

II-286 - ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE SISTEMA COMBINADO ALTERNATIVO PARA CONTRIBUIR COM A UNIVERSALIZAÇÃO DO SANEAMENTO EM PEQUENAS COMUNIDADES

Taiane Regina Hoepers⁽¹⁾

Engenheira Civil pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA/UFPR).

Marllon Boamorte Lobato⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Mestre em Construção Civil pela Universidade Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA/UFPR).

Daniel Costa dos Santos⁽¹⁾

Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Santa Maria. Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Doutor em Construção Civil e Estruturação Urbana pela Universidade de São Paulo. Doutor em Saneamento Ambiental no Institute for Water Education, UNESCO IHE, Holanda. Professor associado da Universidade Federal do Paraná.

Endereço⁽¹⁾: Universidade Federal do Paraná – Caixa Postal 19011 – Jardim das Américas – Curitiba – PR – CEP: 81531-990 – Brasil – Tel: (41) 3361-3210 – e-mails: taihoepers@ufpr.br, boamorte@ufpr.br e dcsantos.dhs@ufpr.br

RESUMO

A situação do saneamento ambiental no Brasil, mais especificamente com relação aos sistemas de esgotamento sanitário e sistemas de drenagem urbana, está longe do ideal, gerando problemas de saúde pública e diminuição da qualidade de vida da população. Isto posto, foram analisadas a aplicação de sistemas combinados alternativos quanto aos critérios de dimensionamento das redes combinadas, quanto ao impacto da utilização de dispositivos de drenagem urbana sustentável (microrreservatórios de retenção e *wetlands* construídos de superfície livre), quanto a possibilidade de aproveitamento das redes existentes e quanto as cargas de poluentes lançadas no meio ambiente, de forma a contribuir com a universalização do saneamento em pequenas comunidades. Essa análise foi feita através do dimensionamento de duas diferentes concepções de sistema combinado alternativo com tratamento de esgoto nos lotes, através de tanque séptico + filtro anaeróbio + *wetland* construído, onde a primeira delas (Concepção A1) não faz a utilização dos dispositivos de drenagem urbana sustentável e a segunda delas (Concepção A2) utiliza microrreservatórios de retenção em alguns dos lotes e *wetlands* construídos de superfície livre no final das redes combinadas. A Concepção A2 mostrou-se mais viável do ponto de vista ambiental, visto que nessa concepção há tratamento das águas combinadas e, portanto, uma menor carga de poluentes é lançada no corpo receptor, bem como do ponto de vista técnico, uma vez que os diâmetros das redes combinadas são menores que na Concepção A1, devido à amortização da vazão de pico promovida pelos microrreservatórios de retenção nela utilizados. Também concluiu-se que é possível utilizar redes de drenagem existentes para o lançamento de esgoto tratado nos lotes.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Combinado Alternativo, Tratamento nos Lotes, Drenagem Urbana Sustentável.

INTRODUÇÃO

A situação do saneamento ambiental no Brasil, mais especificamente com relação aos sistemas de esgotamento sanitário e sistemas de drenagem urbana, está longe do ideal. Apenas 50,3% dos municípios brasileiros possuem redes de esgotamento sanitário, sendo tratado 74% do esgoto coletado, o que representa 42,7% de todo esgoto gerado no país (SNSA, 2017). Já os sistemas de drenagem urbana possuem uma cobertura maior, porém são ineficientes (BARROS et al., 2014).

Uma vez que a falta de investimento no setor de saneamento e a inadequação das novas implantações de intervenção no mesmo gera problemas de saúde pública e diminuição da qualidade de vida (DIAS et al.,

2013), torna-se necessário o estudo de alternativas para a implantação de sistemas de saneamento que visem modificar essa realidade.

O enfoque deste trabalho está na análise de um sistema combinado de esgotamento sanitário e drenagem urbana como alternativa aos sistemas separadores absolutos utilizados no país. Sendo estes alternativos também aos sistemas combinados convencionais utilizados na Europa e América do Norte, pois propõe-se que o esgoto só seja lançado nas redes de drenagem urbana após receber tratamento, como estabelecido pela NBR 13969 (ABNT, 1997). Haja vista que as redes coletoras consomem grande parte do orçamento dos sistemas de saneamento, a utilização de sistemas combinados pode facilitar a universalização do saneamento em pequenos municípios, uma vez que esses geralmente possuem uma maior dificuldade de investimento nesse setor.

Isto posto, objetivou-se analisar a aplicação de sistemas combinados alternativos à luz das investigações relacionadas ao dimensionamento da rede coletora combinada com e sem a utilização de dispositivos de drenagem urbana sustentável, a possibilidade de aproveitamento de redes coletoras existentes e à redução de cargas de poluentes geradas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Através do estudo realizado por Hoepers et al. (2018) para uma área do município de Nobres no estado do Mato Grosso (Figura 1), pode-se verificar que a implantação do sistema combinado alternativo - SCA, com o tratamento de esgoto sendo realizado nos lotes, seria vantajosa do ponto de vista financeiro em comparação com um sistema separador absoluto, sendo esse com tratamento de esgoto realizado em uma estação de tratamento de esgotos centralizada.

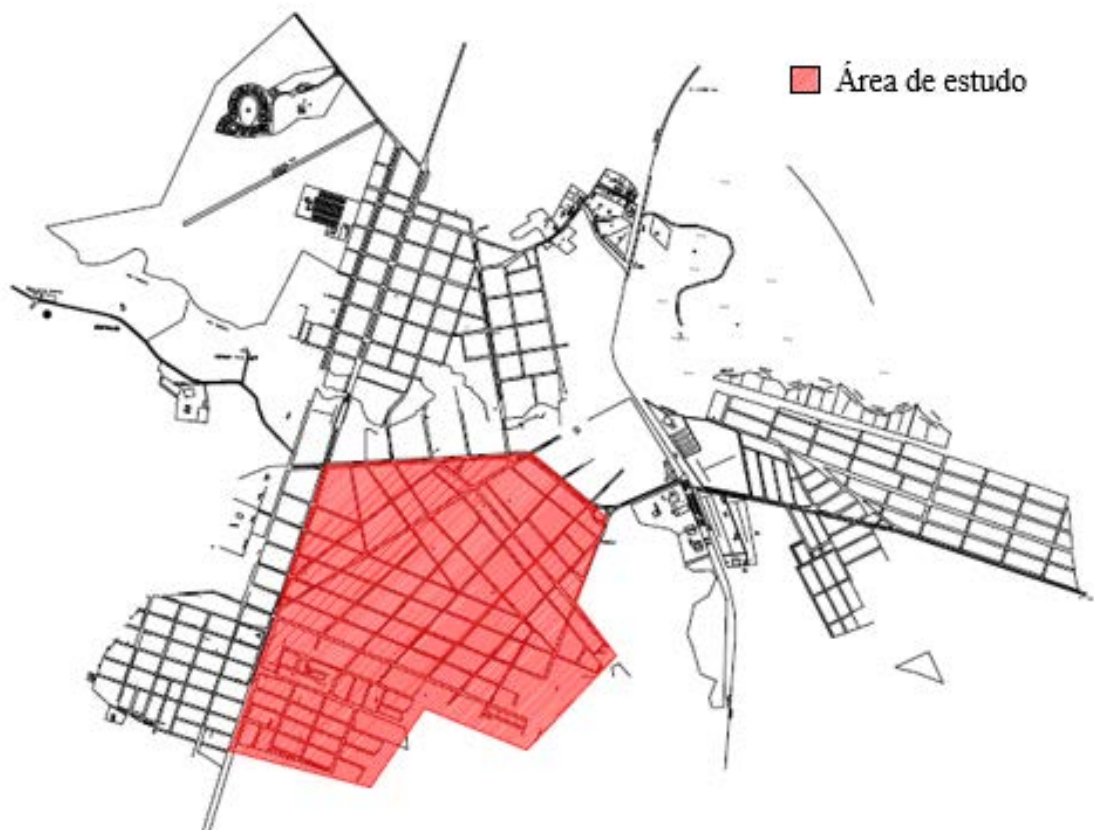


Figura 1 - Planta baixa da sede urbana do município de Nobres com a demarcação da área em que foi realizado o estudo. Fonte: Hoepers et al. (2018).

Desta forma, foi utilizada a mesma área de estudo apresentada na Figura 1 para fazer uma análise comparativa entre duas concepções de sistemas combinados alternativos, como exposto a seguir.

Primeiramente foi calculada a vazão de esgoto de final de plano através da equação (1), considerando-se um horizonte de projeto de 20 anos.

$$Q_{\text{esg}} = [(K_1 \cdot K_2 \cdot C \cdot P \cdot q) / 86400] + Q_{\text{inf}} \quad (1)$$

Onde: Q_{esg} : vazão de esgoto (l/s); C : coeficiente de retorno de esgoto (considerado igual a 0,8); P : população inicial (hab); q : consumo de água per capita (l/hab.dia); K_1 : coeficiente de dia de maior consumo (adotado igual a 1,2); K_2 : coeficiente de hora de maior consumo (adotado igual a 1,5); Q_{inf} : vazão de infiltração (l/s).

Na sequência foram dimensionadas duas redes combinadas alternativas, procedimento esse que diferiu daquele apresentado por Hoepers et al. (2018). A diferença entre as duas redes combinadas alternativas dimensionadas deu-se na adoção de dispositivos de drenagem urbana sustentável pela chamada Concepção A2, enquanto que na chamada Concepção A1 os mesmos não foram adotados. A Figura 2 contém o lançamento das redes do sistema combinado alternativo do estudo de Hoepers et al. (2018). Cabe salientar que foi decidido manter o mesmo traçado para as redes das duas concepções desse trabalho, visando facilitar a comparação entre as mesmas.

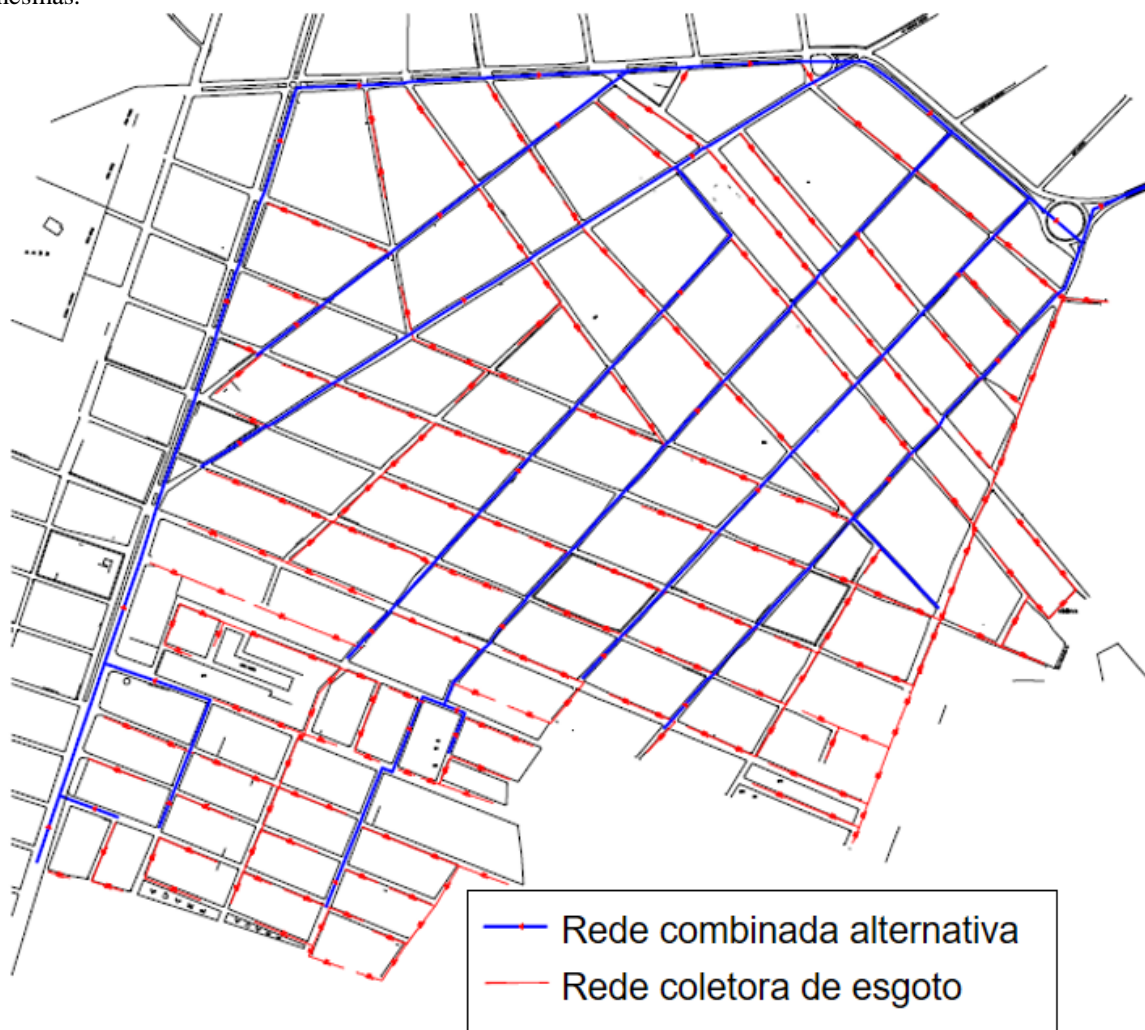


Figura 2 - Planta baixa da rede combinada e coletora de esgoto do SCA para a área em estudo. Fonte: Hoepers et al. (2018).

O dimensionamento das redes combinadas se deu de forma semelhante ao dimensionamento de sistemas de drenagem urbana. A diferença está apenas na determinação da vazão de escoamento pelas redes, pois nas redes combinadas escoam águas pluviais conjuntamente com esgoto tratado. A determinação das vazões de águas pluviais foi feita através do Método Racional, cuja intensidade pluviométrica foi calculada através da equação (2) de Oliveira et al. (2011). Já o dimensionamento das redes é feito através da equação de Manning-Strickler.

$$i = (957,1419 \cdot T^{0,1975}) / [(t + 0,7854)^{0,7242}] \quad (2)$$

Onde: i : intensidade pluviométrica (mm/h); T : período de retorno (anos); t : tempo de duração da chuva (min).

Já com relação aos dispositivos de drenagem urbana sustentável, foram adotados os *wetlands* construídos de superfície livre no final das redes combinadas da Conceção A2, para a remoção de poluentes presentes nas águas pluviais que escoam superficialmente combinadas com o esgoto sanitário tratado, bem como os microrreservatórios de retenção visando amortecer as vazões de águas pluviais a serem escoadas pelas redes combinadas. Esses microrreservatórios foram locados em 229 lotes da área em estudo, representando 14,4% do total de lotes presentes na área, sendo de 2 a 3 lotes por trecho da rede combinada. Tais microrreservatórios armazenam as águas pluviais providas do escoamento sobre o telhado das edificações para, posteriormente, lança-las nas redes combinadas.

Para quantificar o amortecimento de vazão de águas pluviais pelos microrreservatórios foi, primeiramente, determinado que o tempo de retenção das águas pluviais nos mesmos fossem sempre maiores que o tempo de duração das chuvas. Adicionalmente, foi adotado um volume fixo igual a 1,0m³ para todos os microrreservatórios. Dessa forma, através da equação (3), foi possível determinar as vazões já reduzidas em cada trecho da rede.

$$Q_R = Q_{AP} - [60 \cdot (V_R / td)] \quad (3)$$

Onde: Q_R : vazão reduzida de águas pluviais (m³/s); Q_{AP} : vazão de águas pluviais obtida através do método racional (m³/s); V_R : volume do microrreservatório (m³); td : tempo de retenção no microrreservatório (min).

Com relação às características hidráulicas, como já mencionado, as redes combinadas de águas pluviais e esgoto tratado foram dimensionadas admitindo-se os critérios de dimensionamento de redes de drenagem urbana. Porém, cumpre destacar que também foram calculadas as tensões trativas do escoamento ao longo da rede.

Adicionalmente a isso também foi avaliada a capacidade hidráulica da rede de drenagem urbana existente para receber o esgoto tratado provindo dos lotes. Essa avaliação foi baseada na rede dimensionada pelo projeto mais recente de sistema de drenagem urbana cedido pela prefeitura municipal de Nobres para esse estudo, cuja locação das ruas que foram contempladas com drenagem superficial (meio-fio e sarjeta) e/ou profunda (galerias de águas pluviais) dentro da área de estudo está apresentada na Figura 3. O diâmetro das tubulações dessas redes varia de 400mm, no início da rede, a duas tubulações de 1000mm no trecho final da rede.

Finalmente foram calculadas as cargas de poluentes a serem lançadas no ambiente utilizando a caracterização típica do esgoto sanitário bruto segundo Von Sperling (2017) e levando-se em conta as eficiências médias de remoção pelo sistema de tratamento de esgoto nos lotes adotado. A Figura 4 ilustra a configuração do tratamento de esgoto nos lotes e a Tabela 1 traz as eficiências médias de remoção de poluentes por esses sistemas de tratamento de esgoto, bem como pelos *wetlands* construídos de superfície livre, adotados para o final das redes combinadas da Conceção A2. Para a caracterização das águas de escoamento superficial foi utilizada a equação (4) (AKAN E HOUGHTALEN, 2003).

$$M_S = \alpha \cdot P \cdot f \cdot s \quad (4)$$

Onde: M_S : carga de poluentes carreados (lb/acre.ano); α : fator de carga de cada parâmetro dos poluentes (lb/pol); P : precipitação anual (pol/ano); f : função de densidade populacional (1/acre); s : coeficiente de escoamento superficial (adimensional).

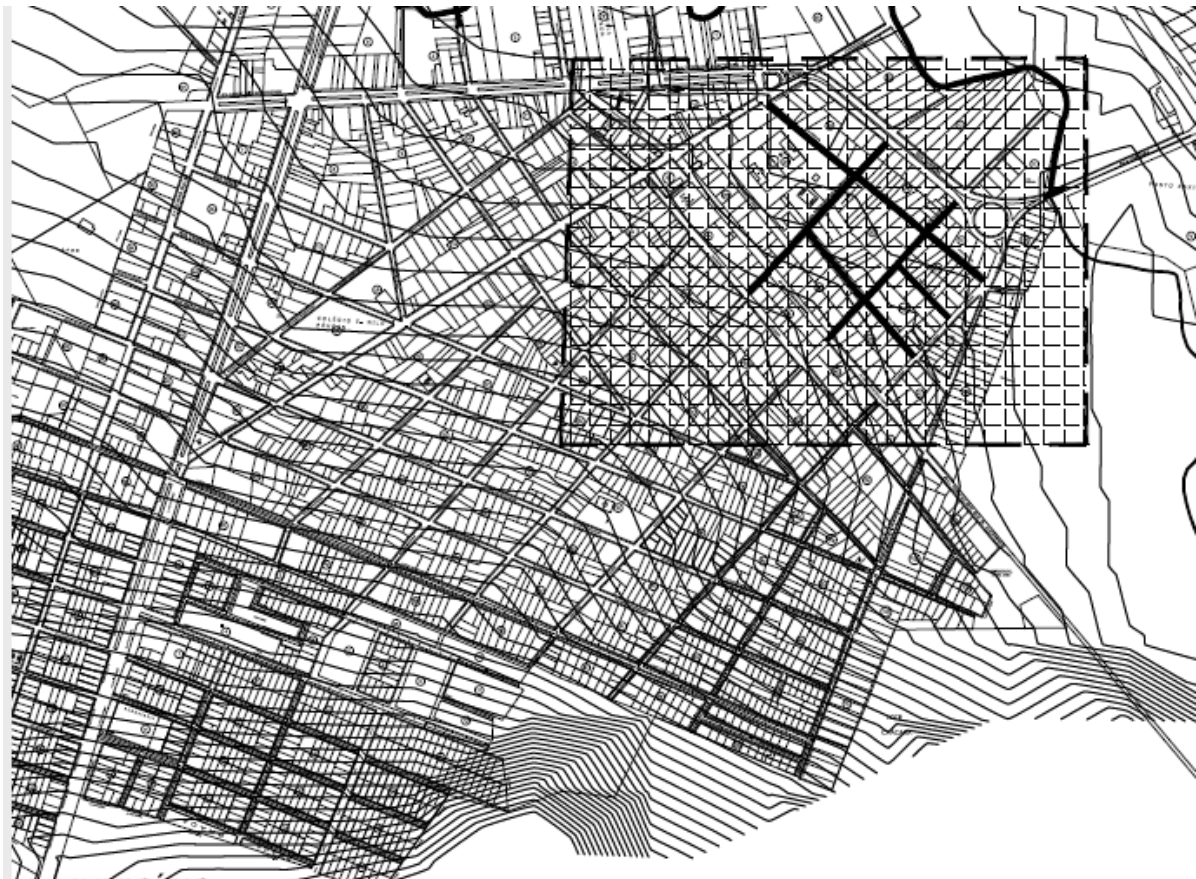


Figura 3 - Localização das ruas com sistema de drenagem urbana instalado dentro da área de estudo.
Fonte: Prefeitura Municipal de Nobres.

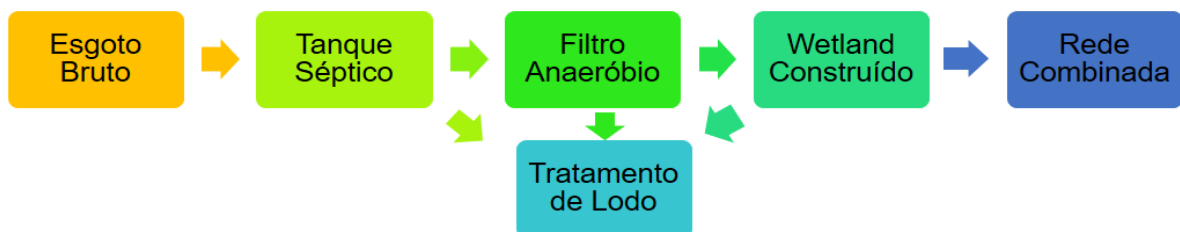


Figura 4 - Fluxograma do tratamento de esgoto no lote. Fonte: Hoepers et al. (2018).

Tabela 1 - Eficiências médias de remoção de poluentes pelos sistemas de tratamento adotados. Fonte: Adaptado de Von Sperling (2017) e Dotro (2017).

Sistema	Eficiência média de remoção (%)						
	DBO5 (%)	DQO (%)	SS (%)	Amônia (%)	N total (%)	P total (%)	Colif. (unid. Log)
Tanque séptico + filtro anaeróbio	80-85	70-80	80-90	<45	<60	<35	1-2
Wetland construído	80-90	75-85	87-93	< 50	< 60	< 35	3-4
Wetlands construídos de superfície livre	>80		>80		30-50	10-20	1

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O dimensionamento da Concepção A1, cuja ilustração esquemática está apresentada na Figura 5, resultou em três redes combinadas alternativas compostas por 110 trechos e 19022,1m de extensão, somando-se as três redes, com diâmetros variando de 400 a 2600mm.

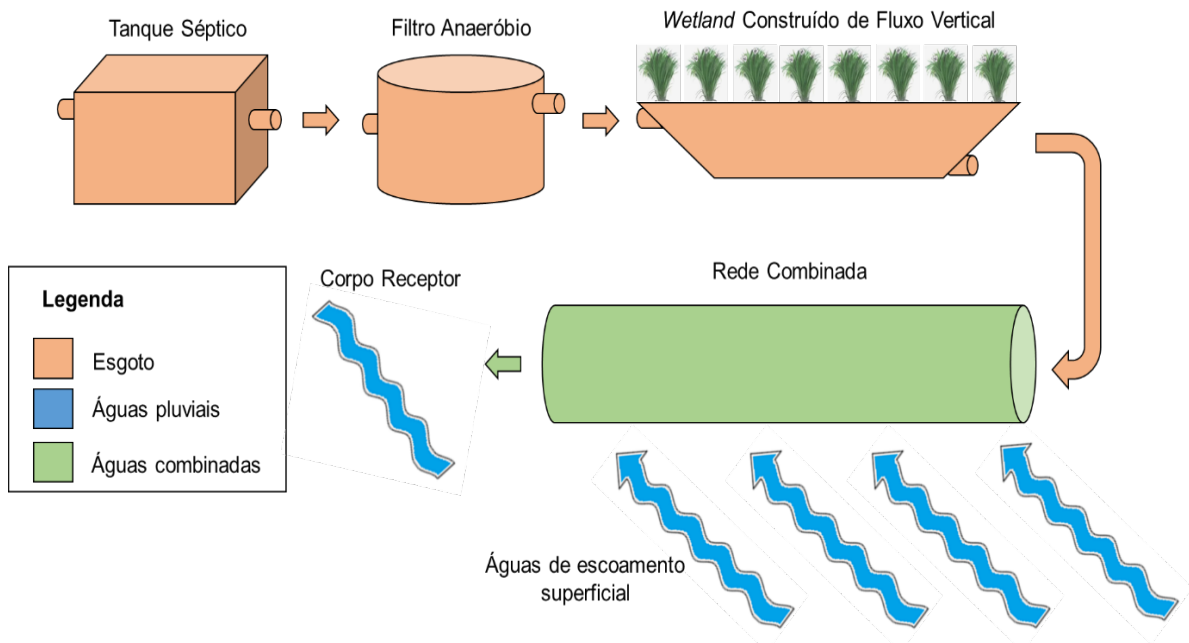


Figura 5 - Ilustração esquemática da Concepção A1.

Já com relação ao dimensionamento da Concepção A2, cuja ilustração esquemática está apresentada na Figura 6, este também resultou em três redes combinadas alternativas compostas por 110 trechos e 19022,1m de extensão, somando-se as três redes, porém com diâmetros variando de 400 a 2200mm.

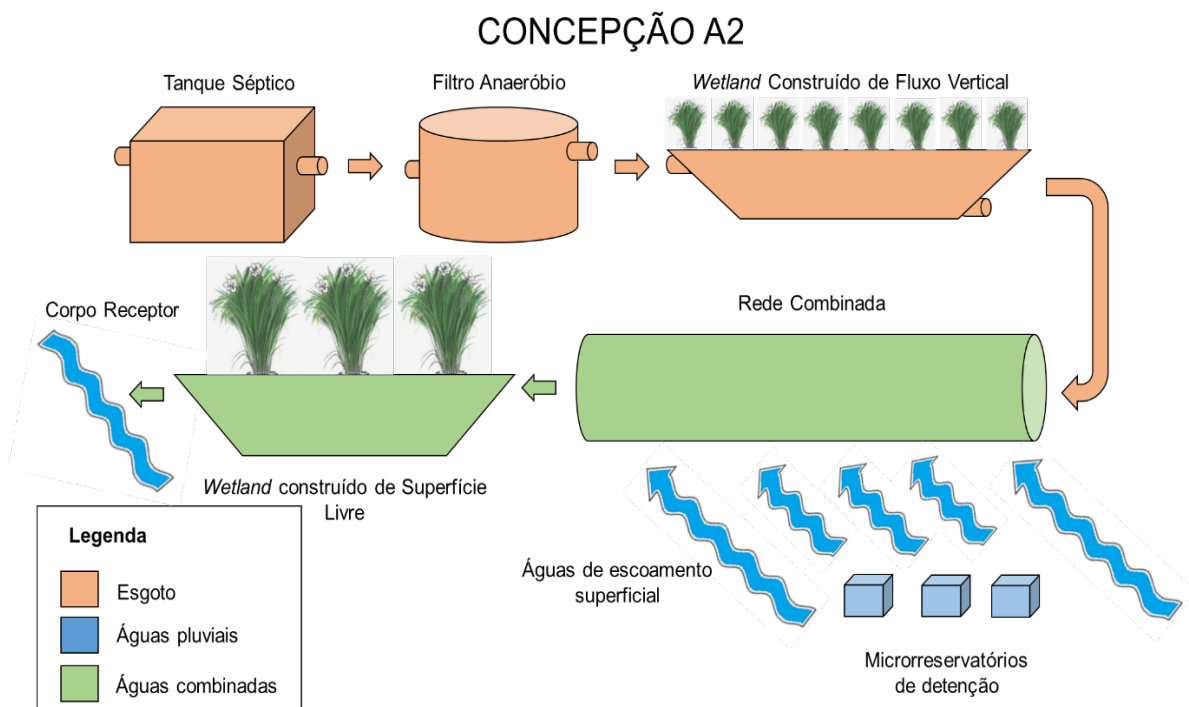


Figura 6 - Ilustração esquemática da Concepção A2.

A Tabela 2 apresenta o comprimento das três redes combinadas alternativas das duas distintas concepções separados por diâmetro da tubulação. Ao analisar a Tabela 2, pode-se notar o impacto significativo que a adoção dos microrreservatórios de detenção em 14,4% dos lotes da área em estudo causaram nos diâmetros da rede, uma vez que esses microrreservatórios promoveram uma amortização da vazão de águas pluviais, diminuindo assim a vazão de pico a ser transportada pelas redes combinadas alternativas e, conseqüentemente, os diâmetros necessários para fazê-lo.

Tabela 2 - Extensão das redes combinadas alternativas das concepções A1 e A2 por diâmetro de tubulação.

Redes combinadas alternativas							
Concepção A1				Concepção A2			
D (mm)	Comp. (m)	D (mm)	Comp. (m)	D (mm)	Comp. (m)	D (mm)	Comp. (m)
400	701,8	1500	268,1	400	1117,5	1600	281,6
500	592,7	1600	240,1	500	835,5	1700	221,7
600	352	1700	108,7	600	349,6	1800	182,8
700	581,8	1800	134,7	700	1071,2	1900	695,9
800	1172,4	1900	489,1	800	786,9	2000	376
900	581,1	2000	868,2	900	128	2100	846,9
1000	342,6	2100	450	1000	1776,9	2200	356,5
1100	888,9	2200	202,9	1100	451,1		
1200	752,4	2300	774,8	1200	768,6		
1300	773,2	2400	175,5	1300	263,1		
1400	381	2600	90,1	1500	412,3		
Total		10922,1		Total		10922,1	

No que diz respeito às tensões trativas do escoamento pelas redes combinadas alternativas, 19 trechos de rede na Concepção A1 e 23 trechos de rede na Concepção A2 apresentaram escoamentos com tensões trativas inferiores à 1,0Pa (valor definido como mínimo para tubulações de concreto pela NBR9649/86). Porém, cabe observar que o esgoto a ser transportado pelas redes combinadas alternativas já se encontra tratado, possuindo uma concentração menor de sólidos que a presente em esgotos brutos, fazendo com que a autolimpeza da tubulação possa ser realizada por um escoamento com tensões trativas menores que a estabelecida por norma para esgoto bruto.

Com relação ao quesito ambiental, a Figura 7 apresenta as cargas de poluentes presentes nos efluentes finais dos dois sistemas concebidos. Pode-se notar que a Concepção A2 apresentou uma melhor eficiência na remoção de poluentes das águas combinadas, uma vez que essa concepção faz uso dos *wetlands* construídos de superfície livre para tratamento terciário das águas combinadas. Já a Concepção A1 não utiliza nenhum tipo de tratamento para as águas de escoamento superficial, águas essas que podem possuir altas concentrações de poluentes em sua caracterização a depender do uso do solo na região por onde escoam.

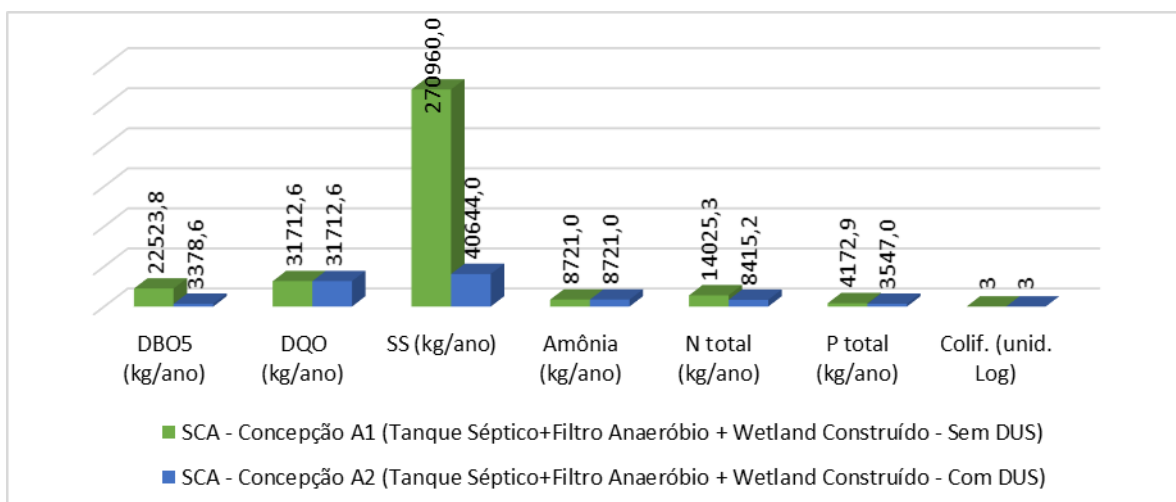


Figura 7 – Cargas de poluentes presentes nos efluentes finais dos sistemas concebidos.

Por fim, no que concerne à utilização da rede de drenagem existente na área de estudo para transporte de esgoto tratado, foi constatado que a mesma tem capacidade para receber e fazer o transporte do esgoto tratado provindo dos lotes integrantes das quadras onde a rede passa, visto que a vazão de esgoto tratado é ínfima comparando-se com a vazão de águas pluviais por ela transportada. Contudo, uma vez que a rede existente está posicionada nas cotas mais baixas da área de estudo e corresponde ao final da terceira rede combinada das concepções A1 e A2 cuja área de bacia de contribuição é maior, sua utilização como parte do sistema implica na modificação do lançamento das redes combinadas das concepções A1 e A2, de forma a considerar a rede existente como uma rede combinada isolada das demais.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a adoção de dispositivos de drenagem urbana sustentável, como os microrreservatórios de retenção nos lotes e *wetlands* construídos de superfície livre como tratamento terciário para as águas combinadas, tem um impacto significativo tanto no dimensionamento das redes como na redução das cargas de poluentes a serem lançados no corpo receptor.

Também quanto às características hidráulicas das redes combinadas alternativas, foi averiguado que são necessários mais estudos para definir quais critérios são mais apropriados para garantir a autolimpeza de redes que transportam esgoto tratado conjuntamente com água de escoamento superficial.

No que diz respeito aos sistemas de drenagem urbana existentes, entende-se que é importante fazer um levantamento dos mesmos antes de serem feitos os estudos de concepção para o local do qual fazem parte, de forma que possam ser aproveitados. Utilizar-se de sistemas existentes diminui os custos de implantação dos sistemas de saneamento, contribuindo assim para sua universalização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKAN, A. O.; HOUGHTALEN, R. J. **Urban hydrology, hydraulics, and stormwater quality: engineering application and computer modeling**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2003.
2. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 13969 - Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação**. Rio de Janeiro, ABNT, 1997.
3. Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. **NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, ABNT, 1986.
4. BARROS, T.R., MANCINI, S.D., FERRAZ, J.L. Composition and quantification of the anthropogenic and natural fractions of wastes collected from the stormwater drainage system for discussions about the waste management and people behavior. **Environment Development and Sustainability (Environ Dev Sustain)**. v.16, n.2, p. 415–42. 2014.



5. DIAS, S.M.F., CAMPOS, A.C.A., PEREIRA, C.M.S.S., VAZ, L.M.S., CAVALCANTE, H. Participação e mobilização social: metodologia em ações educativas para o saneamento ambiental para pequenos municípios. **7º Caderno de pesquisa em engenharia de saúde pública**. Fundação nacional da saúde (Brasil). 244p. Brasília: FUNASA, 2013.
6. DOTRO, G.; LANGERGRABER, G.; MOLLE, P.; NIVALA, J.; PUIGAGUT, J. STEIN, O. VON SPERLING, M. **Biological Wastewater Treatment Series. Vol. 7: Treatment wetlands**. London: IWA Publishing, 2017.
7. HOEPERS, T.R., LOBATO, M.B., SANTOS, D.C. Esgotamento e drenagem para pequenos municípios: análise comparativa entre o sistema separador absoluto e o sistema combinado alternativo. In: **Congresso da Água, 14.**, 2018. Évora, Portugal. *Anais...* 2018. 10 p.
8. OLIVEIRA, L. F. C. de. VIOLA, M. R. PEREIRA, S. MORAIS, N. R. Modelos de predição de chuvas intensas para o estado do Mato Grosso, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**. v. 6, n. 3, p. 274-290. 2011.
9. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (Brasil). **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015**. Ministério das Cidades. Brasília: SNSA, 2017. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015> Acesso em: 20 de abril de 2018
10. VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4ª ed., Belo Horizonte: Editora UFMG, 2017.