

## ARTIGO ORIGINAL

# MAPEAMENTO COLABORATIVO INTEGRADO À GESTÃO DE RISCOS EM BELO HORIZONTE: UMA AVALIAÇÃO NO CONTEXTO DAS CIDADES INTELIGENTES

**Mariana Ribeiro dos Santos Lima<sup>1</sup>, Renata Maria Abrantes Baracho Porto<sup>2</sup>**

1. Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais
2. Universidade Federal de Minas Gerais

## RESUMO

*A implementação de inovações em Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no contexto urbano torna as cidades mais interconectadas, favorecendo iniciativas como o crowdsourcing e o mapeamento colaborativo, que coletam e transmitem informações por meio do próprio cidadão. Em Belo Horizonte, tal iniciativa está presente no aplicativo PBH APP, o qual possibilita aos usuários notificar diversos tipos de ocorrências, gerando cartografias digitais da infraestrutura urbana. Este trabalho investigou a possibilidade do mapeamento colaborativo ser utilizado como ferramenta incorporada à gestão de riscos por meio da sobreposição das informações obtidas pelo aplicativo PBH APP e dos atendimentos realizados pelo Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, utilizando a metodologia natural breaks, análise combinatória e de multicritérios para gerar mapas quantitativos dessa confluência numérica. Verificou-se que o aplicativo pode ser utilizado como ferramenta preditiva ao gerenciamento de riscos e de desastres, contribuindo para a resiliência urbana e para o direcionamento de Belo Horizonte no sentido das cidades inteligentes.*

**Palavras-chave:** cidades inteligentes, mapeamento colaborativo, gerenciamento de risco

## CROWDMAPPING INTEGRATED TO RISK MANAGEMENT IN BELO HORIZONTE: AN EVALUATION IN THE CONTEXT OF SMART CITIES

## ABSTRACT

*The implementation of innovations in Information and Communication Technologies (ICTs) in the urban context makes cities more interconnected by promoting initiatives such as crowdsourcing and collaborative mapping, which collect and transmit information through the citizen himself. In Belo Horizonte, this initiative is present in the PBH APP, which allows users to notify different types of incidents, generating digital cartography of the urban infrastructure. This work investigated the possibility of collaborative mapping being used as a tool incorporated into risk management through the superposition of information obtained by PBH APP and the Military Firefighters Corps of Minas Gerais, using the Natural Breaks, Combinatorial Analysis, and Multicriteria methodologies to generate quantitative maps of this numerical confluence. It was found that the application can be used as a predictive tool for risk and disaster management, contributing to urban resilience and directing Belo Horizonte toward Smart Cities.*

**Keywords:** smart cities; crowdmapping; risk management.

**Recebido em:** 02/02/2022  
**Aprovado em:** 22/08/2021

**E-mail:** [arquiteturamarianalima@gmail.com](mailto:arquiteturamarianalima@gmail.com)



## 1 INTRODUÇÃO

O século XXI é marcado por importantes fenômenos sociais que intensificam os debates sobre o papel das cidades, particularmente quando se observa a intensa concentração das pessoas nos centros urbanos (SASSEN, 1998). Projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que as populações urbanas crescerão em mais de dois bilhões de indivíduos nos próximos 40 anos, fazendo a população global ultrapassar os nove bilhões de habitantes. Desse número, estima-se que mais de 65% estarão vivendo em cidades em 2050 (ONU, 2012).

Contudo, ainda que o aumento da população urbana pareça uma progressão natural do desenvolvimento humano, tal fenômeno aponta para o agravamento de desafios relacionados à perda de funcionalidades básicas da cidade, dando origem a numerosos desafios associados ao consumo de energia, atendimento ao público, gerenciamento de resíduos, qualidade do ar, carências nos serviços de saúde, segurança, mobilidade, abastecimento, dentre outras insuficiências (TOPPETA, 2010; BATAGAN, 2011).

Outra consequência da expansão urbana remete a cenários de vulnerabilidade no aspecto físico, o que provoca eventos como acidentes e desastres decorrentes da ocupação do território. Ulrich Beck (1992) aponta como "sociedade de risco" a interação destrutiva com o meio, responsável por incidentes de grandes proporções e a imprevisibilidade dos processos de transformação que ameaçam o equilíbrio do ambiente.

Portanto, as projeções indicam para a necessidade de encaminhamentos em torno de estratégias que fortaleçam a capacidade responsiva das cidades no sentido de se manterem resilientes a situações de emergência, introduzindo o uso de novos procedimentos e condutas que acompanhem o crescimento exponencial esperado. Dessa forma, se a conurbação urbana traz consigo um enorme desafio, por outro lado, ela também apresenta muitas possibilidades para que instituições públicas, privadas e a própria população colaborem entre si na busca por soluções que direcionem para o desenvolvimento sustentável (ROMAN, 2010).

Nesse sentido, em diferentes escalas, as cidades estão se transformando e ocupando temas de debates sobre os próximos direcionamentos e possibilidades (SASSEN, 1998). Dentre as inúmeras ferramentas utilizadas, as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) assumem papel de grande importância, na medida em que podem fornecer os meios para o monitoramento e o gerenciamento dos serviços e recursos das infraestruturas urbanas, além das possibilidades de encurtar as distâncias entre o poder público e os cidadãos, por meio de serviços em rede (MEIER; ULFERTS; WOWARD, 2011). Tais iniciativas que permitem a coleta de informações dos cidadãos de maneira individual, espacializada e em tempo real são parte do que se denomina *Voluntary Geographic*

*Information* (VGI) segundo Goodchild (2007), e representam o engajamento de grande número de cidadãos na produção de informações geográficas. Ao serem aplicadas ao contexto urbano, essas informações, geradas por multidões, representam a possibilidade de uma mudança na produção de dados como ferramenta auxiliar na coleta e transparência das bases de informação que alimentam a gestão do território. Essas tecnologias são responsáveis pelo aperfeiçoamento dos modos interações e comunicação entre os atores presentes nas cidades, e aparecem como principais viabilizadoras de um sistema direcionado para o conceito de cidades inteligentes (ROMAN, 2010).

Essas reflexões iniciais remetem à seguinte questão: como o conceito de cidades inteligentes é aplicado pela cidade de Belo Horizonte, sobretudo com vistas ao aproveitamento das potencialidades tecnológicas oferecidas? A Prefeitura da cidade de Belo Horizonte, com o intuito de estimular as capacidades digitais e possibilitar a descentralização do processo de coleta das informações cartográficas, desenvolveu o dispositivo PBH APP que permite, dentre outras atribuições, a participação cidadã na solicitação de demandas relativas à qualidade e acesso às infraestruturas urbanas oferecidas. Dessa forma, é disponibilizada aos usuários a fiscalização e o gerenciamento dos serviços relacionados à iluminação pública, limpeza urbana, meio ambiente, obras e infraestrutura urbana, regulação urbana e saúde, possibilitando maior percepção do espaço urbano e engajamento por parte da população.

O presente estudo constitui uma análise da atual experiência da cidade de Belo Horizonte com a utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação como um importante instrumento para a gestão das infraestruturas urbanas.

Busca-se investigar:

- a) como a iniciativa de mapeamento colaborativo pode contribuir para estimular as capacidades responsivas às situações de vulnerabilidade de Belo Horizonte;
- b) possibilidade do PBH APP ser utilizado como ferramenta incorporada na prevenção de desastres por instituições que tratam dos assuntos diretamente ligados ao gerenciamento de riscos em Belo Horizonte.

Pretende-se, dessa maneira, contribuir com a arena de debates acerca das questões que envolvem o futuro dos ambientes urbanos, procurando oferecer melhor proposição de sistemas inovadores de utilização e gerenciamento das capacidades urbanas a serem apropriadas pelos tomadores de decisão.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 As TICs e o contexto das cidades inteligentes

O desenvolvimento de uma cidade inteligente parte da perspectiva de que a tecnologia é fator fundamental para possibilitar aos centros urbanos maior eficiência no oferecimento, acesso e utilização das infraestruturas oferecidas, sobretudo, por meio de formas de gestão urbana alicerçadas em TIC.

Tal conjuntura é possível em decorrência do advento da web 2.0, que ampliou as possibilidades de divulgação e distribuição das informações, sobretudo a partir do aumento no fluxo de dados compartilhados, permitindo que os usuários participassem da criação e manipulação de conteúdo (NEWMAN *et al.*, 2016). Além disso, os terminais móveis (como *tablets* e *smartphones*) possibilitaram maior acesso à internet e a produção de informações em tempo real, passando a ser integrados aos sistemas de computação e transmissão de dados com sistemas de posicionamento global (CHOURABI *et al.*, 2012).

Gómez-Barrón *et al.* (2016) destacam que as principais características dos sistemas web 2.0 são a grande interatividade, interoperabilidade e arquitetura orientada a serviços, conjuntura essa que possibilita o surgimento daquilo que alguns pesquisadores chamaram de “democratização” do conhecimento. Na prática, os indivíduos têm liberdade para modificar o conteúdo disponibilizado, opinar sobre as informações divulgadas e validar ou invalidar ações de terceiros. Nesse sentido, o termo *crowdsourcing* surge relacionado ao “aparecimento de sites que se utilizam da audiência/multidão (*crowd*) como fonte (*source*) de conteúdo ou mão de obra atuante e decisiva para a existência do mesmo” (SOUSA, 2012, p. 76).

O *crowdmapping*, por sua vez, é a plataforma que conjuga dados geográficos com inputs de multidões (SUROWIECKI, 2005), utilizando-se mídias móveis e sociais em tempo real, para tomada de decisão em eventos associados a demandas coletivas. O provimento de dados é de forma transparente e ágil. Isso seria dificilmente replicado pela mídia tradicional ou por organizações centralizadas de governança *top-down*, ou seja, das instituições para a sociedade. O *crowdmapping* é, portanto, uma combinação de ativismo social, jornalismo cidadão e dados geoespaciais, em que o cidadão pode participar voluntariamente sobre questões de seu conhecimento ou noticiar os acontecimentos de sua localidade (SUROWIECKI, 2005).

Tais formatos de mapeamento colaborativo são alimentados por sistemas *Volunteered Geographic Information (VGI)*, ou seja, viabilizam a participação de indivíduos leigos no processo de criação de mapas, permitem que cada pessoa seja considerada um “sensor móvel”, deixam de ser usuários passivos e passam a ser usuários ativos na produção de dados, segundo Goodchild (2007b).

A participação da população, segundo Sieber (2006), pode se dar de forma indireta, por meio do fornecimento de dados – tais como dados de GPS registrando rotas percorridas, velocidade de tráfego, dentre outros – que, compilados, formam um banco de dados para estudo do poder público; ou, diretamente, por meio de *feedback* sobre os sistemas, equipamentos urbanos existentes ou apontamentos de problemas locais para os quais são demandadas intervenções do poder público. De acordo com Erickson (2010), a aplicação de modelos geocolaborativos na gestão das cidades tende a ser eficaz, ao promover a transparência dos dados e a participação dos cidadãos, contribuindo, portanto, com a legitimação das decisões tomadas por autoridades e a eficiência quanto ao direcionamento dos investimentos públicos.

## 2.2 O mapeamento colaborativo em Belo Horizonte e o PBH APP

Na cidade de Belo Horizonte, o formato direto de participação popular está exemplificado no PBH APP, aplicativo desenvolvido pela Prefeitura do Município cujo objetivo é estimular a participação coletiva por meio da identificação de problemas urbanos.

De acordo com informações coletadas no site da prefeitura, o PBH APP trata-se de um aplicativo gratuito lançado em março de 2018, desenvolvido pela Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão (SMPOG) e pela Prodabel (Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte), com o objetivo de ser um canal de comunicação entre o município e o cidadão.

A aplicação do mapeamento colaborativo no PBH APP está presente na ferramenta “solicitar serviços”, a qual permite que o cidadão faça a requisição de atendimentos específicos na cidade, incluindo ao todo, mais de 30 atividades disponíveis, como pedidos relativos à iluminação pública, limpeza urbana, meio ambiente, obras e infraestrutura urbana, regulação urbana e saúde. Abaixo estão descritas todas as demandas oferecidas pela ferramenta:

**Quadro 1 - Serviços do PBH APP**

Iluminação pública	Lâmpada acesa durante o dia
	Lâmpada apagada ou quebrada
	Lâmpada intermitente (piscando)
Limpeza Urbana	Coleta de animal morto de grande porte
	Coleta de animal morto de pequeno porte
	Limpeza de boca de lobo
	Lixo, terra, entulho e bota-fora depositados em área pública
Meio Ambiente	Lotes vagos sujos e/ou sem capina
	Corte ou secção de raiz de árvores em área pública
	Corte ou supressão de árvores em área pública
	Fiscalização da poluição atmosférica
	Plantio de árvores em logradouros públicos
	Poda de árvores em áreas públicas

	Recolhimento de árvores e galhos caídos em área pública
	Retirada de toco (destoca) de árvores em área pública
	Transplântio de árvores em área pública
Obras e Infraestrutura Urbana	Manutenção em praças, canteiros e árvores verdes
	Tapa buraco
Regulação Urbana	Fiscalização de alvará de localização e funcionamento
	Fiscalização de camelôs e ambulantes
	Fiscalização de invasão em áreas públicas municipais
	Fiscalização de obras ou reformas
	Fiscalização de veículos abandonados e/ou carcaças
	Fiscalização em construção ou manutenção de passeio público
	Fiscalização em obras públicas, por empresas ou concessionárias
	Locais de atuação de flanelinhas em vias públicas
Saúde	Combate à dengue
	Controle de animais peçonhentos
	Controle de roedores
	Controle de vetores: carrapatos, pulgas, barbeiros e afins
	Exame para diagnóstico de Leishmaniose canina
	Fiscalização de alvará sanitário
	Vistoria em imóveis sem ligação à rede de esgoto

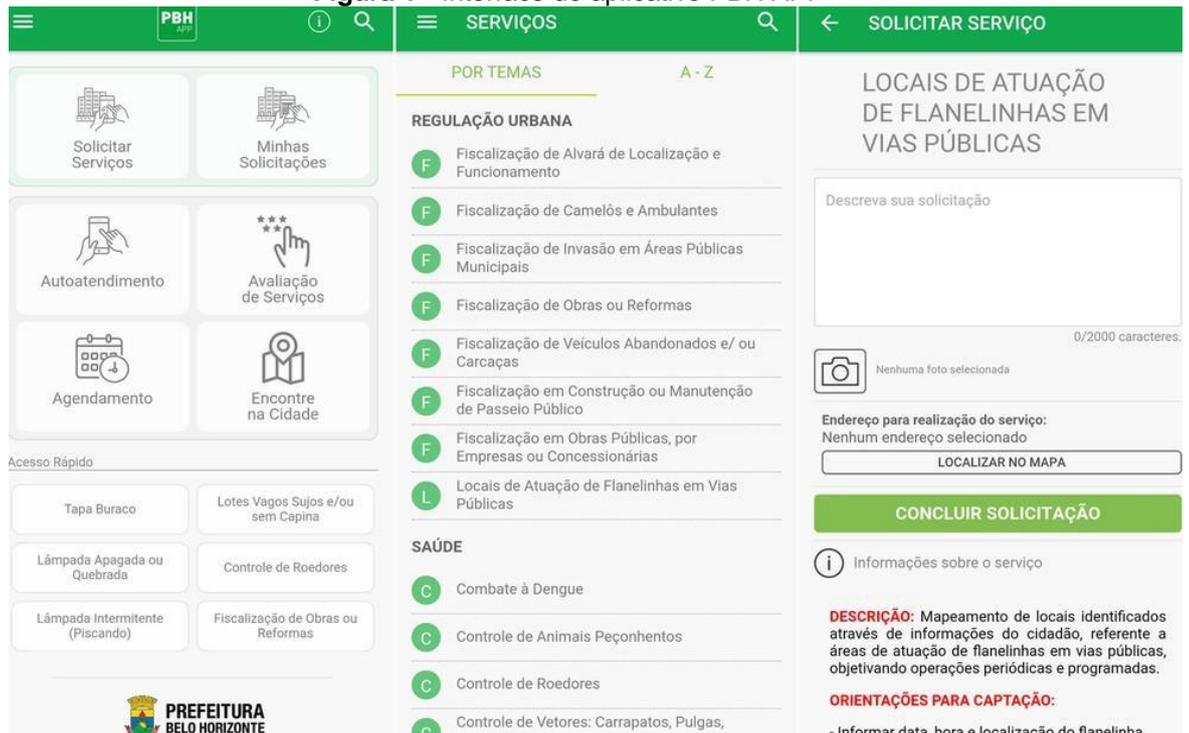
Fonte: Portal da Prefeitura de Belo Horizonte, 2018.

As solicitações são feitas por dispositivos smartphones Android e iOS devidamente conectadas à internet, com a inserção via GPS, que registra e localiza o pedido georreferenciado no mapa. Dessa forma, as informações são coletadas, analisadas e devidamente encaminhadas para os órgãos responsáveis tomarem as medidas necessárias, sendo elas de fiscalização, reparo, manutenção, dentre outras atividades. Após a conclusão dos serviços também é possível acompanhar a solicitação e avaliar a execução das atividades.

O resultado de todo esse processo é a sistematização de informações relativas a diversas demandas existentes na cidade e geograficamente localizadas pelos usuários, gerando um volume de dados consistentes, atualizados e em larga escala. Dessa forma, além de o dispositivo possuir um caráter democrático da participação cidadã, possui um grande potencial de uso no planejamento urbano.

Até o ano de 2019, ou seja, após um ano de funcionamento do aplicativo, foram realizadas mais de 45.953 requerimentos pelo sistema, que vem progressivamente sendo aderido à prática dos usuários desde então. Dessa forma, além de incentivar o caráter fiscalizador e participativo do cidadão, o aplicativo fornece uma ferramenta de gestão para o município e pode contribuir com o direcionamento das intervenções e, principalmente, com a análise das decisões sobre o destino e a prioridade dos investimentos.

Figura 1 - Interface do aplicativo PBH APP

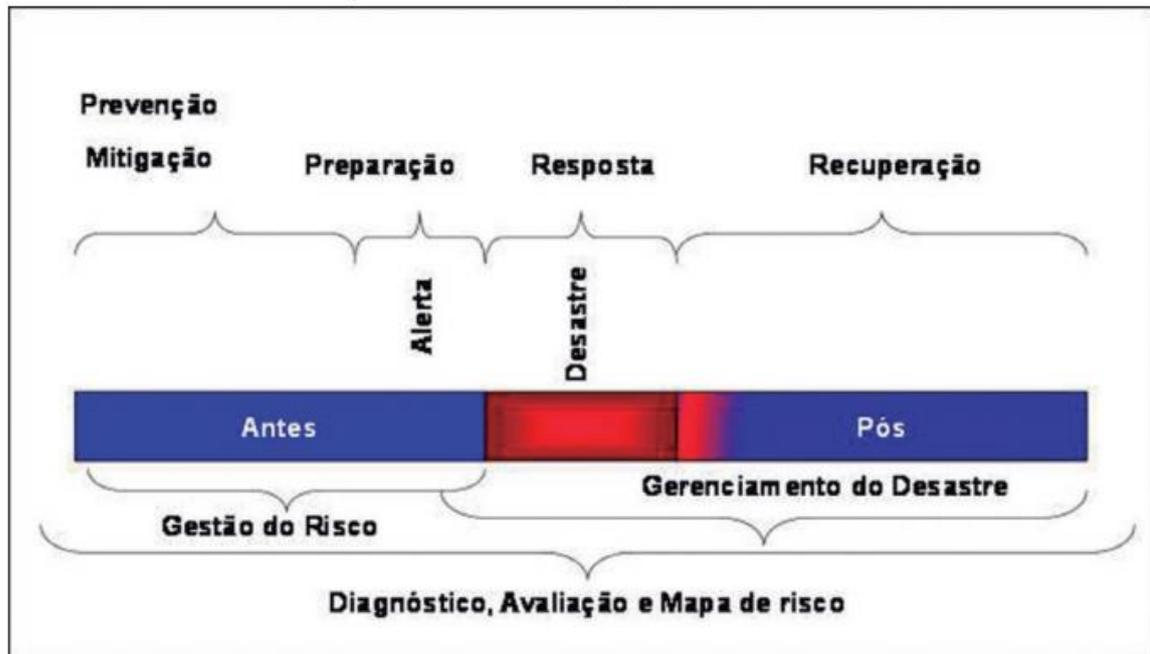


Fonte: <https://prefeitura.pbh.gov.br/>

### 2.3 A gestão do risco de desastres

De acordo com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), aprovada pela Lei n. 12.608, de 10 de abril de 2012, a proteção e defesa civil em todo o território nacional abrange as ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação. O conjunto dessas ações é um processo contínuo, integrado, permanente e interdependente, configurando uma gestão integrada em proteção e defesa civil, sendo que três ações (prevenção, mitigação e preparação) são executadas antes da ocorrência do desastre, enquanto a resposta e recuperação se realizam após a ocorrência do evento, conforme a imagem a seguir.

Figura 2 - Linha do tempo da gestão em proteção e defesa civil



Fonte: SEDEC (2014).

Até a década de 1940, as atuações em situações de desastres se limitavam às consequências após seu acontecimento (CEPED, 2017). Contudo, o processo de gestão do risco de desastres começou a evoluir quando, nas décadas seguintes, devido aos efeitos da Segunda Guerra Mundial, entendeu-se que o investimento em ações de preparação, prevenção e mitigação poderiam reduzir os impactos de desastres e até evitá-los se houvessem condutas anteriores ao evento. Tal reconhecimento foi responsável pelo início da transição do direcionamento dos desastres para a atenção ao risco e, a partir daí, as ações de prevenção, mitigação e preparação dominaram as discussões internacionais (CEPED, 2017). Nesse sentido, o processo de gestão de risco é considerado muito mais amplo atualmente, sendo função das instituições de proteção e defesa civil, da gestão pública em geral e da própria sociedade.

Em relação aos centros urbanos, o amadurecimento da gestão do risco de desastres está diretamente ligado ao esforço das cidades de promover ações que acarretem locais mais resilientes, a partir da adoção de iniciativas que se baseiam desde a identificação do risco até a elaboração de condutas como planejamento, coordenação e execução de atuações e medidas preventivas destinadas a evitar a instalação de situações de vulnerabilidade (CEPED, 2017).

No Estado de Minas Gerais, uma das instituições responsáveis pela proteção e defesa civil é o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), cujas atividades estiveram originalmente vinculadas ao atendimento e combate a incêndio em edificações e salvamento de pessoas, animais e bens materiais envolvidos em incêndios. Posteriormente,

suas funções foram se ampliando, na medida em que novas demandas urbanas e a necessidade de atendimentos passaram a se tornar mais frequentes. De acordo com a Constituição do Estado, compete ao CBMMG “a coordenação e a execução de ações de defesa civil, a prevenção e combate a incêndio, perícias de incêndio, busca e salvamento e estabelecimento de normas relativas à segurança das pessoas e de seus bens contra incêndio ou qualquer tipo de catástrofe” (MINAS GERAIS, 1989).

A instituição está presente em 86 municípios do Estado, com planos de alcançar mais regiões nos próximos anos, buscando ampliar a assistência à sociedade mineira. Em relação aos atendimentos realizados pelo CBMMG, cada um deles é catalogado pelo sistema de Registro de Evento de Defesa Social (REDS), de acordo com informações que abordam a natureza e as características das ocorrências. Tais registros são organizados a partir dos dados enviados pelas unidades operacionais ao Centro Integrado de Informações de Defesa Social (CINDS) e, após validação, são sintetizadas em estatísticas, por meio de quadros e gráficos, concernentes aos diversos tipos de eventos ocorridos no ano, servindo de ferramenta capaz de subsidiar a tomada de decisões e ações estratégicas, táticas e operacionais (MINAS GERAIS, 2009). No ano de 2019 foram registradas 378.990 ocorrências, sendo que 119.171 atendimentos estão relacionados com ações de prevenção e vistoria. Em relação ao exposto, conclui-se que o modo de operação do CBMMG encontra-se de acordo com as tendências mundiais de atuação, cujo direcionamento é voltado principalmente para as atividades de prevenção e o cuidado com a manutenção da estabilidade das comunidades urbanas.

Diante do exposto, o presente trabalho pretende investigar a possibilidade do mapeamento colaborativo ser utilizado como ferramenta incorporada à gestão de riscos na cidade de Belo Horizonte, por meio da sobreposição das informações obtidas pelo aplicativo PBH APP e o Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais, conforme explicitado na metodologia a seguir.

### **3 MÉTODO**

Para serem atendidos os objetivos do presente trabalho foram colhidos os dados relativos às solicitações do PBH APP e os atendimentos realizados pelo CBMMG entre os anos de 2019 e o segundo semestre de 2020, dentro do limite municipal. Dessa forma, é proposta a sobreposição dos dados obtidos na intenção de verificar a compatibilidade espacial das informações e a possibilidade do PBH APP ser utilizado como ferramenta para a gestão de riscos e desastres em Belo Horizonte.

Diante da ampla quantidade de atendimentos realizados tanto pelo CBMMG quanto pelo PBH APP, foram escolhidas as informações com mais similaridade dentro das

instituições destacadas, na intenção de promover maior coesão e o melhor desenvolvimento do trabalho. Nesse sentido, as informações selecionadas estão ligadas às solicitações e atendimentos realizados em locais com as mesmas condições: depósito de resíduos e lotes vagos. Em relação ao PBH APP, foram colhidos os dados referentes à limpeza urbana e à fiscalização desse tipo de local. Em relação ao CBMMG, foram colhidos os dados referentes aos atendimentos de incêndio em áreas urbanas com essas mesmas características, conforme apresentado no quadro abaixo.

**Quadro 2** - Dados selecionados para a aplicação da metodologia

Origem dos dados	Natureza dos dados		Solicitações	Total
PBH APP	Limpeza Urbana	Fiscalização - lixo, resíduos de poda de árvore, terra, entulho jogados em local público	14.758	25.725
		Fiscalização - terrenos e lotes vagos sem conservação (sujos e sem capina)	10.967	
CBMMG	Incêndio Urbano	Incêndio em local de processamento de lixo	7	1.816
		Incêndio em amontoado de lixo	376	
		Incêndio em caçamba de lixo/entulho	224	
	Incêndio Florestal	Incêndio lote vago (área urbana)	1.209	

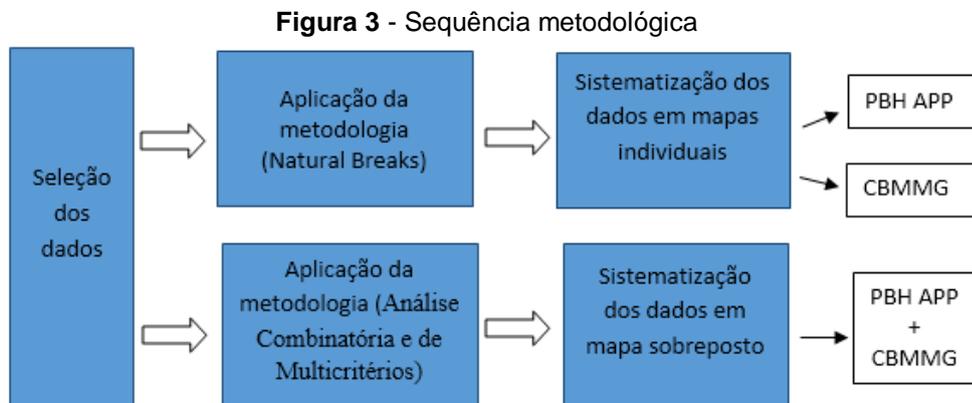
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Em relação às informações do PBH APP, foram utilizados os dados relativos a todas as solicitações realizadas entre janeiro de 2018 e junho de 2020, distribuídas pelas 80 Unidades de Planejamento (UP) na cidade de Belo Horizonte. O conjunto de dados foi disponibilizado pela Subsecretaria de Modernização da Gestão que abrange a Secretaria Municipal de Planejamento, Orçamento e Gestão, da Prefeitura Municipal.

Em relação ao CBMMG, foram utilizados os dados relativos aos atendimentos registrados entre os anos de 2018 e junho de 2020 pelo Centro Integrado de Informações de Defesa Social (CINDS), órgão vinculado à segunda seção do Estado-Maior (EMBM-2) (MINAS GERAIS, 2020). Tais dados são referentes aos atendimentos realizados apenas dentro do limite de Belo Horizonte, realizados pelas seguintes unidades: 1º Batalhão de Bombeiros Militar, localizado na Rua Piauí, 1815, bairro Cruzeiro, 2º Batalhão de Bombeiros Militar, localizado na Avenida João César de Oliveira, 3744, bairro Eldorado, município de Contagem, 3º Batalhão de Bombeiros Militar, localizado na Avenida Presidente Antônio Carlos, 4013, bairro São Francisco Batalhão de Emergências Ambientais e Resposta a Desastres (BEMAD), localizado na Avenida Santa Rosa, 10, Pampulha.

Uma vez selecionados os dados, foi realizada a estruturação numérica para que as informações fossem organizadas e sistematizadas no sentido de cumprir os objetivos do trabalho. Para isso, foram aplicadas duas metodologias diferentes, sendo que uma delas

permite a representação das informações de forma individual, produzindo um mapa no limite da cidade de Belo Horizonte, que mostra cada conjunto de dados separadamente (PBH APP e CBMMG). A outra metodologia permite a sobreposição dos dados e produz um novo mapa no limite municipal com a espacialização numérica integrada (PBH APP+CBMMG).



Fonte: Elaborado pelas autoras.

A descrição das metodologias é apresentada em duas etapas conforme descrito a seguir.

### 3.1 Classificação *natural breaks* (mapas individuais)

A primeira etapa compreendeu a aferição do conjunto de dados relativos ao PBH APP e CBMMG, de maneira individual. Para a elaboração dos mapas foi utilizado o software de representação gráfica ArqGis, que, segundo Trocado (200?), permite ao utilizador “desempenhar qualquer tarefa simples ou complexa, incluindo a gestão de dados geográficos, construção de cartografia, análise espacial, edição avançada de dados ou ligação a base de dados externas”.

O método de classificação adotado para sistematizar os campos numéricos denomina-se “*natural breaks*”, baseado no algoritmo *jenks natural breaks*, conforme descrito no texto “esquemas de classificação univariada na análise geoespacial – um guia abrangente”, 6ª edição; 2007-2018; de Smith, Goodchild, Longley. Tal método possibilita agrupar os valores semelhantes e maximizar as diferenças entre as classes, tendo os limites estabelecidos onde há diferenças consideráveis entre os valores dos dados (ESRI, 2016). Para tanto, os dados foram separados em cinco níveis: baixo, médio/baixo, médio, médio/alto e alto, conforme mostrado na representação abaixo.

**Quadro 3** - Representação gráfica da classificação *natural breaks*

Representação gráfica	Incidência dos dados
	Baixo
	Médio/Baixo
	Médio
	Médio/Alto
	Alto

Fonte: Elaborado pelas autoras.

### 3.2 Análise combinatória e de multicritérios (mapa sobreposto)

A segunda etapa caracterizou-se pela sobreposição das informações anteriores como fundamento para a análise das tendências espaciais possíveis. Para tanto, fez-se necessário a transformação e reclassificação das informações numéricas a partir da metodologia de análise de multicritérios e análise combinatória.

A análise multicritérios é um método baseado na álgebra de mapas, termo proposto por Tomlin (1990), que associa valores numéricos (quantitativos) a informações espaciais, o qual proporciona a realização de operações matemáticas. A utilização deste método tem como objetivo identificar o potencial da paisagem por meio dos seus usos e valores e tem como base mapas temáticos ligados ao meio físico e, todo o procedimento realizado por técnicas de geoprocessamento (MOURA 2005; MAGALHÃES, 2013; ROCHA *et al.*, 2018).

A análise combinatória, por sua vez, é caracterizada pela composição de um índice resultante da soma ponderada dos principais componentes. O grau de importância de cada variável, entendido como “peso”, deve ser decidido por critério defensável, segundo um referencial bibliográfico, no qual é realizado uma consulta a um conjunto de especialistas ou mesmo por medições de tendências reconhecidas no território. Para a presente pesquisa, a obtenção de pesos foi proveniente dos dados resultantes da mensuração de tendências observadas, processo classificado por Bonham-Carter (1994) como *data-driven evaluation*.

Dessa forma, foi estabelecida uma nova classificação numérica para cada uma das categorias resultantes do processo anterior, que resultou na matriz a seguir. Ressalta-se que, dentre os 25 resultados possíveis, foi necessário o agrupamento para reduzir o número de respostas das novas reclassificações. Foram agrupados os Algarismos repetidos de cada classe, possibilitando apenas 15 resultados finais, que podem ser observados de acordo com as cores.

**Quadro 4** - Matriz metodológica – PBH APP/CBMMG

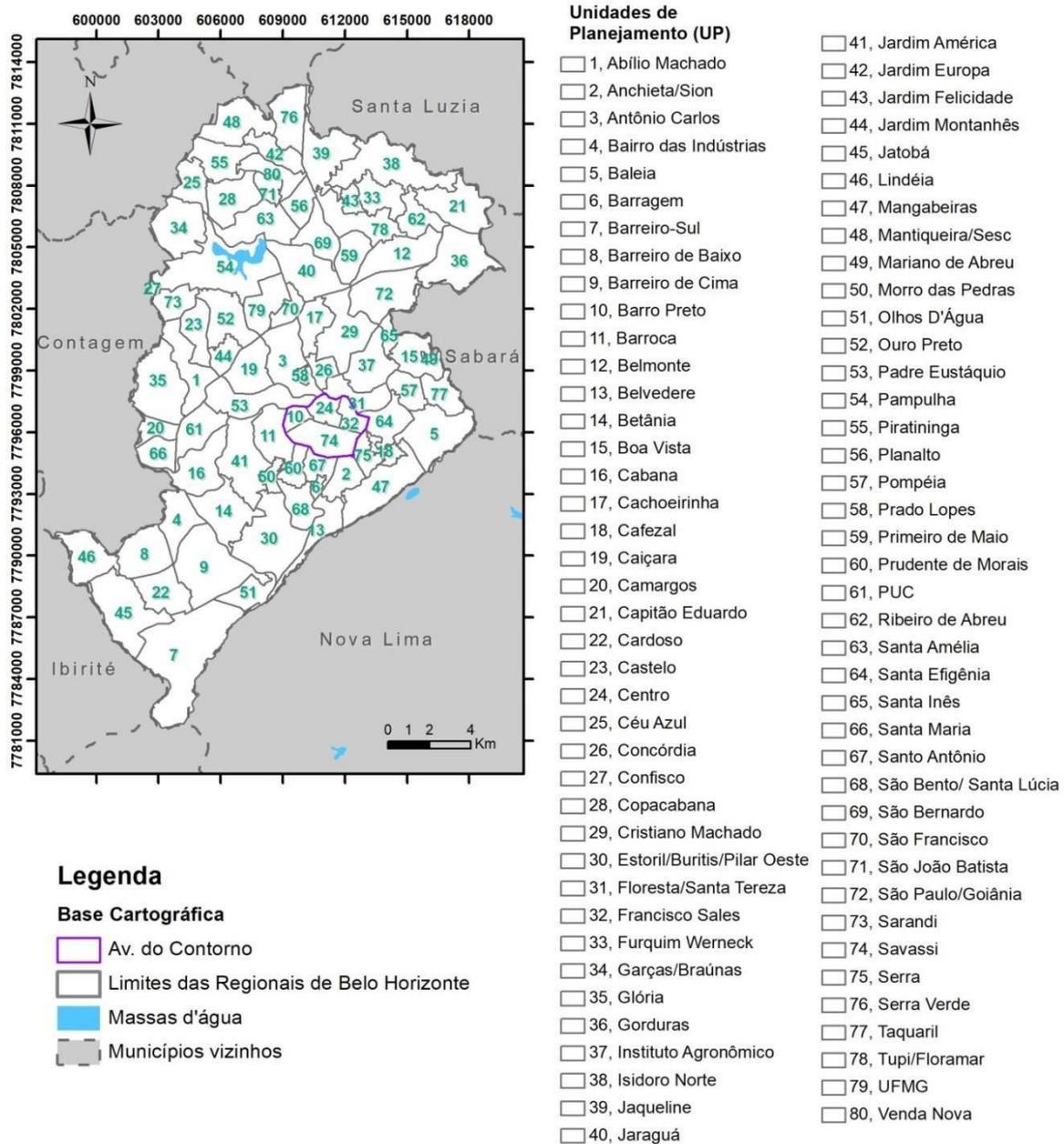
PBH APP + CBMMG					
PBH APP/ CBMMG	10	20	30	40	50
1	11	21	31	41	51
2	12	22	32	42	52
3	13	23	33	43	53
4	14	24	34	44	54
5	15	25	35	45	55

Fonte: Elaborado pelas autoras.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A investigação proposta resultou na diagramação espacial das UPs, da cidade de Belo Horizonte, com informações complementares, tanto sobre as solicitações do aplicativo PBH APP quanto dos atendimentos do CBMMG. Contudo, antes da análise das informações sobrepostas, faz-se necessário analisar separadamente o que cada mapa revela em termos de diagnóstico individual. Para isso, foram utilizadas as informações do Portal da Prefeitura, no qual constam diferentes tipos de dados sobre o Município de Belo Horizonte, como demografia, habitação, zoneamentos, entre outros. Da mesma forma, para o melhor entendimento dos resultados, apresenta-se anteriormente a distribuição das unidades de planejamento no Município de Belo Horizonte para que possam ser identificadas nos demais mapas.

Mapa 1 - Unidades de planejamento de Belo Horizonte

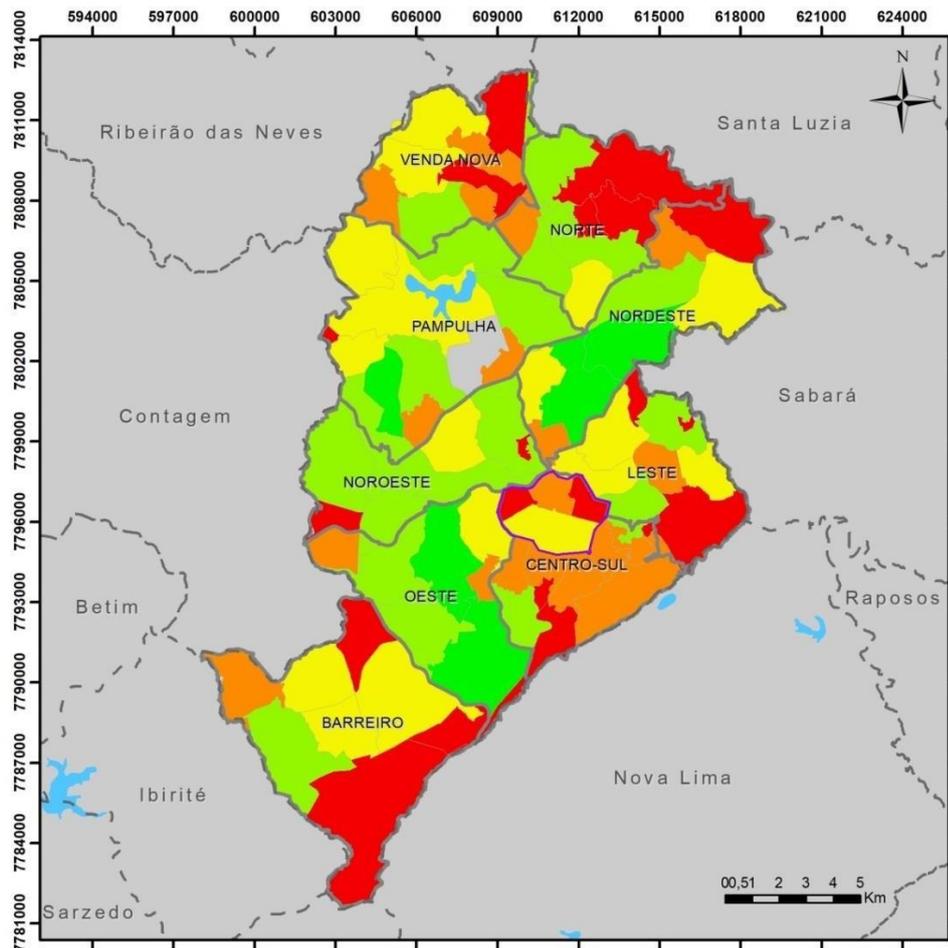


Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM-23S. Fonte dos dados: Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), 2020 e Prefeitura de Belo Horizonte, 2020. Elaboração: Setembro de 2020.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

O mapa 2, a seguir, retrata a incidência de solicitações coletadas pelo aplicativo PBH APP que foram distribuídas pelas 80 unidades de planejamento e agrupadas pela circunscrição das regiões administrativas de Belo Horizonte. Os dados representam os pedidos relacionados à limpeza urbana (lixo, resíduos de poda de árvore, terra, entulho e bota fora jogados em local público e terrenos e lotes vagos sem conservação sujos e sem capina), entre janeiro de 2018 e junho de 2020.

Mapa 2 - Incidência de demandas do PBH APP (2018-2020)



**Legenda**

**Base Cartográfica**

- Av. do Contorno
- Limites das Regionais de Belo Horizonte
- Municípios vizinhos
- Massas d'água

**Solicitações pelo PBH APP por Unidade de Planejamento (2018 a 2020)**

- 0 - 136
- 136 - 266
- 266 - 426
- 426 - 645
- 645 - 949

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM-23S. Fonte dos dados: Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), 2020 e Prefeitura de Belo Horizonte, 2020. Elaboração: Setembro de 2020.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Em relação ao mapa 2, faz-se necessário, primeiramente, salientar que dentre os 2.521.564 habitantes, conforme estimativas de 2020, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apenas 74.000 cidadãos são cadastrados no PBH APP (até outubro de 2019), o que corresponde a apenas 2,95% da população total. Dessa forma, observa-se que a adesão ao aplicativo da PBH ainda equivale a uma pequena parcela da população.

No que diz respeito à distribuição das solicitações pelo território urbano, afere-se que ocorreu de forma heterogênea, com uma grande disparidade entre a quantidade de

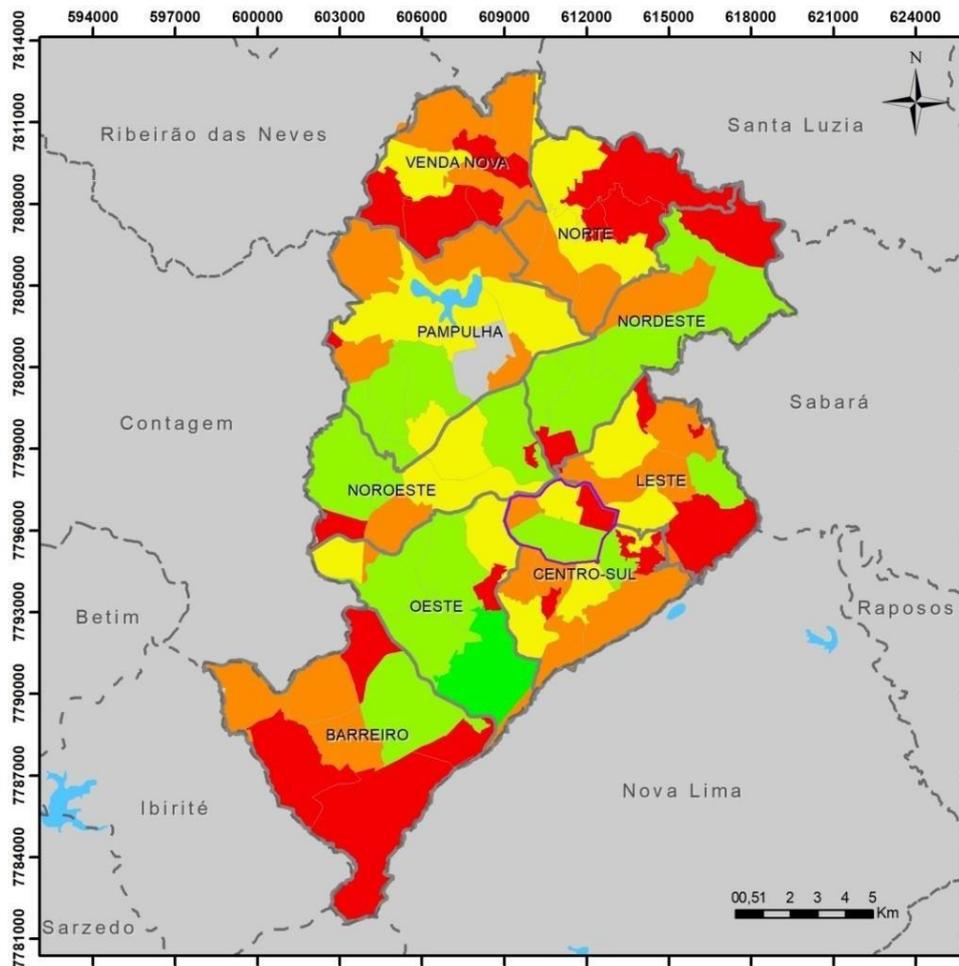
solicitações por UP, já que havia locais com poucas solicitações e outras com 949. Em relação às UPs com menores índices de solicitação do PBH APP, essas estão localizadas de maneira concentrada nas Regionais Norte, Nordeste, Centro Sul, Venda Nova, Leste e Barreiro e de maneira pulverizada e reduzida pelas outras regionais, contemplando, sobretudo, as UPs UFMG, Confisco, Barreiro-Sul, Capitão Eduardo, Furquim Werneck, Prado Lopes, Olhos D'Água, Mariano de Abreu, Bairro das Indústrias, Santa Inês, Isidoro Norte, Barro Preto, Barragem, Camargos, Baleia, Jardim Felicidade, Francisco Sales, Belvedere e Serra Verde.

Sobra tal constatação, duas observações se fazem importantes: a primeira delas é que grande parte das UPs mencionadas equivalem a localidades com baixo poder aquisitivo, aglomerados urbanos e conjuntos habitacionais. A segunda observação, diz respeito à localização dessas UPs, que estão concentradas em áreas limítrofes com outros municípios, como é o caso de Santa Luzia, Sabará, Nova Lima, Betim, Vespasiano, Ibirité e Contagem.

Por outro lado, é possível aferir que os locais que compreendem as maiores taxas de solicitação pelo aplicativo são a Regional Oeste, Nordeste e Pampulha, contemplando as UPs Jardim América, Estoril/Buritis/Pilar Oeste, São Paulo/Goiânia, Cristiano Machado, Castelo e Padre Eustáquio. Todos esses são locais possuem altas taxas de ocupação e densidade urbana.

O mapa 3, por sua vez, retrata a distribuição espacial dos atendimentos realizados pelo CBMMG que foram distribuídas pelas 80 Unidades de Planejamento e agrupadas pela circunscrição das regiões administrativas de Belo Horizonte. Os dados representam as solicitações em relação a incêndio urbano (incêndio em local de processamento de lixo, incêndio em amontoado de lixo e incêndio em caçamba de lixo/entulho) e incêndio florestal (incêndio lote vago - área urbana) entre janeiro de 2018 a junho de 2020.

Mapa 3 - Incidência das ocorrências do CBMMG



**Legenda**

**Base Cartográfica**

- Av. do Contorno
- Limites das Regionais de Belo Horizonte
- Municípios vizinhos
- Massas d'água

**Atendimentos CBMMG por Unidade de Planejamento (2018 a 2020)**

- 0 - 10
- 10 - 21
- 21 - 33
- 33 - 53
- 53 - 92

Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM-23S. Fonte dos dados: Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), 2020 e Prefeitura de Belo Horizonte, 2020. Elaboração: Setembro de 2020.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

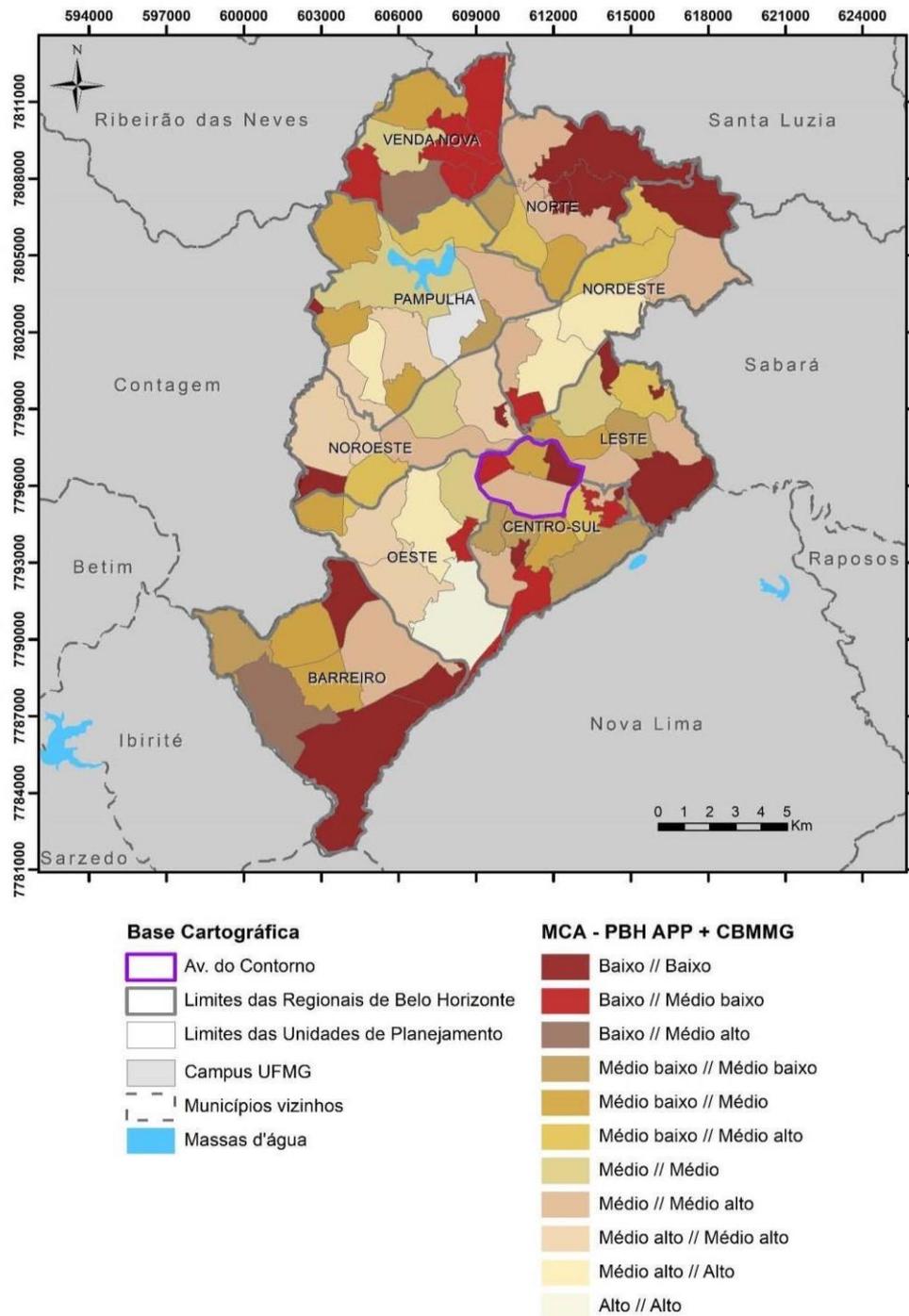
O mapa 3 revela que os locais com menos ocorrências estão espalhados por todas as Regionais de maneira heterogênea, havendo maior concentração nas Regionais Norte, Nordeste, Leste, Centro Sul, venda Nova e Barreiro, mais especificadamente nas UPs Baleia, Capitão Eduardo, Aglomerado Serra, Prado Lopes, Jardim Felicidade, Morro das Pedras, Barreiro Sul, Concórdia, Céu Azul, Mariano de Abreu, Olhos D'Água, Santa Inês, Jardim Europa, Aglomerado Barragem, Bairro das Indústrias, São João Batista, Copacabana

e São Bento. A maior parte dos locais citados também se refere a aglomerados urbanos e localidades com baixa infraestrutura.

Em contrapartida, os locais com maior índice de atendimento do CBMMG por esta natureza são as Regionais Nordeste, Noroeste, Oeste e Pampulha, com maior número de atendimento nas UPs Jardim América e Estoril/Buritis, que são locais de grande concentração demográfica e uso misto (comercial, institucional e residencial). Tal indicativo pode estar atrelado às grandes áreas com lotes vagos existentes nessas localidades e a inexistência e/ou longa distância dos pontos de Local de Entrega Voluntária (LEV), Ponto Verde (PV) e Unidade de Recebimento de Pequenos Volumes (URPV), que são pontos de limpeza especializada da prefeitura.

O mapa 4 retrata a confluência dos dois mapas anteriores com a distribuição espacial das informações relativas ao CBMMG e ao PBH APP. Os dados concentrados por unidades de planejamento e agrupados pela circunscrição das regiões administrativas da cidade de Belo Horizonte.

Mapa 4 - Relação do CBMMG com as incidências de demandas do PBH APP



Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM-23S. Fonte dos dados: Corpo de Bombeiros Militar de Minas Gerais (CBMMG), 2020 e Prefeitura de Belo Horizonte, 2020. Elaboração: Setembro de 2020.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

A principal finalidade da sobreposição das informações anteriores é verificar se existe e onde se localizam as confluências entre os pedidos de solicitação de limpeza pelo aplicativo da Prefeitura e os atendimentos de incêndios pelo CBMMG. O resultado dessas tendências indica um importante avanço quanto à utilização do dispositivo de mapeamento colaborativo, pois, além de evidenciar o objetivo inicial do PBH APP, de reporte das

demandas urbanas pela população, também revela uma nova finalidade, sendo essa o caráter de previsão de incidentes e desastres na cidade de Belo Horizonte. Por esse motivo, os principais aspectos analisados no mapa constituem relevantes retornos para as duas instituições, nas quais as fontes de dados foram utilizadas.

O acúmulo de lixo, resíduos de poda de árvore, terra, entulho e bota fora jogados em local público e terrenos, bem como o acúmulo de resíduos em lotes vagos sem conservação (sujos e sem capina), são condições com alto potencial para desencadear focos de incêndios urbanos. Dessa forma, um local que apresenta concomitantemente altos índices de solicitação do PBH APP e registros do CBMMG representa uma área onde a população alerta sobre os riscos em potencial do acúmulo de rejeitos, e efetivamente ocorrem incêndios com frequência. Tal situação foi verificada na UP Estoril/Buritis/Pilar Oeste, localizada na regional Oeste de Belo Horizonte que apresenta inúmeros espaços sem ocupação urbana e/ou de interesse ambiental, como é o caso da Estação Ecológica do Cercadinho, com 224,8 hectares de área de preservação. Dessa forma, é uma área que merece atenção, no sentido de aumentar os esforços para o atendimento dos serviços públicos.

Outro resultado relevante apresentado pelo mapa 4 foi sobre a confluência dos locais, com simultaneamente, baixos índices de solicitação do PBH APP e atendimentos do CBMMG. São elas as UPs Barreiro Sul, Olhos D'água, Bairro das Indústrias, Camargos, Barragem, Francisco Sales, Baleia, Mariano de Abreu, Santa Inês, São Bento/Santa Lúcia, Confisco, Capitão Eduardo, Isidoro Norte, Jardim Felicidade e Furquim Wernek. Na teoria, essas unidades representariam locais de referência quanto à limpeza urbana, por terem pouca demanda pelo aplicativo, e de baixo risco, por terem poucos atendimentos relacionados aos incêndios urbanos. Contudo, sabe-se que a maioria dessas localidades é área de vulnerabilidade social, e, dessa forma, a análise dos resultados torna-se mais sensível, pois, o baixo índice de solicitações pelo PBH APP pode representar a falta de acesso a dispositivos móveis, baixa capacidade digital da população e até mesmo falta de engajamento nas questões coletivas, como as relacionadas à limpeza urbana. Nesse sentido, a apuração quantitativa do mapa não representa a inexistência de acúmulo de lixo e resíduos nessas localidades, já que existe a possibilidade de apenas não serem reportadas pelo dispositivo da Prefeitura. Outro ponto pertinente a ser analisado diz respeito à alta ocupação territorial dessas UPs, uma vez que a maior parte delas é composta de adensados urbanos com poucas áreas verdes (como matas de preservação e parques) e lotes vagos. Tal fato, também pode ser um dos indicadores do porquê existirem poucas solicitações de fiscalização e incêndio em lotes vagos.

Os demais resultados contidos no mapa 4 (e até mesmo a inexistência de algumas conformações) são igualmente representativos. No mapa, não existe nenhuma sobreposição

entre indicadores de Alto PBH APP e Baixo CBMMG. Da mesma forma, não existe nenhum resultado de Baixo PBH APP e Alto CBMMG. Ambos os produtos reafirmam a capacidade preditiva do aplicativo e revela que não há nenhum local que tenha realizado muitas solicitações pela população, sem de fato representar altas taxas de incêndio atendidas.

O pensamento reverso também é válido: não há localidades com altos índices de atendimento a incêndio pelo CBMMG que não tenham sido de alguma forma previamente “anunciadas” pela população local. Portanto, a inexistência de sobreposições inversamente proporcionais e a alta incidência de sobreposições diretamente proporcionais no mapa são mais um indicativo de que os acontecimentos em Belo Horizonte seguem uma tendência previsível, que podem ser identificadas por meio do PBH APP e deve ser abordada como ferramenta de gestão de riscos a desastres no município.

**Quadro 5 - Tendência dos resultados entre CBMMG e PBH APP**

<b>PBH APP</b>	<b>CBMMG</b>	<b>Situação</b>	<b>Ação esperada</b>
Alto	Baixo	Área de risco previsível (controlável)	Prevenção/Mitigação
Alto	Alto	Área de alto risco	Preparação
Baixo	Baixo	Área de baixo risco	Prevenção/Mitigação
Baixo	Alto	Área de risco imprevisível	Preparação

Fonte: Elaborado pelas autoras.

O quadro acima representa o organograma com as ações esperadas para cada tipo de resultado, de acordo com o ciclo de gestão em proteção e defesa civil. Para cada cenário, dentre as confluências descritas, é possível direcionar diferentes estratégias a serem executadas, que estão ligadas à prevenção, mitigação, preparação, resposta, recuperação ou demais iniciativas adotadas pelo CBMMG, Prefeitura e outros órgãos responsáveis pelo gerenciamento do risco e desastres em Belo Horizonte. Cabe ressaltar que tal direcionamento das estratégias cabíveis só é possível ser realizado por meio da sobreposição dos dados, já que do contrário, seriam apenas informações individuais relacionadas à infraestrutura urbana da PBH e a respeito dos atendimentos realizados pelo CBMMG. Dessa forma, torna-se evidente a importância do mapeamento colaborativo como ferramenta preditiva no combate a acidentes e desastres, o que reforça não somente a continuidade e aprimoramento do PBH APP por parte da SMPOG, quanto sua integração com outras instituições com funções preventivas, reforçando, por fim, o vasto beneficiamento da utilização das TICs como ferramenta chave para o desenvolvimento das cidades inteligentes.

## 5 CONCLUSÃO

A pesquisa desenvolvida reafirmou a imperativa de que, por trás do termo cidades inteligentes, existem diversas oportunidades que devem ser exploradas, sobretudo em

relação às capacidades oferecidas pelas TICs e a participação do cidadão. Ele ocupa lugar central nos processos de desenvolvimento urbano, pois, a partir dele, surgem as principais demandas e proposições e também convergem os benefícios de uma atuação participativa. Da mesma forma, ressaltou-se a importância da discussão em torno do acesso e da análise dos dados da cidade, na qual foi possível explorar as informações coletadas sobre dois conjuntos de dados: do PBH APP e do CBMMG. Como consequência desse processo percebeu-se que a sistematização das informações de forma individual ou sobreposta é uma importante ferramenta para o melhor entendimento sobre a distribuição das demandas da população, do planejamento urbano e do fluxo da gestão de riscos da cidade.

Em relação aos objetivos da pesquisa, foi possível aferir que o mapeamento colaborativo, por meio do PBH APP, é um atributo importante a ser empregado para fornecer mais resiliência à cidade, considerando, sobretudo, o caráter preditivo que o aplicativo possui ao ser analisado não apenas como instrumento de infraestrutura, mas atrelado ao planejamento urbano. Da mesma forma, foi possível constatar seu vasto potencial por possuir um compilado com outros dados da cidade. É importante ressaltar que este trabalho tratou apenas das informações vinculadas a um tipo específico de atendimento realizado pelo CBMMG para que a pesquisa tivesse mais coesão e para que fosse destacado o aspecto quantitativo da sobreposição dos dados. Contudo, vislumbra-se como novos desdobramentos do presente estudo, a inclusão de novos conjuntos de informações do CBMMG, não apenas em relação aos atendimentos realizados, mas também ao nível da gravidade das ocorrências, quantidade de vítimas, dentre outras variáveis que pudessem deixar o estudo ainda mais sólido e passível de ser utilizado diretamente pelas instituições analisadas. Da mesma forma, como novos encaminhamentos do estudo, é imprescindível que ele consiga abranger os dados de outros setores públicos e demais iniciativas que contenham participação colaborativa cidadã, uma vez que a junção desses elementos tem potencial de melhor entender, analisar e propor encaminhamentos significativos para a cidade.

## 6 REFERÊNCIAS

- BATAGAN, L. Smart cities and sustainability models. **Informatica Economica**, v. 15, n. 3, 2011.
- BECK, U.; LASH, S.; WYNNE, B. **Risk society: Towards a new modernity**. Sage, 1992.
- BONHAM-CARTER, G. F.; BONHAM-CARTER, G. **Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS**. Elsevier, 1994.

CEPED UFSC. **Gestão de desastres e ações de recuperação**: curso de capacitação, módulo III. Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2013/02/livro-completo-1-1.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2016.

CEPED UFSC. **Noções Básicas em Proteção e Defesa Civil e em Gestão de Riscos**. Módulo de formação. Livro Base. Florianópolis: CEPED UFSC, 2017.

CHOURABI, H. **Smart Cities**: An Integrative Framework. 45th Hawaii International Conference on System Sciences, p. 2289-2297, 2012.

ERIKSSON, M.; NIITAMO, V. P.; KULKKI, S. **State-of-the-Art in Utilizing Living Labs Approach to Usercentric ICT innovation** – a European approach. Centre for Distance-Spanning Technology, Luleå University of Technology and Centre for Knowledge and Innovation Research at Helsinki School of Economics. 2005.

FERREIRA, S. H. G. **Capacidade dos municípios no desenvolvimento da gestão do risco de desastres por meio dos seus órgãos de proteção e defesa civil**: estudo aplicado aos municípios da Região Metropolitana de Belo Horizonte que declararam situação de emergência no período chuvoso de 2011-2012. Monografia (Especialização em Segurança Pública) - Academia de Polícia Militar, Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2012.

GÓMEZ-BARRÓN, J. P. *et al.* Volunteered Geographic Information System Design: Project and Participation Guidelines. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 5, 2016. DOI: 10.3390/ijgi5070108.

GOODCHILD, M. F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography. **GeoJournal**, v. 69, n. 4, 2011.

MEIER, W. J.; ULFERTS, G. W.; HOWARD, T. L. Transforming city governments through IT. **The Review of Business Information Systems**, Fourth Quarter, v. 15, n. 4, 2011.

MINAS GERAIS. [Constituição (1989)]. **Constituição do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Assembleia Legislativa do Estado de Minas Gerais, 1989.

MINAS GERAIS. CINDS - Centro Integrado de Informações de Defesa Social. **Anuário 2019**. Governo do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2020.

MOURA, A. C. M. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora da autora, 2005.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análises de Multicritérios. **Anais**. XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, INPE, p. 2899-2906, 2007.

NEWMAN, R. *et al.* Web 2.0: The past and the future. **International Journal of Information Management**. v. 36, n. 4, 2016.

ONU BR. Organização das Nações Unidas no Brasil. **População mundial deve atingir 9,6 bilhões em 2050, diz novo relatório da ONU**. 2012. Brasil, 13 jun. 2013. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/populacao-mundial-deve-atingir-96-bilhoes-em-2050-diz-novo-relatorio-da-onu/>. Acesso em: 06 jun. 2020.

ROMAN, M. Governing from the middle: the C40 Cities Leadership Group. **Corporate Governance**, v. 10, n. 1, p. 73-84, 2010.

SASSEN, S.; DE MOURA, C. E. M. **As cidades na economia mundial**. Nobel, 1998.

SIEBER, R. Public Participation Geographic Informations Systems: A Literatura Review and Framework. **Annals of the Association of American Geographers**. v. 96, p. 491-507, 2006.

SMITH, M. J.; GOODCHILD, M. F.; LONGLEY, P. **Geospatial analysis**: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools. Troubador publishing ltd, 2007.

SOUSA, P. V. **Mapas colaborativos na Internet: um estudo de anotações espaciais dos problemas urbanos**. 2012. Dissertação (Mestrado em Comunicação) – Faculdade de Comunicação. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2012.

SUROWIECKI, J. **The wisdom of crowds**: Why the many are smarter than the few and how collective wisdom shapes business, economies, societies and nations. New York: Doubleday, 2005.

TOMLIN, C. D. **A map algebra**. Harvard Graduate School of Design, 1990.

TOPPETA, D. **The smart city vision**: how innovation and ICT can build smart, “livable”, sustainable cities. The Innovation Knowledge Foundation, 2010.

TROCADO, P. 200-?. **ArcGis 9**. Instituto Superior Técnico. Disponível em: [http://213.63.184.54/SitioDoUrbanismo/manuais/manual\\_arcgis.pdf](http://213.63.184.54/SitioDoUrbanismo/manuais/manual_arcgis.pdf). Acesso em: 27 ago. 2008.