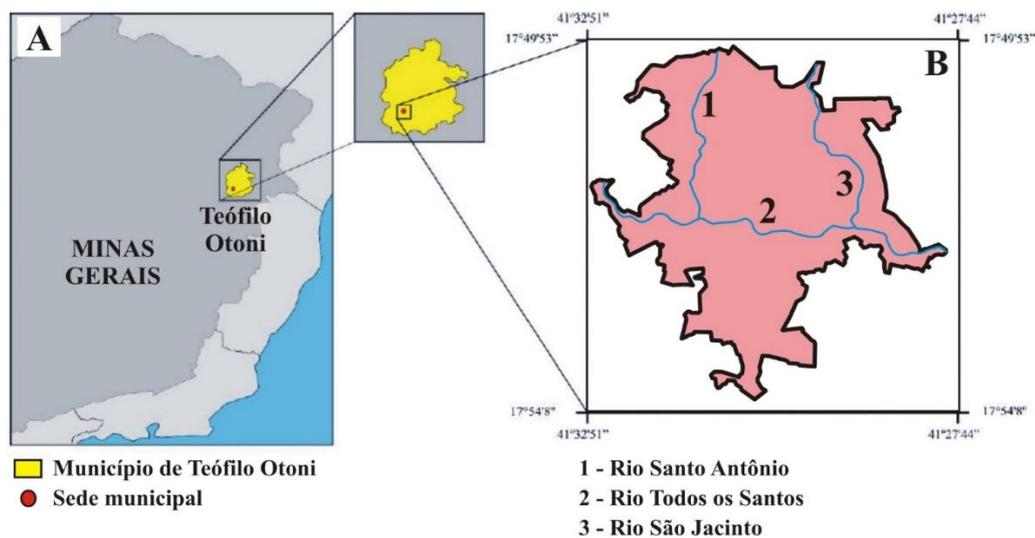


Figura 1. Localização de Teófilo Otoni no estado de Minas Gerais, em **A**, e limite de seu tecido urbano em **B**.

É no contexto até aqui apresentado que se objetiva apresentar um mapeamento da suscetibilidade a inundações e alagamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais. Com base nos dados levantados para elaboração do referido mapa, foi possível identificar os principais condicionantes para a ocorrência de inundações e alagamentos na cidade, como o papel do clima, notadamente a precipitação pluviométrica, e relevo, além das consequências das alterações promovidas pelo crescimento de seu tecido urbano.

1.1. Área de Estudo

A área investigada neste trabalho, a qual inclui em sua porção central a cidade de Teófilo Otoni (Figura 1–A), se localiza a 450 Km da capital do estado e faz parte da mesorregião Vale do Mucuri, no nordeste do estado de Minas Gerais. Segundo dados censitários, o município apresenta população de 141.505 habitantes, distribuída em uma área total de 3.242,270 Km² (IBGE, 2016). O perímetro do tecido urbano de Teófilo Otoni abarca área de 19,620 km², ao passo que a área total investigada apresenta de 64,173 km² (Figura 1–B).

O substrato litoestrutural é composto por rochas de variado grau metamórfico e granitoides, ambos proterozoicos, que se apresentam truncadas por lineamentos brasileiros de direções principais NE-SW e secundárias NW-SE (FERRAZ, 2006). As unidades litológicas predominantes, Formação Tumiritinga e Tonalito São Vitor, constituem-se, respectivamente, de biotita gnaisse cinza, fino ou, ocasionalmente, médio, com bandamento submilimétrico a poucos milímetros e biotita-tonalito, hornblenda-biotita tonalito e, subordinadamente, biotita granodiorito normalmente foliadas (CPRM, 2001; PAES, 2001). No tocante aos solos, destacam-se Latossolos e Argissolos (SANTOS *et al.*, 1987; FERRAZ, 2006; ALMEIDA, 2016), os primeiros nos níveis de cumeada, os últimos em feições de declividade variada (FERRAZ *et al.*, 2017).

Ferraz e Valadão (2006) classificam o relevo da área investigada como planalto de dissecação fluvial estruturalmente direcionada. A cidade se desenvolveu predominantemente sobre morfologias moderadamente planas e alongadas, onde predominam as menores altitudes da área investigada (FERRAZ *et al.* 2016b). A nordeste e noroeste de Teófilo Otoni predomina relevo com maior grau de dissecação fluvial e altitudes intermediárias, enquanto nos quadrantes sudeste e sudoeste da área investigada se verifica patamar altimétrico intermediário e as maiores amplitudes topográficas, além das vertentes de mais elevada declividade.

Para Martins (2010) o clima na região de Teófilo Otoni é tropical úmido, com temperaturas médias superiores aos 18°C (REBOITA *et al.*, 2015) e índice pluviométrico médio anual de 1009mm, concentrado em estação chuvosa que se estende de outubro a março, quando ocorre cerca de 80% da precipitação total anual (FERRAZ *et al.*, 2016b).

2. Materiais e Métodos

2.1. O balanço hídrico simplificado de Teófilo Otoni

O balanço hídrico simplificado proposto para Teófilo Otoni foi elaborado a partir de dados pluviométricos (estações Teófilo Otoni e Mucuri) e fluviométricos (estação Francisco Sá), obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET e à Agência Nacional de Águas. Os dados foram integrados em gráficos de barra e área, nos eixos horizontais superior e inferior, respectivamente.

Para a construção deste balanço foi necessário ainda estimar o escoamento de base – fluxo basal – a partir dos dados de vazão do Rio Todos os Santos, utilizando-se o módulo BFI+ 3.0 do software *HydroOffice* (ANA, 2015). A opção pelo módulo BFI+ 3.0 se deu por se tratar do algoritmo de separação Método de Mínimo Local, que consiste na análise de cada dia para determinar qual é a menor vazão na metade do intervalo de dias selecionados menos um dia, antes e depois do dia considerado. Selecionada a menor vazão, esta passa a configurar o mínimo local e, em seguida, é ligada por segmentos de linhas retas aos mínimos locais adjacentes, construindo-se a hidrógrafa estimada do fluxo basal. O valor do escoamento de base para cada dia é considerado por interpolação linear, em método cujo resultado pode ser visualizado ligando os pontos mais baixos da hidrógrafa com segmentos de linhas, conforme Sloto e Crouse (1996). Uma vez calculados os valores de escoamento de base, os dados foram exportados e dispostos juntamente aos valores pluviométricos (entrada de chuvas) e fluviométricos (deflúvio total do Rio Todos os Santos), gerando balanço hídrico simplificado para a área investigada.

2.2. A elaboração da cartografia específica

A base cartográfica utilizada para a composição do mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos em Teófilo Otoni foi elaborada por Ferraz *et al.* (2018), a saber: modelos digitais de elevação hidrologicamente condicionados (MDEHC) e análises multicritérios. Estes materiais consistem em uma série de mapas e bases publicadas por Ferraz *et al.* (2018) ao trabalharem caminhos metodológicos em geotecnologias para o mapeamento das áreas suscetíveis a inundações e alagamentos, em análises produzidas na escala de 1:35.000.

Para a construção do mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos, o qual teve como base o mapa das planícies fluviais de Teófilo Otoni, utilizaram-se *shapefiles* que contêm informações resultantes da tabulação dos dados fornecidos pelo Corpo de Bombeiros e pela Polícia Militar (Quadro 1).

Estas corporações mantêm registros informatizados desde o ano de 2011, quando os seus bancos de dados foram unificados, integrados e modernizados por meio dos sistemas de Registro de Eventos de Defesa Civil (REDS) e de armazém de dados. Uma vez padronizados, estes sistemas eletrônicos geram informações com base nas diligências efetuadas pelos agentes da Polícia Militar e Corpo de Bombeiros, sendo possível determinar se cada episódio registrado se relaciona a inundações ou alagamentos. Como geralmente estão presentes observações dos agentes em campo, foi possível identificar as operações de resgate, separando-as de outras diligências.

Sobre estes dados, convém destacar que o bairro Joaquim Pedrosa, com um total de três ocorrências, e os bairros Bela Vista e São Jacinto, com quatro registros, foram considerados como áreas de média suscetibilidade a inundações, especialmente porque, em todos eles, os registros se relacionam a mais de um ano no período analisado, indicando recorrência do fenômeno. O bairro Vila São João, com um total de 13 ocorrências, foi classificado como de alta suscetibilidade a inundações, uma vez que o esforço demandado pelo Corpo de Bombeiros e Polícia Militar, no ano de 2012, demonstra a gravidade do evento. Por apresentar recorrência em todos os anos da série histórica, o bairro Olga Correa Prates é considerado de alta suscetibilidade a alagamentos (Quadro 1).

Quadro 1. Gradação da suscetibilidade a inundações e alagamentos estabelecida segundo informações disponibilizadas pelo Corpo de Bombeiros e Polícia Militar. Estão destacados com asteriscos os bairros onde foram registradas ocorrências dos fenômenos tratados em pelo menos três anos da série histórica avaliada.

BAIRROS	OPERAÇÕES DE SALVAMENTO (INUNDAÇÕES)	GRADAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE
Castro Pires	1	Baixo
Cidade Nova	1	
Concórdia	1	
Esperança	1	
Frei Dimas	1	
Grão Pará	1	
Lourival Soares Da Costa	1	
Marajoara	1	
Matinha	1	
Mucuri	1	
Novo Horizonte	1	
Palmeiras	1	
São Cristóvão	1	
Solidariedade	1	
Turma 37	1	
Jardim Floresta	2	
Jardim Iracema	2	
Jardim São Paulo	2	
Manoel Pimenta	2	
Joaquim Pedrosa*	3	Médio
Bela Vista	4	
São Jacinto	4	
Vila São João	13	Alto
BAIRROS	OPERAÇÕES DE SALVAMENTO (ALAGAMENTOS)	GRADAÇÃO DA SUSCETIBILIDADE
Tabajaras	1	Baixo
Dr. Laerte Laender*	4	Alto
Olga Correia Prates*	4	

Convém ressaltar que, durante a elaboração do mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos de Teófilo Otoni, Minas Gerais, não foram considerados os limites dos bairros, mas apenas aquelas áreas que faziam interseções com as planícies de inundação já mapeadas por Ferraz *et al* (2018). Isso se deu a partir da inserção das informações contidas no Quadro 1 como novos *shapefiles* adicionados à base cartográfica utilizada para a composição do mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos em Teófilo Otoni a qual, como já explicitada,

foi elaborada por Ferraz *et al.* (2018), a saber: modelos digitais de elevação hidrologicamente condicionados (MDEHC) e análises multicritérios.

2.3. Os trabalhos de campo

Os trabalhos de campo que visaram reconhecimento e avaliação das calhas e planícies fluviais do Rio Todos os Santos e de seus principais afluentes, no interior do tecido urbano de Teófilo Otoni, consistiram principalmente na coleta de informações a respeito dessas áreas, com foco principal nas estruturas urbanas eventualmente presentes e demais formas de uso e ocupação do solo às margens dos cursos d'água. Essas atividades ocorreram inicialmente focadas no Rio Todos os Santos e, posteriormente, em seus afluentes mais importantes, a saber: Rio Santo Antônio e Rio São Jacinto. Esses foram definidos em função (i) de sua extensão no interior da área urbana, (ii) por se tratar de cursos d'água não canalizados ou com canalização aberta, possibilitando acesso e visualização, (iii) histórico de inundações, segundo dados fornecidos pelo Corpo de Bombeiros e Polícia Militar, e (iv) pela intensidade da ocupação em suas margens e planícies fluviais.

Um segundo esforço objetivou examinar o uso e ocupação do solo nas áreas marginais aos cursos d'água, tendo sido identificadas aquelas (i) ocupadas por edificações, ruas ou demais aparelhos urbanos; (ii) com predominância de extratos vegetativos de diferentes portes e estados de degradação; e (iii) de solo exposto ou aterro. Atenção especial foi dedicada para as relações entre a localização das residências existentes nessas áreas e os cursos d'água, no sentido de identificar aquelas que apresentavam moradias muito próximas às margens dos canais, ou ainda as que foram construídas sobre o leito fluvial.

Buscou-se reconhecer, em campo, as feições do modelado que se caracterizam, do ponto de vista hidrogeomorfológico, como zonas concentradoras do escoamento superficial, em áreas que registram recorrência de alagamentos e inundações. Nessas porções da cidade, cicatrizes dos fluxos superficiais ou quaisquer outros indícios de concentração de fluxos superficiais da água precipitada foram avaliados, objetivando a análise do quadro geomorfológico como elemento condicionante dos fenômenos em análise. Essas informações foram utilizadas como elemento auxiliar na elaboração dos mapas de concentração do escoamento superficial e de suscetibilidade a inundações e alagamentos de Teófilo Otoni, este último produto final do trabalho. Ainda com relação a essas áreas, o padrão de ocupação urbana foi investigado em campo, uma vez que a impermeabilização dos solos, existência de canais ou estruturas de direcionamento do escoamento superficial, degradação das vertentes ou ainda canalização de leitos fluviais mereceram destaque na avaliação da suscetibilidade proposta.

3. Resultados

3.1. Expansão urbana e alterações hidrológicas na área investigada

Inundações e alagamentos resultam de uma complexa e intrincada relação de condicionantes que podem desencadear ou agravar a ocorrência e a magnitude dos eventos. Na literatura que trata do tema é comum serem avaliados, na análise da suscetibilidade, clima, rede de drenagem, relevo, uso e ocupação dos solos, características geomorfológicas e geológicas regionais e locais, além de aspectos da ocupação humana. Este conjunto de elementos é comumente atribuído como responsável por inundações e alagamentos (PEDROSA e PEREIRA, 2006; RAMOS, 2013).

O esforço para compreensão dos mecanismos de ocorrência de inundações e alagamentos em Teófilo Otoni contempla o entendimento dos padrões climáticos da área, especialmente no que diz respeito à distribuição pluviométrica e a ocorrência de eventos de chuvas extremas. A distribuição das chuvas na área é marcada pela irregularidade ao longo da série histórica avaliada (1961 a 2015) e concentração dos volumes de precipitação durante a estação chuvosa (Figura 2).

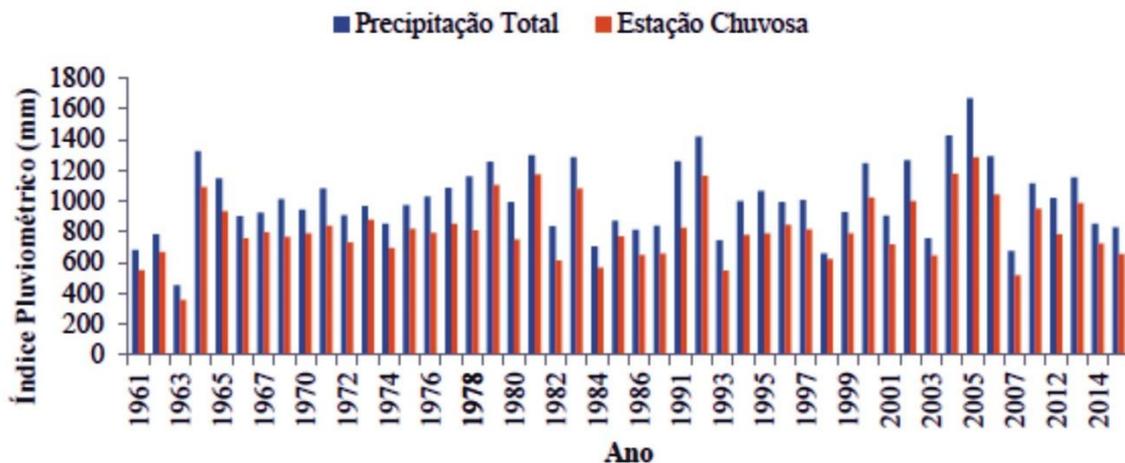


Figura 2. Precipitação acumulada por ano, entre 1961 e 2015, e valor da estação chuvosa, conforme dados da Estação Meteorológica Teófilo Otoni.

Em 1964, durante a estação chuvosa, registrou-se 1092,4mm de precipitação pluviométrica e, em 1979, o acumulado deste período chegou a 1104,8mm. As precipitações durante esta estação também excederam a média anual em 1981 (1175,3mm) e 1983 (1083,7mm). Esse fenômeno se repetiu em 1992 (1162,9mm), 2000 (1023,1), 2002 (1000,4mm), 2004 (1179,7mm), 2005 (1285,3mm), 2006 (1043,3mm) e 2013 (987,1mm), de tal modo que em 11 anos a precipitação registrada apenas durante a estação chuvosa superou a média anual para a série histórica. Com efeito, nos anos de 1964, 1981, 2002, 2004, 2006 e 2013 ocorreram eventos de precipitação superior a 100mm em intervalo igual ou inferior a 24 horas (Tabela 1). Fatos semelhantes também foram registrados nos anos de 1975, 2012 e 2016 e há registros de inundações e alagamentos nos anos de 2002, 2012 e 2016 (Tabela 1).

Tabela 1. Eventos pluviométricos extremos e variação da vazão do Rio Todos os Santos, segundo Ferraz (2019).

PERÍODO	VAZÃO MÉDIA (m³/s)	ESCOAMENTO DE BASE – MÉDIA (m³/s)	RAZÃO
1961-1969	16,0	9,2	0,57
1970-1979	14,6	6,4	0,64
1980-1989	14,8	8,8	0,59
1990-1999	13,5	9,1	0,67
2000-2008	17,9	10,1	0,56

Os eventos de 2013 se relacionam à pluviosidade acumulada em período superior a 24 horas, mas excedendo 100mm de chuvas, momentos em que foram registrados alagamentos em Teófilo Otoni. Já nos casos de 2002, 2012 e 2016 a altura pluviométrica excedeu 100mm em um período de 24 horas, ocasionando inundações e substancial elevação da vazão do Rio Todos os Santos (Tabela 1). Nesse aspecto, Ramos (2013) sustenta que o estabelecimento da probabilidade de ocorrência de inundações, ou mesmo a sua frequência representa a probabilidade de ocorrência de um processo com potencial destruidor numa dada área e num determinado período. Em contextos de precipitação elevada em curto intervalo de tempo, Coelho Netto (2011) ressalta que é consensual que para áreas adjacentes aos cursos d’água afluem os fluxos resultantes da precipitação sobre as encostas, configurando cenário propício a inundações e alagamentos. Considerando essas afirmações, os dados indicam que é possível compreender como eventos pluviométricos extremos (100mm em 24 horas) aqueles que apresentam potencial para

causar danos. A possibilidade que este perigo esteja se tornando mais frequente, em virtude da recorrência nos últimos anos da série histórica, aumenta a necessidade de pesquisa e monitoramento sistemático do comportamento das chuvas, vazão dos principais cursos d'água e inundações na área investigada.

Além do padrão pluviométrico, os sistemas fluviais em áreas urbanas apresentam, em diversos graus, alterações na qualidade e quantidade de água como resultado do modelo vigente de produção do espaço nas cidades. Para Finkler (2012), os impactos do desenvolvimento urbano sobre os recursos hídricos se dão também de modo quantitativo, com mudanças nos padrões de fluxo e quantidade da água. Nesse sentido, Ferraz *et al.* (2017) avaliaram o crescimento da área impermeabilizada em Teófilo Otoni, identificando aumento da ordem de 133% nas últimas quatro décadas. Para Batella (2018) este crescimento se acelerou nos últimos 20 anos, exatamente no mesmo período em que se tornaram mais frequentes os eventos pluviométricos extremos anteriormente identificados (Tabela 1). Deve-se observar que, na medida em que o tecido urbano avança no espaço, em especial quando de modo desordenado e carente de planejamento, ocorre crescente impermeabilização do solo por meio de pavimentação das ruas e lotes, construção de moradias e outras obras de infraestrutura (CEMIN *et al.*, 2009). Como consequência, “o aumento da impermeabilização do solo com pavimentos, calçadas e telhados, resulta em escoamento mais rápido da água precipitada para as redes de drenagem urbana, as quais, por sua vez, concentram estes volumes nos rios principais (FINKLER, 2012).

Nessa perspectiva, a análise do balanço hídrico simplificado para a área investigada (Figura 3), permite identificar que durante as décadas de 1960 a 1990 o comportamento relativo entre o deflúvio total e o escoamento de base não demonstra discrepâncias relevantes, ainda que as curvas exibam formas distintas – possivelmente refletindo a variabilidade pluviométrica da região naqueles períodos. Entretanto, a partir do ano 2000 se nota possível alteração no ciclo hidrológico da área investigada, marcada pela ocorrência de picos elevados do deflúvio total e diminuição do escoamento de base (Figura 3). Uma vez que estão registrados valores superiores de vazão e diminuição do fluxo de base, é justo interpretar que a elevação do escoamento superficial contribua para o aumento do deflúvio total do Rio Todos os Santos – especialmente quando o crescimento do tecido urbano suprime a vegetação nativa e, portanto, reduz a evapotranspiração (ANDRADE FILHO *et al.*, 2000).

Ao considerar tais aspectos, não parece ser coincidência que 9 dos 12 eventos pluviométricos extremos que causaram inundações na cidade tenham ocorrido a partir de 2002. Ferraz (2019) demonstrou que este fato parece ser explicado pela ocorrência concomitante da elevação dos volumes de precipitação, ou aumento da frequência de eventos pluviométricos extremos, e crescimento da área impermeabilizada. O resultado é a precipitação efetiva aumentada em razão do incremento do volume de chuvas, a qual tende a predominar sobre os fluxos de base em função da impermeabilização dos solos, acarretando elevação rápida da vazão do Rio Todos os Santos. A esse respeito Binda *et al.* (2012) consideram que, nas áreas urbanas, alterações promovem a diminuição do tempo de concentração (*lag time*) devido ao fato de que a água escoada superficialmente chega muito mais rápido ao sistema de drenagem do que outrora. Isso decorre do aumento dos picos de vazão em decorrência da ampliação dos fluxos superficiais, que podem ser majorados em duas (LEOPOLD, 1991), quatro (CHIN, 2006) ou até seis vezes (WOLMAN, 1967) mais do que o que foi observado em épocas anteriores à urbanização.

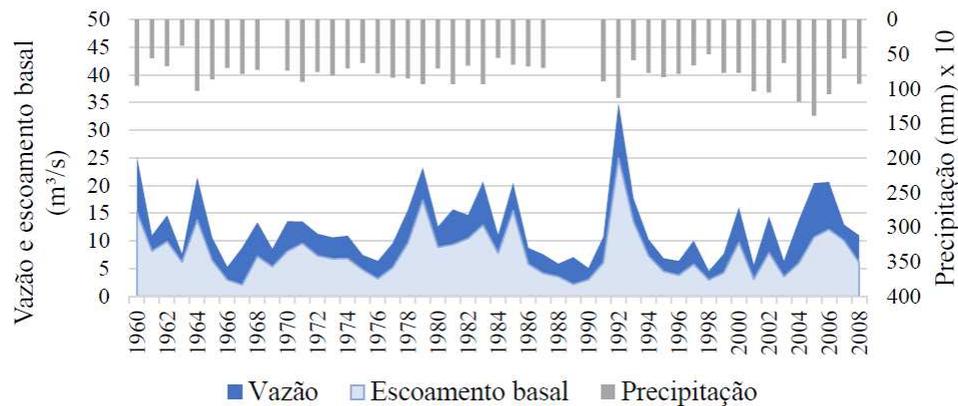


Figura 3. Balanço hídrico simplificado da área investigada (1961 a 2008).

3.2. Considerações sobre o crescimento urbano, o relevo e alterações diretas nos cursos d'água da área investigada

Não apenas os fatores climáticos, notadamente pluviométricos, interferem na vazão dos cursos d'água ou na deflagração de inundações e alagamentos. Para Amaral e Ribeiro (2009), as formas do relevo são condicionantes naturais para a ocorrência de inundações, e alagamentos, não devendo, contudo, ser analisadas sem as devidas correlações com demais fatores de ordem natural ou antrópica. Fernandes *et al.* (2001, p. 54), ressaltam que as “porções côncavas do relevo (...) representam zonas de convergência de fluxos tanto superficiais quanto subsuperficiais”, opinião balizada por Andrade *et al.* (2015), que consideram anfiteatros como zonas de concentração de drenagem. Muitas destas feições, neste trabalho genericamente denominadas reentrâncias, estão presentes na área investigada, algumas delas apresentam-se impermeabilizadas pela ocupação urbana, as quais alimentam canais fluviais de primeira ou segunda ordem, de curta extensão, que rapidamente transportam os fluxos de chuvas dessas áreas para o Rio Todos os Santos, contribuindo para a nucleação de inundações verificadas na cidade (Figura 4). Isso ocorre uma vez que o relevo da área em análise, intensamente dissecado pela incisão dos canais fluviais, é caracterizado por morros isolados, a maior parte deles exibindo vertentes de elevada declividade. Pequenas bacias de drenagem são eficientes áreas concentradoras do escoamento superficial, as quais não se restringem apenas aos vales fluviais, como se pode verificar na Figura 5, mas também às principais concavidades das encostas.

A geomorfologia da área investigada favorece a concentração e o rápido escoamento superficial, motivo pelo qual os eventos pluviométricos extremos tendem a refletir em elevação rápida da vazão dos cursos d'água, especialmente no baixo curso do Rio Todos os Santos, principal feição concentradora de fluxos no interior da cidade. Muitos setores de Teófilo Otoni que registram alagamentos recorrentemente, a exemplo dos bairros Dr. Laerte Laender, Olga Correa Prates e Tabajaras (Figura 5), se caracterizam pela ocupação de reentrâncias cujas linhas de cumeada, vertentes e bacias de drenagem foram alteradas pela urbanização, processo acompanhado de intensa impermeabilização dos solos e canalização de cursos d'água. Durante eventos pluviométricos intensos, ocorre nessas áreas significativa concentração do escoamento dos fluxos superficiais de chuva para planícies fluviais, também impermeabilizadas, onde cursos d'água canalizados não possibilitam o fluxo do escoamento superficial direto, avultando os danos decorrentes de alagamentos – motivo pelo qual está sendo implementada uma barragem de contenção na área (Figura 5 – B).

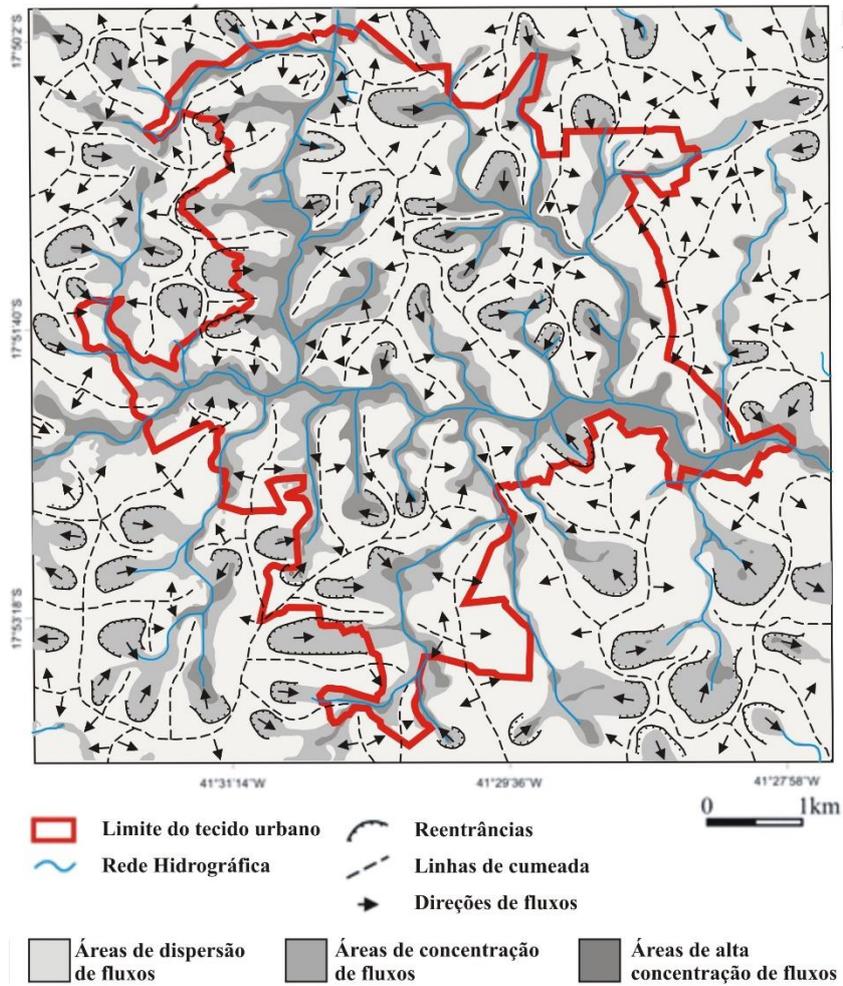


Figura 4. Mapa de concentração do escoamento superficial da área investigada, segundo Ferraz (2019).



Figura 5. Reentrâncias nos bairros Dr. Laerte Laender e Olga Correa Prates (A) e Tabajaras (B).

Além dessas dinâmicas locais, considerando que a morfologia da área investigada é caracterizada por significativa ocorrência de reentrâncias, pode-se deduzir que estas feições concentram o volume de escoamento superficial que se eleva muito rapidamente durante as chuvas. O rio principal, Todos os Santos, assoreado e confinado por gabiões, tem sua vazão elevada em resposta quase imediata, extravasando o caudal para as planícies de inundação edificadas.

Dessa maneira, não apenas as intervenções nas vertentes parecem condicionar inundações e alagamentos em Teófilo Otoni. Inundações adjacentes ao canal do Rio Todos os Santos, no setor oriental da área investigada, em muito resultam de intervenções inadequadas em seu leito. A canalização por gabiões, em geral, objetiva retilinizar o leito do rio para, por meio da redução da sinuosidade do canal pela supressão de trechos meandrantés, aumentar a velocidade do escoamento. No entanto, num modelo de transferência de danos, nem todo o leito do rio foi retilinizado e as porções mais a montante do setor canalizado nada ou pouco sofrem com inundações, quadro inverso ao que se verifica nos bairros mais a jusante. Isso ocorre porque, conforme se observa com auxílio da Figura 6, há uma ponte que se destaca como marco do final da canalização do Rio Todos os Santos. Esta ponte é, também, limite oriental do Bairro Vila São João, estando imediatamente a montante desta, a principal área de ocorrência de inundações em Teófilo Otoni.

A jusante da ponte que demarca o final do setor canalizado, o rio possui elevada sinuosidade e vazão reduzida, fazendo com que este ponto figure como um gargalo – o canal é estreito, meandrante e ainda apresenta margens degradadas. Como consequência, a montante deste ponto de estrangulamento, o caudal do rio extravasa para as planícies de inundação ocupadas por residências e demais estruturas urbanas – as quais reduzem ainda mais a velocidade do fluxo da inundação. Isso significa que intervenções não adequadamente planejadas, bem como a ocupação irracional do solo urbano, criam condições para que o setor oriental do tecido urbano esteja sujeito a inundações periódicas.



Figura 6. Extremidade jusante da canalização do Rio Todos os Santos (demarcada com o círculo vermelho). Note que após o trecho canalizado o rio adquire traçado meandrante, uma vez que este setor não sofreu intervenção.

Imagem Google Earth Pro.

A esse respeito, em severa crítica à política de desenvolvimento e controle dos impactos quantitativos na drenagem baseada no conceito de “escoar a água precipitada o mais rápido possível”, Tucci (2003) esclarece que este princípio foi abandonado nos países desenvolvidos desde os primeiros anos da década de 1970, pois tem como consequência imediata o aumento das inundações a jusante, devido à canalização dos cursos d’água. Botelho (2011) considera que, visando solucionar o problema das enchentes nas cidades, o homem alterou profundamente os rios, que passaram a ser “urbanos”. Obras estruturais e mecânicas nos cursos d’água têm levado ao surgimento de problemas ambientais que em coisa alguma são novos: enchentes, prejuízos materiais, propagação de doenças e perdas de vidas. Para Castro e Dias (2017) as obras mal planejadas são o reflexo da falta de um planejamento urbano adequado, que leve em consideração as condições topográficas do relevo, assim como um sistema eficiente de drenagem urbana.

Essas ponderações são adequadas para o que se verifica em Teófilo Otoni, uma vez que é irracional desviar o problema de um setor da cidade e concentrar em outro, seja como consequência de planejamento inadequado ou desconhecimento das características naturais aliadas à incapacidade de avaliar as implicações futuras das intervenções estruturais junto aos canais fluviais ou em suas margens.

3.3. Mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos em Teófilo Otoni: primeira aproximação

O mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos de Teófilo Otoni, apresentado na Figura 7, foi elaborado considerando os dados obtidos junto ao Corpo de Bombeiros e Polícia Militar, apresentados no Quadro 1, durante os anos de 2011 a 2015. Estas informações, embora derivadas de limitada série histórica, são entendidas como confiáveis (em razão da sua procedência) e podem apresentar um quadro seguro quanto às áreas de ocorrência de inundações e alagamentos. Além de constituir a única fonte de dados confiáveis obtida ao longo da realização deste trabalho, visto que o Poder Público Municipal não dispõe de registros que possibilitem construir um inventário a respeito de inundações e alagamentos na cidade, estas informações também revelam, da melhor maneira possível no momento, a distribuição e espacialização das populações afetadas pelos fenômenos, tanto no tempo quanto no espaço, razão pela qual são compreendidos como a principal entrada de informações para o mapeamento elaborado (Figura 7).

Em um cenário adverso, dada a substancial carência de dados anteriormente já delineada, o mapeamento proposto expressa a espacialização baseada na gradação da suscetibilidade em função do número de ocorrências e recorrências das inundações e alagamentos, conforme demanda das populações afetadas (operações para salvamento pela Polícia Militar e Corpo de Bombeiros). Não se conhece resultados anteriores a este para a área investigada, mesmo se baseados e elaborados com critérios diferentes daqueles aqui empregados. Por essas razões, devem os resultados aqui apresentados ser interpretados como esforço inicial, um mapeamento de alerta – conforme entende Tucci (2005) – ou uma proposta de definição das áreas e populações que se encontram sensíveis aos fenômenos, semelhante ao que foi sugerido por Hora e Gomes (2009).

Os setores da cidade que apresentam suscetibilidade a alagamentos, relacionados aos bairros Olga Correa Prates e Laerte Laender, na porção ocidental da cidade, e Tabajaras, no centro do tecido urbano, apresentam como condicionantes do fenômeno as configurações morfológicas e a ocupação urbana, como já explicitado. Por outro lado, a ocorrência de inundações parece guardar relações intrínsecas com as especificidades locais, a exemplo do cenário verificado no setor mais a jusante das planícies fluviais do Rio Todos os Santos, restando compreender as particularidades dos rios Santo Antônio e São Jacinto, que exibem trechos com considerável recorrência de inundações.

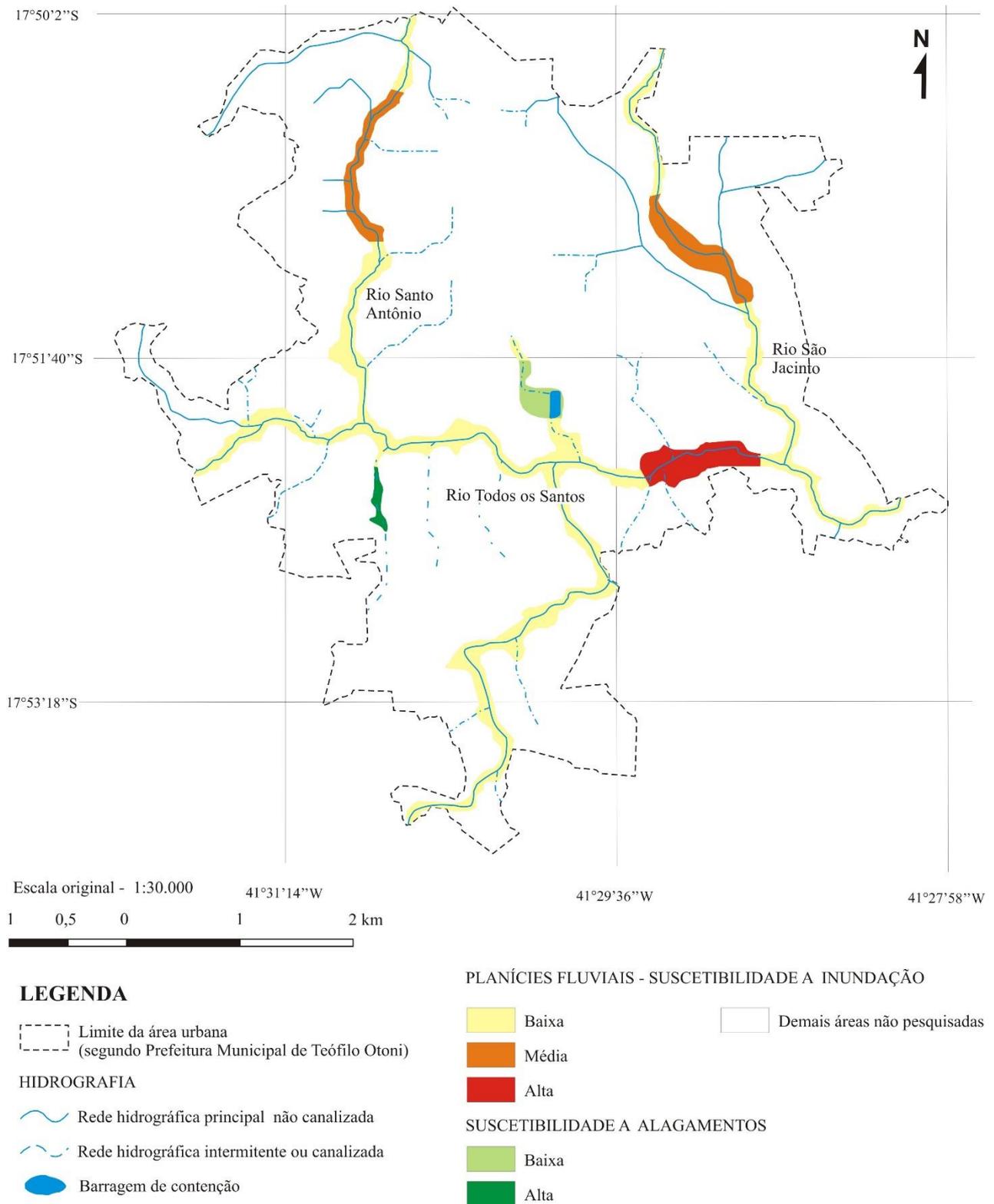


Figura 7. Mapa de suscetibilidade a inundações e alagamentos de Teófilo Otoni, adaptado de Ferraz (2019).

O Rio São Jacinto tem pequena extensão e volume, sendo a maior parte do seu curso compreendido como baixa suscetibilidade a inundações. Em setor específico, junto ao bairro homônimo, residências foram edificadas a poucos metros do canal (Figura 8–A) ou, em sentido literal, no leito ou acima dele (Figura 8, em A e B).

Não é prematuro observar que a existência do risco da demanda ocupação humana e, nestas condições, eventos pluviométricos acima dos parâmetros médios fatalmente caracterizam a materialização do risco (desastre), pois, não havendo possibilidade de escoar o fluxo, a elevação do nível do rio causa danos à propriedade ou mesmo à vida nesta área. O cenário avaliado, neste trecho do Rio São Jacinto, é de considerável fragilidade social, uma vez que as pessoas convivem com o perigo às suas portas, logo abaixo das suas camas ou são impedidas de sair ou entrar em suas casas, caso o rio transborde (Figura 8, em A e B).



Figura 8. Aspecto do leito do Rio São Jacinto. Note as passarelas rudimentares de madeira que ligam a rua às residências e a casa construída sobre o canal (A), como também a canalização precária, parcialmente entulhada por sedimentos e lixo (B).

No caso do Rio Santo Antônio, nota-se que a impermeabilização das suas margens (Figura 9), assim como a ocupação das vertentes próximas ao rio, tendem a acelerar os fluxos superficiais que escoam das áreas mais elevadas, os quais se lançam no canal por meio das superfícies das vias de circulação ou sistemas de drenagem, especialmente a oeste desse curso d'água.



Figura 9. Aspectos do setor canalizado do Rio Santo Antônio em Teófilo Otoni. Em A se verifica a proximidade entre as residências e o canal e, em B, o estágio degradado da intervenção de natureza estrutural junto à calha fluvial.

A consequência lógica desse modelo de ocupação irracional é a rápida elevação do caudal do Rio Santo Antônio durante os picos de chuva, obrigando o Poder Público Municipal a realizar intervenções. A opção dos gestores se materializou na canalização aberta de parte do leito fluvial (Figura 9), no intuito de aumentar a vazão do canal nos episódios pluviométricos concentrados. Durante a elaboração deste trabalho não foram encontrados registros das inundações anteriores a 2011 no setor canalizado do Rio Santo Antônio. Os dados referentes a inundações relacionadas a este curso d'água são recentes, da década de 2010, e sugerem que as obras não resolveram, em sua totalidade, as inundações neste trecho da cidade. É possível que as inundações do Rio Santo Antônio tenham, especialmente neste setor, um agravante: residências situadas a poucos metros do canal que avançaram sobremaneira sobre áreas impróprias à ocupação civil (Figura 9-A). As elevações do caudal que, em circunstância menos desfavorável, possivelmente não configuraria em transtornos à população, nesse caso estão às portas das residências e deixam moradores ilhados ou mesmo resulta em incursão de águas no interior de suas casas.

5. Conclusões

Inundações e alagamentos são fenômenos que ocorrem em Teófilo Otoni, reconhecidos por meio da atuação da imprensa, ou averiguáveis nos registros das corporações de segurança. Apresentam considerável recorrência, registrados em todos os anos da série histórica de dados do Corpo de Bombeiros e Polícia Militar (2011 a 2015), obtidos junto ao Armazém de Dados, mais especificamente na plataforma do Centro Integrado de Informações de Defesa Social – CINDS. Estas informações foram aliadas àquelas referentes ao período anterior, anotadas pela mídia local e estadual, que se referiram especialmente aos danos decorrentes das inundações de 2002. Dessa maneira, a despeito da carência de informações verificada na atuação dos gestores municipais, não ocorreu, ao longo da elaboração deste trabalho, maiores dificuldades em atestar inundações e alagamentos na cidade, embora o acervo qualificado e sistematizado dos dados que permitam reconstituir mais prolongado histórico possa ser considerado insatisfatório.

Na cidade, as alturas pluviométricas elevadas podem ser consideradas gatilhos para inundações e alagamentos, uma vez que ocorrem mediante concentrações de chuvas iguais ou superiores a 100mm, em período máximo de 24 horas. Cabe ressaltar que este olhar não deve ser voltado apenas ao passado, pois possível tendência de concentração de chuvas nas últimas duas décadas da série histórica, além da verificada recorrência destes eventos pluviométricos extremos nos últimos 20 anos, sugere perspectivas futuras que devem ser seriamente ponderadas. Constatou-se que a vazão do Rio Todos os Santos está intimamente associada às flutuações do regime pluviométrico e é afetada pela impermeabilização dos solos que resultou, ao menos nas últimas décadas, no aumento da participação do escoamento superficial na composição do seu deflúvio total. Nesse cenário, a tendência é que as inundações e os alagamentos permaneçam como fenômenos recorrentes no curto ou médio prazo em Teófilo Otoni, caso medidas preventivas não sejam adotadas para adequar os sistemas de drenagem urbana, especialmente nas porções mais a jusante do Rio Todos os Santos.

Não obstante, parece também incontestável que o histórico de inobservância das potencialidades e limitações do sítio de ocupação, que se perpetua no tempo e no espaço, esteja intimamente associado às causas de inundações em vários setores da cidade. Quer pela ocupação de áreas impróprias, quer pela carência de planejamento da expansão urbana, a fixação de moradores às margens de canais fluviais hoje configura áreas de recorrentes inundações, especialmente no trecho setentrional do Rio Santo Antônio, sem deixar de citar o importante setor às margens do Rio São Jacinto, no bairro homônimo.

Os alagamentos avaliados neste trabalho derivam da abertura de loteamentos e da edificação nas cabeceiras de drenagem posicionadas em reentrâncias que configuram microbacias alveolares no interior da cidade. Estes

alagamentos afetam áreas de recente ocupação e bairros cujo histórico remonta às últimas décadas do século passado. Em ambos os casos, a redução da capacidade de infiltração dos solos nas encostas promoveu aumento e concentração do escoamento dos fluxos superficiais de chuva para planícies fluviais, também impermeabilizadas, nas quais cursos d'água canalizados não possibilitam o fluxo do escoamento superficial direto, avultando os danos decorrentes de alagamentos.

De posse das informações até o momento obtidas, a suscetibilidade a inundações e alagamentos em Teófilo Otoni parece hoje mais bem compreendida, a despeito da carência de sistematização de informações anteriores a este trabalho. Se isso, por um lado, oferece conhecimento, por outro aponta para a necessária continuidade de pesquisas que tenham como finalidade investigar a vulnerabilidade das populações atingidas por inundações e alagamentos, com ênfase no mapeamento do risco aos fenômenos na cidade. Nunca é tardio afirmar que a continuada construção de um cenário ambientalmente adverso configura a necessidade de ininterrupta e progressiva edificação do conhecimento, que deve estar a serviço daqueles cujas vidas podem ser melhoradas ou salvas.

Contribuições dos Autores: Este trabalho foi elaborado com a concepção de Caio Mario Leal Ferraz e Roberto Célio Valadão, tendo sua metodologia sido confeccionada por Caio Mario Leal Ferraz; Roberto Célio Valadão; Daniel Brasil Ferreira Pinto e Rafael Alvarenga Almeida. Os Softwares aqui utilizados foram determinados por Caio Mario Leal Ferraz, bem como as validações relacionadas ao trabalho. A supervisão geral, assim como a orientação foi tarefa de Roberto Celio Valadão e a supervisão dos dados hidrológicos de Daniel Brasil Ferreira Pinto e Rafael Alvarenga Almeida. A escrita do trabalho foi desenvolvida por Caio Mario Leal Ferraz. A análise formal, a pesquisa; a preparação dos dados e a revisão do artigo ficaram a cargo de Caio Mario Leal Ferraz; Roberto Célio Valadão; Daniel Brasil Ferreira Pinto e Rafael Alvarenga Almeida. Os recursos foram responsabilidade de Caio Mario Leal Ferraz. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

Financiamento: Esta pesquisa não recebeu nenhum financiamento externo.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Referências

1. ALMEIDA, L. Q. de; CARVALHO, P. F. de. Representações, riscos e potencialidades de rios urbanos: análise de um (des)caso histórico. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 11, n. 34, p. 145-161, jul. 2010.
2. ALMEIDA, R. A. **Modelagem hidrológica na Bacia do Rio Mucuri com a utilização do modelo SWAT**. 2016. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
3. AMARAL, C. M.; REIS, C. H. Suscetibilidade a escorregamentos e inundações: hierarquização dos graus de riscos na área urbana de Viçosa-MG. **Revista da Anpege**, [S.l.], v. 13, n. 21, p. 199-219, maio/ago. 2017.
4. AMARAL, R.; RIBEIRO, R. R. Inundações e enchentes. In: TOMINAGA, L. D.; SANTORO, J.; AMARAL, R (Org.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. São Paulo: Instituto Geológico, 2009. cap. 3, p. 39-52.
5. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, (Brasil). **HidroWeb: sistemas de informações hidrológicas**. Brasília: ANA, 2015. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 31 maio 2017.
6. ANDRADE FILHO, A. G.; SZÉLIGA, M. R.; ENEMOTO, C. F. Estudo de medidas não estruturais para controle de inundações urbanas. **Publicatio UEPG**. [S.l.], v. 6, n. 1, p. 69-90, 2000. [Online]. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/exatas/article/view/747/664>>. Acesso em: 31 maio 2017.
7. ANDRADE, E.; BROLLO, M. J.; SILVA, P. C. F. da; PENTEADO, D. R.; SANTORO, J.; RIBEIRO, S. F.; GUEDES, A. C. M.; BRAGA, E. S. Campos Do Jordão (SP): mapeamento de perigos e riscos de escorregamentos e inundações no bairro de Vila Albertina, como subsídio à gestão de riscos. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO SUDESTE, 14, 2015, Campos do Jordão. **Anais eletrônicos...** Campos do Jordão: Instituto Geológico, 2015.

8. BATELLA, W. Estruturação urbana de Teófilo Otoni/MG: a topografia social de uma cidade média no Vale do Mucuri. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v. 28, n. 54, p. 793-811, 2018.
9. BINDA, A. L.; BUFFON, E. A. M.; FRITZEN, M. Análise espaço-temporal dos casos de inundações e de alagamentos registrados na cidade de Chapecó-SC (1980-2010). **Revista RAEGA**, Curitiba, v. 26, p. 35-50, 2012.
10. BLOCH, R.; JHA, A.K.; LAMOND, J. **Cities and flooding**: A guide to integrated urban flood risk management for the 21st century. Washington: **World Bank**, 2012. 638 p.
11. BOTELHO, R. G. M. Bacias Hidrográficas Urbanas. In: GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, cap. 3, 2011.
12. CARMO, L. R. Urbanização e desastres: Desafio para a segurança humana no Brasil. In: CARMO, L. R.; VALENCIO, N. (Org.). **Segurança Humana no contexto dos Desastres**. São Carlos: Rima, 2014. cap. 1, p. 1-14.
13. CASTRO, A. O. C.; DIAS, L.R. Urbanização e a problemática socioambiental na baixada de Jacarepaguá: estudo da bacia hidrográfica do Rio das Pedras. In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 17, 2017, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Geociências, 2017. v. 1, p. 687-698.
14. CEMIN, G.; FINKLER, R.; FINOTTI, A. R.; SILVA, M. D. **Monitoramento de recursos hídricos em áreas urbanas**. Caxias do Sul: EDUCS, 2009. 270 p.
15. CHIN, A. Urban transformation of river landscape in a global context. **Geomorphology**, Cambridge: Elsevier, v. 79, n. 3-4, p. 460-487, sep. 2006.
16. COELHO NETTO, A. L. Hidrologia na encosta em interface com a Geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. **Geomorfologia**: uma atualização de bases e conceitos. 10. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. cap. 3, p. 93-151.
17. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. **Projeto Leste**: Folha Teófilo Otoni-SE.24-V-C-IV. Belo Horizonte: SEME/COMIG, 2001. Carta Geológica. Escala 1:100.000. [CDroom].
18. FERNANDES, N. F. GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; VIEIRA, B. C. MONTGOMERY, D. R.; GREENBERG, H. Condicionantes geomorfológicos dos deslizamentos nas encostas: Avaliação de metodologias e aplicação de modelo de previsão de áreas susceptíveis. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 51-71, 2001.
19. FERRAZ, C. M. L. **A Evolução do relevo Adjacente à Margem Continental Passiva Brasileira**: das “Chapadas” do Jequitinhonha à Planície Costeira do Sul da Bahia. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
20. FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; ALMEIDA, R. A. De.; SCHETINI, A. C S.; GOMES, G. V. Expansão urbana de Teófilo Otoni/MG: aplicação de técnicas de geoprocessamento na contribuição para ordenamento territorial. **Revista Vozes dos Vales**. Teófilo Otoni, v. 1, p. 1-22, maio 2017.
21. FERRAZ, C. M. L. **Inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: uma situação de risco ambiental em continuada construção, segundo indicadores geomorfológicos**. 2019. 202f. (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.
22. FERRAZ, C. M. L.; ANDRADE, J. R.; COSTA, A. S. V. A previsibilidade climática e o planejamento hídrico: Análise preliminar sobre a pluviosidade em Teófilo Otoni/MG. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE BIORREMEDIAÇÃO DE ÁREAS CONTAMINADAS, 1, SESMA, 11, 2016b, Vila Velha. **Anais...** Vila Velha: [s.n.], 2016b.
23. FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C. Geomorfodinâmica adjacente a margem continental passiva: estudo de caso do nordeste de Minas Gerais e sul da Bahia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 12, 2006, Natal. **Anais...** Natal: UFRN, 2006. [não paginado].
24. FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; HENRIQUES, R. J. Geomorfologia do espaço urbano de Teófilo Otoni (MG): contribuições ao ordenamento territorial. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 11, 2016a, Londrina. **Anais...** Londrina: [s.n.], 2016. [não paginado].

25. FERRAZ, C. M. L.; VALADÃO, R. C.; HENRIQUES, R.J.; TRINDADE, B. C.; LADISLAU, F. F. Uso de geotecnologias para mapeamento da suscetibilidade a inundações e escorregamentos em Teófilo Otoni, Minas Gerais: potencialidades e limitações. **Revista Vozes dos Vales**, v. 14, p. 1-31, 2018.
26. FINKLER, R. **Planejamento, manejo e gestão de bacias**. Brasília: [s.n.], 2012. 65 p. (Desenvolvimento de material didático ou instrucional - Elaboração de conteúdo).
27. FLOODSITE PROJECT. **Integrated flood risk analysis and management methodologies**. 2008. Disponível em: <<http://www.floodsite.net/default.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2017.
28. HORA, B. H.; GOMES, L. R. Mapeamento e avaliação do risco a inundações do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 57-75, ago. 2009.
29. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **IBGE Cidades**. Teófilo Otoni. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=316860>>. Acesso em: 3 abr. 2017.
30. LEOPOLD, L. B. Lag times for small drainage basins. **Catena**, Cambridge: Elsevier, v. 18, n. 2, p. 157-171, apr. 1991.
31. MARTINS, M. L. Ocupação e desflorestamento numa área de fronteira: Vale do Mucuri, MG – 1890 a 1950. **Revista de História Regional**, Ponta Grossa, v. 15, n.1, p. 40-77, 2010. Disponível em: <<http://www.revistas2.uepg.br/index.php/rhr/article/view/2361>>. Acesso em: 01 abr. 2018.
32. MAZOTO, M. L. **Índice de vulnerabilidade social para a análise da ocorrência de inundações no estado do rio de janeiro: 2000 a 2013**. 2015. 266 f. Tese (Doutorado em Saúde Coletiva) – Instituto de Estudos de Saúde Coletiva, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
33. PAES, V. J de C. **Projeto Leste-MG: Folha Teófilo Otoni (SE.24-V-C-IV)**. Belo Horizonte: SEME/COMIG/CPRM, 2001. Texto explicativo. Escala 1:100.000. [CDRom].
34. PEDROSA, A. S.; PEREIRA, A. Diagnóstico dos factores condicionantes da susceptibilidade face ao risco de inundações urbana no concelho de Matosinhos. **Territorium**, Coimbra: Associação Portuguesa de Riscos, Prevenção e Segurança, n. 13, p. 35-51, 2006.
35. RAMOS, C. Perigos naturais devidos a causas meteorológicas: o caso das cheias e inundações. **e-LP Engineering and Technology Journal**, [S.l.] v. 4, p. 11-16, jun. 2013.
36. REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos Climáticos do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 17, p. 206-226, 2015.
37. SANTOS, J. H. G.; VIEIRA, E.I.; SILVA, G.B. Pedologia: levantamento exploratório de solos. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SE. 24 Rio Doce: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1987. p. 229-252.
38. SLOTO, R. A.; CROUSE, M. Y. HYSEP: **A computer program for streamflow hydrograph separation and analysis**. U. S. Geological Survey. Water-Resources Investigations Report 96- 4040, Lemoyne, Pennsylvania, 1996, 46 p.
39. TAVARES, A. C.; SILVA, A. C. F. Urbanização, chuvas de verão e inundações: uma análise episódica. **Climatologia e Estudos da Paisagem**, Rio Claro, v. 3, n. 1, p. 4-18, 2008.
40. TUCCI, C. E. M. **Gestão das inundações urbanas**. Brasília: Global Water Partnership, 2005. 270 p.
41. TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. In: TUCCI, C. E. M.; BERTONI, J. C. **Inundações Urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997. cap. 2, p. 11-44.
42. TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v.55, n.4, p. 36-37, out./dez. 2003.
43. WOLMAN, M. G. A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels. **Geog. Annaler**, New York: Taylor & Francis, v. 49a, p. 385-395, 1967.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>) – CC BY. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do seu trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.