

PANORAMA DOS ALAGAMENTOS NO DISTRITO FEDERAL ATRAVÉS DE UMA SÉRIE HISTÓRICA DE 20 ANOS DE DADOS CIDADÃOS DE NOTIFICAÇÕES DE ALAGAMENTO

Gabriela Branquinho Antonio

Instituto Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil
gabrielabranquinho56@gmail.com

Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil
robertogomes@unb.br

Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil
osmarjr@unb.br

Renato Fontes Guimarães

Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil
renatoofg@unb.br

RESUMO

Atualmente, os alagamentos, embora sejam eventos curtos e rápidos, tendem a ser mais frequentes. O Distrito Federal é acometido todos os anos por alagamentos, causando uma diversidade de impactos negativos como, danos materiais, ambientais e perdas de vidas. proposta do artigo é atualizar uma base de dados (não oficial) e demonstrar as possibilidades de uso de dados colaborativos. Como resultado, foi observado que no período de atualização (04/2013 até 12/2020) houve um incremento de mais de 50% das notificações em relação ao período previamente cadastrado (01/1999-03/2013). Por se tratar de um dado espacializado, foi possível quantificar e identificar as regiões administrativas, as quadras e as vias mais notificadas. De modo que, quase 60% das notificações (1999-2020) estão associadas ao sistema viário, sendo 44% na Av. W3 e 17% na Av. L2. Corroborando com a informação supracitada, quando mencionado, foi possível quantificar os principais danos causados pelos alagamentos, indicando que 40% estão associados a veículos. A partir das análises espaciais foi possível verificar a relação de proximidade das notificações de alagamento com os equipamentos públicos. Por fim, apesar de se tratar de um dado não oficial, é possível extrair informações relevantes que podem ser aplicadas ao planejamento urbano.

Palavras-chave: Dados Cidadãos. Mapeamento Colaborativo. Alagamentos. Distrito Federal.

OVERVIEW OF FLOODS IN THE FEDERAL DISTRICT THROUGH A 20-YEAR HISTORICAL SERIES OF CITIZEN DATA ON FLOODING NOTIFICATIONS

ABSTRACT

Currently, flooding, although short and quick events, tends to be more frequent. The Federal District is affected every year by flooding, causing a variety of negative impacts such as material and environmental damage and loss of life. Therefore, the purpose of the article was to update a (non-official) database and demonstrate the possibilities for using citizen data. As a result, it was observed that in the update period (04/2013 to 12/2020) there was an increase of more than 50% in notifications in relation to the previously registered period (01/1999-03/2013). As this is spatialized data, it was possible to quantify and identify the most reported administrative regions, blocks and roads. Therefore, almost 60% of notifications (1999-2020) are associated with the road system, 44% on Av. W3 and 17% on Av. L2. Corroborating the aforementioned information, when mentioned, it was possible to quantify the main damages caused by flooding, indicating that 40% are associated with vehicles. From spatial analyzes it was possible to verify the proximity of flooding notifications to public facilities. Finally, despite being unofficial data, it is possible to extract relevant information that can be applied to urban planning.

Keywords: Citizen Data. Collaborative Mapping. Flooding. Federal District.

INTRODUÇÃO

Os alagamentos são definidos como o acúmulo temporário de água em superfície, proveniente da incapacidade do terreno e infraestruturas de drenagem em absorver ou escoar a água de chuva eficazmente (Ipt, 2007; Cnm, 2015). Atualmente, os alagamentos são grandes problemas urbanos, resultantes do aumento do volume de água superficial que ultrapassa a capacidade da rede de drenagem pluvial de escoá-lo durante eventos de precipitação (Marco; Cayuela, 1994; Sene, 2013; Tesema *et al.*, 2020; Moy De Vitry; Leitão, 2020). Embora não apresentem a mesma intensidade e magnitude das inundações fluviais, a alta frequência os torna um risco devido aos prejuízos econômicos para a população e o poder público (Tesema *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2020).

O Distrito Federal (DF) é acometido todos os anos por alagamentos, causando danos materiais, ambientais e perdas de vidas. As principais causas de alagamentos são as chuvas concentradas em um curto período e um sistema de drenagem de águas pluviais que se tornou subdimensionado em relação a atual demanda. Embora os alagamentos no DF sejam amplamente conhecidos, ainda não existe uma base de dados eficiente que seja espacializada, pública e oficial com o cadastro dos locais que alagam. O único cadastro público sobre alagamentos, inundações e erosões é uma compilação realizada por Batista (2014), usando notícias de jornais da imprensa formal. Esses dados foram utilizados em trabalhos acadêmicos, como Steinke e Barros (2015), e no âmbito da administração pública do DF, incluindo o Plano Distrital de Saneamento Básico (Serenco, 2017).

Uma alternativa promissora para aquisição de informações espaciotemporais quando há escassez ou ausência de dados sobre um tópico específico é a ciência cidadã, conhecidos também como mapeamentos colaborativos ou informações geográficas voluntárias (*Volunteered Geographical Information - VGI*). Simplificadamente, os dados cidadãos são informações geográficas coletadas e compartilhadas pelo público, usando plataformas de mapeamento colaborativo, compartilhamento em rede sociais e/ou compilação de informações compartilhadas por meio de documentações como relatórios, jornais, fotos, entre outros, a partir de participantes sem formação e/ou treinamento específico (Bravo; Sluter, 2018). A primeira iniciativa de mapeamento colaborativo no DF é o “Portal do Território Resiliente”, proposta na revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal (PDOT-DF) sob o comando da Secretária de Estado de Desenvolvimento Urbano e de Habitação (BRASIL, 2012), que incorpora a base de dados de Batista (2014). Apesar de ser uma iniciativa muito promissora, a falta de divulgação impede uma participação efetiva da população, fundamental para uma constante atualização. Além disso, inexiste uma metodologia de validação da informação, resultando em uma inclusão automática dos dados no Portal, sem uma verificação prévia. Inexiste também parcerias com outros órgãos que poderiam estar atuando nas temáticas de sua competência.

Nesse sentido, o presente trabalho possui os seguintes objetivos: (a) atualizar o cadastro realizado por Batista (2014) a qual compreendeu o período de 1999 a março de 2013; (b) apresentar as potencialidades dos dados para realizar análises espaciais que possam contribuir para compreender a dinâmica dos alagamentos no DF.

METODOLOGIA

Caracterização da Área de Estudo

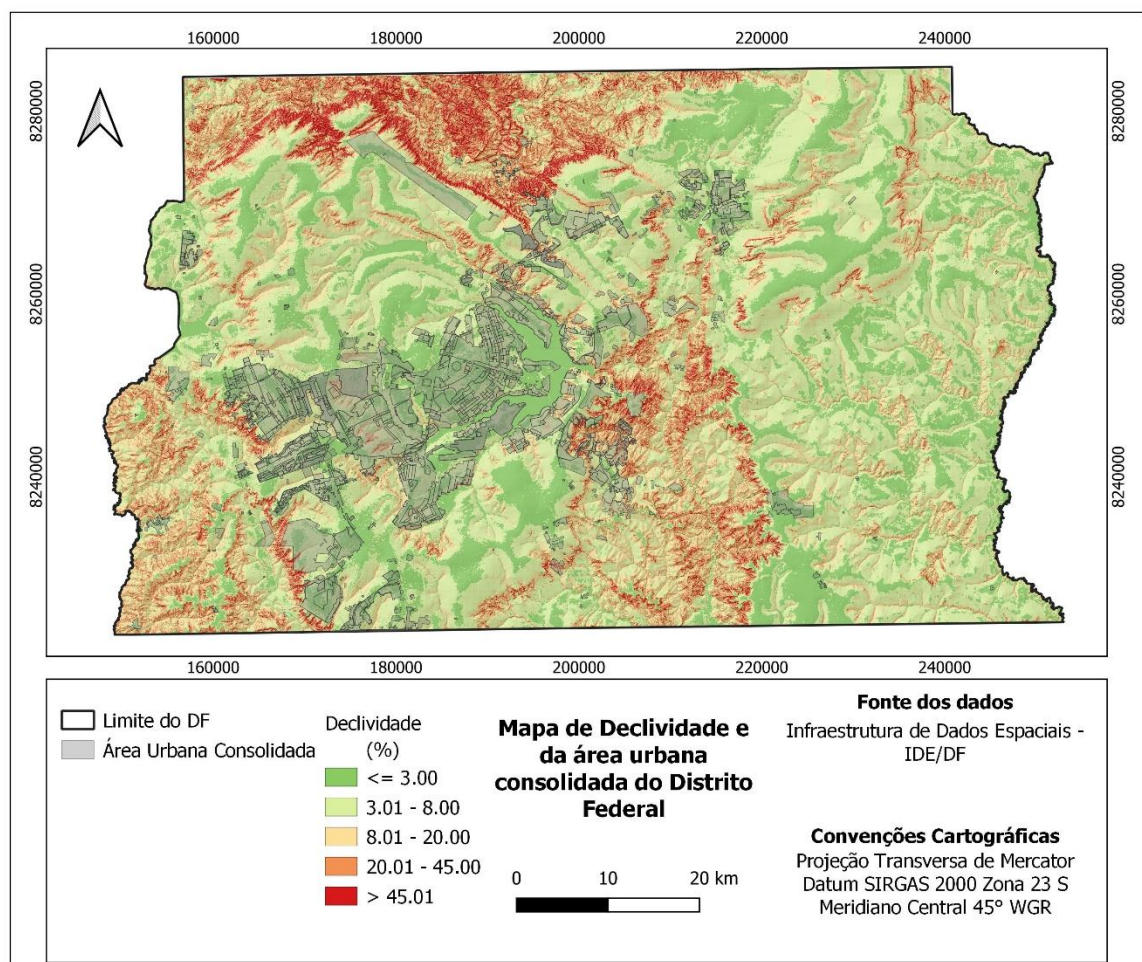
O DF, dividido em 33 Regiões Administrativas (RAs), ocupa uma área de 5770 km² de extensão (PDOT-DF, 2012). Deste total, 20% são classificados como zona urbana, abrigando cerca de 97% da população do estado (CODEPLAN, 2021). Conforme o macrozoneamento do PDOT e a Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal (IDE/DF), 11% da área ocupada está inserida na estratégia de regularização urbana fundiária, que versa na adequação dos Núcleos Urbanos Informais (NUI). A superação das previsões de adensamento populacional levou à expansão e consolidação de ocupações em novas áreas, incluindo áreas irregulares, intensificando a pressão sobre o governo para a implantação de infraestrutura básica e de serviços.

Dentre as infraestruturas básicas, o sistema de drenagem urbana de águas pluviais possui a maior capacidade de mitigar os alagamentos. Atualmente, de acordo com o Plano Distrital de Saneamento Básico do Distrito Federal (PSDB – DF, 2017) e o Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba, referente ao ano de 2022, poucas áreas possuem um sistema de drenagem urbana de águas pluviais totalmente implantado. Mesmo as áreas planejadas e mais antigas do DF, como o Plano Piloto, ainda não apresentam um status de rede totalmente implantada.

Associado a situação de implementação da rede de drenagem de águas pluviais é importante considerar a variabilidade das precipitações do DF, tanto em termos espaciais como também nas intensidades. De maneira geral, as chuvas mais frequentes no Distrito Federal estão associadas as classes de precipitação enquadradas como chuvisco (0,1 e 2,5 mm) e chuva fraca (2,5 – 10 mm) as quais representam 64% dos dados, enquanto, as chuvas fortes (25 – 50 mm) ou extremas (> 50mm) representam respectivamente 10% e 3% dos dados analisados por Silva e Frana (2022), utilizando como referência a estação automática do INMET (A001 – SEDE). Dados semelhantes foram observadas por Franca, Steinke e Steinke (2022) ao estenderem a série histórica analisada, indicando ainda que, os eventos extremos tendem a ocorrer durante o período de chuva que tem início em outubro e termina em abril.

A porção Noroeste do DF é marcado por declividades acentuadas (> 45%), associados a um relevo de escarpa. De acordo com Steinke, Melo e Steinke (2017) no mês de janeiro, há uma tendência de chuvas orográficas na porção oeste do DF em virtude do relevo e das cotas altimétricas. A área ocupada do DF ainda é muito pouca se comparada a dimensão da unidade da federação (14%). No entanto, a macrozona urbana já se encontra com 72% de ocupação. As ocupações urbanas no DF ocorrem preferencialmente nas áreas com declividades entre 0 a 3% (plano) e 3 a 8% (suave ondulado) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de Declividade e da Área Urbana Consolidada do Distrito Federal

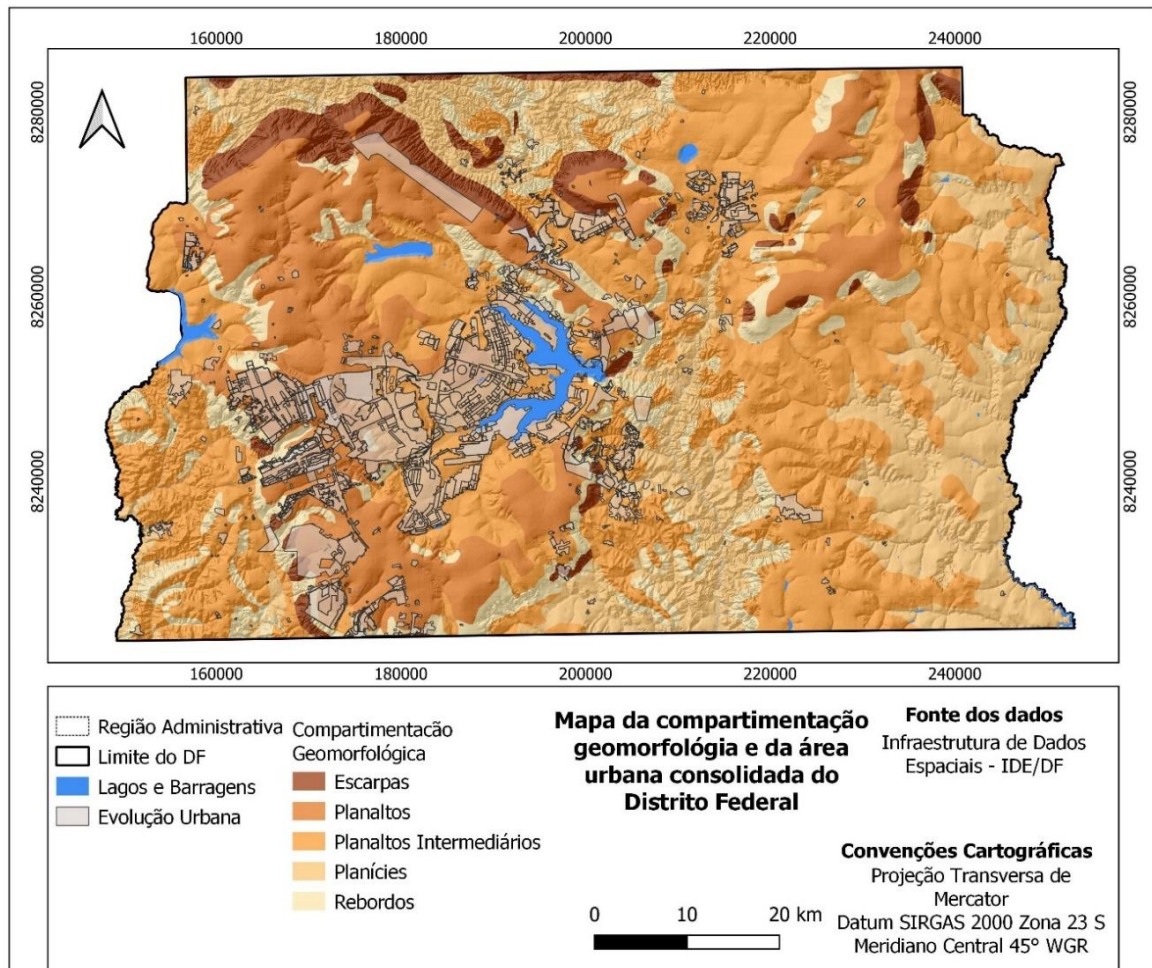


Fonte: Os autores, 2024.

As regiões mais aplainadas incidem predominantemente em duas unidades geomorfológicas, Planaltos Intermediário e Planaltos na porção central/oeste do DF (Figura 2). Essas unidades por serem áreas mais planas favorecem o processo de ocupação urbana em detrimento de outras áreas

que apresentam relevo mais movimento como às unidades de Rebordo e Escarpa (Neves, 2017). Os Planaltos Intermediário e Planaltos apresentam predominância de Latossolos (vermelho e/ou vermelho amarelo), caracterizados por ser bem desenvolvidos, profundos e com grande potencial de infiltração, quando não estão compactados ou impermeabilizados (Sartori, 2001).

Figura 2 - Mapa da Compartimentação Geomorfológica e da Área Urbana Consolidada do Distrito Federal



Fonte: Os autores, 2024.

Considerando a taxa de ocupação da macrozona urbana, é válido ressaltar que a impermeabilização do solo é um fator importante para o tema tratado nesse trabalho, uma vez que impacta negativamente o processo de infiltração do ciclo hidrológico, propiciando um ambiente favorável para o acúmulo de água em superfície. Nesse sentido, cabe reforçar que Lei de Uso e Ocupação do Solo do DF (Lei Complementar nº 1.007, de 28 de abril de 2022) e o PDOT-DF não definem uma taxa de permeabilidade para novos parcelamentos do solo. Ademais, o Distrito Federal tem aproximadamente 40% do seu território definido como Unidades de Conservação nos termos da Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 que dispõe sobre Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), as quais possuem zonas específicas que proíbem o parcelamento urbano ou impõem um percentual de mínimo de área permeável.

Compilação dos Dados

Os dados gerias utilizados na elaboração dos mapas foram obtidos a partir das bases disponíveis na Infraestrutura de Dados espaciais do Distrito Federal (<https://www.ide.df.gov.br/geoportal/>) e no Sistema Distrital de Informações Ambientais – SISDIA (<https://sisdia.df.gov.br/webgis/>). Demais informações apresentadas foram obtidas ou processadas como descrito a seguir.

Compilação dos Dados Cidadãos

A compilação das informações sobre os alagamentos no Distrito Federal, foi realizada consultando portais de notícia de grande circulação. A escolha dos portais levou em consideração o início de seu funcionamento visando obtenção de dados históricos. Nesse contexto, temos o site do G1 lançado em 2006 e o site do Correio Brasiliense lançado em 1997. Outros jornais digitais tiveram seu lançamento mais recente, não abrangendo notícias antes de 2013. Os termos utilizados para realizar a busca por notícias foram: “Alagamentos no Distrito Federal” / “Alagamento no Distrito Federal” e “Enchentes no Distrito Federal” / “Enchente no Distrito Federal”. Durante o processo de atualização buscou-se preencher um conjunto específico de informações de modo a manter uma padronização das informações coletadas. Sendo as colunas definidas:

- a) a data que ocorreu o alagamento;
- b) a Região Administrativa que se deu o alagamento;
- c) o endereço da ocorrência do alagamento;
- d) a fonte (o site de notícias consultado).

Outros campos foram acrescidos, de modo a complementar as informações caso fosse citado na notícia, sendo eles:

- a) local alagado (uso e cobertura);
- b) dano (se ocorreu algum dano, incluindo possíveis fatalidades);
- c) duração do alagamento (minutos);
- d) a hora de início do alagamento (em 24 horas);
- e) hora final do alagamento (em 24 horas);
- f) a altura da lâmina de água (que se registrou o alagamento).

Cada ponto de alagamento cadastrado recebeu um código identificador único (ID), variando de 0 a infinito e composto por valores inteiros. O período cadastrado foi de 01 de abril de 2013 a 31 de dezembro de 2020, visto que o objetivo era a atualização do cadastro realizado por Batista (2014), que cobriu de 1999 a março de 2013.

Nesta pesquisa, os dados cidadãos utilizados são classificados como qualitativos, pois se baseiam na descrição não-sistematizada de um fenômeno observado, sem periodicidade definida para seu registro e condicionado a observação humana ou registro histórico. Além disso, o dado pode ser enquadrado como “soft data” ou “dados interpretativos”, por serem irregulares, descontínuos e numericamente aproximados (VANELLI et al., 2020).

Espacialização dos Dados Cidadãos

A espacialização dos eventos de inundações foi feita utilizando o programa Google Earth, pois permite localizar um ponto a partir dos endereços previamente cadastrados. Cada ponto obteve um código identificador único. Os dados do Google Earth foram exportados em formatos KML/KMZ e posteriormente tratados em um Sistema de Informação Geográfica (QGis). As demais informações cadastradas, mencionadas anteriormente, foram associadas aos pontos por meio de uma função de união entre a tabela e o plano de informação, utilizando a coluna do código identificador único.

Análises Espaciais dos Dados Cidadãos

Foram elaborados produtos cartográficos com a densidade de Kernel, método que calcula a densidade de pontos dentro de um raio específico. Quanto maior o agrupamento de pontos, maior será a densidade, sendo possível identificar *hotspots* (Silverman, 1986). A densidade de Kernel foi elaborada utilizando a ferramenta “Mapa de Calor (Estimativa de Kernel)” disponível no Qgis, os dados foram classificados utilizando o método de interpolação discreto e a classificação pelos quartis.

Produtos cartográficos de Distância Euclidiana (Gauch, 1982) foram elaborados para identificar quantos equipamentos públicos estão inseridos em raios de abrangência a partir dos pontos de notificações de alagamento e posteriormente para quantificar quantas “bocas de lobo” estão próximas aos pontos de notificação de alagamento. Para isso foi adotado o ponto de notificação de alagamento, como referência para o raio de busca de 500 metros. Posteriormente, a abordagem foi estimar quantos pontos de notificações de alagamento estão próximas as bocas de lobo. Para essa

análise, foi adotado o ponto da boca de lobo como referência e os raios de busca de 250 e 500 metros. Tais distâncias foram definidas considerando o conceito de caminhabilidade dos pedestres, no que tange as distâncias aceitáveis para um pedestre caminhar de um ponto ao outro. De acordo com o ITDP (2018), a distância ideal para o pedestre caminhar de um ponto a outro, para acessar um determinado serviço é de 500 a 1000 metros de distância real.

No mapa de declividade as classes foram divididas da seguinte forma, de ≤ 3 (valores menores ou iguais a 3%), 3-8 (valores entre 3,01% e 8%), 8,01 - 20 (valores entre 8,01% e 20%), 20,01-45 (valores entre 20,01% e 45%) e > 45 % (maiores que 45,01%). O mesmo critério foi utilizado nos intervalos da Distância Euclidiana, 0-50 (de 0 a 50 metros), 50-500 (50,01 – 500 metros), 500,01-1000 (500,01 – 1000 metros), 1000-1500 (1000,01– 1500 metros), 1500-2000 (1500,01-2000 metros), 2000-2500 (2000,01-2500 metros) e > 2500 (maior que 2500,01 metros).

RESULTADOS

Atualmente, um dos maiores desafios ao lidar com alagamentos é a resolução espacial e temporal com que esses eventos ocorrem. Marco e Cayuela (1994) descrevem os alagamentos como fenômenos rápidos e localizados, tornando o mapeamento de sua ocorrência uma tarefa complexa. Métodos como o mapeamento in loco podem ser inviáveis devido ao risco associado, aos custos e ao tempo necessário para deslocamento até o local. Além disso, mesmo que seja possível, como identificar precisamente onde está ocorrendo o alagamento para alocar uma equipe de forma eficaz? O uso de sensoriamento remoto pode ser pouco eficaz, dependendo da resolução espacial e temporal dos produtos disponíveis para os órgãos gestores. Da mesma forma, o emprego de aeronaves remotamente pilotadas não é recomendado durante e após períodos de chuva, quando a umidade é elevada, e ainda enfrenta o mesmo questionamento sobre como identificar as áreas inundadas para viabilizar o voo.

A obtenção de dados por meio de mapeamento colaborativo tem emergido nos últimos anos como uma alternativa para realizar um reconhecimento preliminar do território e das mudanças que ocorrem no espaço geográfico (Souza *et al.*, 2019). Embora haja incerteza associada aos dados coletados por cidadãos, seu potencial é inegável, especialmente considerando o grande volume de informações que pode ser gerado em áreas urbanas (Guntha; Rao, 2018). Essa abordagem pode desempenhar um papel importante em diversas etapas do planejamento (APFM, 2017; De Longueville *et al.*, 2010), possibilitando a identificação da localização e a compreensão da frequência com que ocorrem os alagamentos.

A atualização do cadastro em questão seguiu a mesma metodologia de coleta de dados adotada por Batista (2014) e por outros estudos, como os de Lima *et al.* (2019), Vestena *et al.* (2020), Santos e Paula (2021) e Santos e Carvalho (2021). Esses trabalhos compilaram informações sobre alagamentos e inundações a partir de jornais locais e, quando disponíveis, junto ao Corpo de Bombeiros, com o objetivo de mapear os principais pontos de alagamento e inundação nos municípios estudados, servindo, assim, como um estudo preliminar sobre o tema. Nesta pesquisa, vale ressaltar que foram solicitados dados ao Corpo de Bombeiros do Distrito Federal (DF). No entanto, as informações fornecidas eram generalistas e imprecisas para fins de mapeamento e identificação de pontos específicos. O Plano Distrital de Saneamento do DF, apesar de ser mais recente (2017), utilizou os dados compilados por Batista (2014). Outras informações sobre alagamentos e áreas de risco foram requisitadas por meio do Serviço de Informações ao Cidadão (SIC) do DF. Contudo, não houve retorno sobre os alagamentos e, no que se refere às áreas de risco, essas informações foram classificadas como sigilosas e indisponíveis ao público.

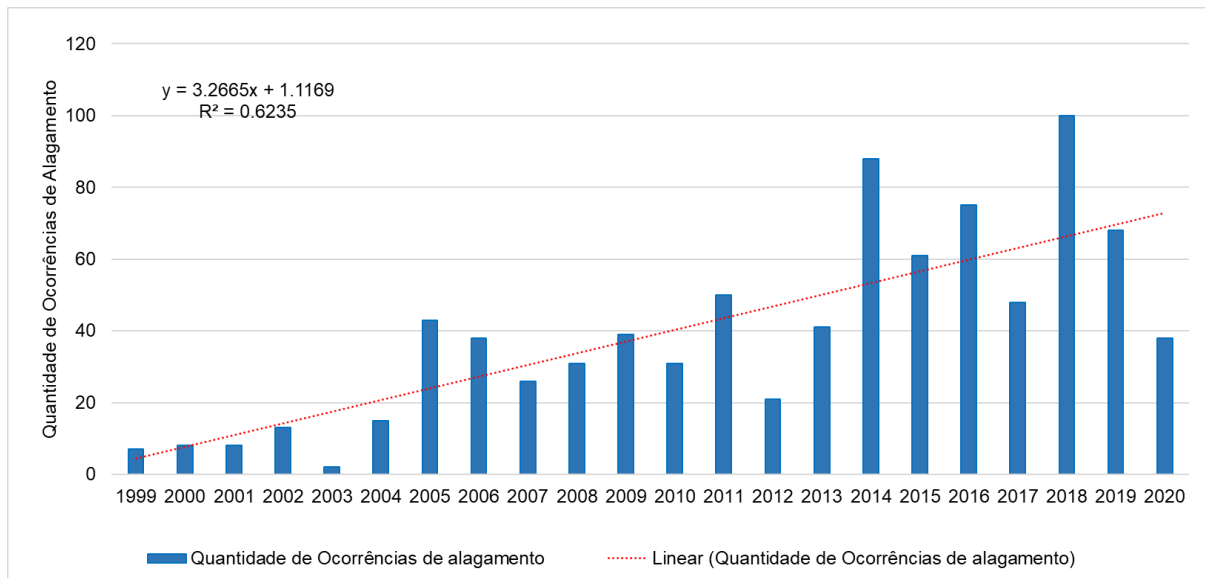
Resultados da Compilação dos Dados Cidadãos e sua Evolução Temporal

Este estudo expandiu o cadastro inicial de Batista (2014), que registrou 373 notificações de alagamentos de janeiro de 1999 a março de 2013. Após a atualização, foram adicionadas 479 novas notificações para o período de abril de 2013 a dezembro de 2020, elevando o total para 851 notificações ao longo de 20 anos, de janeiro de 1999 a dezembro de 2020.

A distribuição de notificações ao longo dos anos demonstra que no período inicial de 7 anos (março/2013 a 2020) houve um incremento de 56,06% (479 notificações) de notificações em relação ao cadastrado inicial que continha 373 notificações de alagamento (**Erro! Autoreferência de indicador não válida.**). O aumento de notificações de alagamento apresentou um crescimento linear ao longo dos anos, com R^2 de 0,62 (quando considerado o ano de 2020) e 0,72 (quando analisado

até o ano de 2019). É importante considerar que essa forma de mapeamento está relacionada à memória dos eventos mais recentes e/ou mais significativos, o que pode explicar tanto o destaque do evento de 2014 como também a baixa notificação em 2020, em virtude da pandemia.

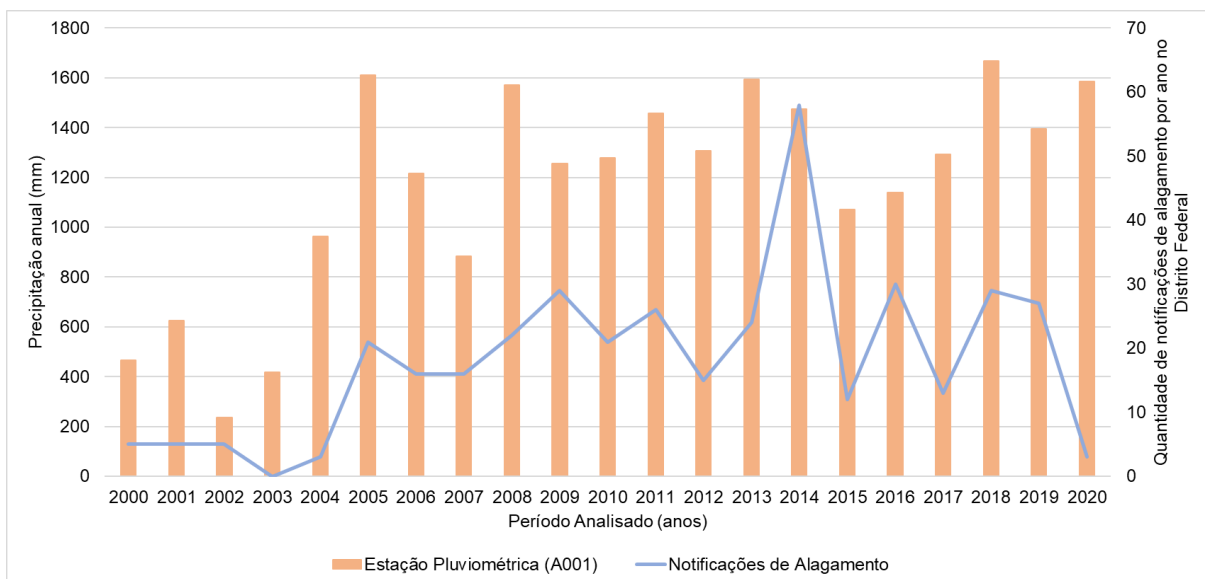
Figura 3 - Ocorrência de Alagamento ao longo dos anos no Distrito Federal



Fonte: Batista (2013). Elaboração: Os autores (2024).

Uma análise preliminar dos picos de notificações com os acumulados anuais de precipitação considerando os dados provenientes do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (Estação A001 – RA Sudoeste), demonstram que os anos 2005, 2008, 2013, 2014, 2018 e 2020 apresentaram acumulados anuais acima da média anual de 1477 mm. O que coaduna parcialmente com nossos resultados, onde os anos de 2014 e 2018 tiveram um incremento significativo de notificações de alagamentos (Figura 4).

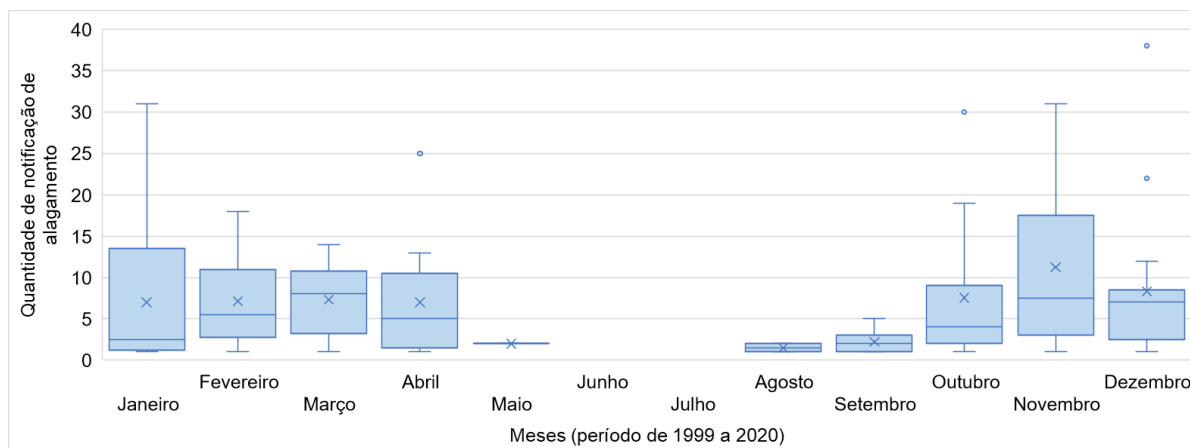
Figura 4 - Relação entre a precipitação média anual acumulada da estação pluviométrica A001 e as notificações de alagamento



Fonte: Os autores, 2024.

As notificações estão distribuídas por 263 datas de eventos de chuva, com até três registros por data. Portanto, cada evento pode afetar até duas RAs. Por exemplo, o dia chuvoso de 24/02/2020 resultou em alagamentos em cinco RAs, com precipitações superiores à média esperada para fevereiro. O evento de 21/04/2019 desencadeou 19 notificações em uma única Região Administrativa, correspondendo a 76% das ocorrências de abril. As notificações de alagamento são mais frequentes no período chuvoso, que vai de setembro a maio, com outubro, dezembro e abril apresentando mais eventos que os outros meses (Figura 5).

Figura 5 - Gráfico de BloxPot dos alagamentos ao longo dos meses do cadastro de notificações de alagamento para o Distrito Federal



Fonte: Os autores, 2024.

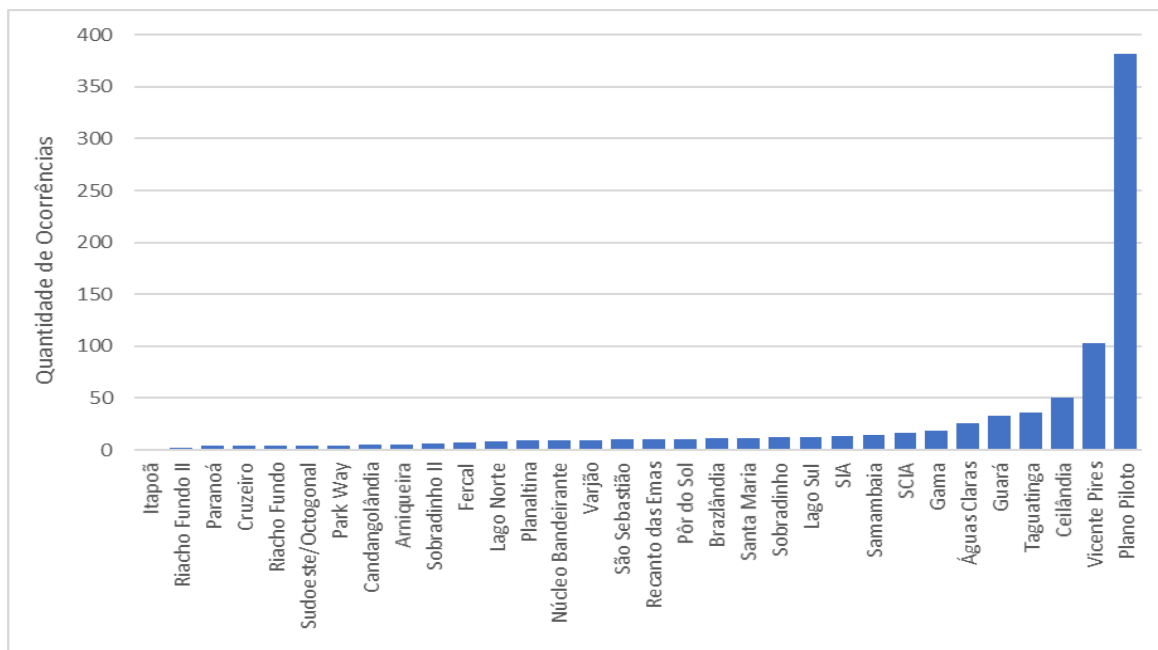
Distribuição dos Eventos de Alagamentos nas Regiões Administrativas

Das 33 regiões administrativas do DF, 18 registram de 1 a 10 notificações de alagamento, 9 apresentam de 11 a 30, 3 apresentam de 30 a 50. No total, 93% das notificações ocorrem na área urbana consolidada e 18% dessas ocorrem em áreas de regularização fundiária com ocupação urbana consolidada. Um diagnóstico da Defesa Civil identificou aproximadamente 2.300 residências em áreas de risco, inseridas em áreas com ocupações irregulares, aguardando pelo processo de regularização fundiária (Steinke; Barros, 2015). Os pontos de notificações de alagamento no DF concentram nas áreas consolidadas, sendo mais expressivo no Plano Piloto, Vicente Pires e no limite entre Ceilândia e Pôr do Sol (Figura 7). De modo que, Vicente Pires apresenta 103 notificações e o Plano Piloto 382, concentrando juntos 56,99% das notificações, representando uma média de 5 e 19 notificações de alagamento/ano respectivamente para Vicente Pires e Plano Piloto (Figura 6).

Embora as áreas centrais apresentem uma alta taxa de notificações de alagamentos, isso não significa que as regiões adjacentes estejam livres de ocorrências com quantidade e/ou intensidade similares. Os dados documentais, como notícias de jornais, podem refletir não apenas a percepção humana sobre o evento, mas também incorporar posicionamentos políticos, ideológicos e econômicos de forma estratégica, visando atender a determinados públicos. Isso pode, inclusive, resultar na invisibilização de problemas comuns em regiões periféricas (Vanelli *et al.*, 2020; Santos; Paula, 2021). Um exemplo disso é a Região Administrativa de São Sebastião, onde foi relatado, durante uma vistoria, que a via principal sofre alagamentos de até 40 cm. No entanto, não há registros oficiais dessa informação ou notificações em canais de notícias.

Santos e Paula (2021) identificaram, por exemplo, uma tendência de publicação de notícias com maior valor social em áreas de maior vulnerabilidade socioambiental, como ocorre em Fortaleza. No Distrito Federal, as notificações de alagamentos tendem a ser mais frequentes nas áreas centrais, onde a população possui uma renda per capita mais elevada e o valor do metro quadrado dos imóveis é mais caro e valorizado.

Figura 6 - Distribuição das ocorrências de alagamento por Região Administrativa do DF



Fonte: Os autores, 2024.

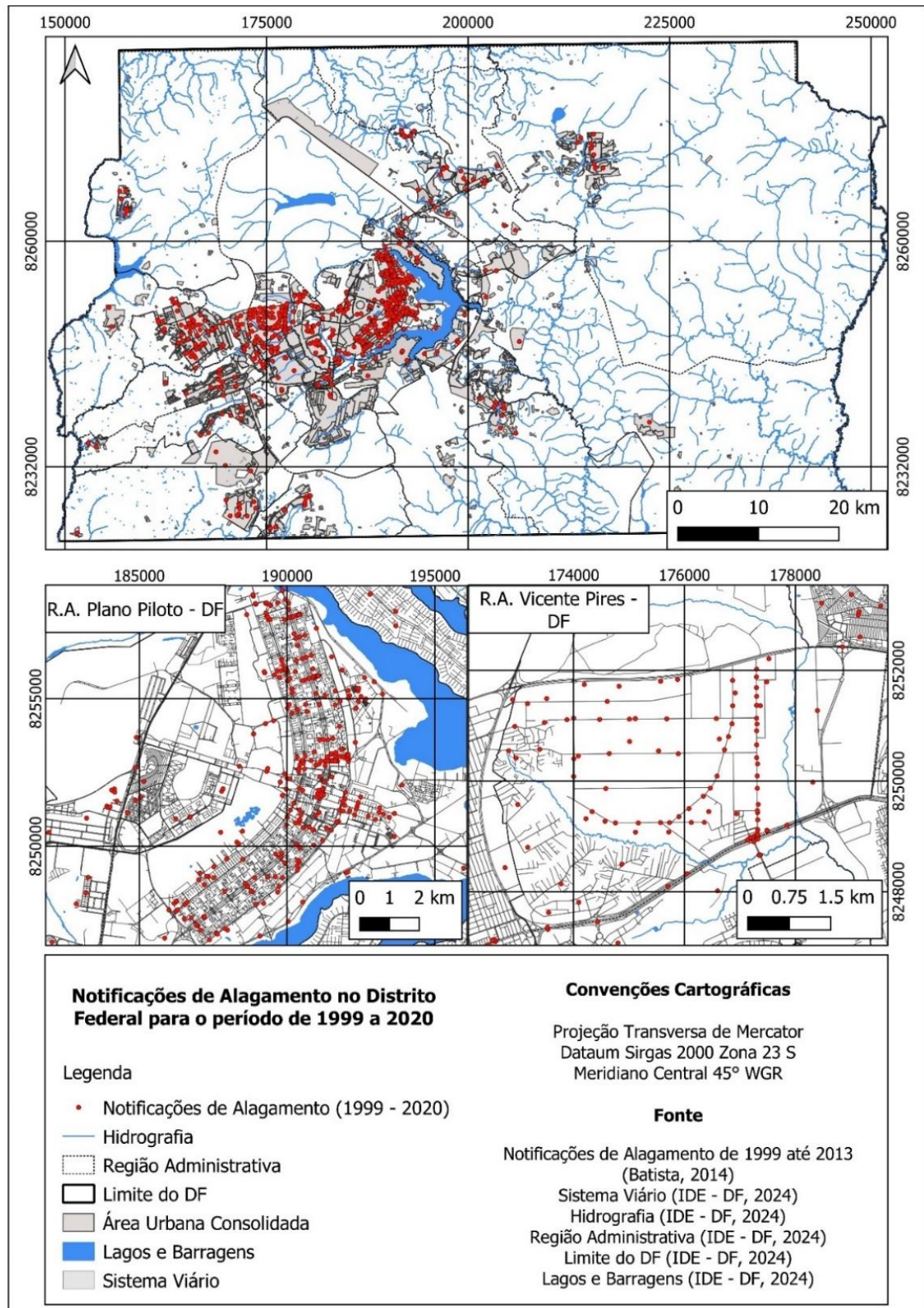
Observando que as notificações de alagamento foram mais expressivas na Região Administrativa do Plano Piloto (382 notificações), com destaque especial para a Asa Norte, que registrou 263 notificações, correspondendo a aproximadamente 68% de todas as ocorrências na região, foi avaliado a intensidade e os tempos de retorno da precipitação acumulada em 24 horas associada a data da notificação de alagamento, visando entender se o grande número de notificações poderia estar associado a precipitações atípicas, com tempo de retorno elevado. Contudo, 80% das notificações da Asa Norte (Região Administrativa do Plano Piloto) apresentam tempo de retorno na faixa de 0 a 2 anos de tempos de retorno o que indica a frequência elevada e a normalidade desses eventos na região. Por outro lado, tempos de retorno superiores a 25 anos são menos frequentes (menos de 5%), refletindo a menor ocorrência de eventos pluviométricos extremos (Figura 8). Dessa forma, corroborando com o que foi encontrado na literatura por Silva e Frana (2022) e Franca, Steinke e Steinke (2022) indicando que no Distrito Federal as chuvas mais comuns são do tipo “chuveiro” e “fraca”.

Embora a maior parte das notificações de alagamento estejam associadas a precipitações com tempo de retorno baixo, outros fatores como a impermeabilização do solo e a forma do terreno podem influenciar na ocorrência de alagamentos. Autores como Oliveira e DeFee (2007), Sjoman e Gill (2014), Ren *et al.* (2020) analisaram como o aumento da área impermeável tem potencial para incrementar significativamente o escoamento superficial. Além disso, Yang *et al.* (2020) aponta que alagamentos associados a tempos de retorno baixo, podem estar associados a sistemas de rede de drenagem de águas pluviais desatualizados ou subdimensionados considerando a demanda atual, com número insuficiente de entradas, as quais podem ainda estar danificadas ou entupidas, tornando o ambiente urbano ainda mais sensível à deflagração de alagamentos.

Nesse contexto, foi realizado uma análise de regressão linear para avaliar a relação entre o crescimento urbano e as notificações de alagamento¹. Uma correlação positiva ($R^2 = 0,59$) foi identificada (Figura 9), portanto, o aumento das áreas impermeáveis e o adensamento populacional pressionam o sistema de drenagem, aumentando o risco de colapso (Gill *et al.*, 2007; Caputo, 2012). A expansão da impermeabilização sem considerar uma porcentagem mínima de espaço livre de uso público e destinado à manutenção das áreas permeáveis contribui para o incremento do escoamento superficial e na formação de alagamentos.

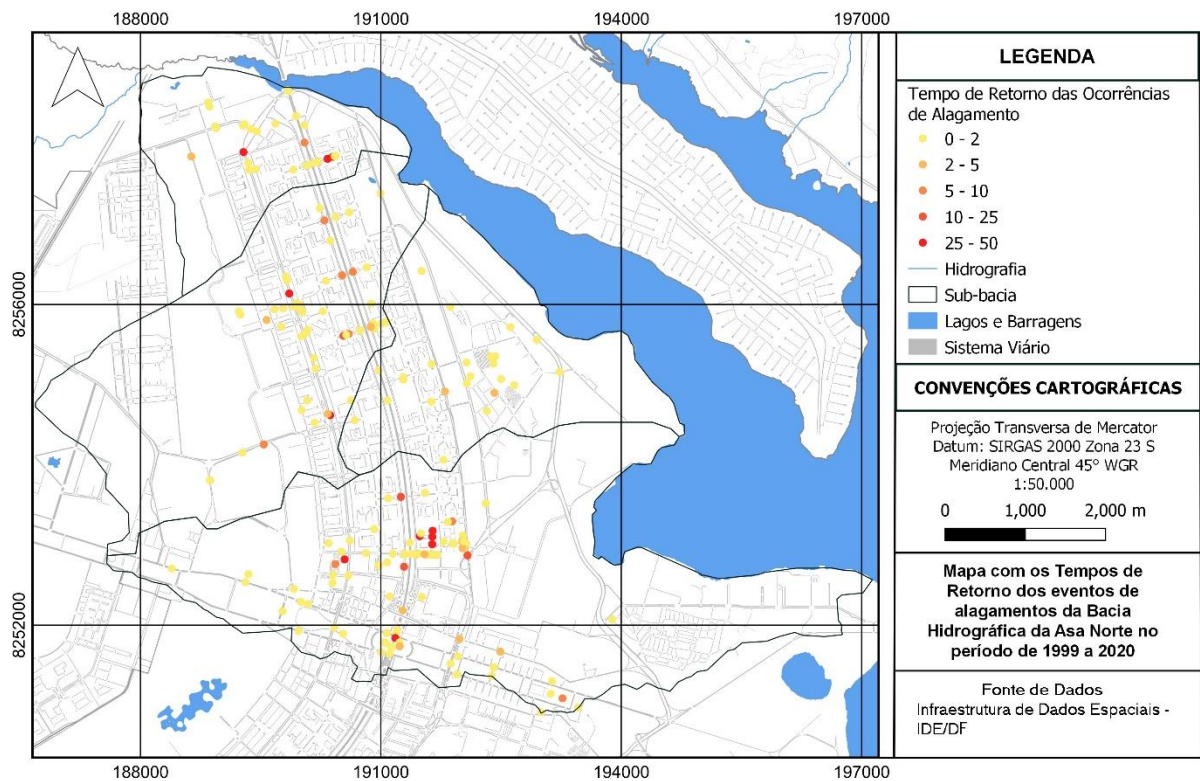
¹ Esse período foi analisado, visto que o cadastro de alagamento se inicia em 1999 e a mancha urbana, cadastrada só contém dados até 2019.

Figura 7 - Distribuição Espacial dos Pontos de Notificações de Alagamento



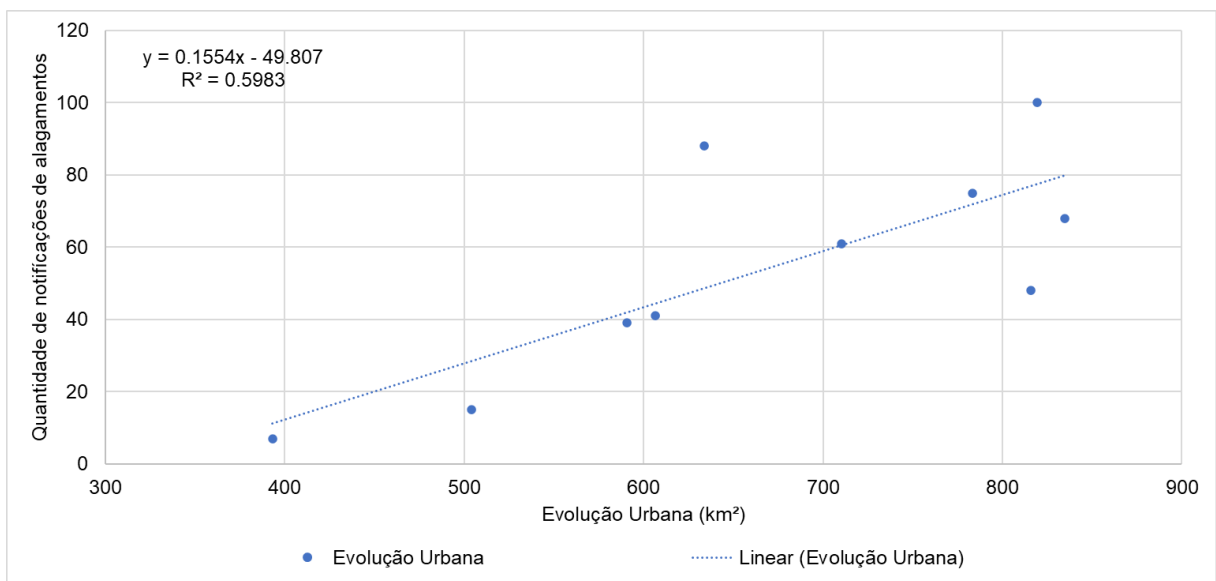
Fonte: Os autores, 2024

Figura 8 - Mapa com os tempos de retorno da precipitação diária ocorrida no dia da notificação de alagamento



Fonte: Os autores, 2023.

Figura 9 - Relação do crescimento da mancha urbana e a quantidade de alagamentos



Fonte: Os autores, 2024.

Ressaltando que, ainda atualmente, existe uma falta de regulamentação acerca da taxa de permeabilidade para novos parcelamentos do solo, tanto no que tange a Lei de Uso e Ocupação do Solo do DF como também no Plano Diretor de Ordenamento Territorial – DF.

As Regiões Administrativas com as maiores extensões de área urbana consolidada, ocorrem preferencialmente nas unidades geomorfológicas de Planaltos Intermediário e Planaltos, as quais apresentam 545 e 257 notificações, respectivamente, correspondendo aproximadamente 94% do total de notificações de alagamentos do cadastro atualizado (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Por serem áreas relativamente planas favorecem o acúmulo de escoamento, principalmente quando associado a impermeabilização do solo e conseqüentemente a redução da infiltração.

Mapas de Densidade de Ocorrência de Alagamento

Alguns autores como Ardaya, Evers e Ribbe (2019) vem observando em países em desenvolvimento o número de pessoas afetadas por eventos perigosos vem aumentando uma vez que, a frequência desses eventos também está aumentando, tendo como consequência exposição e as perdas materiais. Nesse contexto, os mapas de densidade e proximidade versam tentar avaliar quais os equipamentos públicos seriam mais afetados em virtude da sua proximidade com os pontos de notificações de alagamento mapeados.

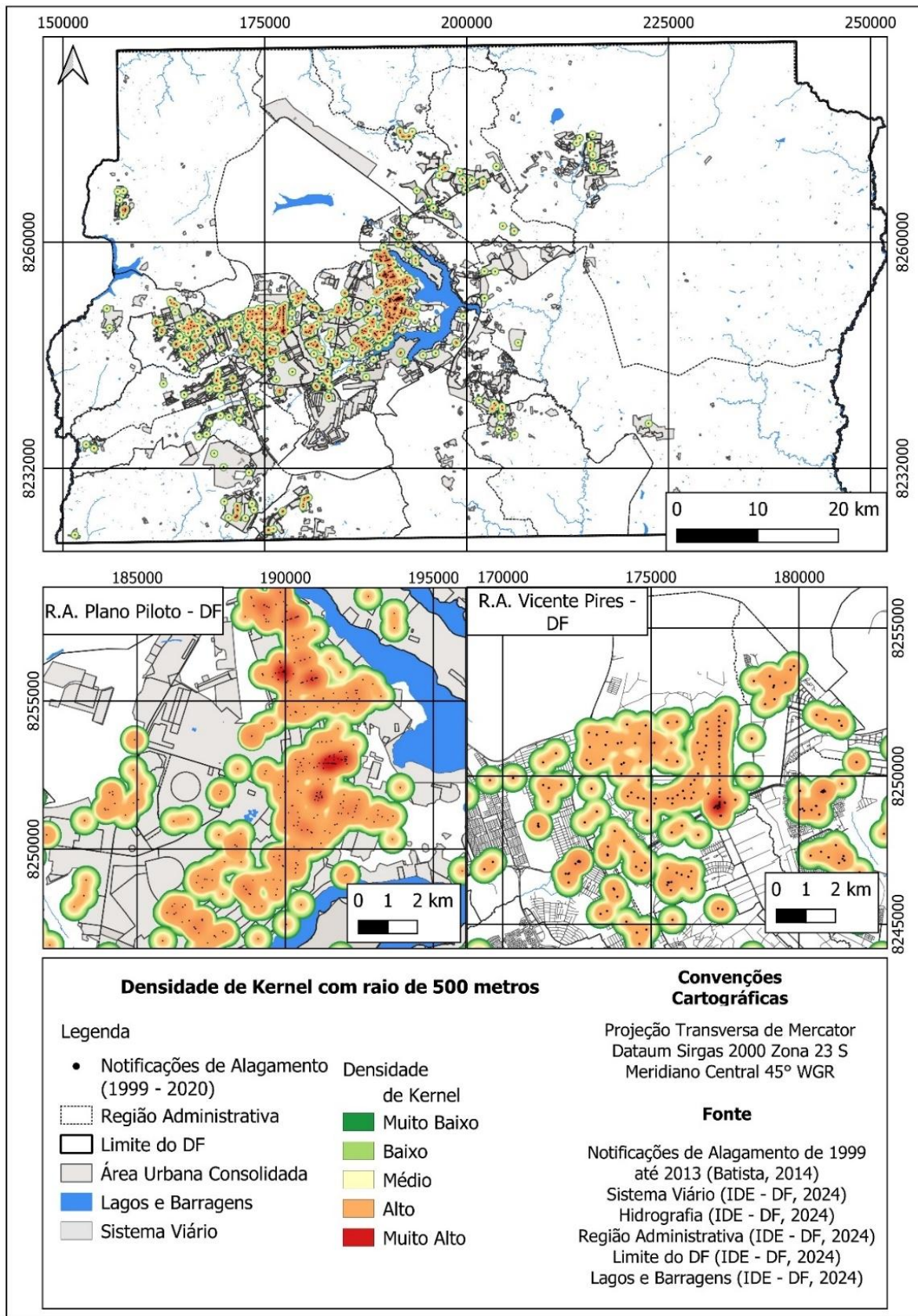
A densidade de ocorrência por quilômetro quadrado evidenciado pelo mapa de calor demonstra as áreas prioritárias de concentração de alagamentos no DF (Figura 10). No Plano Piloto, a maior concentração está no início e final da Asa Norte, principalmente no Comércio Local Norte (SHCN), áreas residenciais da Super Quadras Norte (SQN) (101, 102, 201, 202, 401, 402) e Setor de Edifícios Públicos Norte - SEPN 511. No Vicente Pires, as áreas de alta concentração ocorrem na Via EPTG DF085 no acesso a Vicente Pires pelo Viaduto Israel Pinheiros e nas ruas 4A/ 4B/ 4C. Em contraposição, as áreas com baixas concentrações de pontos de notificações de alagamento ocorrem nas ruas 4, 8, 10 e 12.

A Figura 11 demonstra a análise da proximidade dos pontos de notificações de alagamento às bocas de lobo. Observa-se que 45% das notificações de alagamentos estão a menos de 50 metros de distância de uma boca de lobo, 17% na faixa 50–100 metros, 14% na faixa de 250–500 metros, e 22% a mais de 500 metros de distância. A proximidade as bocas de lobo e quantidade de notificações de alagamento pode representar problemas de dimensionamento na rede de drenagem de águas pluviais e falhas estruturais que compromete a eficiência da rede coletora e boca de lobo.

Embora a concentração de alagamento ocorra prioritariamente em algumas porções do DF, a densidade de eventos de alagamento na área de ocupação consolidada de cada RA evidencia muitos locais variando de graus médios até altos (Figura 12). Entre as 33 regiões administrativas, 7 apresentam uma densidade muito alta de notificações de alagamento (Águas Claras, Candangolândia, Fercal, Plano Piloto, SCIA, Varjão, Vicente pires), 6 (Brazlândia, Ceilândia, Cruzeiro, Guará, Taguatinga e Núcleo Bandeirante) alta, e 7 (Pôr do Sol, Recanto das Emas, Riacho Fundo, Santa Maria, São Sebastião, SIA, Sudoeste/Octogonal) média, enquanto as demais 13 RAs têm densidades baixas a muito baixas. Algumas áreas de ocupação consolidada com valor de densidade muito alto e alto apresentam ainda atualmente um sistema de drenagem parcialmente implantado. Mesmo em áreas do Plano Piloto, com ocupação planejada pelo Plano Distrital de Saneamento Básico do DF, possui um sistema de drenagem parcialmente implantado até o ano de 2016. A maioria localidades de ocupação consolidada com densidade média ocorrem nas áreas de sistema de drenagem com situação de implantado, por exemplo, as RAs Sudoeste e Santa Maria. Contudo, existem áreas com o sistema de drenagem totalmente implantado com alta densidade de pontos, por exemplo, o Guará e Núcleo Bandeirante. Os casos com sistema de drenagem totalmente implantado ou parcialmente implantado até 2016, com alta e muito alta taxa de notificações pode representar um subdimensionamento da rede em relação ao crescimento urbano.

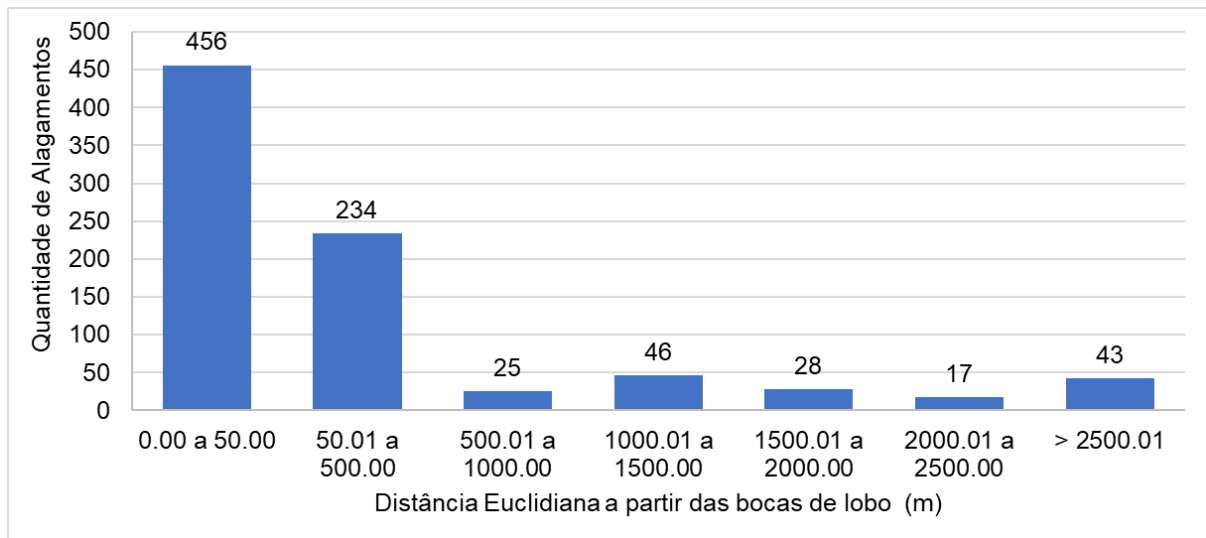
A análise das notificações de alagamento mostra que cerca de 75% das ocorrências estão relacionadas ao sistema viário, principalmente nas de maior fluxo, como a via W3 no Plano Piloto, as vias locais em Vicente Pires e a Via Alagados em Santa Maria. Esses alagamentos ocasionam impactos na mobilidade da população dentro da cidade e conseqüentemente ao acesso aos equipamentos públicos urbanos.

Figura 10 - Mapa de Calor dos pontos de notificações de alagamento do Distrito Federal



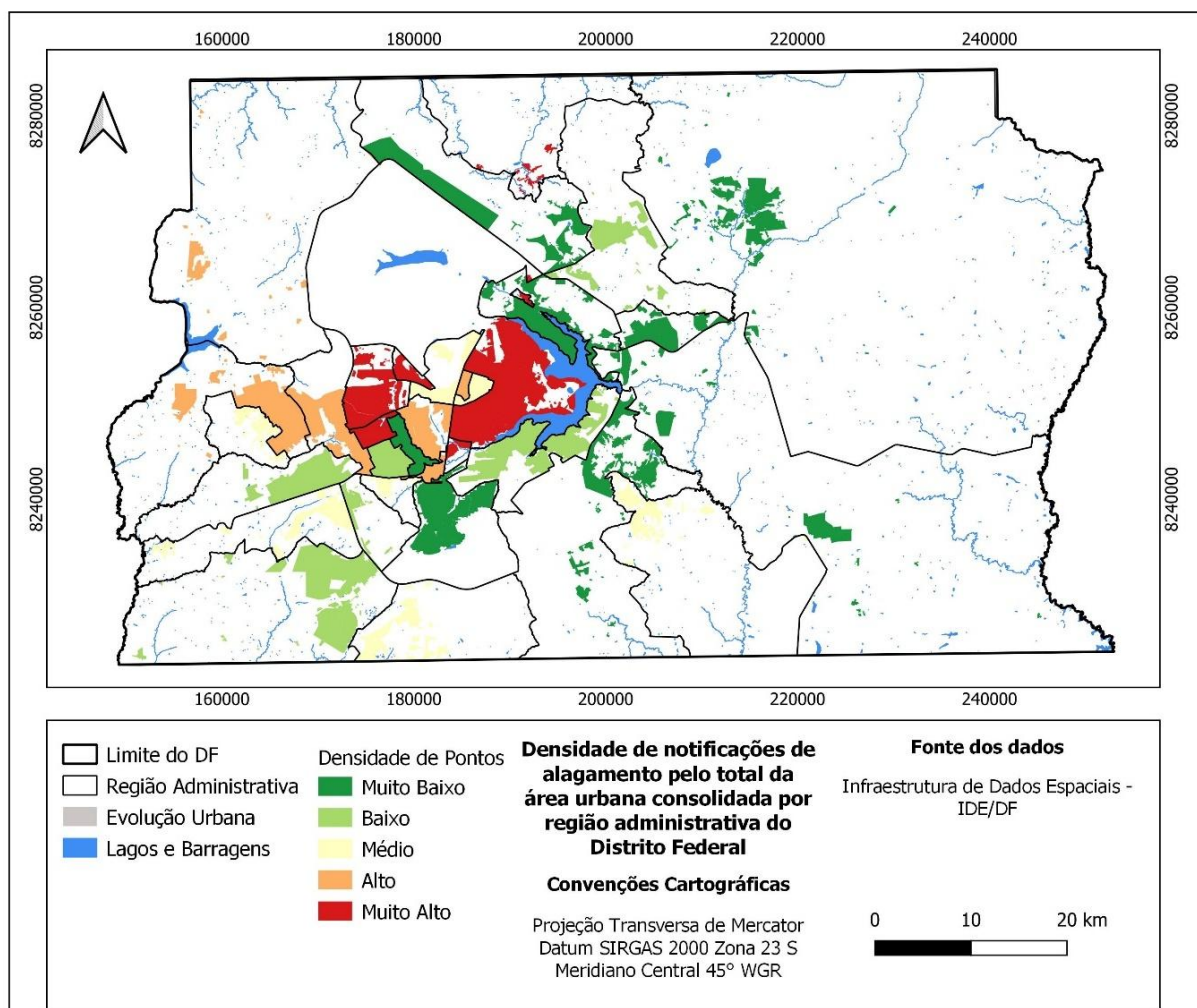
Fonte: Os autores, 2024.

Figura 11 - Gráfico dos alagamentos pela distância euclidiana das bocas de lobo do DF



Fonte: Os autores, 2024.

Figura 12 - Mapa de Densidade de pontos de alagamento por Região Administrativa

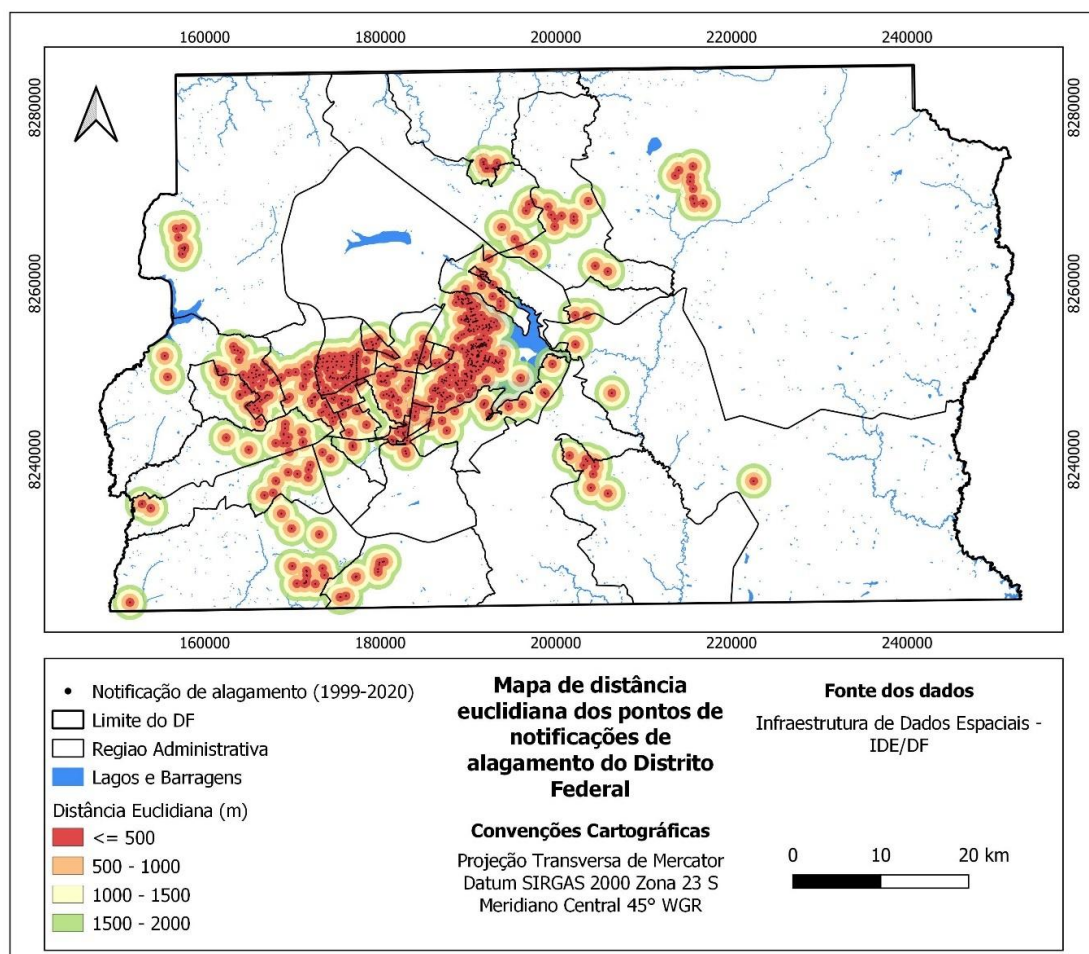


Fonte: Os autores, 2024.

A análise das notificações de alagamento sobre as infraestruturas urbanas evidencia que aproximadamente 75% das notificações ocorrem no sistema viário, principalmente nas de maior fluxo, como a via W3 no Plano Piloto, as vias locais em Vicente Pires e a Via Alagados em Santa Maria. Esses alagamentos ocasionam impactos na mobilidade da população dentro da cidade e conseqüentemente ao acesso aos equipamentos públicos urbanos. Complementarmente a essa informação, foi identificado que, a maior porcentagem dos equipamentos públicos urbanos estão inseridos em uma faixa de distância/proximidade 0 a 500 metros dos pontos de alagamento, como pode ser observado na Figura 13 e na Fonte: Os autores, 2024.

Tabela 1.

Figura 13 - Mapa com a distância euclidiana (m) a partir dos pontos de alagamento, para o Distrito Federal



Fonte: Os autores, 2024.

Tabela 1 - Porcentagem de equipamento público por faixa de distância euclidiana, utilizando os pontos de alagamento como ponto de partida

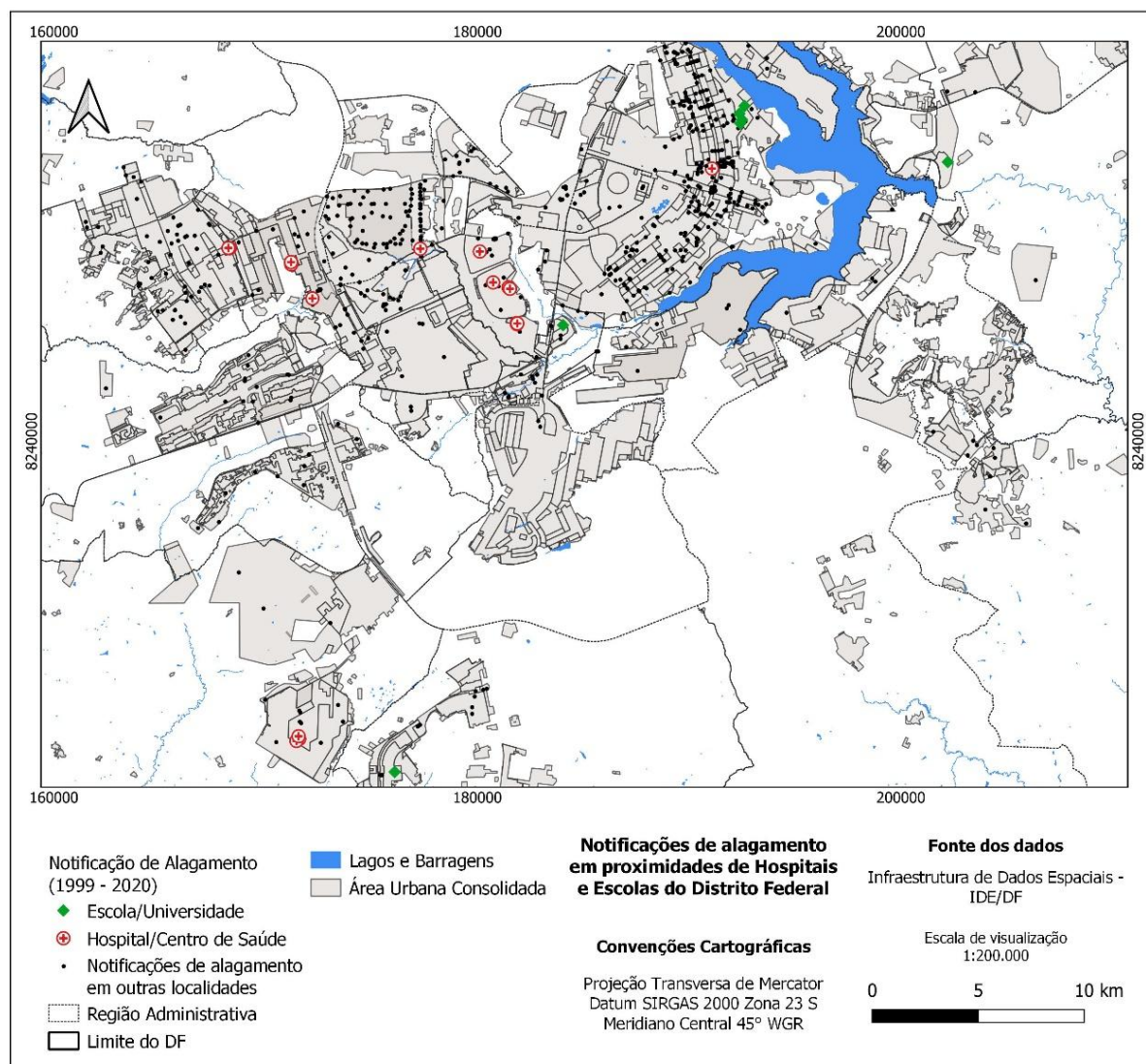
Distância euclidiana (m)	Escola (%)	Saúde (%)	Mobiliário de lazer (%)	Segurança (%)	Metrô (%)	Parada de ônibus (%)
0 - 500	47.91	49.62	49.72	49.53	79.31	34.70
500.01 - 1000	30.60	22.14	34.54	32.29	13.79	22.49
1000.01 - 1500	9.20	11.45	9.48	11.29	6.90	12.45
1500.01 - 2000	3.93	6.11	3.13	2.51	0.00	6.05
2000.01 - 2500	1.00	1.53	1.34	1.57	0.00	4.31
> 2500.01	7.36	9.16	1.67	2.82	0.00	19.99

Nº total de equipamentos existentes	1196	131	2458	319	29	5452
-------------------------------------	-------------	------------	-------------	------------	-----------	-------------

Fonte: Os autores, 2024.

Essa informação se faz relevante, uma vez que, os alagamentos apresentam diferentes extensões e altura da lâmina de água, dessa forma, impactando não só aos veículos, mas também a circulação de pedestres e conseqüentemente dificultando o deslocamento e prestação de serviços emergenciais tais como hospitais e unidades de básicas de saúde (Figura 14).

Figura 14 - Pontos de Notificações de Alagamentos em hospitais, centros de saúde, escolas e universidades e em suas proximidades



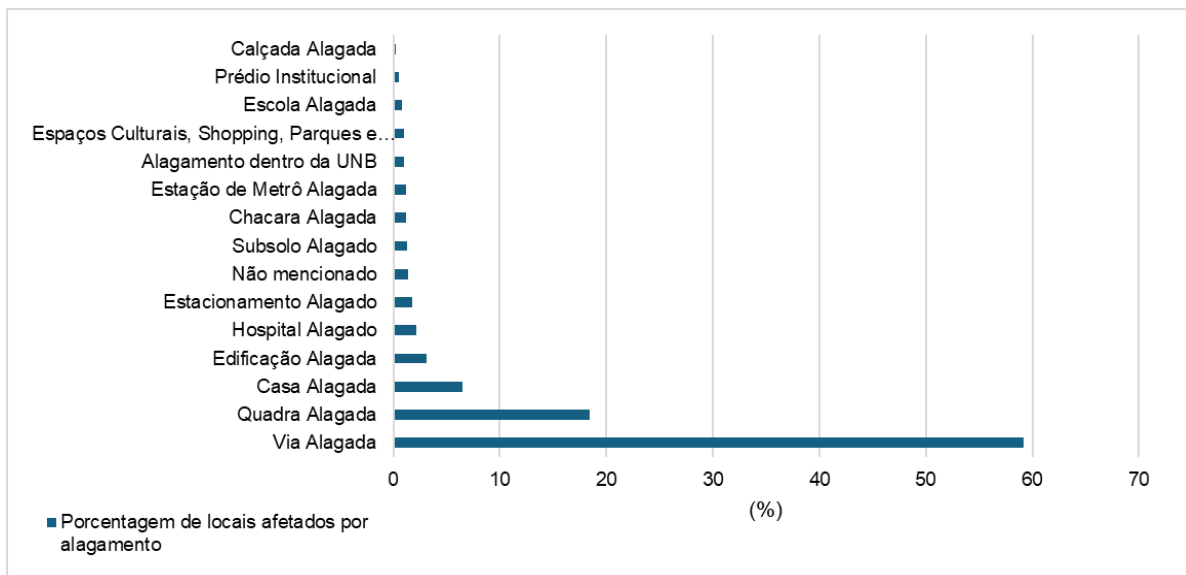
Fonte: Os autores, 2024.

Além disso, outras conseqüências podem ser observadas. Os gráficos apresentados nas Figura 15 e Fonte: Os autores, 2024.

Figura 16 evidenciam os problemas decorrentes dos alagamentos, que tem como desdobramentos problemas econômicos e sociais. Essas perdas resultam em custos diretos para reparos ou substituição do patrimônio público, como no caso da UnB ou de infraestruturas relativas as vias

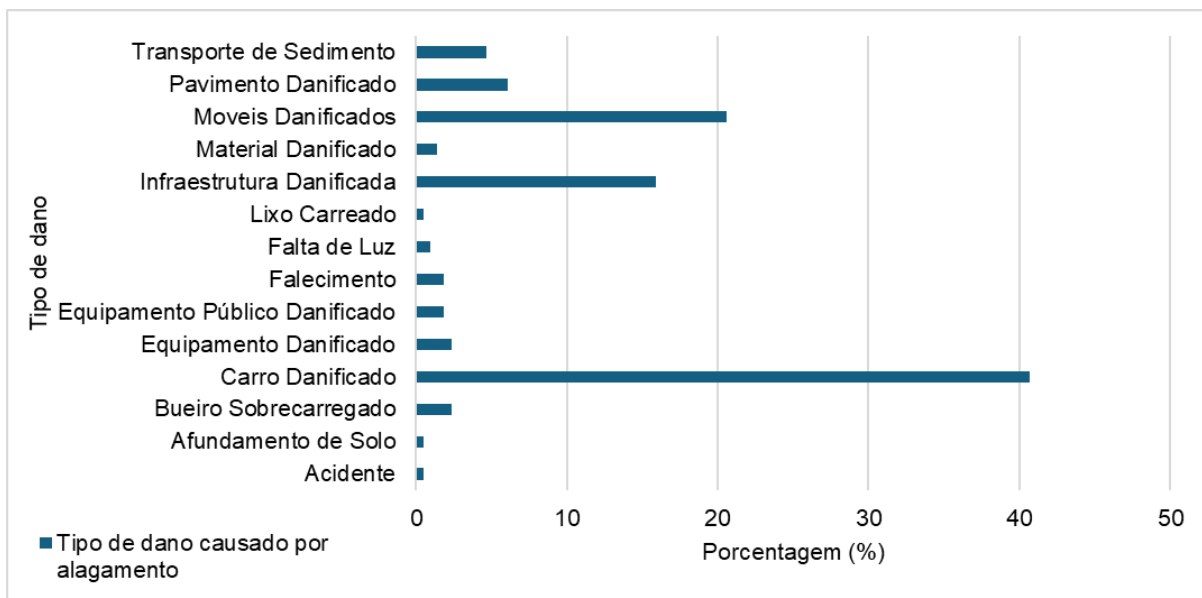
públicas e sistemas de drenagem, causando ônus econômico para o estado e para a população quando essa é afetada com a perda do seu patrimônio privado (carros danificados). Os alagamentos no sistema viário causam ainda impactos negativos na mobilidade urbana nos mais diversos tipos de modais, podendo ter desdobramentos como possíveis interrupções no transporte e afeta os pedestres que fazem pequenos deslocamentos a pé.

Figura 15 - Relação dos locais mais afetados por alagamento no Distrito Federal



Fonte: Os autores, 2024.

Figura 16 - Relação dos danos mais notificados no Distrito Federal



Fonte: Os autores, 2024.

Os danos a móveis ocorrem principalmente devido à degradação de prédios institucionais, como na Universidade de Brasília (UnB), hospitais e escolas, e de forma mais discreta associada a casos que ocorrem quando há o incremento do escoamento superficial ao ponto de atingir as áreas internas das

residências. A classe de “carros danificados” está associada aos alagamentos que ocorrem principalmente nas principais vias do Distrito Federal e nos estacionamentos das quadras residenciais e comerciais. Na Figura 17 são apresentadas diversas imagens, obtidas em diferentes jornais de diferentes anos, a fim de demonstrar algumas regiões que rotineiramente são afetadas pelos alagamentos.

Figura 17 - Exemplos de diversos locais alagados no Distrito Federal em diferentes anos



Fonte: G1, 2023. Organização: Os autores, 2024.

Além dos danos materiais, os alagamentos geram outros desdobramentos significativos. Freitas e Ximenes (2012) sistematizaram, a partir de 51 artigos, diversas consequências das enchentes urbanas. Entre elas, destacam-se os impactos ambientais, como a degradação da qualidade da água e dos solos, pois o escoamento superficial tem o potencial de transportar não apenas lixo, mas também outros materiais poluentes. O acúmulo de água parada e possivelmente contaminada gera impactos adicionais, especialmente na saúde pública, com a proliferação de doenças como dengue, gastroenterites e leptospirose (LOURENÇO *et al.*, 2024), o que pode sobrecarregar o Sistema Único de Saúde (SUS). Além disso, as perdas materiais, principalmente para as populações mais vulneráveis, podem desencadear estresse pós-traumático, não apenas pelo evento traumático em si, marcado por sentimentos de incerteza e insegurança, mas também pelas consequências decorrentes, como a perda de bens, a interrupção das atividades cotidianas e as dificuldades de locomoção para o trabalho (LOURENÇO *et al.*, 2024).

Nesse contexto, percebe-se que é importante encontrar soluções para entender a dinâmica dos alagamentos, mapear as ocorrências e a frequência com que ocorrem. O uso dos dados cidadãos pode ser uma alternativa para estudos preliminares, contudo, estudos mais aprofundados como modelagem hidrodinâmicas e monitoramento dos pontos mais críticos e vulneráveis da cidade ainda é necessário. É imperativo que o Plano Diretor de Ordenamento Territorial considere a temática de alagamentos e apresente estratégias de planejamento para que o Distrito Federal seja uma cidade mais resiliente. Planejamentos multidisciplinares, que incorporem técnicas de Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto (*Low Impact Development – LID*) são fundamentais para a manutenção das funções hidrológicas e o amortecimento do escoamento superficial.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As ocupações urbanas no Distrito Federal (DF) tendem a ocorrer nas áreas planas, que quando impermeabilizadas ou compactadas favorecem o acúmulo de água, devido a incapacidade de

escoamento como as áreas convexas. Os resultados demonstram que o incremento das áreas ocupadas possui correlação positiva com as notificações de alagamentos. A série histórica de 20 anos identificou os locais com maior densidade de notificações de alagamento, que não se restringem às áreas com ocupação irregular e desordenada, incluindo também a Região Administrativa do Plano Piloto, uma área totalmente planejada com alta concentração de notificações de alagamento.

Portanto, torna-se uma etapa fundamental no planejamento estratégico investir no mapeamento de alagamentos no DF e nos instrumentos existentes, principalmente no que tange o direcionamento de recursos para obras de infraestruturas e mitigação. Além disso, o território deve ser repensado visando incorporar estratégias para conservação e expansão das áreas permeáveis que promovem a infiltração da água, minimizando o acúmulo de água e a sobrecarga do sistema de drenagem de águas pluviais.

Embora o mapeamento colaborativo e os dados cidadãos ainda sejam pouco utilizados, evidencia-se suas potencialidades no levantamento de hipóteses das causas que contribuem para deflagrar os alagamentos. Essa abordagem deve conter protocolos para obtenção, cadastro e validação das informações, visando aumentar a credibilidade do dado e a sua maior difusão. Atualmente, o Portal do Território Resiliente no Distrito Federal é a primeira iniciativa de mapeamento colaborativo e os dados cidadãos atualizados pela pesquisa torna-se uma importante ferramenta para o estudo de alagamento no Distrito Federal. Os mapeamentos colaborativos com dados não-estruturais permitem sinalizar e indicar os locais mais vulneráveis a ocorrência de alagamentos, contribuindo para evitar que a população se exponha a risco durante eventos de precipitação ou avisos de precipitações, principalmente quando extremas. Neste trabalho, essa abordagem possibilitou conhecer como os alagamentos estão distribuídos ao longo do DF, contribuindo para o planejamento urbano, que por vezes carecem de informações mais detalhadas.

O uso de dados cidadãos, surgem da demanda por dados e informações, que por diversos motivos, os municípios e os estados não dispõem. Embora grande parte da população tenha acesso a smartphones e a internet, isso não garante que a população conheça plataformas de mapeamento colaborativo e entenda a importância da sua utilização. Sendo necessário elaborar estratégias que busquem da publicidade à essas plataformas, quando existirem (Bravo e Sluter, 2018), por meio de projetos de extensão com a população e em escolas (Oliveira *et al.*, 2018).

Nesse contexto, entende-se que: a) o monitoramento in situ pode ser uma tarefa onerosa financeiramente e perigosa; b) que somente conhecendo os locais que de fato alagam é possível pensar em estratégias no âmbito do planejamento urbano que sejam efetivas; e c) que uma série histórica longa e constantemente atualizada poderá servir de subsídio para trabalhos futuros no âmbito da modelagem hidrodinâmica. Nesse sentido, a utilização dos dados cidadãos se mostrou uma alternativa interessante para complementar os dados oficiais.

Apesar da precisão cartográfica ser importante para qualquer análise, a forma de ocupação e endereçamento do Distrito Federal (numeração por quadra, tipologia de quadra e bloco), já oferece precisão suficiente para as análises que foram realizadas, que buscam entender a fragilidade dessas áreas, e dessa forma delimitar hipóteses para entender as causas dos alagamentos e como eles podem afetar a vida da população.

REFERENCIAS

ADEKOLA, O.; LAMOND, J. A media framing analysis of urban flooding in Nigeria: current narratives and implications for policy. **Regional Environmental Change**, v. 18, p. 1145-1159, 2018.

<https://doi.org/10.1007/s10113-017-1253-y>

AHMED, A.; SINNAPPAN, S. The Role of Social Media during Queensland Floods: An Empirical Investigation on the Existence of Multiple Communities of Practice (MCoPs). **Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems**, v. 5, n. 2, p.1-22, 2013.

<https://doi.org/10.17705/1pais.05201>

DE OLIVEIRA, G. A.; BRITO, P. L.; DOS SANTOS, S. M. Mapeamento de Riscos Hidrológicos Utilizando Informações Geográficas Voluntárias: Estudo de caso no município de Riachão do Jacuípe-Bahia (Hydrological Risk Mapping Experiment Using Volunteered Geographic Information: Case study in the municipality of Riachão do Jacuípe - Bahia). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 1, p. 297-311, abr. 2018. <https://doi.org/10.26848/rbqf.v10.6.p297-311>

BATISTA, P. H. L. **Cartografia geotécnica aplicada aos riscos de alagamento e inundação na bacia do rio São Bartolomeu**. 2014. xix, 223 f., il. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

BRAVO, J. V. M.; SLUTER, C. R. O Mapeamento Colaborativo: seu surgimento, suas características e o funcionamento das plataformas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, n. 5, p. 1902-1916, dez. 2018. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.5.p1902-1916>

BRASIL. **LEI Nº 9.985, DE 18 DE JULHO DE 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 01 jan. 2022.

DEVITT, C.; O'NEILL, E. The framing of two major flood episodes in the Irish print news media: Implications for societal adaptation to living with flood risk. **Public Understanding of Science**, v. 26, n. 7, p. 872-888, 2016. <https://doi.org/10.1177/0963662516636>

SILVA, A. A.; FRANCA, R. R. IDENTIFICAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE EPISÓDIOS DE CHUVA EXTREMA NO DISTRITO FEDERAL – PERÍODO 1990-2019. **Revista Espaço e Geografia**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 134:153, 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/espacoegeografia/article/view/40271>. Acesso em: 23 abr. 2024.

DE LONGUEVILLE, B.; LURASCHI, G.; SMITS, P.; PEEDELL, S.; DE GROEVE, T. Citizens as sensors for natural hazards: A VGI integration workflow. **Geomatica**, v. 64, n. 1, p. 41–60, 2010. <https://doi.org/10.5623/geomat-2010-0005>

ESCOBAR, M. P.; DEMERITT, D. Flooding and the framing of risk in British broadsheets, 1985–2010. **Public Understanding of Science**, v. 23, n.4, p. 454-471, 2012. <https://doi.org/10.1177/0963662512457>

DISTRITO FEDERAL. **Lei Complementar nº 854, de 15 de outubro de 2012**. Atualiza a Lei Complementar nº 803, de 25 de abril de 2009, que aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal – PDOT e dá outras providências. Disponível em: http://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/72806/Lei_Complementar_854_15_10_2012.html. Acesso em: 01 jan. 2022

DISTRITO FEDERAL. **Lei Complementar nº 1.007, de 28 de abril de 2022**. Altera a Lei Complementar nº 948, de 16 de janeiro de 2019, que aprova a Lei de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal - LUOS nos termos dos arts. 316 e 318 da Lei Orgânica do Distrito Federal e dá outras providências, e dá outras providências. Disponível em: https://www.sinj.df.gov.br/sinj/Norma/5e658a130ee84ee19785c3d9286f3943/Lei_Complementar_1007_28_04_2022.html. Acesso em: 01 jan. 2022

Infraestrutura de Dados Espaciais do Distrito Federal- IDE/DF. **Geoportal/DF**. Disponível em: <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>. Acesso em: 11 dez. 2022

FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 17, n.6, 1601–1616, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600023>

GAITAN, S.; TEN VELDHUIS, MC.; VAN DE GIESEN, N. Spatial Distribution of Flood Incidents Along Urban Overland Flow-Paths. **Water Resources Management**, v. 29, p. 3387–3399, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11269-015-1006-y>

JOHNSON, P. A.; SIEBER, R. E. Situating the Adoption of VGI by Government. In: SUI, D.; ELWOOD, S.; GOODCHILD, M. (Org.). **Crowdsourcing geographic knowledge: Volunteered geographic information (VGI) in theory and practice**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. p. 65-81. De <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2>

LIMA C. C.; AMARO, V. E.; ARAÚJO, P. V. N.; SANTOS, A. L. S. Identificação e Avaliação de Zonas de Alagamentos Urbanos, com o Suporte de Geotecnologias, na Cidade de Natal, Nordeste do Brasil. **Anuário do Instituto de Geociências**. v. 42, n. 2, p. 378-394, 2019. https://doi.org/10.11137/2019_2_378_394

LOURENÇO, R. V.; TEIXEIRA, A. S. G.; RODRIGUES, E. S.; DAUDT, F. W. Os efeitos das inundações e alagamentos na saúde mental e na incidência de doenças. In: VI SEVEN

INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONGRESS, 2024. Anais [...]. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.56238/sevenVImulti2024-036>. Acesso em: 26 set. 2024.

MACHADO, A. A.; CAMBOIM, S. P. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, v. 11, e20180142, 2019. <https://doi.org/10.1590/2175-3369.011.e20180142>

MAIA, D.C. Caracterização das enchentes na área urbana de Ribeirão Preto (SP): um enfoque através de notícias de jornal. *Geografia*, Rio Claro, v. 34, n. 2, p. 307-327, 2009.

MARCO J. B.; CAYUELA A. Urban flooding: the flood-planned city concept. In: ROSSI G., HARMANCIOĞLU N., YEYJEVICH V. (Orgs.). **Coping with Floods**. NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), v. 257. Dordrecht: Springer 1994. p. 705-721. https://doi.org/10.1007/978-94-011-1098-3_43

MOY DE VITRY, M.; LEITÃO, J. P. The potential of proxy water level measurements for calibrating urban pluvial flood models. *Water Research*, 115669, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115669>

NEVES, G.; SENA SOUZA, J. P.; VASCONCELOS, V.; MARTINS, E. S.; COUTO JUNIOR, A. F. Land cover dynamics in geomorphological units of Distrito Federal, DF. *Sociedade & Natureza*, v. 29, n. 3, p. 383–396, 2018. <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-2>

NUNES, L. H. O papel da mídia na difusão da informação climática: o El Niño de 1997-98. *Geografia* Rio Claro, v. 32, n. 1, p. 29-5, 2007.

CONCREMAT ENGENHARIA, 2009. **Plano Diretor de Drenagem Urbana do Distrito Federal**. Distrito Federal. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/legislacoes/resolucoes-adasa/17-pagina/106-drenagem-urbana-plano-diretor-de-drenagem-urbana>. Acesso em: 20. abril. 2023.

SANTOS, J., M.; PAULA, D., P. Análise Espacial das Ocorrências de Alagamentos Urbanos na Microbacia do Riacho Pajeú em Fortaleza, Ceará. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research médium*, v. 12, n. 1, p. 109-128, 2021. <https://doi.org/10.14393/BGJ-v12n1-a2021-59497>

SANTOS, J., S.; CARVALHO, S., M. Ocorrências de alagamentos e enchentes na bacia do arroio da Ronda em Ponta Grossa, PR, Brasil. *TerraPlural*. v.15. 2021.

SEIBERT, J.; MCDONNELL, J. J. On the dialog between experimentalist and modeler in catchment hydrology: use of soft data for multicriteria model calibration. *Water Resources Research*, v. 38, n. 11, 1241, 2002. <https://doi.org/10.1029/2001WR000978>

STEINKE, V.A.; MELO, L. A. M.; STEINKE, E. Variabilidade das chuvas em janeiro no Distrito Federal do Brasil de 1981 a 2010. *Climate*, 2017.

FRANCA, R. R.; STEINKE, E. T.; STEINKE, V. A. Eventos pluviais extremos em Brasília-DF no período 1963-2019. *Revista de Geografia*, 2022. <https://doi.org/10.34019/2236-837X.2022.v12.39189>

SENE, K.; **Flash Floods. Forecasting and Warning**. 2013. Disponível em: <https://prffwc.synthasite.com/resources/Kevin%20Sene%20auth.%20Flash%20Floods%20%20Forecasting%20and%20Warning%20p.21-23.pdf>. Acesso em: 20. abril. 2023.

SERENCO SERVIÇOS DE ENGENHARIA CONSULTIVA. **Plano Distrital de Saneamento Básico do Distrito Federal**. Distrito Federal: v. Tomo IV. Disponível em: <https://www.adasa.df.gov.br/regulacao-sae/plano-distrital-de-saneamento-basico-do-df>. Acesso em: 20. abril. 2023.

TESEMA, D.; BIRHANU, B.; ABEBE, G. A review of flood modeling methods for urban pluvial flood application. *Modeling Earth Systems and Environment*, v. 6, 1293-1302, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00803-z>

Recebido em: 25/04/2024

Aceito para publicação em: 07/10/2024