Artigo Compacto

Automação na drenagem urbana: Hoje x Futuro

Urban drainage automation: Today x Future

Fernando Santos, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, fernandosantos@poli.ufrj.br
Vicenzo Cardeles, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, vicenzocardeles@poli.ufrj.br

RESUMO

Automação na drenagem urbana é um tema que soa como futurista, mas mostraremos neste revisão bibliográfica que já é um assunto abordado há décadas, com início na Europa, Estados Unidos e Ásia. Serão apresentados sistemas e métodos inovadores que atuam sobre soluções clássicas da engenharia melhorando o desempenho da drenagem urbana e reduzindo impactos das crescentes inundações urbanas. Mostraremos tanques de captação de águas de chuvas, reservatórios de controle de cheias, bueiros inteligentes, robôs autônomos para inspeção e desobstrução de tubulações e outros exemplos de soluções diretas para drenagem urbana e controle de inundações. Novos modelos de análise probabilística processam de imagens via satélite e dados de sensoriamento local refinam a previsão meteorológica e as estimativas de impactos de eventos climáticos extremos, levando à melhoria do planejamento contra desastres, de ações de pronta resposta e desenvolvimento de soluções integradas de longo prazo no planejamento urbano.

Palavras-chave: Drenagem Urbana, Inundação Urbana, Automação, Monitoramento.

ABSTRACT

Automation in urban drainage sounds like a futuristic subject, but we will show in this literature review that it has been an issue that has been on the frontline for decades, starting in Europe, the United States and Asia. We will present Innovative systems and methods applied over classic engineering solutions that improve urban drainage performance and reduce the impacts of increasing urban floods. Rainwater catchment tanks, flood control reservoirs, intelligent culverts, autonomous robots for pipeline inspection and clearance are examples of direct solutions for urban drainage and flood control. New models of probabilistic analysis, image processing via satellite and local sensing data enhance weather forecast and estimate the impacts of extreme events, leading to improved disaster planning, emergency response actions and the development of integrated long term solutions in urban planning

Keywords: Urban Drainage, Urban Flood, Automation, Monitoring.

Como citar:

SANTOS, Fernando; CARDELES, Vicenzo. Automação na drenagem urbana: Hoje x Futuro. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2021, Maceió. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 531-537. Disponível em: https://eventos.antac.org.br/index.php/singeurb/issue/view/14

1 INTRODUÇÃO

A urbanização desordenada resultou em inúmeros problemas de drenagem para a população mundial. Isto se deve à crescente impermeabilização do solo que causam aumentos nas vazões máximas o escoamento superficial, que representam até seis vezes a vazão pré-urbanização (Tucci et al., 1995). Esse cenário levou à criação do Plano Diretor de Drenagem Urbana, para melhor gestão das inundações nas cidades através da avaliação dos impactos nas bacias hidrográficas, buscando sua redução ou mitigação através de medidas estruturais e não-estruturais.

Como medidas estruturais, temos a elaboração de projetos de macrodrenagem e/ou microdrenagem em bacias urbanas que considerem o controle das inundações. Durante anos, essas medidas restringiram-se à obras de ampliação da capacidade condutora, com projetos de estruturas hidráulicas (Silveira, 1998). Com a criação dos primeiros Planos Diretores de Drenagem Urbana (PDDU) em Porto Alegre/RS (2002) e Curitiba/PR (2002), surgiram planos de controle das bacias hidrográficas de modo a integrar os efeitos em uma mesma região onde mais de uma bacia hidrográfica atua de modo a impedir a transferência de impactos. Até 2019 diversas cidades brasileiras já tinham desenvolvido um PDDU, como: Distrito Federal (2009); Teresina/PI (2012); Campo Grande/MS, Manaus/AM e Rio de Janeiro/RJ (2015); Salvador/BA (2016); e Goiânia/GO (2019).

Este artigo tem como objetivo mostrar conceitos de sistemas e técnicas que incorporam a automação através de softwares, equipamentos automotivos e outras ferramentas que proporcionam, se utilizadas em conjunto, resultam na completa eficácia do sistema de macrodrenagem e microdrenagem.

2 METODOLOGIA

Foi realizada revisão bibliográfica do tema, com buscas de artigos na base da Elsevier, Springer, Periódicos da Capes e Google Scholar através de palavras-chave como “stormwater management”, “rainwater management”, “urban water management”, “disaster risk management”, “urban resilience”, “drainage automation”, “flood monitoring”. Selecionamos produções que apresentam metodologias e técnicas de automação aplicada à drenagem urbana e à prevenção de riscos. Além disso, foram pesquisados na internet exemplos de aplicação direta no Brasil e no mundo dos conceitos de automação na drenagem urbana.

3 CIDADES INTELIGENTES (SMART CITIES)

Resiliência urbana é comumente relacionada como resultado direto de uma cidade inteligente (smart city) com visão de que tecnologia é fator de melhoria de serviços públicos ineficientes e de entrega de qualidade de vida, além de prover monitoramento em tempo real e tempos de resposta mais rápidos para serviços de emergência e situações de contingência.

A tecnologia que faz cidades serem inteligentes é usada para monitorar e identificar desvios das funções da cidade em relação à uma estabilidade pré-configurada, para propor e acionar soluções de forma a retomar seu estado estável. Essa visão se enquadra na concepção de Engenharia da resiliência urbana, segundo Chan e Zhang (2019), e essa visão funciona em detrimento da concepção Ecológica, criando uma situação contraditória. A tecnologia pode propor soluções que acionam tecnologias poluentes e desestabilizam os ecossistemas urbanos da cidade e contribuem para piorar as condições de resiliência urbana.

O trabalho deve ser escrito e enviado para a comissão organizadora do evento em Word 2007 ou versão superior.

4 PRÁTICAS ATUAIS DE AUTOMAÇÃO EM DRENAGEM URBANA

Para que os conceitos da Smart City, assim como as soluções para a drenagem urbana, sejam otimizadas é necessário utilizar ferramentas de automação em sinergia com o objetivo de combater inundações. Dessa maneira são apresentadas a seguir métodos atuais para drenagem urbana relacionadas a automação.

4.1 Tanques de retenção de água de chuvas (rainwater/stormwater)

O uso de tanques de água de chuvas é tão antigo quanto as civilizações humanas. Em diversas partes do mundo, em áreas rurais ou em regiões com condições climáticas naturalmente extremas, tanques nunca deixaram de ser utilizados (Campisano e Modica, 2014). Porém, a expansão das cidades, com crescentes impactos hidrológicos, e as mudanças climáticas em curso trouxeram de volta os tanques.

Na drenagem urbana a retenção reduz o escoamento superficial em áreas impermeabilizadas. Neste caso, segundo Deitch e Feirer (2019), a retenção da água de chuva tem melhor desempenho na redução do impacto hidrológico se o volume for retido na escala do lote, distribuído pela área de uma bacia hidrográfica do que concentrado, como nos piscinões.

Porém, a adoção de tecnologias descentralizadas em infraestruturas hidráulicas pela população também enfrenta barreiras diversas, como incertezas quanto ao custo-benefício, tanto para o indivíduo quanto para a sociedade, e a fragmentação de responsabilidades e regulações governamentais (Castonguay, Urich, Iftekhar et al, 2018).

4.2 Sistema de proteção contra alagamentos de Tokyo, Japão:

O sistema de drenagem de Tokyo, construído entre 1993 e 2006, é formado por um sistema de túneis e poços, conhecido como Templo ou Catedral, que captam águas de rios médios e as transpõe por um sistema de silos e bombas gigantes para a calha do Rio Edo, com maior capacidade de absorver os crescentes volumes de precipitação medidos na região, conforme Ortiz (2018).

A tecnologia desenvolvida pela empresa Toshiba é baseado no sistema SCADA, que utiliza pluviômetros do solo, pluviômetros radar, radar de matriz de fases e pluviômetro terrestre, que repassam as informações para as estações de tratamento de esgoto, prevenindo o influxo de águas pluviais, dando suporte à operação em tempo real, melhorando as medidas de controle de enchentes. As tubulações possuem medidores de vazão eletromagnéticos que a identificam em diversos pontos da tubulação, mapeando áreas mais afetadas por chuvas e que necessitam de mais intervenções. As informações coletadas atualizam os parâmetros críticos automaticamente para o sistema e reduz a praticamente zero a chance de inundações.

4.3 Sensor microcontrolado 3G para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro inteligente)

Bueiros inteligentes foram desenvolvidos para amenizar impactos da ineficácia da manutenção dos sistemas de microdrenagem. Segundo Ribeiro et al (2013), cria-se 'um sistema que prime por trabalhos

consolidados à luz de mecanismos próprios e automáticos', que seja capaz de monitorar o acúmulo dos resíduos nos sistemas de captação de águas pluviais.

O objetivo dsse sistema é realizar o controle e gestão de águas urbanas através de monitoramento com sensores ultrassônicos microcontrolados que enviam sinais via 3G, indicando a presença de resíduos nos bueiros e nas tubulações próximas, acionando equipes de limpeza. O sistema permite envio de alertas para smartphones, otimizando o serviço de manutenção do sistema de drenagem (G-Beetle, 2020). O sistema utiliza energia solar, mas funciona com bateria em dias de menor insolação. O custo de implementação, atualizado pelo IGP-M/FGV para 2020, chega a R$ 790,00 por unidade.

5 NOVOS MÉTODOS DE MONITORAMENTO DE INUNDAÇÕES URBANAS

A drenagem é uma das funções urbanas mais importantes, porém sua adaptação é difícil e cara. Sistemas de drenagem urbanos por todo o mundo enfrentam desafios para os quais não foram projetados, pois são baseados em engenharia clássica, com premissas rígidas.

Previsão e monitoramento de inundações são vistos como um problema de "big data", já que existem diversas fontes de dados para a tomada de decisão, conforme Restrepo-Estrada, de Andrade, Abe et al. (2017). Para compensar limitações e falhas da drenagem diversos sistemas de alerta para governos e populações foram desenvolvidos numa tentativa de localizar e antecipar a ocorrência de eventos climáticos extremos. Os alertas acionam um esquema de resiliência social, que envolve implantação de medidas preventivas, como fechamento estradas, acionamento de comportas e diques, prontidão de equipes e a desmobilização de populações das regiões com previsão de impactos severos.

5.1 Imagens de Satélite

Imagens de satélites são usadas para monitorar inundações há mais de 30 anos. Porém apresentam diversos empecilhos para gerar dados que supram as demandas. A maior dificuldade é a obtenção de imagens do nível do chão através da camada de nuvens, que cobrem as regiões que são afetadas por eventos climáticos extremos, e copas de árvores.

Outro aspecto importante do uso de imagens de satélite é o tempo de recorrência da coleta de dados. A maioria dos satélites repete seu ciclo a cada 6 a 16 dias, dependendo da latitude do local observado. Utilizando recursos da Constelação de satélites SAR é possível obter tempos de recorrência reduzidos, de 1 a 4 dias, mas ainda são períodos que mal atendem às demandas em relação ao levantamento de dados de inundações, segundo Zeng, Gan, Kettner et al (2019).

5.2 Observações em terra e pelas redes sociais

Com uma resolução temporal muito baixa, os dados de satélites não se mostram adequados para atender a demanda de sistemas de alerta e de resiliência urbana, especialmente se comparados com a velocidade e precisão das observações em terra, conforme Du, Chen, Yuan et al (2019).

Segundo Restrepo-Estrada, de Andrade, Abe et al. (2017), uma vantagem de monitorar inundações por redes sociais é que se obtém dados de uma grande extensão territorial, filtrando publicações geolocalizadas pela região de uma bacia hidrográfica específica, quase em tempo real. Essas informações da população,

"sensores humanos", suplementam as informações oficiais do evento climático em curso, obtidas por sensores e radares, refinando as análises da situação e melhorando o gerenciamento da resposta.

Fora do momento de uma ocorrência, as redes sociais fornecem importantes insumos para estudos sobre inundações, pois oferecem evidências espaço-temporais importantes para elucidar a dinâmica de um sistema hidrológico urbano para gerar modelagens matemáticas.

5.3 Robô para avaliação interna das tubulações

O robô modelo Light V3, desenvolvido para o SAMAE de Jaraguá do Sul/SC, pretende realizar manutenção preventiva em redes de drenagem e não após os momentos de rupturas. Acoplado em um cabo de 100 m de comprimento, tem tração nas 4 rodas, bateria com autonomia de 40 min e maleta com monitor de visualização de imagens transmitidas em tempo real. O propósito é identificar pontos de fissuras, ligações clandestinas, obstruções e outros problemas. O custo do robô foi de R$ 17.000,00, em valores de 2020, e não possui dispositivos para realizar a limpeza, mas segundo a fabricante é possível adaptar o modelo com uma hélice de lâminas.

6 CONCLUSÃO

Nesta exposição evidenciamos diversas formas de integrar sistemas de automação com a drenagem urbana com objetivo de melhorar seu desempenho em tempos normais, reduzindo riscos, e em tempos de crise, incrementando a resiliência de regiões atingidas por fenômenos climáticos extremos.

O avanço da urbanização no mundo, segundo GUIMARÃES, BATTEMARCO, OLIVEIRA et al. (2021), altera os sistemas naturais e os ciclos hidrológicos nas cidades, que, juntamente com padrões de chuva cada vez mais imprevisíveis, colocam a drenagem urbana como um dos maiores desafios sociais do século XXI, uma vez que as inundações nas grandes cidades já são o terceiro tipo de desastre mais frequente no mundo (GOYAL, GHANSHALA, SHARMA, 2021).

A infraestrutura das cidades mais densas do mundo já estão no limite de sua vida útil e em constante deterioração, conforme YANG, NG, XU, et al. (2018). Portanto, independentemente do sistema ou da robustez da infraestrutura, sociedades jamais controlarão ou eliminarão as inundações urbanas se não atuarem sistematicamente sobre suas causas raiz, como a expansão urbana descontrolada, falta de manutenção crônica das redes de macro e micro drenagem, entre outros.

A capacidade futura da drenagem urbana garantir a segurança das cidades e pessoas depende da criatividade de se aplicar em campo e integrar tecnologias avançadas que confiram flexibilidade aos sistemas “duros” para fazer frente às incertezas climatológicas.

REFERÊNCIAS

BOULOS, P. F., “Smart Water Network Modeling for Sustainable and Resilient Infrastructure”, Water Resour Manage 31:3177–3188, DOI 10.1007/s11269-017-1699-1. 201

CAMPISANO, A., MODICA, C. "Selecting time scale resolution to evaluate water saving and retention potential of rainwater harvesting tanks", Procedia Engineering, v. 70, n. 0, p. 218–227, 2014. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.02.025. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2014.02.025.

CASTONGUAY, A. C., URICH, C., IFTEKHAR, M. S., et al. "Modelling urban water management transitions: A case of rainwater harvesting", Environmental Modelling and Software, v. 105, p. 270–285, 2018. DOI: 10.1016/j.envsoft.2018.05.001. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.05.001.

CHAN, J. K. H., ZHANG, Y. "Urban resilience in the smart city", 12th Conference of the international forum on urbanism: beyond resilience, n. June, 2019.

CRUZ, M. A. S., TUCCI, C. E. T., "Otimização das Obras de Controle de Cheias em uma Bacia Urbana", RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 12 n.2 Abr/Jun 2007, 63-80. 2007.

DEITCH, M. J., FEIRER, S. T. "Cumulative impacts of residential rainwater harvesting on stormwater discharge through a peri-urban drainage network", Journal of Environmental Management, v. 243, n. April, p. 127–136, 2019. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.05.018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.018.

DHANANCHEZHIYAN, P. et al. "Design and Development of a Reconfigurable Type Autonomous Sewage Cleaning Mobile Manipulator", PROCEDIA ENGINEERING 64, p.1464 – 1473, 2013

DU, W., CHEN, N., YUAN, S., et al. "Sensor web - Enabled flood event process detection and instant service", Environmental Modelling and Software, v. 117, n. March, p. 29–42, 2019. DOI: 10.1016/j.envsoft.2019.03.004. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.03.004.

ETINAY, N., EGBU, C., MURRAY, V. "Building Urban Resilience for Disaster Risk Management and Disaster Risk Reduction", Procedia Engineering, v. 212, n. 2017, p. 575–582, 2018. DOI: 10.1016/j.proeng.2018.01.074. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.074.

"G BEETLE - Manhole Monitoring System",Genrobotic Innovations Pvt Ltd., Disponível em: https://www.genrobotics.org/manholemonitoringsystem

GOYAL, H. R., GHANSHALA, K. K., SHARMA, S. "Post flood management system based on smart IoT devices using AI approach", Materials Today: Proceedings, n. xxxx, 2021. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.947. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.947.

GUIMARÃES, L. F., BATTEMARCO, B. P., OLIVEIRA, A. K. B., et al. "A new approach to assess cascading effects of urban floods", Energy Reports, n. xxxx, 2021. DOI: 10.1016/j.egyr.2021.07.047. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.07.047.

ORTIZ, D. "The underground cathedral protecting Tokyo from floods", BBC FUTURE, November 2018. Disponível em: https://www.bbc.com/future/article/20181129-the-underground-cathedral-protecting-tokyo-from-floods

RESTREPO-ESTRADA, C., DE ANDRADE, S. C., ABE, N., et al. "Geo-social media as a proxy for hydrometeorological data for streamflow estimation and to improve flood monitoring", Computers and Geosciences, v. 111, n. October 2017, p. 148–158, 2018. DOI: 10.1016/j.cageo.2017.10.010.

RIBEIRO, S. A. et al. “Modelo conceitual de um sensor microcontrolado 3G para automação do controle de saturação de dispositivos de drenagem urbana (bueiro) aplicado a cidades inteligentes”, 5o Congresso Científico da Semana Tecnológica – IFSP 20-24 de outubro de 2014, Bragança Paulista, SP, Brasil. 2014

“Samae adquire um robô para verificar problemas na rede pluvial em Jaraguá do Sul”, Portal de notícias JDV, 27/05/2020. Disponível em: https://www.jdv.com.br/Artigos/Samae-adquire-um-robo-para-verificar-problemas-na-rede-pluvial-em-Jaragua-do-Sul

SANTOS, C., IMTEAZ, M. A., GHISI, E., et al. "The effect of climate change on domestic Rainwater Harvesting", Science of the Total Environment, v. 729, p. 138967, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.138967. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138967.

SANTOS, L. B. DOS, MAMEDE, B. B.,”Automação Em Drenagem Pluvial E Controle De Enchentes: Aproveitamento Das Águas Nos Grandes Centros Urbanos”, IX Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 9, n. 2, pp. 457-475. 2013

SENNETT, R. "The stupefying smart city", LSE Cities, n. December 2012, p. 17, 2012. Disponível em: http://lsecities.net/media/objects/articles/the-stupefying-smart-city/en-gb/.

“STORMWATER DRAINAGE”, Toshiba Infrastructure Systems & Solutions Corporation, Disponível em: https://www.toshiba.co.jp/infrastructure/en/social/water-environmental/solution-product/municipal-field/stormwater-drainage/index.htm

VAN DIJK, S., LOUNSBURY, A. W., HOEKSTRA, A. Y., et al. "Strategic design and finance of rainwater harvesting to cost-effectively meet large-scale urban water infrastructure needs", Water Research, v. 184, p. 116063, 2020. DOI: 10.1016/j.watres.2020.116063. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116063.

WANG, R. Q., MAO, H., WANG, Y., et al. "Hyper-resolution monitoring of urban flooding with social media and crowdsourcing data", Computers and Geosciences, v. 111, n. September 2017, p. 139–147, 2018. DOI: 10.1016/j.cageo.2017.11.008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.cageo.2017.11.008.

YANG, Y., NG, S. T., XU, F. J., et al. "Towards sustainable and resilient high density cities through better integration of infrastructure networks", Sustainable Cities and Society, v. 42, n. April, p. 407–422, 2018. DOI: 10.1016/j.scs.2018.07.013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.07.013.

ZENG, Z., GAN, Y., KETTNER, A. J., et al. "Towards high resolution flood monitoring: An integrated methodology using passive microwave brightness temperatures and Sentinel synthetic aperture radar imagery", Journal of Hydrology, v. 582, n. May 2019, p. 124377, 2020. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124377. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124377.CLARK, J.A. Private Communication, Universidade de Michigan, Ann Harbor, 1986.