

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA PRELIMINAR DE DADOS PLUVIOGRÁFICOS SUB-HORÁRIOS EM ÁREA URBANA - SIMCURB

Jeferson da Costa¹; Welber Ferreira Alves²; Débora Tolentino Luzzi Diniz³; Luciano Leonardo T. Leoi⁴; Paulo Victor Santos Freire⁵; Hudson Rocha de Oliveira⁶; Geraldo Alves Barcellos⁷; Maria Elisa Leite Costa⁸; Marcos Helano F. Montenegro⁹ & Sérgio Koide¹⁰

Abstract: In the Federal District, precipitation is characterized by well-defined periods of rainfall and drought. Urban development in the Federal District started with planning in the Plano Piloto and followed with a lack of integration with sanitation services in other cities. This scenario and the deficiency of drainage management and urban stormwater management, combined with intense precipitation with great spatial and temporal variability, led to recurring events of flooding and inundation. Seeking to understand the dynamics of precipitation and to contribute to technical improvement, regulation and governance, the SIMCURB system was implemented by ADASA, in partnership with CAESB, UnB and IBRAM, with 62 rain gauges distributed in urban areas, with 5-minute measurement intervals. From its start, in 2021, SIMCURB has phases, from installation and calibration of the rain gauges to structuring of the database and platform for its availability. Currently, data are collected and made available on SIMCURB WEB, with visualization of the stations; accumulated total; intensity and unit values of the data; and comparison with the recurrence period of the DF intensity-duration-frequency equation. Preliminary data show great variability in total precipitation, in comparison with values from INMET and CAESB stations. Ongoing studies will allow the analysis of the spatial variability of intense rainfall and the correlation between rainfall intensities and altimetry of the region. The system already allows, in cases of flooding, to analyze whether the occurrence is due to events with a long recurrence time or to deficiencies in the stormwater management system.

Resumo: No Distrito Federal, as precipitações se caracterizam por períodos definidos de chuvas e estiagens. O desenvolvimento urbano no DF iniciou com planejamento no Plano Piloto e seguiu com carência de integração com serviços de saneamento nas demais cidades. Esse cenário e a deficiência de manejo de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, aliada às precipitações intensas com

1) Mestre em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo PTARH/UnB e Regulador da ADASA. Endereço: SAIN Estação Rodoferrviária de Brasília, S/N - Ala Norte - CEP: 70631-900. Telefone: (61) 3961-5090. E-mail: jefferson.costa@adasa.df.gov.br

2) Doutor em Geoprocessamento e Análise Ambiental pelo IG/UnB e Regulador da ADASA. Endereço: SAIN Estação Rodoferrviária de Brasília, S/N - Ala Norte - CEP: 70631-900. Telefone: (61) 3961-4903. E-mail: welber.alves@adasa.df.gov.br

3) Mestra em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pelo PTARH/UnB e Reguladora da ADASA. Endereço: SAIN Estação Rodoferrviária de Brasília, S/N - Ala Norte - CEP: 70631-900. Telefone: (61) 3961-5090. E-mail: debora.diniz@adasa.df.gov.br

4) Analista de Sistemas, Bacharel em Direito e Regulador da ADASA. Endereço: SAIN Estação Rodoferrviária de Brasília, S/N - Ala Norte - CEP: 70631-900. Telefone: (61) 3961-5090. E-mail: luciano.leoi@adasa.df.gov.br

5) Graduando em Engenharia Ambiental na UnB e Estagiário da ADASA. Endereço: SAIN Estação Rodoferrviária de Brasília, S/N - Ala Norte - CEP: 70631-900. Telefone: (61) 3961-5090. E-mail: paulo.freire@adasa.df.gov.br

6) Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental pela UCB e Regulador da ADASA. Endereço: SAIN Estação Rodoferrviária de Brasília, S/N - Ala Norte - CEP: 70631-900. Telefone: (61) 3961-4911. E-mail: hudson.oliveira@adasa.df.gov.br

7) Licenciado em Matemática, com pós-graduação em Desenvolvimento de Sistemas, ITIL Certified (Information Technology Infrastructure Library), Disrupção Digital e Chefe do Serviço de Tecnologia da Informação e Comunicação da Adasa. Telefone: (61) 3961-4923. E-mail: geraldo.barcellos@adasa.df.gov.br

8) Doutora em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos na Universidade de Brasília. Engenheira Civil na Coordenação de Regulação de Drenagem Urbana da Agência Nacional de Águas. marialisa.unb@gmail.com

9) Engenheiro Civil. Coordenador de Comunicação do Ondas Brasil. Diretor do Centro Oeste da Diretoria Nacional da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES). mhfinmontenegro@gmail.com

10) Professor Associado do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – PTARH/ENC/UnB. skoide@unb.br

grande variabilidade espacial e temporal, levou a eventos recorrentes de alagamentos e inundações. Buscando compreender a dinâmica das precipitações e contribuir para melhoria técnica, regulação e governança, foi implantado o sistema SIMCURB pela ADASA, em parceria com CAESB, UnB e IBRAM, com 62 pluviógrafos distribuídos nas áreas urbanas, com intervalo de medição de 5 minutos. A partir do início, em 2021, o SIMCURB possui fases, desde instalação e calibração dos pluviógrafos, até estruturação de banco de dados e plataforma para sua disponibilização. Atualmente, os dados são coletados e disponibilizados no SIMCURB WEB, com visualização das estações; total acumulado; intensidade e valores unitários dos dados; e comparação com período de recorrência da equação intensidade-duração-frequência do DF. Os dados preliminares mostram grande variabilidade no total precipitado, em comparação com valores das estações INMET e CAESB. Estudos em curso permitirão analisar a variabilidade espacial das chuvas intensas e a correlação entre as intensidades de chuva, a altimetria da região e densidade habitacional. O sistema já permite que, em casos de alagamentos, seja analisado se a ocorrência se deve à eventos com grande tempo de recorrência ou a deficiências no sistema de manejo de águas pluviais.

Palavras-Chave – precipitação, drenagem urbana, Simcurb.

INTRODUÇÃO

O Distrito Federal possui uma precipitação concentrada no tempo (com período de estiagem longo), tem reduzidas dimensões territoriais e abriga nascentes de três Regiões Hidrográficas brasileiras (São Francisco, Tocantins/Araguaia e Paraná). Obviamente, há estações pluviométricas (Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, Agência Nacional de Águas – ANA, Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB e Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do DF - ADASA) e sua maioria ou possui coleta de dados com intervalo de 1 dia ou estão situadas em áreas rurais, pois o objetivo de tais estações é medir chuvas para determinar precipitação média ou total diário. Dessa forma, há uma carência de obtenção de dados de chuvas para análise de alagamentos ou inundações urbanas, que ocorrem em tormentas de até 2 horas de duração e, muitas das vezes, localizadas.

O desenvolvimento do espaço urbano no Distrito Federal apresenta um contexto peculiar, com uma cidade planejada, o Plano Piloto, e dotada de toda a infraestrutura de saneamento básico desde sua implantação, integrando as atividades dos poderes da União e do governo local, e oferecendo moradia, em teoria, a todos os servidores públicos, prestadores de serviço e seus familiares. A realidade impôs a criação de outras cidades e assentamentos, com uma situação diferente, quanto a amplitude e eficiência de infraestrutura. A dinâmica da expansão urbana e a carência de planejamento, bem como a indicação de alteração recente do regime de chuvas pelas mudanças climáticas, implicaram na ocorrência mais frequente de situações de alagamentos e inundações.

Os sistemas de drenagem urbana no Distrito Federal são do tipo separador absoluto (rede para transportar exclusivamente águas pluviais urbanas), foram implantados utilizando bases conceituais tradicionais e dimensionados inicialmente para período de retorno de 3 anos, posteriormente aumentado para 5 anos e mais recentemente para 10 anos para as intensidades de precipitação.

Nesse panorama, o Distrito Federal é conhecido por apresentar precipitações intensas com grande variabilidade espacial e temporal e, por ser uma região de cabeceira e dispor de pequenas bacias de contribuição, as chuvas intensas com curta duração influenciam significativamente os hidrogramas de escoamento superficial (Silva *et al.* 2021). Partindo dessa perspectiva, as análises pluviométricas são fundamentais para o planejamento urbano e a gestão do risco de alagamentos.

Diante desse cenário, sabendo da importância significativa da coleta de dados pluviométricos para a análise da drenagem urbana (Canholi, 2014), e do fato de que dados sub horários aumentam consideravelmente a qualidade da análise de altura pluviométrica (Morbideilli *et al.*, 2017), a ADASA,

CAESB, Universidade de Brasília (UnB) e Instituto Brasília Ambiental (IBRAM) desenvolveram o Sistema de Monitoramento de Chuvas Urbanas Intensas - SIMCURB, no ano de 2021, composto por 62 estações pluviográficas distribuídas pelas áreas urbanas do Distrito Federal, e com intervalo de medição de 5 minutos.

O presente trabalho tem como objetivo principal apresentar a análise de consistência preliminar dos dados pluviográficos obtidos e relatar as principais dificuldades e desafios em implantar, operar, manter um sistema de coleta de informações de chuva em área urbana.

Como objetivos secundários, coloca-se a necessidade de compreender a dinâmica de precipitações intensas no Distrito Federal e contribuir para o planejamento integrado da componente de manejo de drenagem e águas pluviais urbanas com a gestão territorial, minimizando eventos críticos de alagamentos e inundações.

MATERIAL E MÉTODOS

O Distrito Federal é localizado na região Centro-Oeste do Brasil (Figura 1) e possui o clima tropical com a concentração de chuvas no verão, principalmente de novembro a janeiro. O período de estiagem ocorre nos meses de inverno, sendo junho a agosto (Baptista, 1998).

O regime sazonal do clima é controlado por massas de ar provenientes da zona tropical, com ventos da componente Nordeste a Leste, responsáveis por tempo bom no inverno. Essa condição é favorecida pela existência de subsidência e consequente inversão térmica em suas camadas superiores. No verão, geralmente os ventos vêm do quadrante Norte, de pequenas altitudes ou dorsais formadas sobre o continente, que propiciam condições de estabilidade e tempo bom. Mudanças bruscas nessas condições ocorrem geralmente com a chegada de sistemas de circulação ou correntes perturbadas provenientes de Oeste e Noroeste (final da primavera e início do verão), cujos ventos provocam chuvas e trovoadas. Há também a influência do sistema de corrente perturbada de Sul, representado pelas invasões do Anticiclone Polar, causador de chuvas frontais com duração média de um a três dias (CAESB, 2003). Após a passagem da frente fria e sobre o domínio do Anticiclone Polar, o tempo vai se caracterizar por céu limpo, com baixa umidade específica do ar e declínio de temperatura, até a penetração das massas de ar tropical com ventos moderadamente quentes.

É importante ressaltar que, no período de inverno, caracterizado por estabilidade, ocorre a inversão térmica por radiação na camada inferior da atmosfera, responsável pela ocorrência da bruma seca e pela acumulação de fumaça e particulados oriundos das atividades humanas, como, por exemplo, a queimada.

A precipitação média anual no DF é de 1.506 mm, no período de 1962-2022, tendo como referência a estação do INMET nº 83377, situada em Brasília.

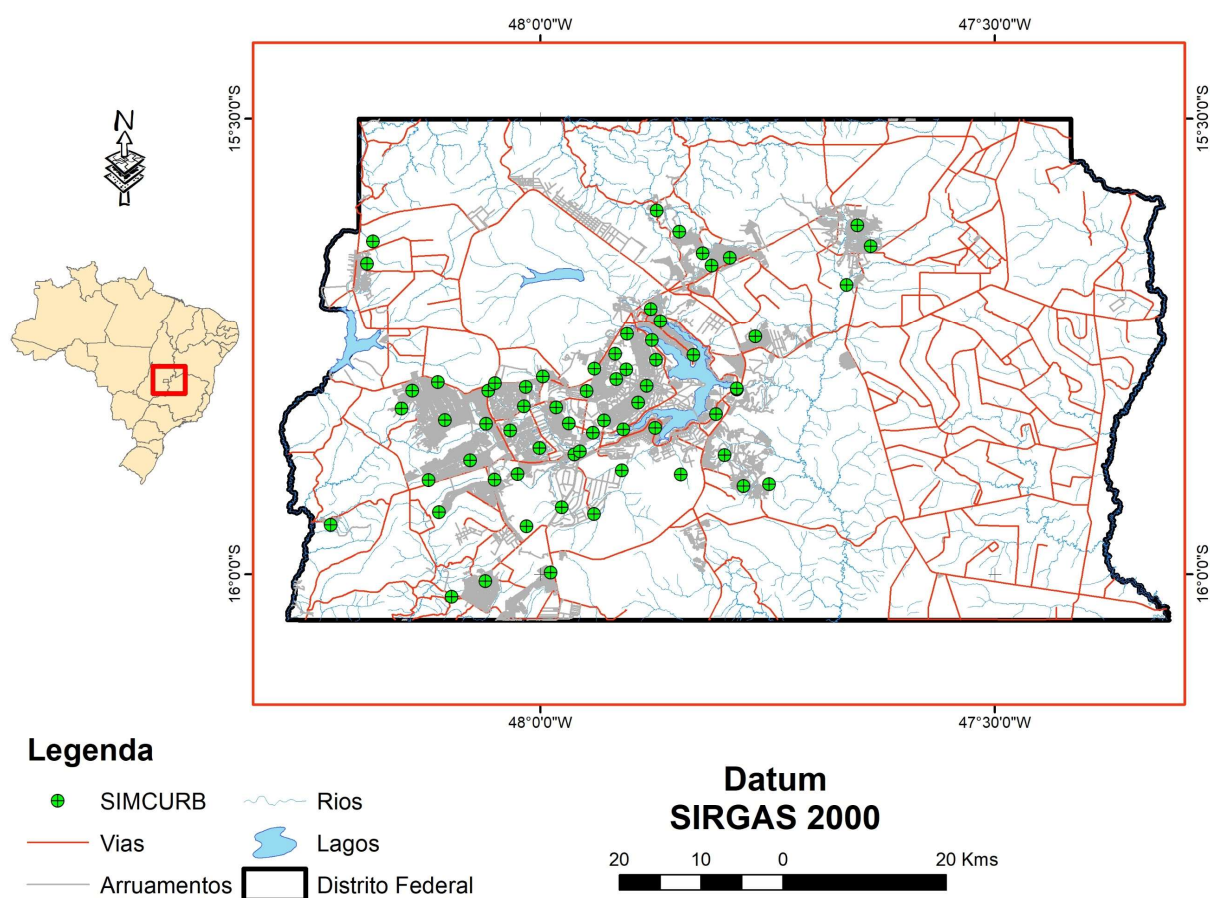
Com relação ao SIMCURB, a coleta dos dados pluviométricos é realizada por meio de 62 pluviômetros distribuídos em todas as cidades do Distrito Federal. As estações utilizadas pela ADASA são equipadas com pluviômetros automáticos de báscula, do modelo HOBO *Data Logging Rain Gauge*, com erro de equivalente a 0,2 mm e acompanhados por um Datalogger de telemetria (plataforma desenvolvida pela empresa LWS Soluções-baseada no minicomputador Raspberry Pi). A figura 1 apresenta a localização das referidas estações.

Para garantir precisão e aferição adequadas das medições pluviométricas, os pluviômetros passam por aferições e calibrações regularmente. Quando são detectadas imprecisões no número de basculadas, seja em excesso ou em falta para uma determinada quantidade de água, torna-se necessário realizar ajustes. Conforme indicado no manual, a calibração é realizada por meio do ajuste dos parafusos situados na parte externa do pluviômetro, responsáveis pelas básculas.

Após os dados serem registrados no cartão SD e na memória RAM do *datalogger*, eles são transmitidos para um servidor. Esse servidor é responsável por receber os dados e escrevê-los no banco de dados. A partir desse ponto, a plataforma virtual gera todas as análises, cálculos, gráficos, interfaces e planilhas, que são disponibilizados por meio de um portal chamado SIMCURB WEB.

O SIMCURB WEB é um Dashboard desenvolvido para tornar os dados pluviométricos públicos e acessíveis. O STI (Serviço de Tecnologia da Informação) da ADASA, responsável pela plataforma, desenvolveu um sistema com uma interface simples, objetiva e intuitiva, executando análises descritiva (compreensão do evento ou período) e preditiva (correlação com a equação IDF-DF) e emprego de algoritmos em linguagem de programa DAX (*Data Analysis Expressions*).

Figura 1 – Área de estudo – Distrito Federal, sua mancha urbana e as estações do SIMCURB



A plataforma SIMCURB WEB conta com diversas abas que contêm diferentes informações e gráficos obtidos a partir dos dados coletados pelos pluviômetros e pode ser acesso por meio do endereço eletrônico www.adasa.df.gov.br. O SIMCURB WEB é dividido em “Informações Básicas”, onde o usuário pode acessar os dados pluviométricos a fim de transparência e prestação de contas, e “Informações Técnicas”, destinada aos usuários da área acadêmica e profissionais que buscam aplicações científicas e tomadas de decisões com base nos dados oferecidos pela plataforma. Em “Informações Básicas”, há as abas Inventário Estações, Precipitações Diárias e Mapa de Precipitações. Já em “Informações Técnicas”, estão presentes as abas Precipitações + Intensas, Período de Retorno e Tabela de Precipitações.

Para fins de comparação dos resultados apresentados pelo SIMCURB, foram também selecionados dados pluviométricos oriundos do INMET, referente a 05 estações presentes na região, além de 11 estações operadas exclusivamente pela CAESB.

RESULTADOS

A coleta de dados dos pluviógrafos do sistema SIMCURB pode ser dividido em fases, sendo a primeira fase a consolidação e coleta manual “in loco” dos dados e necessidade de ajustes em alguns equipamentos ocorrido no ano de 202. A segunda fase de ajustes na transmissão de dados (firmware dos *dataloggers*) e estruturação da plataforma de banco de dados para recepção e tratamento dos dados, no período de 2022; e a terceira fase, recentemente, com melhorias na recepção remota dos dados, agilidade e correção de problemas e inconsistências e finalização do SIMCURB WEB para divulgação para a sociedade.

Dentre as principais adversidades encontradas nas estações instaladas, podemos destacar: os entupimentos dos funis dos pluviógrafos, causados principalmente por folhas, poeira, teias e insetos que obstruíam o orifício de escoamento, provocando erros do número de básculas e consequente alteração na medição da pluviometria; e atualizações de firmware que se fizeram necessárias para a resolução e correção de travamentos, bugs e aderência às nossas necessidades de layout e frequência dos dados a serem transmitidos que dificultam o acesso imediato ao dado.

O primeiro problema foi resolvido aumentando-se a periodicidade das manutenções dos equipamentos e com o reforço no treinamento e especialização da equipe de atuação externa no manuseio e operação das ferramentas e dispositivos necessários para as correções dos instrumentos. O segundo obstáculo foi superado, com o desenvolvimento pela empresa fornecedora dos *dataloggers* de um novo firmware adaptado às nossas necessidades e da atualização dos equipamentos em campo com esse novo software realizado pela equipe de manutenção.

Como próximo desafio, está a revisão da aferição e calibração de todos os pluviógrafos de modo que cada “basculada” corresponda ao equivalente de 0,2 mm de precipitação.

Em apenas uma ocasião, desde a implantação, houve a tentativa de furto de um pluviógrafo, que estava instalado na caixa d’água de uma creche de uma parceria público privada (ppp). Felizmente, a tentativa não logrou êxito, e com isso, neste caso, não ocorreu qualquer perda de dados ou prejuízo nas informações do sistema.

Na parte de Tecnologia da Informação, a estruturação do banco de dados requereu uma uniformização dos dados, pois os dados são recepcionados em padrão distinto, entre a Adasa e os parceiros CAESB, UnB e IBRAM.

Indiscutivelmente, a quantidade e a qualidade dos dados coletados foram prejudicadas com os ajustes e as intervenções necessárias nos pluviógrafos e *dataloggers*, porém, houve a necessidade de se avaliar preliminarmente o conjunto de dados para inferir se o sistema está operando de maneira satisfatória e se há a necessidade de se realocar pluviógrafos para áreas com maiores variações pluviométricas. Partindo das ponderações de Chen *et al.* (2023), que estudaram a distribuição espacial e a dependência da elevação das características horárias da precipitação, principalmente, total precipitado, frequência, intensidade e variações diurnas da precipitação horária, o presente trabalho iniciou a análise dos dados coletados do SIMCURB pelos totais acumulados.

Como referência inicial de comparação de dados, foram escolhidos, inicialmente, os resultados dos totais acumulados pelas estações do INMET e da CAESB, no Distrito Federal. Outro aspecto adotado foi a definição do ano hidrológico no Distrito Federal, iniciando em setembro de um ano até o mês de agosto do ano subsequente.

Os dados obtidos pelo SIMCURB nos anos hidrológicos de 2021/2022 e 2022/2023 tiveram bastante variação, principalmente quando comparado com os dados obtidos juntos ao INMET. A Figura 2 evidencia a variação espacial observada nas estações do SIMCURB frente aos valores obtidos junto às estações do INMET para o ano de 2021/2022. As estações do SIMCURB registraram totais anuais entre 432 mm até 1.664 mm, sendo o valor mínimo bem contrastante com a média histórica da estação mais antiga da região (desde os anos 1960, e com valores que variam de 1.400 a 1.500). Para o ano hidrológico 2022/2023, a Figura 3, o comportamento continuou tendo disparidades quando comparados com os dados do INMET.

Quando comparado com os dados da CAESB, verifica-se as mesmas discrepâncias. No entanto, é possível fazer algumas observações. No centro de Brasília, região conhecida como Plano Piloto, para o ano hidrológico de 2021/2022 (Figura 4), as estações da CAESB registraram uma diferença pluviométrica da ordem 320 mm em um raio de 10 km. Na mesma região, as estações do SIMCURB registraram valores tanto próximos a estação de menor valor (1.178 mm) quanto a de maior valor (1.506 mm), o que corrobora a variação pluviométrica na região e dificulta mais ainda a identificação de possíveis falhas. Já no ano hidrológico seguinte (Figura 5), a diferença ficou na ordem de 100 mm, e as estações do SIMCURB continuaram apresentando diferenças significativas, tendo estações com totais pluviométricos anuais que variam 750 a 1.000 mm, e outras que variam de 1.000 a 1.250 mm.

Os histogramas referentes aos acumulados dos dois anos hidrológicos podem ser vistos nas Figura 6 (2021/2022) e Figura 7 (2022/2023). O ano hidrológico de 2021/2022 possui a maior parte dos dados (47%) com valores entre 952 mm e 1.212 mm, sendo que o valor médio das estações do INMET para este período foi de 1.336 mm e o valor médio referente aos dados da CAESB foi de 1.312 mm. Isto resulta em um valor subestimado da ordem de 19% entre a mediana desse intervalo e o valor médio das estações do INMET. Para o seguinte ano hidrológico (2022/2023), a mediana do intervalo superestimou o valor médio das estações de referência em 3%, e houve uma concentração maior nos intervalos (579 – 839 e 839 – 1.099), com valores menores que a média do INMET (1.185 mm) e da CAESB (1.224 mm). O que confirma a grande variabilidade espacial das precipitações.

Figura 2 - Distribuição espacial pluviométrica para o período 2021/2022, comparando dados SIMCURB e INMET

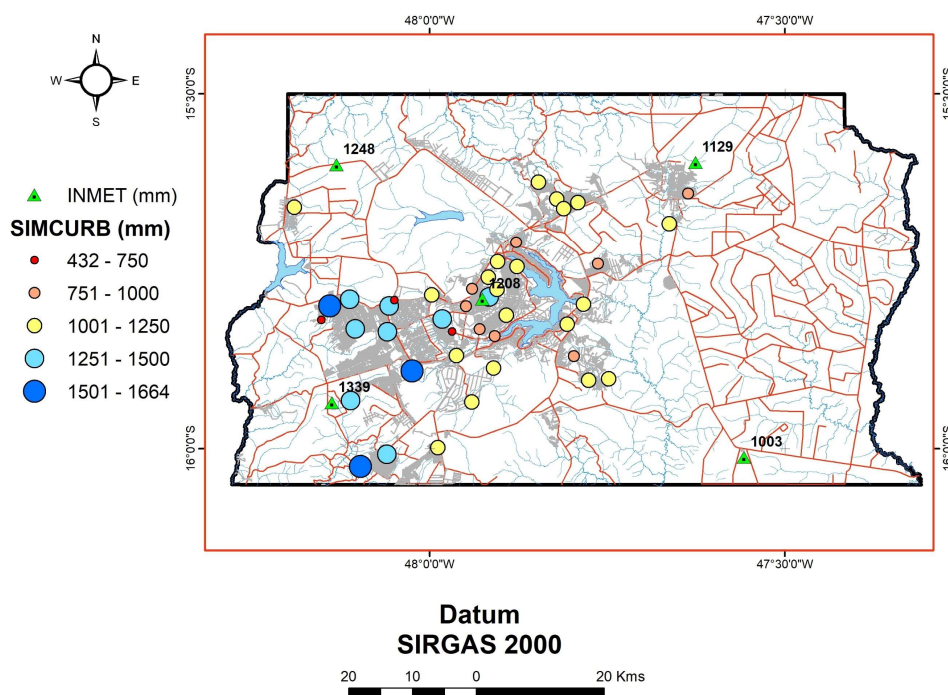


Figura 3 - Distribuição espacial pluviométrica para o período 2022/2023, comparando dados SIMCURB e INMET

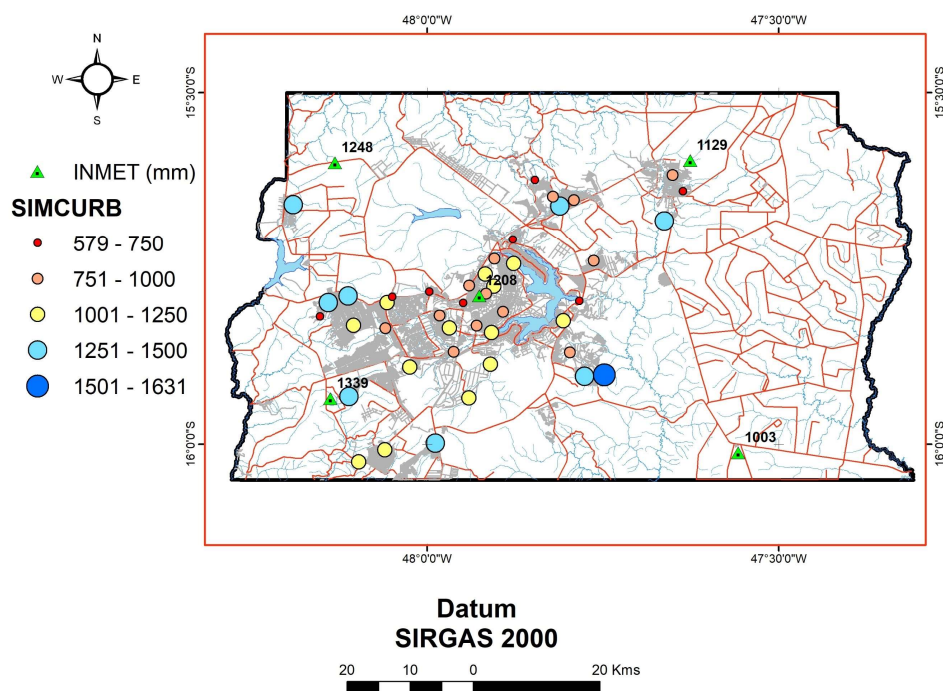


Figura 4 - Distribuição espacial pluviométrica para o período 2021/2022, comparando dados SIMCURB e CAESB

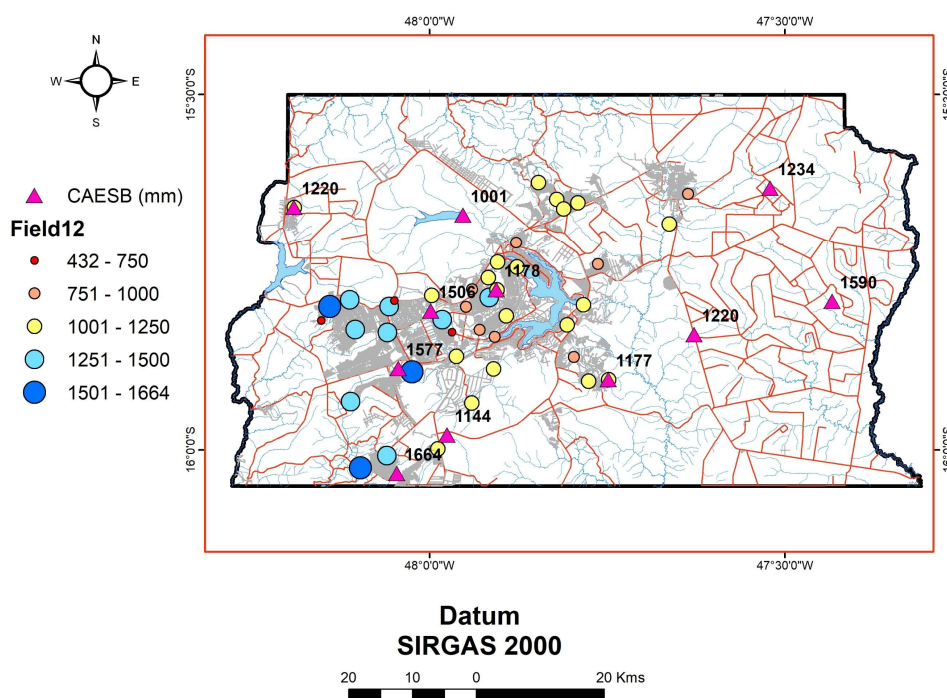


Figura 5 - Distribuição espacial pluviométrica para o período 2022/2023, comparando dados SIMCURB e CAESB

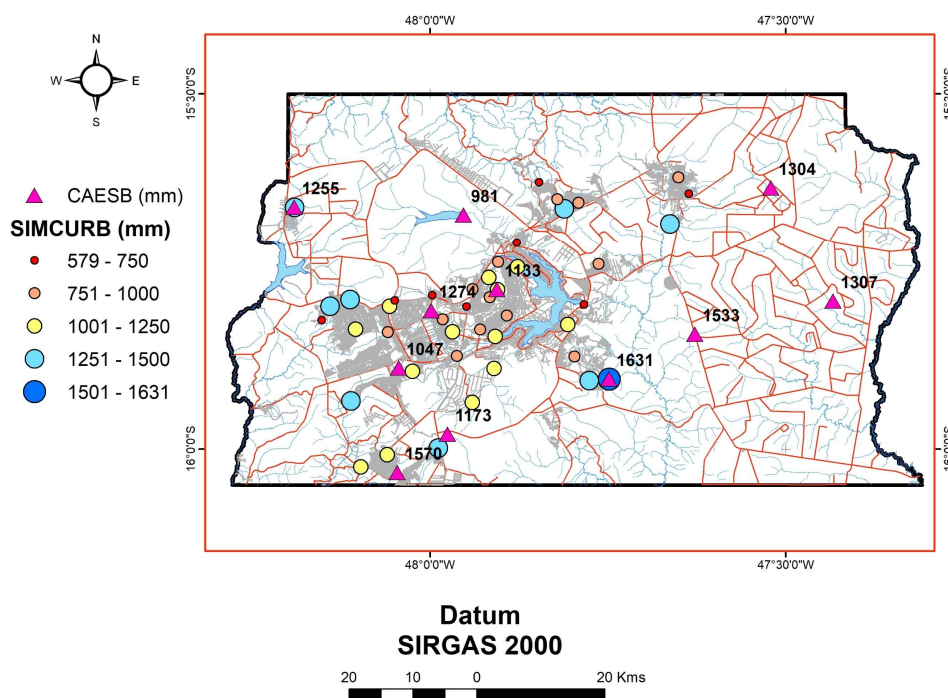


Figura 6 - Histograma do acumulado pluviométrico referente ao ano 2021/2022.

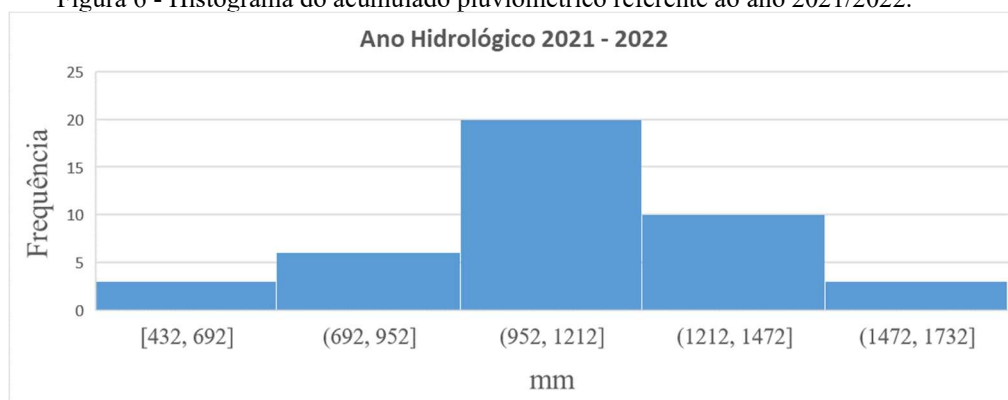
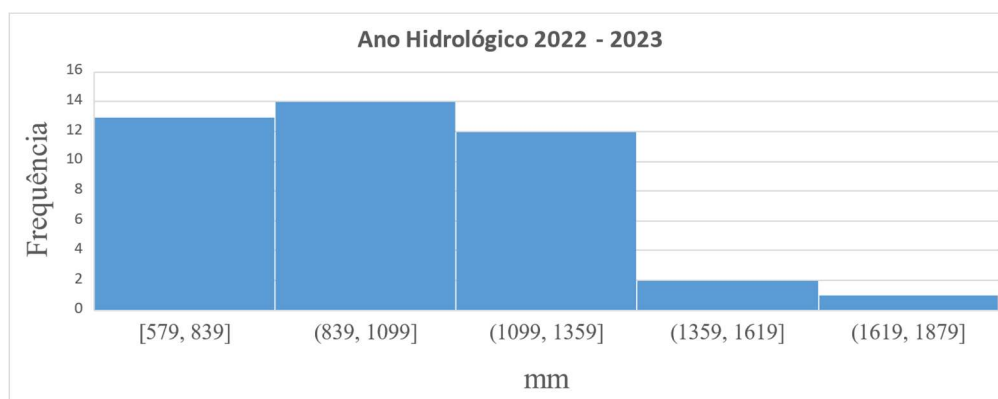
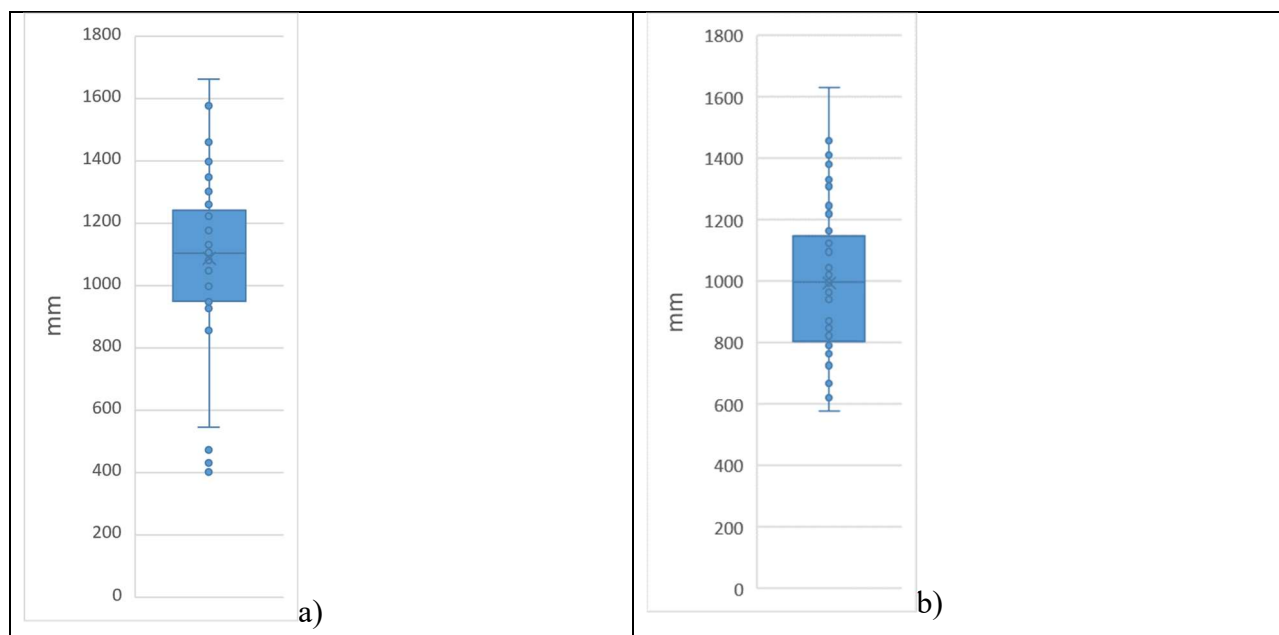


Figura 7 - Histograma do acumulado pluviométrico referente ao ano 2022/2023.



A Figura 8 evidencia a amplitude de dados em relação aos totais anuais, em ambos os anos de análise. Percebe-se uma heterogeneidade muito grande em torno da média, e principalmente divergentes dos totais anuais médios esperados (1.500 mm).

Figura 8 - Gráfico Box-Plot do acumulado pluviométrico referente aos anos 2021/2022 (a) e 2022/2023 (b)



Os resultados anteriores também levantaram outra preocupação, a diferença significativa de total acumulado entre estações vizinhas, ou seja, variações de aproximadamente 200% sem justificativas. Tal fato pode indicar desde problemas na coleta, transmissão e interpretação de dados até eventos ainda não detectados e compreendidos, os quais precisam ser investigados.

Também estão em desenvolvimento avaliações dos dados coletados do SIMCURB nos anos hidrológicos existentes para frequência e intensidade dos valores, a fim de confrontar estes dados e o total precipitado conforme apontamentos de Chen *et. al.* (2023), que indicaram que determinada amostra de dados pluviométricos horários indicou redução com altitude.

Outro campo de análise ainda a ser verificado é se os valores extremos nas distribuições de total acumulado de 1 h e de intervalo de medição de 5 minutos tendem ou não a crescer mais rapidamente com o período de recorrência que em totais acumulados para períodos superiores. Tais valores extremos não estão presentes em intervalos diários de medição, conforme apontou Villalobos-Herrera *et. al* (2022). Tal avaliação utiliza a facilidade de interpretação de dados pela plataforma SIMCURB WEB e a comparação dos totais precipitados e intensidade com o período de recorrência na única equação intensidade-duração-frequência atualmente utilizada no Distrito Federal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As dificuldades de integração do planejamento e obras, gestão de operação e manutenção dos sistemas manejo de águas pluviais urbanas, aliadas a precipitações intensas e com grande variabilidade espacial e temporal, tem determinado cenários recorrentes de alagamentos e inundações.

A partir do início de sua operação, no ano de 2021, o SIMCURB passou por fases distintas, desde recalibração dos pluviógrafos até estruturação de banco de dados. Atualmente, os dados coletados são transmitidos e recepcionados pela plataforma SIMCURB WEB, a qual possui

visualização das estações; total acumulado, intensidade e valores unitários dos dados; e comparação com período de recorrência da equação intensidade-duração-frequência geral do Distrito Federal.

Os dados preliminares do SIMCURB indicam grande variabilidade no total precipitado, em comparação com os valores das estações INMET e da CAESB, utilizadas como referência inicial. Estudos em curso tentam verificar a razão dos contrastes ora identificados, bem como avaliar a frequência, a correlação da intensidade das precipitações de 5 minutos com a altimetria da região e com a densidade habitacional e, ainda, o comportamento dos valores extremos de intervalo de 5 minutos com período de recorrência.

Atualmente, o sistema já permite que, em casos de alagamentos, seja analisado se a ocorrência se deve à eventos com grande tempo de recorrência ou a deficiências no sistema existente de manejo de águas pluviais.

REFERÊNCIAS

BAPTISTA, G. M. DE M. (1998). *"Caracterização climatológica do Distrito Federal. In Inventário Hidrológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal Vol. I. IEMA/SEMATEC/UnB, Brasília. p. 187–208.*

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (2003). *"Estudos Básicos - Estudos Hidrológicos e Disponibilidade Hídrica"*. Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal. Brasília. Distrito Federal.

CANHOLI, A. P. (2014). *"Drenagem urbana e controle de enchentes"*. 2ª edição ampliada e atualizada ed. São Paulo, Brasil: Oficina de Textos.

CHEN, T.; Li, J.; Zhang, Y.; Chen, H.; Li, P.; Che, H. (2023). *"Evaluation of Hourly Precipitation Characteristics from a Global Reanalysis and Variable-Resolution Global Model over the Tibetan Plateau by Using a Satellite-Gauge Merged Rainfall Product"*. Remote Sensing, v. 15, n. 4, p. 1013.

MORBIDELLI, R.; SALTALIPPI, C.; FLAMMINI, A.; CIFRODELLI, M.; PICCIAFUOCO, T.; CORRADINI, C.; CASAS-CASTILLO, M. C.; FOWLER, H. J.; WILKINSON, S. M. (2017). *"Effect of temporal aggregation on the estimate of annual maximum rainfall depths for the design of hydraulic infrastructure systems"*. Journal of Hydrology, v. 554, p. 710–720, nov. 2017.

SILVA, G. L.; CARVALHO, D. J.; KOIDE, S. (2021). *"Análise da distribuição espacial de eventos de precipitação e dos seus hidrogramas correspondentes na bacia do riacho fundo – DF"* in Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Nov, 2021.

VILLALOBOS-HERRERA, R.; BLENKINSOP, S.; GUERREIRO, S. B.; O'HARA, T.; FOWLER, H. J. (2022). *"Sub-hourly resolution quality control of rain-gauge data significantly improves regional sub-daily return level estimates"*. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, v. 148, n. 748, p. 3252–3271.