XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

CONCEPÇÃO DA INFRAESTRUTURA SANITÁRIA URBANA BASEADA NOS SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS SANITÁRIOS

DESIGN OF URBAN SANITARY INFRASTRUCTURE BASED ON HYDRAULIC BUILDING SYSTEMS

SANTOS, Daniel Costa dos

Universidade Federal do Paraná, Centro Politécnico, Curitiba, dcsantos.dhs@ufpr.br

RESUMO

No intuito de contribuir para a universalização dos serviços de saneamento no Brasil, objetiva este trabalho discutir sobre a possibilidade de incrementar o desempenho da infraestrutura sanitária quando concebida a partir de intervenções de sustentabilidade hídrica nos sistemas prediais hidráulicos sanitários. Neste sentido, o método de investigação constou do desenvolvimento de um estudo de caso que enfocou o planejamento da infraestrutura sanitária para uma determinada área urbana de um município brasileiro. Os resultados da investigação indicaram que ao associar medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações ao planejamento da infraestrutura sanitária, indicadores de desempenho desta foram melhorados. Todavia, algumas sinergias negativas podem ocorrer, fato que pode reduzir o desempenho da infraestrutura sanitária.

Palavras-chave: Infraestrutura sanitária; sistemas prediais; sustentabilidade hídrica.

ABSTRACT

In order to contribute to the universalization of sanitation services in Brazil, the aim of this work is to discuss the possibility of increasing the performance of sanitary infrastructure when conceived from water sustainability interventions in hydraulic building systems. In this sense, the research method consisted of the development of a case study that focused on the planning of sanitary infrastructure for an urban area of a Brazilian municipality. The results of the research indicated that by associating measures of water sustainability in the buildings to the planning of the sanitary infrastructure, its performance indicators were improved. However, some negative synergies may occur, which may reduce the performance of sanitary infrastructure.

Keywords: sanitary infrastructure; building systems; water sustainability

1 INTRODUÇÃO

A busca da universalização dos serviços de infraestrutura sanitária no Brasil tem sido uma aspiração para alguns entes civis e públicos, em especial nas décadas recentes. Diante desta realidade de dificuldades de universalização destes serviços, em parte resultante de olhares desconexos entre os diversos agentes responsáveis em questão, cumpre destacar duas hipóteses para a construção de uma estratégia de abordagem que possa erigir contribuições para solucionar, ainda que parcialmente, tal problema.

A primeira hipótese é que a concepção da infraestrutura sanitária como um sistema poderia prospectar e explorar interdependências e sinergias entre os subsistemas no sentido de a mesma tenha a sua capacidade ampliada para o atendimento da população. E a segunda hipótese é que o conjunto dos sistemas prediais hidráulicos sanitários configure o ponto referencial mais estratégico para engendrar a teia de relações sistêmicas necessária.

Isto posto, objetiva este trabalho apresentar simulações matemáticas, por meio de um estudo de caso hipotético, que demonstrem o quanto o desempenho da infraestrutura sanitária pode ser alterada quando concebida sistemicamente a partir de intervenções nos sistemas prediais hidráulicos sanitários, quando comparada com a situação em que a mesma é concebida sem considerar tais intervenções.

2 FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Buscar o uso sustentável da água em seu ciclo urbano requer uma abordagem sistêmica sobre o mesmo. Várias são as variáveis envolvidas assim como inúmeras são as relações que podem se estabelecer entre as mesmas, configurando-se desta forma um cenário complexo que impõe a consideração de diversas abordagens. Uma abordagem que se destaca dentre estas é a gestão integrada das águas urbanas que, em realidade, entende o ciclo do uso da água no meio urbano como um sistema complexo, além dos enfoques "*bluegreen*"(LAWSON,2014), *"sensitive urban design"*(ROGERS, HAMMER, 2019*)*, "*resilient urban water systems*" (VAIRAVAMOORTHY, MATTHEWS, BROWN, 2019), dentre outros.

Enfim, diante desta constelação de enfoques teóricos e de decorrentes oportunidades de atuação, entende-se que os sistemas prediais hidráulicos sanitários compõem um privilegiado ponto de partida para lidar com a complexidade emergente do ciclo da água no meio urbano, pois tais sistemas conectam os sistemas de abastecimento de água aos sistemas de esgotamento e drenagem, conexões estas que alteram as características qualiquantitativas da água em seu uso, assim como constam do principal elo de interação com o usuário final (SANTOS, 2016).

3 MÉTODO

O método em questão constou do desenvolvimento de um estudo de caso com o propósito de comparar os desempenhos previstos à infraestrutura sanitária quando planejadas sem a inclusão das medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações e com a inclusão das mesmas. Para tanto, incialmente está apresentada a área urbana estudada.

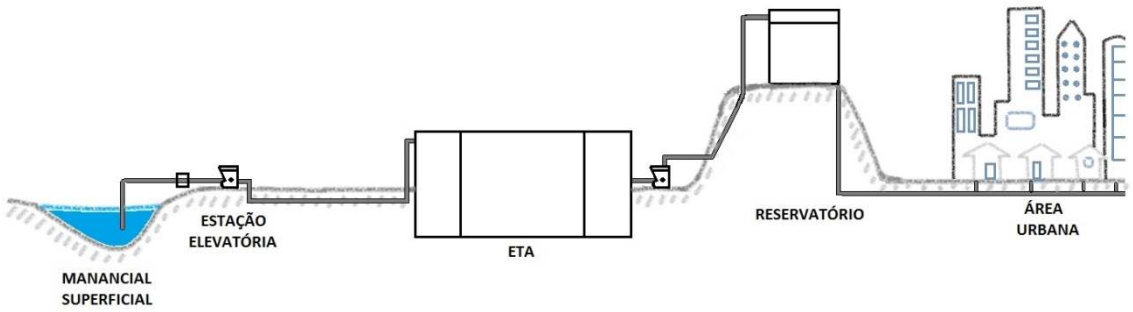
3.1 Descrição da área urbana

Este estudo de caso foi desenvolvido para uma determinada zona urbana de um município brasileiro cuja a população atual é de 4.457 habitantes, sendo que a respectiva taxa geométrica

de crescimento populacional (**λg)** tem sido na ordem de 2,0% nas últimas duas décadas. Desta forma, assumindo um alcance de projeto de 15 anos a partir de 2018, a população em 2033 é estimada em 5.999 habitantes.

Quanto à infraestrutura, a configuração do sistema de abastecimento de água (SAA) está apresentada na Figura 01, estando a estação de tratamento de água representada pela sigla ETA.

FIGURA 01: ***Concepção de um Sistema de Abastecimento de Água***



Fonte: Santos (2016)

As características deste sistema são as seguintes:

$P_{SAA/2033}$ = 5.999 habitantes; q_e = 362,57 l/hab.dia; Ird = 40,00 %; q_t = 483, 43 l/hab.dia;

K_1 = 1,2; Q_p = 50,34 l/s;

sendo,

$P_{SAA/2033}$: população a ser atendida pelo SAA em 2033;
q_e: consumo efetivo per capita diário de água;
I_{rd}: índice de perdas de água na rede de distribuição;
q_t: consumo total per capita diário em 2018, cuja a expressão é a seguinte:

$$q_t = q_e / (1 - I_{rd}) \quad (1)$$

K_1: coeficiente do dia de maior consumo;
Q_p: vazão produzida de água potável (entre a ETA e o reservatório de distribuição), dada pela seguinte expressão:

$$Q_p = (P_{SAA/2033} \cdot K_1 \cdot q_t) / 86400 \quad (2)$$

Com relação ao esgotamento sanitário deste espaço urbano, observa-se que não há um sistema de esgotamento sanitário (SES) coletivo. Não obstante, o sistema de drenagem urbano (SDU) existente apresenta uma série de problemas, causando desde alagamentos em função de obstruções nas tubulações até a poluição difusa sobre os rios.

3.2 Planejamento da infraestrutura sanitária

Conforme anteriormente explanado, para a concepção da infraestrutura sanitária para o espaço urbano em questão foi elaborado um planejamento com base no estabelecimento de metas que almejem aumentar as coberturas populacionais do SAA e SES, contribuir para a recuperação dos rios pela redução da DBO do esgoto bruto e reduzir a frequência de alagamentos pela observação da vazão máxima crítica da drenagem urbana. Os respectivos indicadores que matematicamente expressam estas metas são os seguintes:

$$\Delta P_{Mi/SAA/2033} = P_{Mi/SAA/2033} - P_{SAA/2033} \quad (3)$$

$$\Delta P_{Mi/SES/2033} = P_{Mi/SES/2033} - P_{SES/2033} \quad (4)$$

$$DBO_e = C_{DBOe} / Q_e \quad (5)$$

$$Q_c = C \,.\, I \,.\, A_d \quad (6)$$

sendo,
$\Delta P_{Mi/SAA/2033}$: acréscimo populacional atendido pelo SAA em 2033 dado pela medida i;
$\Delta P_{Mi/SES/2033}$: acréscimo populacional atendido pelo SES em 2033 dado pela medida i;
$P_{Mi/SAA/2033}$: população atendida pelo SAA em 2033 dado pela medida i;
$P_{Mi/SES/2033}$: população atendida pelo SES em 2033 dado pela medida i;
DBO_e: demanda bioquímica de oxigênio do esgoto bruto;
C_{DBOe}: carga de DBO_e;
Q_e: vazão de esgoto bruto;
A_d: área de drenagem da zona urbana;
I: precipitação pluviométrica intensa (duração de 05 minutos e período de retorno de 05 anos);
C: coeficiente de escoamento superficial;
Q_c: vazão crítica de drenagem que estabelece a capacidade máxima do emissário que evita alagamentos;

Observar que a C_{DBOe} é dada pela seguinte expressão:

$$C_{DBOe} = C_{DBOu} \,.\, P_{SES/2033}, \quad (7)$$

sendo,
C_{DBOu}: carga de DBO unitária por habitante por dia;

Desta forma, para alcançar a meta em 2033, o planejamento sistêmico seguiu duas abordagens. Na primeira, o planejamento da infraestrutura sanitária não foi sistêmico uma vez que desconsiderou possíveis medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações. Na segunda, em caminho oposto, tal planejamento foi sistêmico pois incluiu a previsão de algumas medidas sustentáveis nas edificações no decorrer do período do alcance.

1ª Planejamento não sistêmico da infraestrutura sanitária

Para este cenário concebeu-se as seguintes medidas:

Medida 01: Redução do Ird para 25,00 %;

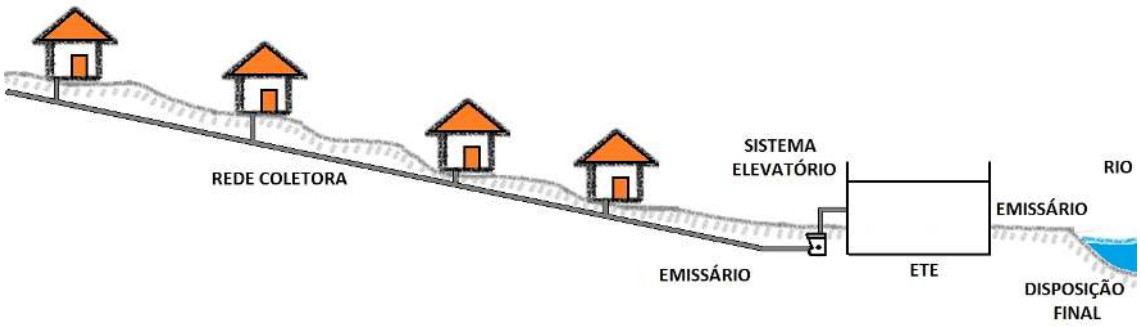
Medida 02: Implantação de um SES centralizado composto por rede coletora pública, estação de tratamento de esgoto (ETE) e disposição final devidamente outorgada, em corpo hídrico, conforme Figura 02. As variáveis de projeto são:

q_c = 336,86 l/hab.dia; CR = 93 %; Q_e = 23,39 l/s;

sendo,
q_c: contribuição per capita diária de esgoto sanitário;
CR: coeficiente de retorno, o qual é a razão entre q_c e q_e;
Q_e: vazão de esgoto bruto gerado pela população ao final do alcance, expressa pela equação,

$$Q_e = (P_{2033} \cdot q_c) / 86400 \quad (8)$$

FIGURA 02: Perfil de uma rede coletora de esgoto



Fonte: Santos (2016)

Medida 03: Atualização do SDU convencional existente pela adequação das sarjetas, das bocas de lobo e das galerias, e pela implantação de 01 emissário, este dimensionado a partir da vazão crítica de drenagem. As variáveis de projeto, além da capacidade máxima para o emissário estimada pela Equação de Manning, são as seguintes:

A_d = 40,24 ha; I = 120,00 mm/h ; C = 62,65 %; η = 0,013; Q_c = 8,40 m^3/s;

D = 1500 mm; y/D = 95,00 %;

sendo,
η : coeficiente de Manning para tubulações em concreto;
D: diâmetro do emissário;
y/D: razão entre a lâmina crítica de escoamento (y que correspondente à Qc) e o D.

2ª Planejamento sistêmico da infraestrutura sanitária

Concernente ao planejamento da infraestrutura sanitária que considere as medidas de sustentabilidade hídrica nas edificações admitiu-se que estas são predominantemente residenciais unifamiliares. Os sistemas prediais hidráulicos sanitários foram projetados e executados atendendo as normas vigentes. Portanto, atendendo as mesmas condicionantes já apresentadas para as medidas 1, 2, e 3, para 2033 foram elencadas as seguintes medidas no âmbito das edificações:

Medida 4: Sensibilização do público no sentido de procurar reduzir o q_e para 335,14 l/hab. dia ao longo do alcance do projeto;

Medida 5: Coletar e tratar a água cinza oriunda da máquina de lavar roupa para utilizá-la na lavagem de pisos. Por esta espera-se reduzir o q_e para 354,00 l/hab.dia;

Medida 6: Uso de água da chuva para a irrigação no intuito de reduzir o q_e para 345,43 l/hab.dia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das estimativas das variáveis de projeto presentes nas equações anteriores estão apresentados no Quadro 01 para as medidas simuladas.

QUADRO 01: Estimativas das variáveis de projeto

Medidas	Variáveis				
	qe	Ird	qt	qc	CR
M1	362,57	25	483,43	336,86	93
M2	362,57	40	604,29	336,86	93
M3	362,57	40	604,29	336,86	93
M4	335,14	40	558,87	315,86	94
M5	354,00	40	590,00	328,29	93
M6	345,43	40	575,71	319,71	93

Com os resultados do Quadro 01 foi possível estimar os indicadores para as medidas tanto isoladas quanto agrupadas, conforme Quadro 02.

QUADRO 2: Resultados dos indicadores para as medidas

	Medidas	Indicadores			
		$\Delta P_{Mi/SAA/2033}$ (habitantes)	$\Delta P_{Mi/SES/2033}$ (habitantes)	DBO (mg/l)	y/D (adimensional).
Planejamento não sistêmico	M1	1500	-	-	-
	M2	-	5999	261,45	-
	M3	-	-	-	1,0
Planejamento sistêmico	M1+M4	2113	-	-	-
	M1+M5	1671	-	-	-
	M1+M6	1872	-	-	-
	M2+M4	-	6397	261,21	-
	M2+M5	-	6155	263,47	-
	M2+M6	-	6320	275,46	-
	M3+M4	-	-	-	-
	M3+M5	-	-	-	-
	M3+M6		-	-	0,69

- sem dependência entre a medida e o indicador

Conforme o Quadro 02, observa-se que os incrementos populacionais são maiores quando as medidas M1 e M2 são concebidas em associação com as medidas M4, M5 e M6. A DBO_e, por sua vez, praticamente não varia quando à concepção da M2 são incluídas as medidas M4, M5 e M6. No entanto, quando a M3 é associada à utilização da água da chuva nas edificações (M6) obtém-se significativa redução da relação y/D, decorrência esta imporantíssima no sentido de manter o emissário de 1500 mm sob reduzido risco de alagamento.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a inclusão da sensibilização do usuário, o uso de água cinza e o aproveitamento de água da chuva no planejamento dos SAA e SES redundou, simultaneamente, no aumento da capacidade destes em termo de número de pessoas atendidas. Outro ponto é que, dependendo do tipo de água cinza utilizada, a DBO_e pode aumentar, condição esta que poderia incrementar a eficiência do sistema de tratamento de esgoto proposto, o qual anaeróbio. No entanto, devem ser avaliadas as reduções de vazões de esgoto oriundas das edificações em função das vazões mínimas necessárias para garantir a autolimpeza dos coletores das redes de esgotamento. Já o uso da água da chuva pode contribuir para reduzir os diâmetros dos emissários. No entanto, há de se atentar ao fato que quando a mesma é usada para a descarga das bacias sanitárias, o fluxo hidrológico local pode ser alterado.

REFERÊNCIAS

LAWSON, E. et al.; Delivering and evaluating the multiple flood risk benefits in blue-green cities: An interdisciplinary approach. **Flood recovery, innovation and response**, 2014; v. 184; 113–124.

ROGERS, B., HAMMER, K., Realising the vision of a water sensitive city. **The Source**, 2019; 24-27.

SANTOS, D.C.; Saneamento para Gestão Integrada das Águas Urbanas. Elsevier, Rio de Janeiro, 2016.

VAIRAVAMOORTHY,K.; MATTHEWS,N.;BROWN,P.; Building resilient urban water systems for an uncertain future. **The Source**, 2019; 20-23.