

ANÁLISE DO RISCO DE ENCHENTES E INUNDAÇÕES NA AV. CRISTIANO MACHADO, BELO HORIZONTE, MG

Jorge Gabriel Gomes Simões,
Universidade Federal de Minas Gerais
jggs222@gmail.com

Carlos Henrique Jardim,
Universidade Federal de Minas Gerais
carloshj@ufmg.br

Maria Giovana Parizzi
Universidade Federal de Minas Gerais
mgparizzi@msn.com

Raoni Zanovello,
Pontifícia Universidade Católica
raonizanovello@gmail.com

Resumo:

Este artigo tem como objetivo indicar as variáveis de vulnerabilidade e suscetibilidade que determinam as inundações periódicas na Av. Cristiano Machado, Belo Horizonte. De acordo com a Defesa Civil, durante os anos de 2011 e 2012, houve, pelo menos, 8 casos graves de inundações, enchentes e alagamentos na região que causaram engarrafamentos, danos materiais, desabrigados e mortes. A região situa-se na bacia do ribeirão do Onça, onde ocorrem áreas de risco à inundação, conhecidas como Vila Suzana e Primeiro de Maio. O grau de suscetibilidade a processos hidrológicos, fatores antropogênicos e vulnerabilidade sócio-espacial, configuraram-se como principais temas deste estudo. Os métodos incluíram a caracterização dos aspectos físicos e de uso e ocupação, tais como taxas de precipitação, morfometria da bacia, impermeabilização do solo, retificação e canalização de cursos d'água, etc. Todos os aspectos analisados foram representados e tratados por meio de mapas, gráficos e tabelas. Além disso, foi realizada aquisição de dados sobre políticas públicas sobre planejamento urbano, análise dos critérios de ocupação e análise da vulnerabilidade da área por meio de medições de campo e entrevistas. Foi possível compreender o risco aos processos hidrológicos devido à susceptibilidade e vulnerabilidade da área. Os resultados obtidos mostram que a modificação da paisagem e o processo de urbanização aumentam os riscos de inundação, especialmente em áreas com edificações de baixo custo e rotas de trânsito importante. Canalização, retificação e irregularidades de ocupação funcionam como agentes preparatórios para processos hidrológicos que ocorrem com frequência durante eventos de precipitação. Os fatores climáticos são importantes desencadeadores dos processos. No entanto, inundações ocorreram em episódios com taxas pluviométricas diferentes, o que reforça que causas antropogênicas devem ser consideradas na análise. Os dados obtidos permitiram o desenvolvimento de um mapa de localização da área suscetível às inundações e áreas urbanas vulneráveis.

Palavras-chave: Risco, Inundações, área urbana, Belo Horizonte.

Abstract:

this article aims to indicate the vulnerability and susceptibility variables that determine recurrent floods in Cristiano Machado Avenue, Belo Horizonte. According to the Civil Defense, during the years 2011 and 2012, there were, at least, 8 cases of serious flooding and similar processes in the region which caused traffic jam, material damage, homeless and death. The region is located in the basin of the ribeirão do Onça where risk areas known as Vila Suzana and Primeiro de Maio occur. The grade of susceptibility to hydrological processes, anthropogenic factors and socio-spatial vulnerability, configure as main topics this of study. The methods included the characterization of physical aspects

and use and occupation, such as rainfall rates, basin morphology, soil sealing, rectification of water courses, etc. All aspects analyzed were represented and treated through charts, graphs and tables. In addition, other data were acquired with respect to public policies for urban planning, analysis of occupancy criteria and analysis of the vulnerability of the area through field measurements and interviews. It was possible to understand the risk of hydrologic processes due to susceptibility and vulnerability of the area. The obtained results show that intense modification of the landscape and the intense process of urbanization increase flood risks, especially in areas with fragile constructions and important transit routes. Channeling, rectification and irregularities of occupation work as effective agents to hydrological processes that are occurring frequently during precipitation events. The climatic factors are important triggers of processes. However, floods occurred in episodes with different rainfall, which reinforces that anthropogenic causes should be considered in the analysis. The data obtained have allowed the development of a location map of the susceptible area to flooding and vulnerable urban areas.

Key words: risk, floods, urban area, Belo Horizonte

Introdução

Seja por condicionantes naturais de inundação da várzea ribeirinha, ou intensificado por condicionantes antrópicos, os eventos de enchentes e inundações nas áreas urbanas causam transtornos para as populações e, muitas vezes resultam em vítimas. De acordo com EM DAT (OFDA CRED, 2009), os fenômenos que mais causam desastres no Brasil são os de inundação, enchentes e escorregamentos. Somente em 2008 houve quase 1,8 milhões de pessoas afetadas por desastres hidrológicos. Embora, em muitos casos de desastres associados a processos hidrológicos o elemento mais influente seja o excesso de precipitação, há também outras condicionantes que interferem na instabilidade do geossistema. Por isso, deve-se entender que o desencadeamento de fenômenos como enchentes, inundações e escorregamentos, relaciona-se a uma conjunção de fatores naturais, podendo ser ligados à ação humana. Dentre os fatores naturais, considera-se a precipitação, o comportamento fluvial, a morfometria e o relevo. Dentre os fatores antrópicos, considera-se os fatores estruturais, “quando ocorre a modificação do rio” e não estruturais, “quando o homem convive com o rio”, (TUCCI-2002). Em Belo Horizonte, capital de Minas Gerais, durante os períodos chuvosos de 2009 até 2012 foram registrados desabamentos totais e parciais de edifícios e casas, inundações e enchentes, inclusive em áreas de elevado padrão construtivo. Um local com recorrentes eventos hidrológicos tem sido a Av. Cristiano Machado. Será verificado neste artigo que a bacia é morfometricamente susceptível a ocorrência de enchentes e inundações, e que, além, das causas climáticas, o alto grau de urbanização, canalização dos rios e impermeabilização do solo devem interferir agravando a dinâmica das cheias.

Objetivo Geral

Analisar os fatores que condicionam o risco relacionado à enchentes e inundações na Avenida Cristiano Machado, especificamente nos bairros Primeiro de Maio e Suzana, em Belo Horizonte, Minas Gerais, durante o período de 2011 e 2012.

Objetivos específicos:

- compreender a susceptibilidade da região aos processos hidrológicos.
- analisar o grau de vulnerabilidade socioespacial e ambiental da área.

Referencial teórico e conceitual

Entende-se como **Risco** as consequências prejudiciais, ou esperadas, resultantes da interação entre perigos naturais e, ou, induzidos pela ação do homem e as condições de vulnerabilidade (UN – ISDR, 2004). Atualmente é considerado como risco como a combinação da probabilidade de um evento e suas consequências negativas (UN-ISDR, 2009). Para se compreender o termo risco, faz-se necessário a compreensão de dois conceitos chaves: susceptibilidade e vulnerabilidade. Enquanto **vulnerabilidade** é definida como o grau de susceptibilidade do elemento exposto ao perigo. (UN-ISDR, 2009), a **susceptibilidade** corresponde à possibilidade de ocorrência do fenômeno, desconsiderando os danos. (UN-ISDR, 2009).

O conceito de risco neste trabalho se aplica à análise das causas e consequências dos fenômenos hidrológicos ligados ao aumento do nível de escoamento d'água. Tais fenômenos podem ser classificados em: Enchentes, enxurradas, inundações e alagamentos.

O conceito de **enchentes** é caracterizado pela elevação do nível d'água no canal devido ao aumento da vazão, atingindo cota máxima sem extravazar. (TOMINAGA, et al.- 2011). **Enxurrada** tem como característica, o escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associada a áreas de domínios dos processos fluviais (TOMINAGA, et al. – 2011). O conceito **inundação** abrange o transbordamento d'água do curso fluvial atinge a planície de inundação ou área de varzea. (TOMINAGA, et al 2011). Por ultimo, o **alagamento** será o acúmulo momentâneo da água em determinados locais por deficiência do sistema de drenagem (TOMINAGA, et al.- 2011)

Algumas medidas podem ser adotadas para minimizar os impactos das ocorrências dos fenômenos hidrológicos. Tais medidas podem ser classificadas, segundo TUCCI- 2002, em: **Medidas estruturais**, que representam as Obras da engenharia p/ o controle de enchentes, visando a correlação e prevenção dos fatos ocorrentes. Outra categoria serão as **Medidas não estruturais**: compreendendo todas as medidas que proporcionam o convívio com as enchentes, reduzindo seus danos e consequências (TUCCI- 2002)

Métodos

Para a elaboração deste artigo e cumprimento dos objetivos, foram cumpridas as seguintes etapas :

Etapa 1- Revisão bibliográfica: incluídas referências sobre aspectos conceituais de risco, susceptibilidade, vulnerabilidade, desastres naturais e mistos, conceitos e diferenças entre processos hidrológicos tais como enchentes, inundação e alagamentos. Referências sobre as características físicas e de uso e ocupação da área analisada tais como clima, geologia, geomorfologia e histórico de

ocupação e das ocorrências registradas durante o período analisado. Esta fundamentação teórica servirá de apoio às análises e interpretações dos resultados obtidos.

As próximas etapas foram definidas para possibilitar a análise da susceptibilidade da área aos fenômenos citados e também a vulnerabilidade (Figura 1).

Para isso foram analisados aspectos pluviográficos dos dias de inundação, aspectos físicos e de uso e ocupação da área afetada. Os dados obtidos foram interpretados e tratados na forma de cartas, gráficos e tabelas.

Etapa 2- Análise dos dados pluviométricos no período chuvoso de 2011 à 2012 obtidos na estação São Bernardo (convênio UFMG/URBEL-PBH e Defesa Civil/MG), que se localiza na área de estudo. O pluviômetro transmite dados, via GSM, para página de internet, em tempo real num intervalo de 15 em 15 minutos. Para fins comparativos utilizou-se também os dados da Normal Climatológica de Belo Horizonte.

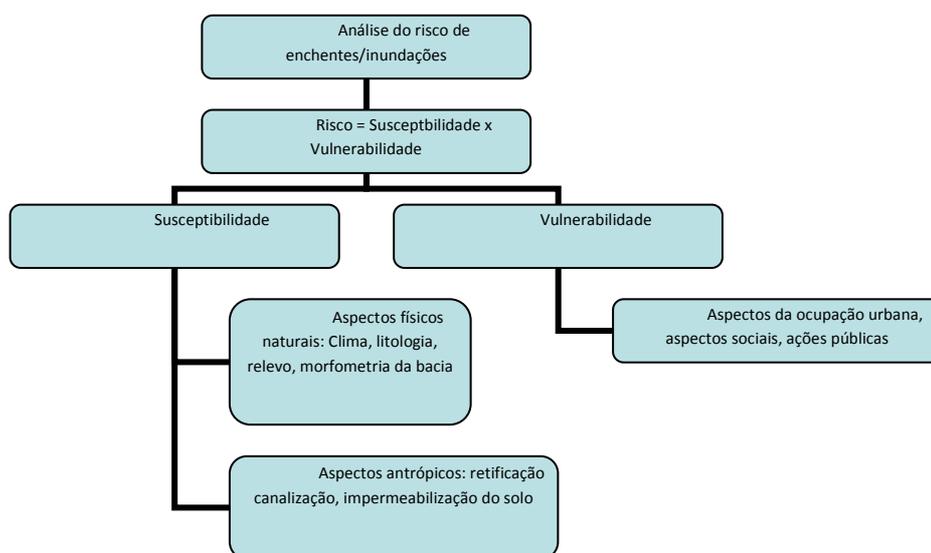


Figura 1 - Organograma das etapas de análise do risco à inundações

Etapa 3- Trabalhos de campo, realizados nos dias 23 e 24 de maio de 2012, nos bairros Primeiro de Maio, Suzana e Dona Clara, por meio de um seguinte percurso: av. Cristiano Machado, rua Oscar Castanheira, rua dos Esportes, rua dos Gilson Bretas, rua Sebastião Correa e rua dos Trabalhadores, escolhidas devido as ocorrências de inundações. Em campo, houve conversa com os moradores, e aplicação de um questionário, avaliando principalmente a ocorrência, o grau de impacto, as políticas públicas adotadas, registros físicos, danos e medições das inundações e enchentes.

Etapa 4- criação de cartas da bacia, topografia, e delimitação da área de estudo. Tabelas e gráficos do excel, além de perfis topográficos e utilização dos registros de ocorrência de fenômenos fornecidos pela Defesa Civil, além de pesquisas por meio de jornais.

Etapa 5 - Por se tratar de uma área urbana e densamente povoada, foi analisada a participação dos órgãos públicos no combate e controle, por meio de intervenções não estruturais, como o planejamento urbano e o uso a ocupação da área. Posteriormente, foi feita a avaliação das medidas de controle estruturais, como a canalização e retificação, impermeabilização do solo e outros projetos e obras implantadas que possam atenuar ou não as enchentes.

Resultados

Casos registrados

Segundo dados da Defesa Civil, só no período entre 2011 e 2012, houve registro de, pelo menos, 8 casos de enchentes, inundações e alagamentos na região (10/12/11, 15/12/2011, 29/12/11, 19/01/12, 26/01/12, 15/03/12, 16/03/12, 30/03/12). Tal dado é coletado por meio do contato dos moradores locais, dificultando a classificação dos eventos ocorridos.

Análise da Precipitação

A região se caracteriza como um clima tropical de altitude, dividido por um período de seca e um período de chuva (novembro–março). Tal característica sofre influência, sobretudo, pela configuração da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). ZCAS é formada pela associação entre Frente Polar Atlântica (FPA) e a convecção tropical, proveniente principalmente da região amazônica. A FPA vai ter um papel importante, servindo como canalizador da convergência, conduzindo assim a umidade originada na região amazônica para o sudeste. (Abreu,1977)

Em Belo Horizonte, sobretudo na Cristiano Machado, as ZCAS vão ter um importante papel na ocorrência de precipitação. No período de chuvas de 2011/2012, verificou-se forte atuação das ZCAS, configurando o período chuvoso na capital. Mas em tal época, registrou-se certa anomalia, sobretudo nos meses de dezembro e fevereiro. Em dezembro houve um período de chuvas excessivas, graças à atuação da ZCAS ao longo de todo o mês. Já fevereiro, houve escassez de chuva, resultado da atuação do Vórtice Ciclônico do Atlântico Norte (VCAN), que configurava, ora sobre o oceano, ora sobre o continente, provocando assim o deslocamento dos sistemas frontais, de acordo com o Boletim meteorológico. Embora a classificação climática, tropical de altitude, seja adotada para toda a região, sabe-se que outros fatores podem determinar características microclimáticas, como o relevo, vegetação e grau de urbanização, determinando também a espacialização da precipitação. Por isso, foram utilizados os dados da estação São Bernardo. Ao analisar os dados coletados, observa-se certa amplitude entre os valores registrados na estação São Bernardo e as Normais Climatológicas (é válido lembrar que, segundo o INMET, tal característica atípica do período também fora registrada em toda Minas Gerais) (Figura 2). As chuvas se concentraram, sobretudo, em dezembro, mês em que muitas fontes apontaram até como o mês de dezembro mais chuvoso já registrado em Belo Horizonte. Apesar de Janeiro registrar quase 600 mm de chuva, contabilizou o mesmo número de casos, registrados pela Defesa Civil, em relação ao mês de março (3 casos). Tal resultado sugere que há outras variáveis,

além da análise rítmica das chuvas, que podem influenciar a ocorrência de enchentes e inundações na região.

Estação São Bernardo	178,1	237,4	594,3	288,4	7,4	248,3
Normal Climatológica (mm)	141,7	241,6	292	274,1	206,3	142,7

Tabela 1 – Comparação entre Normal Climatológica e precipitação acumulada mensal do período chuvoso de 2011/2012, estação São Bernardo,UFMG/URBEL.

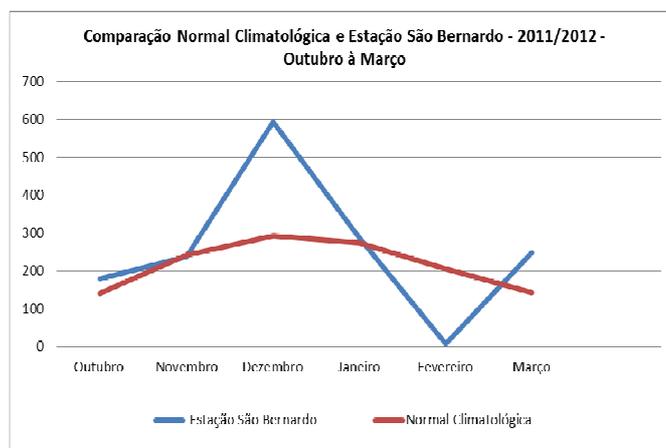


Figura 2. Normal Climatológica 1961- 1990 . Fonte: INMET 2009

Susceptibilidade: descrição morfométrica e geomorfológica

A região se insere no Domínio do Complexo Belo Horizonte, dentro da unidade da Depressão de Belo Horizonte, com o predomínio de rochas gnáissico-migmatíticas. O solo do domínio apresenta espessuras e evolução pedológica variadas, além de depósitos aluvionares associados aos principais cursos d'água. O Complexo Belo Horizonte possui relevo caracterizado por espigões, colinas de topo plano a arqueado e encostas policonvexas, com declividades variadas nos flancos das feições e transições. A esta diversidade de constituição e de cenários corresponde igualmente uma diversidade de comportamentos do terreno em face da intervenção humana.

Com relevo suave e baixa declividade a av. Cristiano Machado e seu entorno localiza-se ao fundo do vale, com cota de, até 800 m no topo da encosta e 770m no talvegue, facilitando a concentração de água, principalmente devido ao escoamento superficial das águas pluviais (Figura 3).

Por ser uma área densamente ocupada e bastante impermeabilizada, há impedimento da infiltração d'água para o solo. O escoamento da água de chuva dá-se então de modo quase totalmente superficial, salvo a participação das drenagens de boca-de-lobo que conduzem a água subsuperficialmente, diminuindo assim a vazão que corre pela superfície da rua. Outra característica gerada pela impermeabilização do solo é o aumento da velocidade do escoamento, em detrimento da

retirada da rugosidade natural do terreno e da vegetação, acentuando o tempo de resposta entre as primeiras gotas de chuva e o seu escoamento para jusante da bacia. A vazão pluvial será cadenciada, principalmente, pela impermeabilização, relevo e gravidade, aumentando a possibilidade de uma inundação brusca, concentrada ao fundo do vale (leito do córrego).

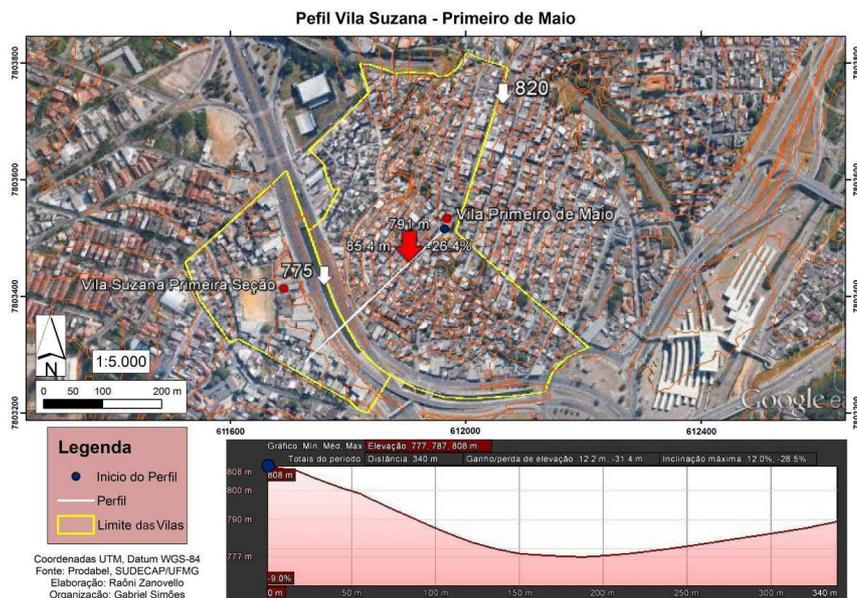


Figura 3. Foto aérea identificando a região analisada, seguida de perfil topográfico da Vila Suzana e Primeiro de Maio, BH

Hidrografia.

O córrego do Onça, localiza-se dentro da Bacia do Rio das Velhas. Possui características de drenagem fluvial dendrítica, em que os cursos d'água têm como característica, um padrão fluvial meandrante, com baixa sinuosidade (Umbelino et al, 2007). A figura 4, mostra a espacialidade e característica do padrão fluvial, bem como a hierarquia fluvial.

Relação de circularidade

A forma da bacia irá influenciar no tempo de concentração das águas, ou seja, o tempo necessário, a partir do início da precipitação, para que a água saia dos limites da bacia e chegue em seu exultório (Villela et al., 1936).

De acordo com Alves e Castro (2003) as bacias mais alongadas, com índices inferiores a 0,51, favorecem o escoamento, tendo, portanto, baixa susceptibilidade à formação de inundações. Do contrário, bacias mais circulares, com índices superiores a 0,51, favoreceriam a formação de inundações. (Cherem, 2008). Conforme CAJAZEIRO (2012) observa-se que a subbacia afluente do córrego do Onça (Figura 5) que contribui para a inundação da área analisada possui um índice maior

que 0,51, indicando susceptibilidade no processo de inundação a jusante, contribuindo para que a resposta da bacia para o escoamento, em ambos os afluentes, seja mais rápida.

Retilização e canalização do córrego

Uma bacia urbanizada pode representar de 5 a 20 vezes menor no tempo de resposta em comparação a bacia natural (SANTOS, et al. 2007, p. 113).

Em campo e observando da carta da bacia, constata-se o alto grau de antropização do córrego, por meio da impermeabilização do solo, canalização e retilização.

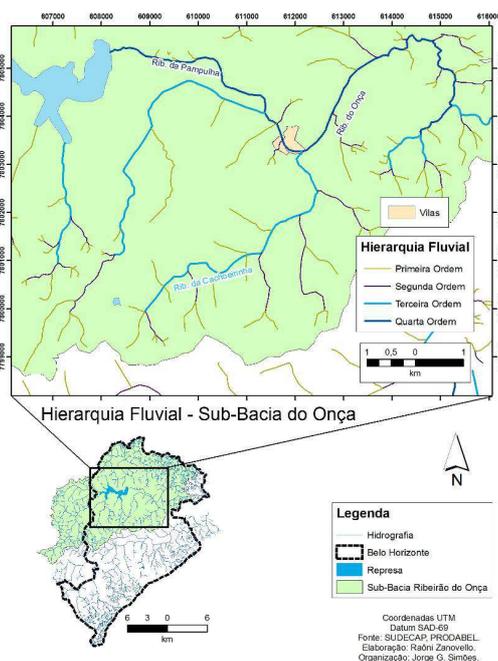


Figura 4: Hierarquia fluvial da bacia do córrego do Onça, Belo Horizonte, MG

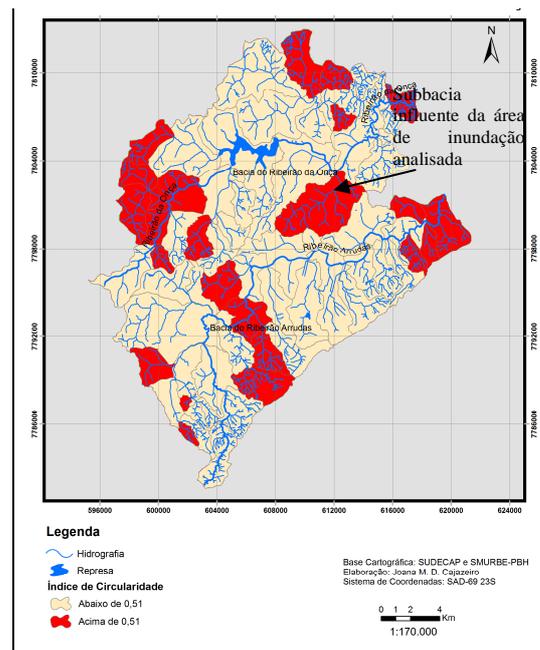


Figura 5: Mapa de Índice de Circularidade das Áreas de Contribuição da Bacia do Ribeirão Arrudas e da Bacia do Ribeirão da Onça. A seta indica a sub-bacia que influencia para a ocorrência de inundação na área estudada. Fonte: CAJAZEIRO, 2011-SUDECAP, SMURBE-PBH (2009).

Atualmente seu leito possui característica retangular, concretado pelas laterais. Sabe-se que a planície de inundação do córrego do Onça passou por um intenso processo de ocupação. A alta declividade, a impermeabilização das margens, a retilização do curso (diminuindo seu percurso e suas áreas alagáveis), proporciona diretamente o aumento da velocidade e da concentração da vazão fluvial. Sendo assim, as características atuais também favorecem a inundação brusca (Tominaga et al., 2011). Especificamente no trecho do Ribeirão do Onça analisado, confirma-se o curso d'água totalmente canalizado e retificado, ora aberto, ora fechado. A medida estrutural aplicada no curso pôde ser quantificada e comparada (Tabela 1), uma vez que seu comprimento diminuiu significativamente após as obras de canalização, diminuindo o percurso do córrego.

Tabela 2. Comparação entre o comprimento do curso do córrego canalizado e leito natural

	Curso Canalizado	Curso Natural
Comprimento (total)	890 metros	1130 metros
<i>Trecho Aberto (parcial)</i>	409, 4 metros (46%)	
<i>Galeria (parcial)</i>	480, 5 metros (54%)	

A diminuição do percurso do córrego pode causar a concentração do escoamento e o aumento da sua velocidade. Os canais construídos podem ser abertos ou fechados, quando fechados, recebem o nome de galeria. Os canais de galerias podem diminuir a capacidade de escoamento das águas entre 20% e 30%, ao tocarem na geratriz superior (teto), devido ao aumento de contato desta área com a água. O escoamento passa a sofrer pressão com o aumento do nível d'água, além de devolvê-la às ruas através das bocas-de-lobo, invertendo o papel de captura d'água das microdrenagens, devido ao alívio de pressão. (SANTOS et al, 2007). Apesar do córrego também possuir áreas de canal aberto, em que a pressão na superfície do líquido é igual a atmosférica (BAPTISTA, 2010), verifica-se a alta porcentagem ocupada por canais de galeria (54%), sendo duas áreas de galerias construídas atualmente, que podem ser chamadas de pontos singulares (figuras 6 e 7). Os canais abertos também induzem aumento da vazão, permitindo, posteriormente, a inversão do papel das bocas-de-lobo devolvendo as águas para as ruas e provocando inundações.

Uso e ocupação do Solo e Vulnerabilidade

A construção da av. Cristiano Machado deu-se a partir dos anos nos anos 50, sendo finalizada apenas na década de 70. A avenida teve intenção de ligar por meio de um túnel e viadutos o centro da cidade de Belo Horizonte aos eixos norte e nordeste do município. A partir de 2005 a avenida sofreu uma série de intervenções como a construção de viadutos e passarelas como parte do projeto da chamada Linha Verde que liga a avenida ao principal acesso ao aeroporto internacional de Confins e arredores da região metropolitana. A região é ocupada de forma mista alternando bairros de melhor padrão construtivo com bairros de padrões mais simples, vilas e favelas. Abrange vasta área comercial, inclusive com hotéis e shopping center. Sabe-se que os bairros Suzana e Primeiro de Maio surgiram como vilas operárias, criados para tentar resolver os problemas do déficit habitacional, com oferta de lotes mais baratos. A região passou por crescimento desordenado, provocando o surgimento de favelas e ocupação de áreas inapropriadas para habitação, como moradias nas margens dos córregos, o que caracterizou o desenvolvimento de áreas sujeitas a risco advindo do fluxo das águas. Os perigos da inundação são agravados por falta de investimento e/ou mau planejamento em infraestrutura e políticas de habitação e fiscalização.

Durante as visitas de campo, além da precariedade de algumas casas, observou-se o desnível das residências em relação às ruas, inclusive, em uma residência, a marca deixada por um alagamento em 2011 chegava a 87 cm na sua área externa e 1,20m na área interna (Figuras 9 e 10). O desnível das



Figura 9: Foto da área externa da casa.



Figura 10: Foto da área interna da casa.

casas, além de acentuar o risco de vida da população, pois dificulta o acesso à saída ou a uma área mais alta, também acentua os prejuízos materiais. Em campo, observou-se que os prejuízos variam de acordo com o impacto do evento de inundação nas casas, que, em alguns locais, é causado pela “expulsão” d’água pelas bocas-de-lobo. Os prejuízos variam desde perdas total ou parciais dos móveis (figuras 11, 12 e 13), bem como danificação das casas. O desespero provocou a morte de uma moradora devido ao ataque cardíaco após saber que sua casa havia alagado, perdendo todo seu mobiliário. Outro agravante é a pequena renda econômica da população, que dificulta a recuperação e substituição da mobília perdida, bem como as reformas necessárias para a reestruturação das casas. Deve-se considerar também o perigo de doenças como leptospirose e acidentes com fios de alta tensão da rede pública. Durante as enchentes, a urina dos ratos, presente nos esgotos e bueiros, mistura-se à enxurrada e à lama.

Qualquer pessoa que tiver contato com a água ou lama pode infectar-se. A bactéria presente na água ou lama contaminada penetra no corpo através da pele com lesões, pele íntegra imersa por longos períodos em água contaminada ou através de mucosas (PBH-SUS,2011). A Figura 11 mostra série histórica de casos da doença registrados entre 2007 a 2011.

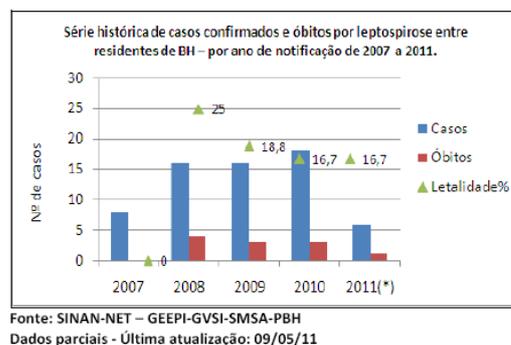


Figura 10 – Série histórica de casos confirmados e óbitos por leptospirose em BH – 2007 a 2011

As imagens da Figura 12 mostram alguns móveis deteriorados devido ao evento de inundação ocorrido em 2011 na região. A partir dos dados coletados em campo, foi criado o mapa da distribuição areal máxima de inundação e alagamento para esta data. O mapa foi gerado a partir da indicação de ocorrência pelos moradores e a partir da avaliação da carta topográfica (Figura 13)

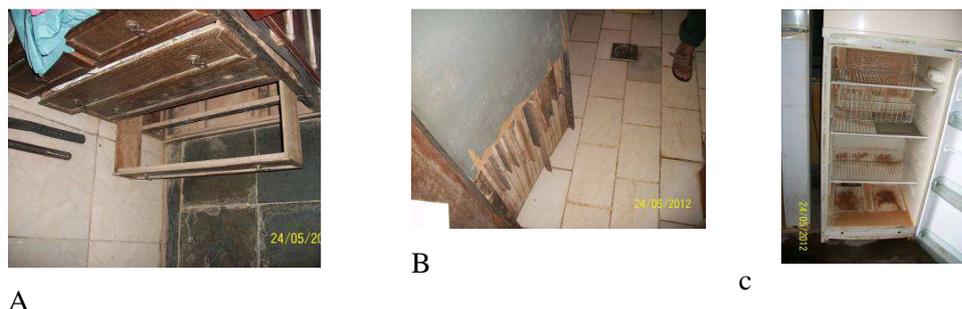


Figura 12: Imagens mostram a perda dos materiais de um morador devido às últimas inundações. a) gavetas b) portas e c) eletrodomésticos.

Controle estrutural

A barragem da Pampulha, inaugurada em 1948, é uma barragem de terra, localizada a montante do córrego do Onça. Hoje exerce a função do controle de cheias e lazer. Seu perímetro é de aproximadamente 18 km², tendo como afluentes os córregos do Ressaca e Sarandi. Devido a intenso assoreamento a lagoa vem perdendo gradativamente seu poder de laminação ou controle sobre as cheias (Sperling, 1992). De fato, é notável que tanto seus afluentes, quanto seus córregos defluentes vem sofrendo periodicamente inundações e enchentes, demonstrando que seu papel como reguladora está comprometido.

Parques Ecológicos e Quadras

Os Parques ecológicos e as quadras, e outras áreas permeáveis, além do papel de lazer, desempenham uma importante função de reter o escoamento e permitir a absorção d'água pelo solo. Também servem para impedir a ocupação de sua área, minimizando o impacto da inundação à população. Na região analisada, há uma quadra na rua dos Esportes que localiza-se dentro da área alagável mas sua área é muito pequena em relação a área total da inundação. Há também o parque ecológico Primeiro de Maio, com 33.50 m² (PortalPBH), que localiza-se na montante do Córrego do Onça. O Parque Ecológico Municipal Professor Lage Guilherme, localizado no bairro São Paulo também à montante do córrego do Onça, possui 120 mil metros quadrados. A área do Córrego da Pampulha, na foz da Lagoa da Pampulha, dentro do Aeroporto Tancredo Neves, possui suas margens permeáveis e vegetadas.

Controles não-estruturais - Instrumentos Legais e esforços para contenção de enchentes

Os Planos Diretores municipais devem servir como ação de planejamento, definindo, pelo menos, os riscos de ocupação para faixas das superfícies de inundação e a tipologia adequada para as construções. O zoneamento também é outro instrumento que deve ser usado para definir um conjunto de regras visando minimizar as perdas materiais e humanas das enchentes, contribuindo para a atuação de órgãos da Defesa Civil na ocorrência dos eventos. (Santos et al.,2007).

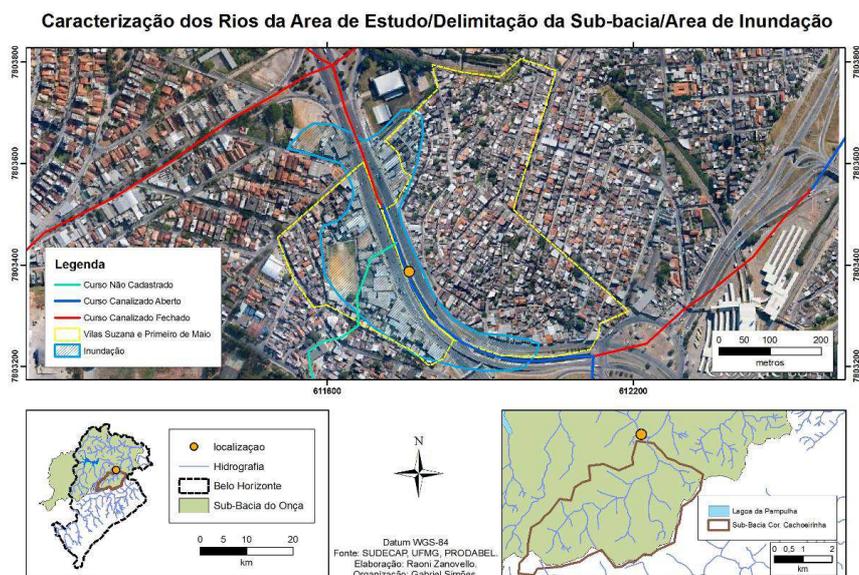


Figura 13: Delimitação dos cursos d'água, das vilas e inundação, usando as marcas deixadas nas paredes das últimas inundações ocorrentes

De acordo com o Plano Diretor de Belo Horizonte e a folha 22 da carta de zoneamento do município, referente ao ano de 2010, as vilas se encontram classificadas como ZEIS-1, que de acordo com a legislação vigente são denominadas como "regiões ocupadas desordenadamente por população de baixa renda, nas quais existe interesse público em promover programas habitacionais de urbanização e de regularização fundiária, urbanística e jurídica, visando à promoção da melhoria da qualidade de vida de seus habitantes e a sua integração à malha urbana".

Ações de medidas preventivas

Durante as entrevistas os moradores relataram que nos casos de ocorrência de inundação e alagamento, às vezes ocorre um aviso prévio, mas pouco divulgado, realizado pela Defesa Civil. Houve a retirada de alguns moradores apenas no dia 23/11/2010. Para minimizar os prejuízos, a prefeitura impõe pacotes de ajuda financeira que vão até 2.000 reais e a distribuição de colchonetes. Em casos extremos, há ainda a indicação á sugestão de instalação em abrigos públicos.

Considerações Finais

Além da ocorrência da precipitação e o ritmo climático, outros agentes efetivos para a inundações são os aspectos físicos naturais e morfométricos e os padrões de ocupação. A região apresentou alta susceptibilidade a ocorrência de enchentes, inundações e alagamentos. As características socioeconômicas, bem como o arranjo da organização do uso do solo, são fatores que acentuam o grau de vulnerabilidade da população na região. Embora o risco da região seja de conhecimento público, ainda há necessidade de políticas publicas abrangentes voltadas para a prevenção do fenômeno. De acordo com a legislação não é permitido construir em planícies de inundação, que são áreas de

proteção permanente. Estas áreas são sujeitas a inundações periódicas, devido a dinâmica natural dos cursos d'água. É importante que o município fiscalize estas áreas de forma a não permitir a ocupação, bem como manter a função de permeabilidade e retenção de sedimentos em direção ao curso d'água. Os planos diretores constituem-se como instrumento restritivo a ocupação destas áreas. (Tominaga, 2010).

Referências

ABREU, M. L. Climatologia da estação chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à zona de convergência do atlântico sul. GEONOMOS, vol.6, n.2, p.17-22, 1998.

BANDEIRA, J. V. Desenvolvimento de técnicas nucleares e correlatadas para estudos em hidrologia urbana – Aplicações na Bacia Hidrográfica da Pampulha e no Rio das Velhas. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 2004.

BAPTISTA, M; LARA, M. *Fundamentos de Engenharia Hidráulica*. 3.ed. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2010, 473 pp.

CHRISTOFOLETTI, A. *Análise de Sistemas em Geografia*. 2.ed., São Paulo: HUCITEC, 1974.

CHRISTOFOLETTI, A. *Modelagem de sistemas ambientais*. 1.ed., São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 236 pp.

CAJAZEIRO, J.M.D. 2011. Análise da Susceptibilidade à formação de inundações nas bacias e áreas de contribuição do Ribeirão Arrudas e Córrego do Onça em termos de índices morfométricos e impermeabilização. Universidade Federal de Minas Gerais, Dissertação de mestrado. 92 p

MAGALHÃES, A. P. *Geomorfologia*. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

MONTEIRO, C. A. F. *O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo: problemas e perspectivas*. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 54 p. (Teses e Monografias, 28 pp.).

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET), *Normal Climatológica 1961- 1990*. Ed. rev e ampl. Brasília, DF: 2009. 46 pp.

SANTOS, R. F. (org.) *Vulnerabilidade Ambiental*. 2.ed. Brasília: MMA, 2007, 192 pp.

SPERLING, E. Propostas de recuperação e manejo da Represa da Pampulha. In: SEMINÁRIO DA BACIA HIDROGRÁFICA DA PAMPULHA, 1992, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SEGRAC, 179-186 p.

TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. (Orgs.) *Desastres Naturais: conhecer para prevenir*. 1.ed/2º reimpressão. São Paulo: Instituto Geológico, 2011. 196 pp.

TUCCI, C. M; CORDEIRO NETTO, O. M. *Gestão da Água no Brasil*. 1. ed. Brasília: UNESCO, 2001. 192 pp.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Área de Diretrizes Especiais e Zoneamento Urbano de Belo Horizonte. Prefeitura de Belo Horizonte, 2010. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/9959/FL22.pdf>>. Acesso: Junho de 2012.

AGRADECIMENTO: FAPEMIG (Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais, pelo apoio financeiro ao Projeto APQ -00269-11 (Edital Mudanças Climáticas).