

1502- ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA PELO APORTE IRREGULAR DE ESGOTO: ESTUDO DE CASO, BACIA DO CANAL DO MANGUE (RIO DE JANEIRO, RJ).

Gustavo Santiago Florencio⁽¹⁾

Engenheiro Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET/RJ). Técnico em Química formado pela Escola Técnica de São Paulo. Analista Ambiental da Águas do Rio.

Caroline Lopes Santos⁽²⁾

Engenheira de Recursos Hídricos e de Meio Ambiente pela Escola de Engenharia da Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos pela COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Gerente de Meio Ambiente da Águas do Rio.

Gabriel de Pinna Mendez⁽³⁾

Engenheiro de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre e Doutor em Engenharia Civil com ênfase em Recursos Hídricos pela COPPE da Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

Endereço⁽¹⁾: Rua Sorocaba, 243 - Botafogo – Rio de Janeiro - RJ - CEP: 22271-110 - Brasil - Tel: (21) 97495-1455 e-mail: gustavosf0406@gmail.com

RESUMO

O desenvolvimento e a urbanização acelerada das cidades, atrelados ao planejamento urbano ineficiente resultam em deficiências nos serviços de saneamento, sendo o aporte inadequado de esgotos sanitários uma das principais causas de poluição de corpos d'água. A Bacia do Canal do Mangue inserida na Região Hidrográfica V do município do Rio de Janeiro, possui sua rede hidrográfica em um nível avançado de degradação por estar situada em uma região metropolitana densamente povoada com baixos níveis de tratamento de efluentes. Nesse contexto, o presente trabalho tem por objetivo identificar e caracterizar o processo de degradação da Bacia do Canal do Mangue, através da identificação e análise das principais áreas que contribuem com o aporte irregular de esgoto ao longo da área de drenagem, propondo soluções alternativas que atenuem a problemática. Para que os objetivos do trabalho fossem atingidos, dividiu-se o trabalho em três principais eixos, sendo eles: o diagnóstico do status do esgotamento sanitário, utilizando dados da concessionária que presta serviços de saneamento na região. O diagnóstico da carga orgânica gerada sem tratamento na Bacia do Canal do Mangue - BCM, com base nos valores definidos pela DZ-215.R-4 (INEA) e o diagnóstico das condições de qualidade da água dos corpos hídricos da BCM, a partir de análises dos parâmetros Oxigênio Dissolvido – OD e Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO, verificado a adequação dos parâmetros de qualidade da água com os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, para o respectivo enquadramento. Os resultados apresentaram um atendimento de serviço de esgotamento sanitário (ligações na rede de esgoto) de 55% para a região. Os parâmetros de OD e DBO indicaram o aporte irregular de esgoto, contribuindo para a degradação dos corpos hídricos. Apontam-se como soluções, a) ações sinérgicas entre a concessionária que presta serviço de saneamento na região e os órgãos públicos de interesse, promovendo a investigação das residências que não estão ligadas a rede de esgoto, através de vídeo inspeção ou técnicas similares, com o objetivo de fiscalizar o despejo de esgoto na rede de drenagem pluvial. b) Implantação do sistema de captação em tempo seco para áreas onde foram identificadas aporte de esgoto *in situ*, onde outras soluções técnicas mostrarem ser inviáveis. c) Aplicação de técnicas de recuperação ambiental dos rios.

PALAVRAS-CHAVE: Esgotamento sanitário, Saneamento básico, Canal do Mangue, Qualidade da água.

INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº 11445/2007 como um conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável,

esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos e a drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (BRASIL, 2007).

Ainda na mesma Lei, o esgotamento sanitário constitui as atividades de disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente (BRASIL, 2007).

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) consiste no planejamento integrado do saneamento básico considerando seus quatro componentes: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, coleta de lixo e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas, e possui o horizonte de 20 anos (2014 a 2033).

O desenvolvimento e a urbanização acelerada das cidades vêm atrelados aos impactos ambientais gerados pelas grandes massas urbanas e pelas atividades antropogênicas. O crescente aumento da população implica em um maior número de resíduos gerados, principalmente em se tratando de efluentes sanitários residenciais e industriais, resíduos sólidos e sedimentos (AHMED et al., 2018; FIA et al., 2015, p. 268, apud (SOARES, 2022).

Nesse contexto, a Bacia do Canal do Mangue, área escolhida para o presente estudo, inserida na Região Hidrográfica V (RH-V) possui muitos dos seus corpos d'água em nível avançado de degradação, incluindo seus sistemas lagunares, comprometidos em grande parte pelo lançamento de efluentes domésticos sem tratamento. O fato de estar situado em uma região metropolitana densamente povoada com baixos níveis de tratamento de efluentes, acelera a degradação ambiental. A ocupação desordenada, sem a devida observação das infraestruturas de saneamento adequadas, constitui a principal causa do aporte irregular de esgotos não só na bacia objeto do estudo, como também em outras áreas urbanas com existência de ocupação irregular.

A partir disso, o objetivo do presente trabalho foi caracterizar o processo de degradação da Bacia do Canal do Mangue, através da identificação das principais áreas que contribuem com o aporte irregular de esgoto ao longo da área de drenagem. A abordagem utilizou dados de cadastro de rede de esgoto, dados relativos aos índices de atendimento de esgotamento sanitário do SNIS e de parâmetros de qualidade de água analisados em 15 pontos de amostragem ao longo da bacia.

Buscou-se ainda, analisar a influência do aporte irregular de esgoto na qualidade de água ao longo da bacia e propor soluções alternativas que atenuem a problemática, priorizando o aumento do atendimento dos sistemas convencionais de esgotamento sanitário e intensificando o cadastro na rede de esgoto em determinadas localidades ao longo da Bacia do Canal do Mangue.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho foi dividida em 3 fases:

- Diagnóstico do status do esgotamento sanitário na BCM;
- Diagnóstico da carga orgânica gerada sem tratamento na BCM;
- Diagnóstico das condições de qualidade da água dos corpos hídricos da BCM.

Com o objetivo de compreender o status do esgotamento sanitário da área de estudo e o universo de ligações existentes, foram utilizados dados primários de cadastro da rede obtidos através da concessionária que presta serviço de saneamento na região.

O universo de ligações esperadas será definido pela equação 1.

Ligações esperadas = População Total/ Tx. de economias x hab. por economia equação (1)

Uma economia representa uma unidade de consumo independente para efeito de faturamento, podendo ser um comércio, uma indústria, um condomínio. A taxa de economias da região é obtida através da equação 2.

$$\text{Taxa de economias} = \text{Economias} / \text{Ligações totais} \quad \text{equação (2)}$$

A atual situação do déficit de saneamento na região da Bacia do Canal do Mangue se dará através da relação entre o universo de ligações esperadas pelo universo de ligações existentes, obtida através da equação 3.

$$\text{Atendimento (\%)} = \text{Ligações ativas} / \text{Ligações esperadas} \quad \text{equação (3)}$$

Os dados da carga orgânica gerada na Bacia do Canal do Mangue serão obtidos através do cálculo da população total/ na área de estudo esgoto e sua respectiva contribuição diária de carga orgânica representados pela equação 4

$$\text{População total (BCM) x Contribuição unitária de esgoto (g DBO*dia}^{-1}) \quad \text{equação (4)}$$

Os dados da carga orgânica tratada na Bacia do Canal do Mangue serão obtidos através do cálculo da população residente ligada à rede de esgoto e sua respectiva contribuição diária de carga orgânica representados pela equação 5.

$$\text{Pop. Ligada à rede de esgoto (BCM) x Contribuição unitária de esgoto (g DBO*dia}^{-1}) \quad \text{equação (5)}$$

A partir da identificação da localização dos aglomerados subnormais, obtidos através da base de dados do IBGE e da malha hidrográfica da região, foram definidos 15 pontos de amostragem, conforme representados na figura 1, para a realização das análises de OD e DBO com objetivo de identificar o aporte irregular de esgotos. Os parâmetros para monitoramento de qualidade da água foram analisados por metodologias normalizadas pelo Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA E WEF, 23rd, 2017).

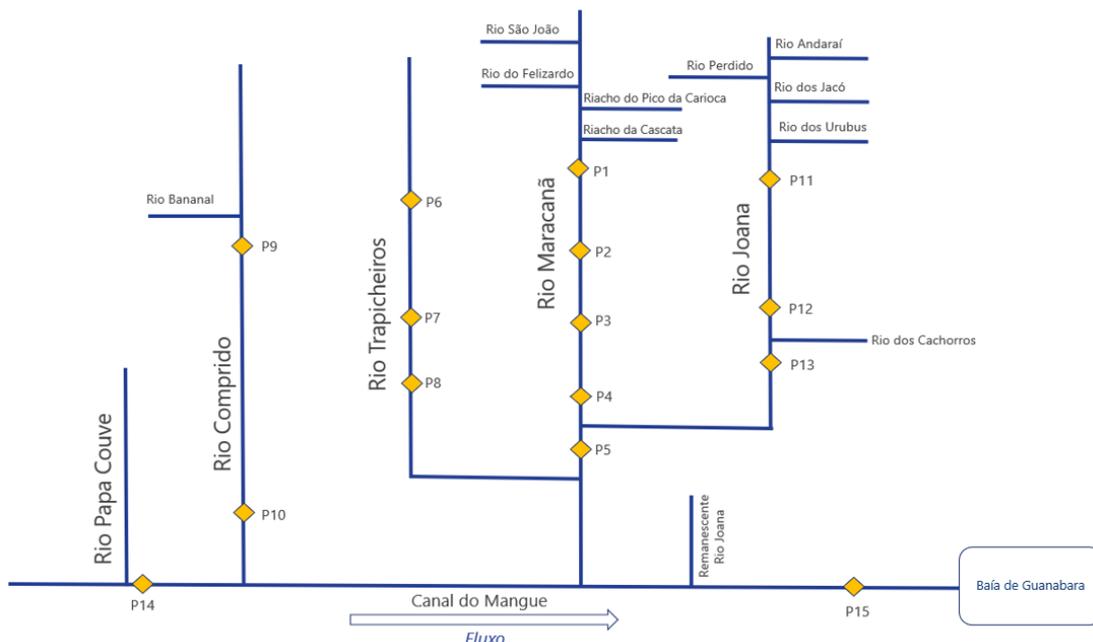


Figura 1 - Diagrama Unifilar e malha amostral da Bacia do Canal do Mangue

RESULTADOS OBTIDOS

O índice de atendimento do sistema de esgoto na Bacia do Canal do Mangue foi encontrado através da relação entre o número de ligações esperadas e o número de ligações ativas, obtidas através da concessionária de saneamento que presta serviços de saneamento da região.

$$\text{Atendimento (\%)} = 40.711 / 73.621 * 100 = 55,29\%$$

Para a estimativa da contribuição unitária de esgoto, utilizou-se como padrão de residência dos bairros que fazem parte da Bacia do Canal do Mangue as que se enquadram no padrão médio de acordo com a Diretriz 215 do INEA, ou seja, residências com área edificada igual ou superior a 50 m² e inferior a 250 m² ou lotes com área igual ou superior a 150 m² e inferior a 500 m².

A partir dos valores tabelados mesma diretriz, por estar localizado em uma região metropolitana, a contribuição unitária de esgoto é de 54,0 (g DBO/dia), também de acordo com a DZ-215-R4 do INEA. Levando-se em consideração a população total de 496.944 habitantes estimamos o valor da carga orgânica gerada a partir do cálculo:

$$\text{Carga orgânica gerada} = 496.944 \times 54 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)}$$

$$\text{Carga orgânica gerada} = 26.834.976 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)}$$

O cálculo dos dados de carga orgânica tratada na Bacia do Canal do Mangue, utilizou a mesma premissa do cálculo anterior, entretanto, foi levado em consideração a estimativa do número de habitantes ligados à rede de esgoto. Por ser uma região com sistema de esgotamento do tipo separador absoluto, o esgoto gerado por essa população é destinado diretamente a Estação de Tratamento Alegria. Levando-se em consideração o cálculo de atendimento à rede de esgoto, 55,29% de atendimento, corresponde a uma população de 274.799 habitantes ligados à rede de esgoto. Portanto:

$$274.799 \text{ habitantes} \times 54 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)} = 14.849.946 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)}$$

A partir da subtração dos valores da carga orgânica total gerada e a carga orgânica gerada com tratamento, se obtém a estimativa da carga orgânica gerada sem nenhum tipo de tratamento.

$$26.834.976 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)} - 14.849.946 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)} = 11.985.030 \text{ (g DBO} \cdot \text{dia}^{-1}\text{)}$$

As análises dos 15 pontos de amostragem de OD e DBO mostram que em todos os pontos há níveis altos de DBO e baixos de OD, conforme a Tabela 1, indicando aporte de esgoto ao logo da rede de drenagem da Bacia.

Tabela 1: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas.

Ponto de Amostragem	Parâmetro		Corpo Hídrico
	DBO (mg/L)	OD (mg/L)	
P1	11,0	4,7	Rio Maracanã
P2	21,0	3,9	
P3	34,0	3,2	
P4	28,0	2,4	
P5	47,0	2,5	
P6	29,0	2,7	Rio Trapicheiros
P7	39,0	3,5	
P8	33,0	2,1	
P9	20,0	5,6	Rio Comprido
P10	33,0	1,6	
P11	266,0	2,8	Rio Joana
P12	63,0	1,6	
P13	23,0	1,8	

P14	12,0	2,9	Canal do Mangue
P15	12,0	1,55	

Para compreensão do comprometimento da qualidade das águas do rio Maracanã, constatou-se que para os valores de DBO, nenhum dos cinco pontos de amostragem se enquadram nas 3 primeiras Classes. Para os valores de OD, o ponto mais próximo à nascente do rio, se enquadra como Classe 3, os demais quatro pontos se enquadram como Classe 4, constatando a crescente a degradação da qualidade da água ao longo do curso do rio.

No Rio Joana, também foram realizadas amostragens em 3 pontos. A partir dos resultados obtidos é possível observar pontos importantes. O primeiro deles é o valor de 266 mg/L de DBO no ponto localizado no cruzamento da Rua Maxwell com a Rua Uruguai, no bairro da Tijuca, valor característico de esgoto *in natura*. Constatou-se que para os valores de DBO, nenhum dos três pontos se enquadram nas 3 primeiras Classes de rio. Já para os valores de OD, todos os resultados enquadram o Rio como Classe 4.

A partir das análises das 3 amostras localizadas no Rio Trapicheiros, constatou-se que para os valores de DBO, nenhum dos três pontos se enquadram nas 3 primeiras Classes de rio, por apresentarem valores maiores do que os padronizados na Resolução. Já para os valores de OD, todos os resultados enquadram o rio como Classe 4. No primeiro ponto de amostragem foi observado uma diferença qualitativa no corpo hídrico a montante e a jusante no local da análise. Essa diferença qualitativa pode ser explicada pelo aporte irregular de esgoto oriundo do Morro do Salgueiro, local com pouca cobertura de rede, onde o efluente é vertido ao rio Trapicheiros através dos dispositivos de drenagens.

No Rio Comprido foram realizadas duas amostragens. Levando-se em consideração o parâmetro de OD o Rio Comprido em um dos pontos de amostragem a montante, se enquadra como um rio Classe 2, e pelas possíveis fontes de poluição ao longo de seu curso, passa a ser enquadrado como um rio Classe 4. Já para o parâmetro de DBO, nenhum dos pontos de amostragem se enquadram nas 3 primeiras Classes de rio.

No Canal do Mangue, Rio que recebe a contribuição de todos os demais analisados, foram realizadas 2 amostragens. Para o parâmetro de oxigênio dissolvido os dois pontos de amostragem enquadram o rio como Classe 4. Já para o parâmetro de DBO, assim como os demais rios, nenhum dos pontos de amostragem se enquadram nas 3 primeiras Classes de rio, por apresentarem valores maiores do que os padronizados na Resolução.

As figuras a seguir, representam graficamente os resultados obtidos através nas análises realizadas nos 5 corpos hídricos da Bacia do Canal do Mangue em relação a distância do ponto de análise com a nascente do respectivo rio.

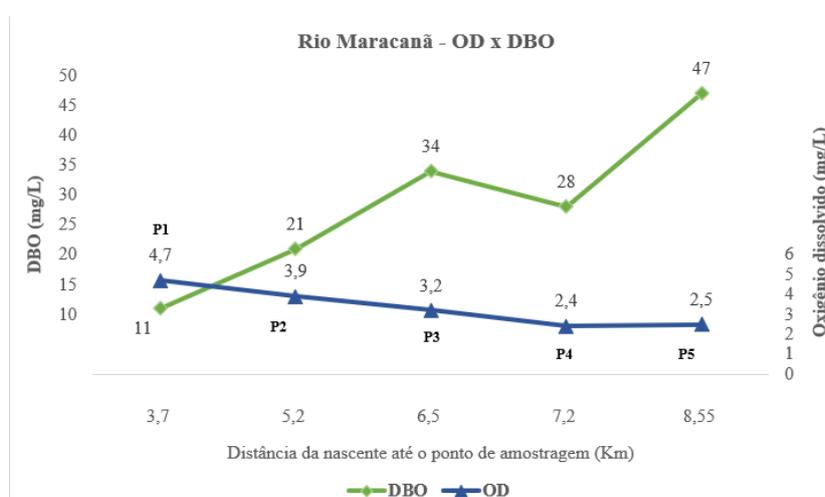


Figura 2 - Resultados OD x DBO - Rio Maracanã

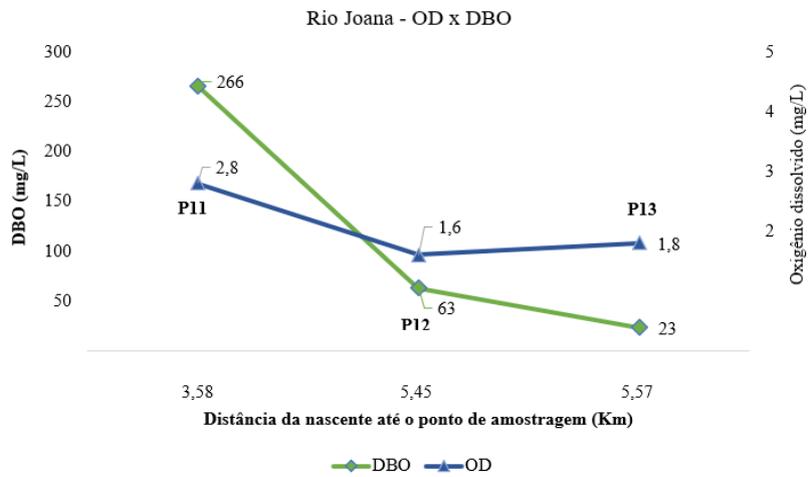


Figura 3 - Resultados OD x DBO - Rio Joana

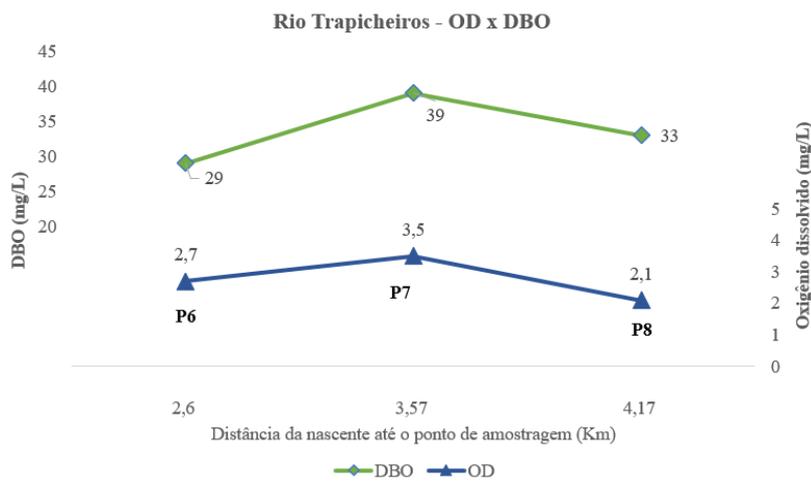


Figura 4 - Resultados OD x DBO - Rio Trapicheiros

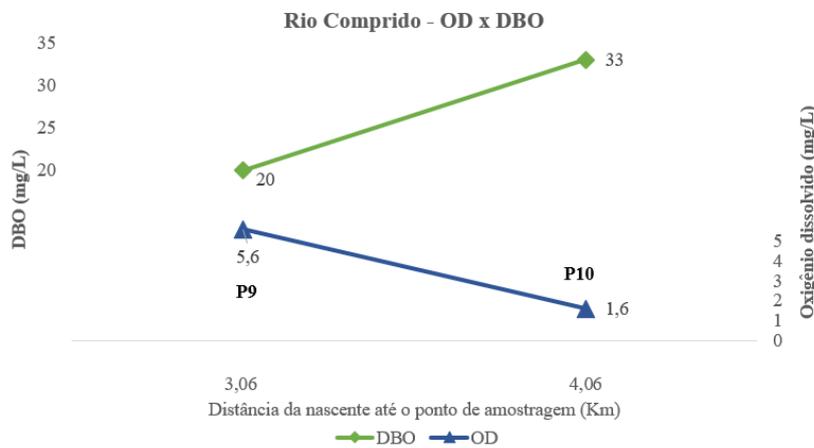


Figura 5 - Resultados obtidos OD x DBO - Rio Comprido

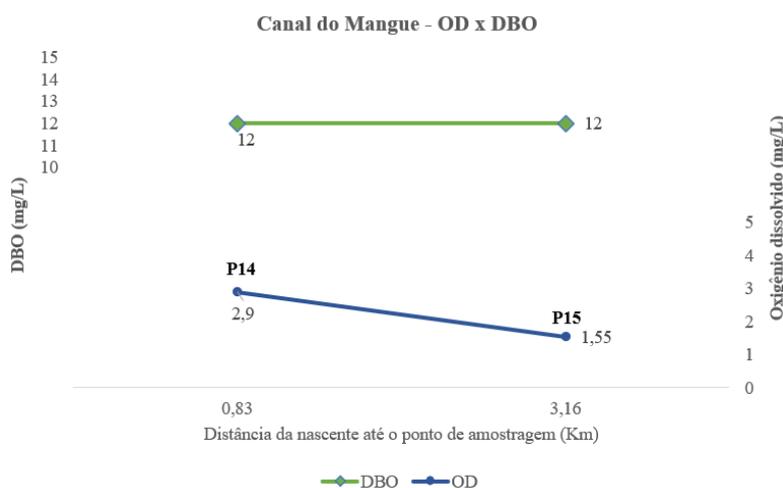


Figura 6 - Resultados obtidos OD x DBO - Canal do Mangue

CONCLUSÕES

O Canal do Mangue é um canal artificial que recebe a contribuição dos rios Papa-Couve, Comprido, Trapicheiro, Maracanã e Joana, tendo seu exultório na Baía de Guanabara.

O presente trabalho identificou, analisou e caracterizou o processo de degradação da Bacia hidrográfica do Canal do Mangue, através da identificação das principais áreas que contribuem com o aporte irregular de esgoto ao longo dos corpos hídricos através dos dispositivos de drenagem urbana, problemática encontrada principalmente em locais onde ocorreu processos acelerados de urbanização atrelados a um planejamento urbano ineficiente.

A área escolhida para o estudo, está inserida dentro da Região Hidrográfica - V, região marcada por uma alta densidade populacional onde se concentra cerca de metade da população do estado do Rio de Janeiro. Através de dados obtidos pela Concessionária que presta serviços de saneamento para a região e de premissas operacionais, chegou-se a um valor de 55% de atendimento a rede de esgoto na região da Bacia do Canal do Mangue.

O resultado norteou a pesquisa e foi possível definir estrategicamente pontos para análise quantitativa dos parâmetros de OD e DBO que indicam a presença de esgoto *in natura*.

Com isso, foram definidos 15 pontos de amostragem nos principais rios da área de estudo, os locais de amostragem foram embasados na hipótese de que os as principais contribuições de esgoto são vertidas pelos aglomerados subnormais da região.

Os resultados obtidos na amostragem realizada em conjunto com o histórico de análises realizados pelo INEA em um período de 10 anos (2012-2022), indicaram a degradação contínua dos corpos hídricos da região, sendo possível identificar o aporte irregular nos rios Joana, Comprido e Trapicheiros. Foi possível estimar um aporte diário de aproximadamente 12 Toneladas de DBO na Bacia do Canal do mangue.

Propõe-se neste sentido, ações entre a concessionária que presta serviço de saneamento na região e os órgãos públicos de interesse, promovendo a investigação das residências que não estão ligadas a rede de esgoto, implantação do sistema de coleta em tempo seco para áreas onde foram identificadas aporte de esgoto *in situ*, investimentos em tecnologias de mercado para uma ágil recuperação ambiental dos rios e soluções alternativas



como a implantação de *wetlands* e a construção de fossas sépticas em locais desprovidos em cobertura de esgotamento sanitário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, p.38, jan. 2007.
2. SOARES, J. H. d. A. Análise dos impactos do lançamento de esgotos em um trecho da rede de drenagem com exultório no bairro 13 de julho em Aracaju. 2022. - Disponível em: <http://ri.ufs.br/jspui/handle/riufs/15751>.
3. APHA/AWWA/WEF (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Denver.
4. BRASIL. Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab): mais saúde com qualidade de vida e cidadania / Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília: Ministério das Cidades, 2015b.
5. BRASIL. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, p.1-27, mar. 2005.
6. Deliberação CECA nº 4.886, de 25 de setembro de 2007. DZ-215-R4. Aprova a DZ-215.R-4 – Diretriz de controle de carga orgânica biodegradável em efluentes líquidos de origem sanitária. Rio de Janeiro, p. 1-13, set. 2007.