IMPLANTAÇÃO DA ETE BACANGA E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DO RIO DAS BICAS E DA FOZ DO RIO BACANGA EM SÃO LUÍS, MARANHÃO

Wagner de Jesus Dias Gonzaga[(1)]
Engenheiro Ambiental pela Universidade CEUMA (2012), mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal de Alagoas – UFAL (2025), engenheiro de carreira da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) desde 2015.
Thiago Henrique dos Santos Silva[(2)]
Biólogo pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA (2013), mestre em Biologia Parasitária pela Universidade CEUMA (2016), biólogo de carreira da CAEMA desde 2016.
Ruan Carlos Almeida da Silva[(3)]
Engenheiro Ambiental pela Faculdade Anhanguera (ANO), técnico no Colégio Universitário da UFMA – Colun. Técnico em Meio Ambiente de carreira da CAEMA desde 2015.
Samara Raissa da Silva de Souza[(4)]
Estudante de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, estagiária no departamento de meio ambiente da CAEMA.

Endereço[(1)]**:** Rua Santa Luzia, Número 25C - Miritiua – São José de Ribamar - Maranhão - CEP: 65123-705-Brasil - Tel: +55 (98) 98107-5054 - e-mail: rengawwg@gmail.com

RESUMO

Este artigo analisa, de forma preliminar, a contribuição potencial da ETE Bacanga para a recuperação ambiental do Rio das Bicas e da foz do Rio Bacanga, em São Luís, Maranhão. A área de estudo está inserida em uma região submetida a intensa urbanização, ocupação desordenada e lançamento de efluentes domésticos sem tratamento, fatores que comprometem a qualidade da água e a funcionalidade ecológica dos corpos hídricos. O estudo foi desenvolvido com base em levantamento bibliográfico, análise documental, dados de monitoramento da qualidade da água disponibilizados pela SEMA/MA entre 2019 e 2025 e resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas da CAEMA referentes ao ano de 2022. Os dados indicam alterações relevantes nos parâmetros avaliados, com destaque para variações de oxigênio dissolvido, turbidez, salinidade, condutividade elétrica, nutrientes e indicadores microbiológicos. A reativação da ETE associada à implantação das estações elevatórias previstas, tende a ampliar a coleta e o tratamento dos efluentes gerados na região da Avenida dos Africanos, em São Luís, com potencial para reduzir cargas poluidoras lançadas nos corpos receptores. Conclui-se que a operação adequada da ETE, aliada ao monitoramento contínuo e a ações complementares de gestão ambiental, podem contribuir significativamente para a melhoria da qualidade ambiental da região.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento básico, corpos hídricos, qualidade ambiental.

1. INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada e, em muitos casos, desordenada, tem produzido impactos significativos sobre os sistemas hídricos urbanos, principalmente em áreas submetidas a intensa ocupação e infraestrutura de saneamento insuficiente. Na Ilha do Maranhão, esses efeitos são observados com destaque na bacia hidrográfica do Bacanga, onde a expansão urbana, a supressão da cobertura vegetal e o lançamento inadequado de efluentes têm comprometido a qualidade ambiental dos corpos d'água (Castro et al., 2025). De acordo com o MapBiomas (2026), em São Luís, as áreas não vegetadas corresponderam, em 2024, a aproximadamente 55,9 ha, o que evidencia a forte transformação da cobertura do solo e a pressão sobre os ambientes naturais. Nesse contexto, o Rio das Bicas destaca-se como um dos tributários mais afetados, em razão da degradação da vegetação marginal, do assoreamento e da redução da capacidade de drenagem, processos já apontados por Ribeiro, Silva e Carvalho (2014) como fatores associados à ocorrência de inundações e problemas sanitários nas comunidades do entorno.

A foz do Rio Bacanga também sofreu alterações expressivas em decorrência da construção da Barragem do Bacanga, entre as décadas de 1960 e 1970, que modificou a dinâmica hidrossedimentológica do estuário. Segundo Mochel et al. (2024), a redução da influência das marés favoreceu mudanças na qualidade da água e dos sedimentos, além de contribuir para o avanço da ocupação urbana em áreas desprovidas de infraestrutura adequada de saneamento básico. Essas transformações reforçam a necessidade de análise integrada entre

processos urbanos, condições ambientais e infraestrutura de esgotamento sanitário, sobretudo em regiões estuarinas submetidas a múltiplas pressões antrópicas.

Entre os principais tributários do Rio Bacanga destaca-se o Rio das Bicas, localizado na margem direita da bacia. Ribeiro, Silva e Carvalho (2014) relatam que as intervenções antrópicas ocorridas ao longo do processo de urbanização promoveram a degradação da vegetação e contribuíram para o assoreamento do curso d'água, comprometendo suas características naturais e favorecendo a ocorrência de inundações e problemas sanitários nas comunidades do entorno.

Nesse cenário, a Estação de Tratamento de Esgoto Bacanga (ETE Bacanga), inaugurada em 2003, assume papel estratégico no sistema de saneamento de São Luís, por ter sido concebida para atender parte da área central do município, incluindo os bairros Anjo da Guarda, Coroado e áreas situadas ao longo da Avenida dos Africanos. Entretanto, a interrupção de sua operação em meados de 2024 comprometeu a efetividade do sistema de esgotamento sanitário local, favorecendo o lançamento direto e indireto de esgotos nos corpos hídricos da bacia. Dados institucionais indicam que a retomada da operação da estação, com a implantação de novas elevatórias, poderá ampliar de forma significativa o tratamento dos efluentes gerados na área de abrangência da ETE Bacanga (CAEMA, 2026).

Enquanto a ETE Bacanga permanece inoperante, o sistema de esgotamento sanitário da região central funciona predominantemente por meio da coleta e do afastamento dos efluentes, sem que todo o volume coletado seja efetivamente encaminhado para tratamento, pois na região foram construídas redes coletoras, no entanto não foram feitas as devidas ligações das estações elevatórias até a ETE. Como consequência, parte dos esgotos domésticos chega direta e/ou indiretamente nos corpos hídricos, contribuindo para a degradação da qualidade ambiental da região.

Diante desse cenário, o presente estudo busca realizar uma análise preliminar da contribuição potencial da retomada da operação da ETE Bacanga para a melhoria ambiental do Rio das Bicas e da região da foz do rio Bacanga, considerando as características do sistema de tratamento, os dados de qualidade da água e os benefícios esperados decorrentes da ampliação da infraestrutura de esgotamento sanitário.

2. OBJETIVO

Objetivo geral: Avaliar, de forma preliminar, a contribuição potencial da Estação de Tratamento de Esgoto Bacanga (ETE Bacanga) para a melhoria da qualidade ambiental do Rio das Bicas e da região da foz do Rio Bacanga, em São Luís - MA, com base nas características do sistema de tratamento, nos dados de qualidade da água e nas informações operacionais do sistema de esgotamento sanitário.

Objetivos específicos:

- Caracterizar o sistema de esgotamento sanitário e as unidades de tratamento da ETE Bacanga;
- Analisar as condições ambientais da sub-bacia do Rio das Bicas e da região da foz do Rio Bacanga, com base em dados de qualidade da água e em estudos disponíveis na literatura;
- Examinar os potenciais efeitos da retomada da operação da ETE nos corpos hídricos da área de estudo.

3. METODOLOGIA

Este estudo possui caráter descritivo e foi desenvolvido com base em levantamento bibliográfico, análise documental e exame de dados ambientais relacionados à área de influência da ETE do Bacanga, no município de São Luís, Maranhão.

Foram consultadas publicações científicas sobre a degradação ambiental da sub-bacia do Rio das Bicas e da região estuarina do Rio Bacanga, bem como documentos técnicos e informações operacionais disponibilizados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), referentes ao sistema de esgotamento sanitário e às unidades de tratamento da ETE.

Também foram utilizados dados de monitoramento da qualidade da água disponibilizados pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais do Maranhão (SEMA/MA), correspondentes ao período de 2019 a 2025, além de resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas pela CAEMA em 2022.

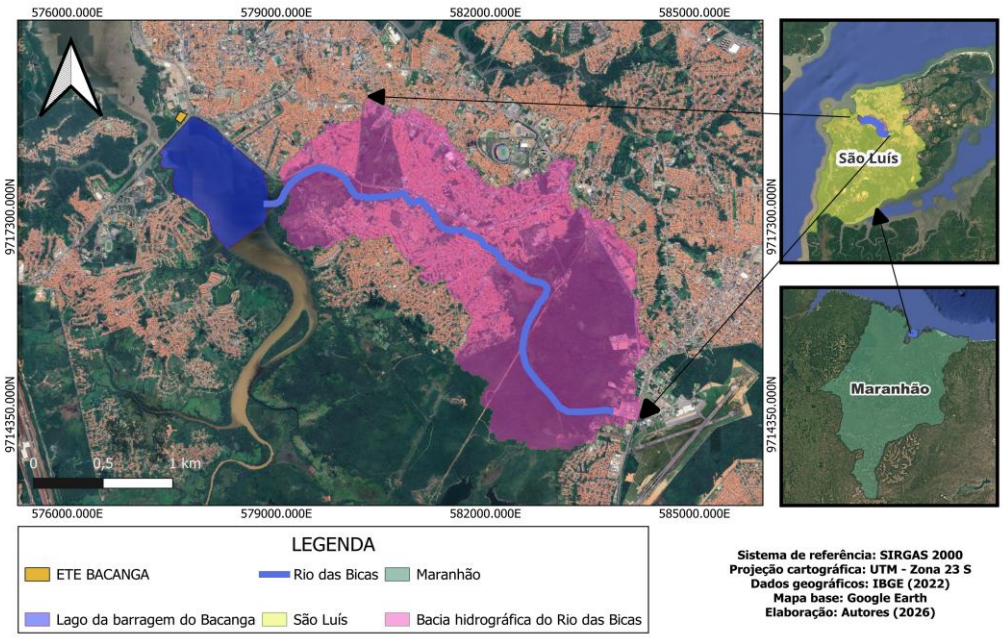
Para a caracterização espacial da área de estudo, foram elaborados mapas de localização com o uso do software QGIS, com apoio de imagens do Google Earth. De forma complementar, foram realizados registros fotográficos em campo, a fim de subsidiar a leitura das condições ambientais observadas na área de estudo.
A interpretação dos dados foi realizada de maneira qualitativa e comparativa, considerando os parâmetros físico-químicos, bacteriológicos e as informações sobre a infraestrutura de saneamento, em articulação com a literatura científica e os limites estabelecidos pela Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357/2005 e CONAMA nº 430/2011

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Localização da ETE Bacanga

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Bacanga está localizada na Avenida dos Portugueses, nas proximidades do acesso à Avenida dos Africanos, no sentido da Universidade Federal do Maranhão (UFMA), no município de São Luís - MA. O empreendimento encontra-se nas coordenadas geográficas 2°32'38.88"S e 44°18'7.94"O (Figura 1). O Rio das Bicas, forma uma sub-bacia do Rio Bacanga, pela margem direita, tendo sua foz sob as coordenadas 2°33'19.49"S e 44°17'23.18"O, localizada no lago da barragem do Bacanga.

Figura 1: Localização da Estação de Tratamento de Esgoto Bacanga no município de São Luís – MA



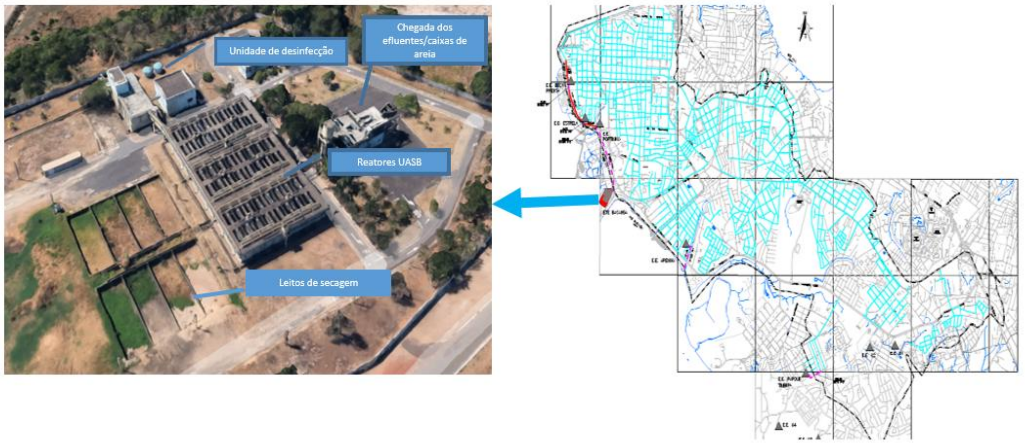
Fonte: Autores (2026).

4.2 Caracterização do sistema de esgotamento sanitário da ETE Bacanga

A Estação de Tratamento de Esgoto Bacanga constitui uma importante infraestrutura de saneamento destinada ao tratamento dos efluentes domésticos provenientes de parte da área urbana de São Luís. O sistema foi projetado para atender uma área de aproximadamente 1.468 ha, por meio da coleta, transporte e tratamento dos esgotos gerados na sua área de abrangência, com tratamento preliminar, secundário e terciário, contemplando uma população final estimada em 150.726 habitantes.

O esgoto coletado será encaminhado à ETE através das Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), localizadas na região central e ao longo da Avenida dos Africanos, conforme figura 2.

Figura 2: Sistema de esgotamento sanitário Bacanga



Fonte: Google Earth (adaptado, 2026); CAEMA (2026).

Com a implantação de novas estações elevatórias (Figura 3), o sistema deverá operar com vazão final de 445,41 L/s, equivalente a aproximadamente 1.603,48 m³/h.

Figura 3: Estação Elevatória de Esgoto (EEE) na Avenida dos Africanos.



Fonte: Autores (2026).

4.2.1 Tratamento preliminar

O tratamento preliminar tem o objetivo de remover os sólidos grosseiros e materiais sedimentáveis que possam comprometer o funcionamento das unidades subsequentes e dos equipamentos eletromecânicos do sistema de tratamento. Inicialmente, o esgoto bruto passará por sistema de gradeamento composto por:

- Grade grossa de limpeza manual, com largura de 1,45 m;
- Grade fina de limpeza mecanizada/manual, com largura de 0,80 m, destinada à retenção de sólidos com dimensões superiores a 6 mm.

Após passar pelo gradeamento, o esgoto segue para o desarenador (caixa de areia), o qual possui dimensões de 4,57 m x 4,57 m (metros), onde ocorrerá a remoção de materiais inertes, como areia, terra e pedrisco, por meio de processo de sedimentação (ESSE, 2008).

4.2.2 Tratamento biológico

Após o tratamento preliminar, o esgoto será direcionado aos Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA), também conhecidos como UASB, onde ocorrerá a degradação da matéria orgânica por ação de microrganismos anaeróbios, sem a presença de oxigênio. Nesse processo, será gerado os seguintes produtos:

- Biogás (principalmente CH_4, CO_2 e H_2S);
- Lodo biológico;
- Efluente tratado com redução da carga orgânica.

O biogás gerado será coletado e encaminhado a queimadores a serem instalados na área da ETE. O lodo produzido será direcionado aos leitos de secagem para desidratação, enquanto o líquido percolado dos leitos retornará ao sistema de tratamento, enquanto o lodo seco será recolhido para transporte por empresa licenciada.

4.2.3 Desinfecção

O efluente proveniente do tratamento biológico será submetido à desinfecção por meio da aplicação de ozônio, visando à redução de organismos patogênicos e maior eficiência do tratamento da qualidade da água. Após essa etapa, o efluente tratado será lançado no Rio Bacanga, em área estuarina localizada após a barragem do Bacanga, atendendo aos padrões de lançamento estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 430/2011.

4.2.4 Desidratação do lodo

A desidratação do lodo será a última etapa, na qual o lodo gerado na etapa anterior será transportado para os leitos de secagem, onde haverá redução do teor de umidade por meio de drenagem e evaporação natural. Por último, o material deverá ser removido e transportado para destinação final ambientalmente adequada.

A retomada da operação da estação e a conclusão das elevatórias projetadas são condições fundamentais para ampliar a eficiência da coleta e do tratamento dos esgotos urbanos na área central de São Luís, reduzindo o encaminhamento inadequado de efluentes para os corpos hídricos da bacia (CAEMA, 2026; Castro et al., 2025).

4.3 Uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio das bicas e características físico-químicas e bacteriológicas da área em estudo.

Diversos estudos têm levantado, ao longo dos anos, os aspectos e impactos ambientais na região do lago da barragem do Bacanga e do Rio das Bicas, sendo possível através de revisão de literatura identificar as consequências tanto para os corpos hídricos quanto para as populações locais.

A sub-bacia do Rio das Bicas está inserida em uma área submetida a intenso processo de urbanização, caracterizado pela ocupação desordenada e pela crescente pressão sobre os recursos naturais. De acordo com Ribeiro, et al. (2014), a degradação da vegetação marginal, o assoreamento e a redução da capacidade de drenagem do rio favoreceram a ocorrência de inundações e a perda de importantes funções ecológicas do sistema hídrico. Essas alterações provocaram mudanças socioambientais incompatíveis com os princípios da sustentabilidade, pois ao longo do tempo, o corpo hídrico perdeu parte significativa de suas características naturais. Durante os períodos chuvosos, essas condições favorecem a ocorrência de inundações, agravando problemas ambientais e sanitários na região urbana de São Luís e contribuindo para a disseminação de doenças entre as populações ribeirinhas, evidenciando a perda da função hídrica originalmente desempenhada pelo curso d'água (Ribeiro; Silva; Carvalho, 2014).

4.3.1 Parâmetros de qualidade da água

Os dados de monitoramento da qualidade da água disponibilizados pela SEMA, referentes ao período de 2019 a 2025, evidenciam variações nos parâmetros físico-químicos no decorrer do ano, conforme a tabela 1.

Tabela 1 - Valores dos indicadores para o ano de 2025

PARÂMETROS	MÊS			CONAMA nº 357
	JAN	JUN	NOV	
Alcalinidade	56 (mg/L)	116 (mg/L)	36 (mg/L)	SP
Condutividade elétrica	2151 (25°C) (µS/cm)	27012 (25°C) (µS/cm)	42211 (25°C) (µS/cm)	SP
Oxigênio dissolvido	8,11 (mg/L O_2)	3,19 (mg/L O_2)	4,59 (mg/L O_2)	≥5 (mg/L O_2)
pH	7,96	7,68	9,06	6,0 - 9,0
Salinidade	1,07 (%)	16,74 (%)	27,16 (%)	≤ 0,5(%)
Sólidos dissolvidos	1396 (mg/L)	17593 (mg/L)	27492 (mg/L)	SP
Sólidos em suspenção	-	-	-	SP
Temperatura da água	31,06 (°C)	28,9 (°C)	27,6 (°C)	SP
Temperatura do ar	26,58 (°C)	25,04 (°C)	25 (°C)	SP
Transparência	0,15 (m)	-	0,20 (m)	SP
Turbidez	157,57 (NTU)	8,83 (NTU)	4,74 (NTU)	100 (NTU)
Cloretos	-	-	-	250 mg/L

Fonte: Elaboração própria com base em dados da SEMA/MA (2026); Resolução CONAMA n°357 (2005). SP – Sem padrão.

Os resultados do monitoramento evidenciaram variações significativas dos parâmetros físico-químicos ao longo do período analisado. Os menores valores de oxigênio dissolvido (OD) foram observados em junho, atingindo 3,19 mg/L, e o maior, em janeiro, sendo 8,11 m/L, sendo omês de janeiro o único que resultou em um valor superior ao limite mínimo de 5 mg/L estabelecido como padrão para corpos hídricos de Classe 2. Baixas concentrações de OD indicam elevada demanda por oxigênio decorrente da decomposição da matéria orgânica, podendo comprometer a capacidade de autodepuração do ambiente aquático e causar estresse à biota (VON SPERLING, 2014).

A turbidez apresentou valores elevados, alcançando 157,57 NTU em janeiro. A presença de sólidos em suspensão pode estar associada ao escoamento superficial durante o período chuvoso, aos processos erosivos e ao aporte de efluentes domésticos. Elevados níveis de turbidez reduzem a penetração da luz na coluna d'água, prejudicando a atividade fotossintética e a produtividade primária do ecossistema (ESTEVES, 2011).

Os valores de condutividade elétrica e salinidade demonstram a influência estuarina característica da região da Ilha Maranhense. Segundo Mochel et al. (2024), as alterações hidrodinâmicas decorrentes da construção da Barragem do Bacanga (Figura 4) modificaram a dinâmica natural do sistema, interferindo na circulação das águas e nos processos sedimentares, onde grandes concentrações salinas podem alterar a composição das comunidades aquáticas, favorecendo espécies mais tolerantes e modificando os processos ecológicos do ambiente.

Figura 4: Barragem do Bacanga, São Luís/MA.



Fonte: Autores (2026).

4.3.2 Análises do corpo receptor

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas no rio Bacanga em 2022 encontram-se apresentados na tabela 2, onde foram avaliados, dentre outros, os seguintes parâmetros da água: demanda bioquímica de oxigênio (DBO), oxigênio dissolvido, *Escherichia coli*, densidade de cianobactérias, nitrato, pH, cádmio, chumbo, cloreto, cobre dissolvido, zinco, fósforo total, óleos e graxas e turbidez.

Tabela 2 - Análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas no Rio Bacanga em 2022.

Parâmetros	Montante	Jusante
DBO	11 mg/l	12 mg/l
Oxigênio dissolvido	5,12 mg/l	5,8 mg/l
E. coli	1,0 x 10^1 NMP/100ml	2,4 x 10^5 NMP/100ml
Densidade de Cianobactérias	758,88 células/ml	1.037,88 células/ml
Nitrato	0,71 mg/l	2,81 mg/l
pH	7,3	8,0
Cádmio	< 0,00050 mg/l	< 0,00050 mg/l
Chumbo	< 0,0020 mg/l	< 0,0020 mg/l
Cloreto	2.762,34 mg/l	14.789,83 mg/l
Cobre dissolvido	< 0,002	< 0,002
Zinco	0,017 mg/l	0,013 mg/l
Fósforo total	0,16 mg/l	0,07 mg/l
Óleos e graxas	< 10 mg/l	< 10 mg/l
Turbidez	5,87	2,51

Fonte: Elaboração própria com base em dados da CAEMA (2022).

De acordo com o CONAMA nº 357/2005, os valores de cádmio (até 0,005), chumbo (até 0,01), cobre (até 0,005), zinco (até 0,09), pH (entre 6,5 e 8,5) e oxigênio dissolvido (maior ou igual a 5,0) estão dentro dos limites estabelecidos para o manancial receptor Rio Bacanga.

O pH a montante e a jusante foi de 7,3 e 8,0, respectivamente. Segundo Serra *et al* (2003), ao avaliar os parâmetros físico-químicos em águas do rio Anil, que tem sua foz na mesma baia, o pH apresentou valores ligeiramente alcalinos. Estes valores são comuns em corpos d'água onde existem misturas de água doce com água salgada.

Os resultados obtidos para o corpo receptor demonstraram concentrações de oxigênio dissolvido superiores a 5 mg/L, em conformidade com a Resolução. Entretanto, a concentração de *Escherichia coli* apresentou diferença expressiva entre os pontos analisados, passando de $1{,}0 \times 10^{1}$ NMP/100 mL a montante para $2{,}4 \times 10^{5}$ NMP/100 mL a jusante, evidenciam influência do lançamento de esgotos domésticos na região, constituindo um indicativo de contaminação fecal e representando risco à saúde pública. Dias *et al.* (2024) e Kolm *et al.* (2016) afirmam que existe relação direta do período de chuva com o aumento de coliformes decorrente do carreamento de esgotos domésticos e do deflúvio superficial urbano, pois ocorre o transporte de matéria orgânica para o leito.

Já as concentrações de nitrato e fósforo observadas indicam aporte de nutrientes no ambiente aquático. O fósforo estava acima do permitido pelo CONAMA 357 (até 0,12 mg/l) para águas salobras, resultando em 0,16 mg/l a montante, e 0,07 mg/l a jusante. Segundo Esteves (2011), o enriquecimento por nitrogênio e fósforo favorece processos de eutrofização, caracterizados pela proliferação excessiva de organismos fotossintetizantes e consequente redução da disponibilidade de oxigênio dissolvido.

Os parâmetros referentes a cádmio, chumbo, cobre dissolvido, zinco e óleos e graxas apresentaram concentrações inferiores aos limites estabelecidos pela legislação ambiental. Esses resultados demonstram que os principais fatores de degradação estão associados à matéria orgânica e à contaminação microbiológica, mais do que à presença de metais pesados.

4.3.3 Análises dos efluentes bruto e tratado

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas realizadas nos efluentes bruto e tratado da ETE Bacanga encontram-se apresentados na Tabela 3. Foram realizadas análises no ano de 2022, último ano de operação da estação antes da parada para reforma, onde foram avaliados, dentre outros, os seguintes parâmetros para o efluente bruto e tratado: materiais sedimentáveis, demanda bioquímica de oxigênio, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, coliformes totais, *Escherichia coli*, nitrato, pH, cádmio, chumbo, cloreto, cobre dissolvido, fósforo total, zinco, óleos e graxas e sólidos totais fixos.

Tabela 3 - Resultados dos parâmetros dos efluentes bruto e tratado da ETE Bacanga.

Parâmetros	Efluente Bruto	Efluente Tratado
Materiais sedimentáveis	0,1 ml/l	0,1 ml/l
DBO	11 mg/l	20 mg/l
Nitrogênio amoniacal	4,9 mg/l	3,3 mg/l
Nitrogênio total	6,0 mg/l	104,0 mg/l
Coliformes totais	2,3 x 10^{6} NMP/100ml	2,3 x 10^{6} NMP/100ml
E. coli	2,3 x 10^{3} NMP/100ml	2,3 x 10^{3} NMP/100ml
Nitrato	1,3 mg/l	86,9 mg/l
pH	7,12	7,36
Cádmio	<0,0003 mg/l	<0,0003 mg/l
Chumbo	<0,0005 mg/l	<0,0005 mg/l
Cloreto	131,8 mg/l	2.884,7 mg/l
Cobre dissolvido	<0,0011 mg/l	<0,0011 mg/l
Fósforo total	0,593 mg/l	1,734 mg/l
Zinco	0,067 mg/l	0,092 mg/l
Óleos e graxas	< 5 mg/l	6,6 mg/l
Sólidos totais fixos	302 mg/l	4.536 mg/l

Fonte: Elaboração própria com base em dados da CAEMA, (2022).

Os resultados das análises físico-químicas e bacteriológicas dos efluentes bruto e tratado da ETE Bacanga, referentes ao ano de 2022, encontram-se apresentados na Tabela 3. Os valores observados para pH permaneceram próximos da neutralidade, variando de 7,12 no efluente bruto para 7,36 no efluente tratado. As concentrações de cádmio, chumbo, cobre dissolvido e óleos e graxas apresentaram valores inferiores aos limites de detecção analítica, indicando baixa contribuição desses parâmetros para a degradação ambiental. Entretanto, alguns parâmetros apresentaram comportamento distinto daquele esperado para sistemas convencionais de tratamento. Observou-se aumento da DBO de 11 mg/L no efluente bruto para 20 mg/L no efluente tratado, além do aumento das concentrações de nitrogênio total, nitrato, fósforo total, sólidos totais fixos e cloretos.

Em condições normais de operação, espera-se que os processos de tratamento promovam a redução da matéria orgânica e dos nutrientes presentes nos esgotos. Entretanto, os resultados apresentados correspondem ao ano de 2022, período que antecedeu a paralisação da ETE Bacanga para execução das obras de revitalização.

O aumento das concentrações de nitrogênio total e nitrato no efluente tratado também pode estar relacionado às transformações bioquímicas do nitrogênio e às condições operacionais do sistema. Conforme Metcalf & Eddy (2016), variações no desempenho dos processos microbiológicos podem interferir nas etapas de nitrificação e desnitrificação, produzindo concentrações superiores às normalmente observadas no efluente final.

Dessa forma, os resultados obtidos sugerem que, no período analisado, a ETE Bacanga operava sob condições que não permitiam o desempenho esperado do sistema de tratamento, reforçando a necessidade das intervenções de revitalização atualmente em execução e da retomada de sua operação plena.

4.4 Potenciais contribuições da ETE Bacanga para a melhoria ambiental da área de estudo

Considerando o cenário de degradação ambiental identificado na sub-bacia do Rio das Bicas e na região da foz do rio Bacanga, a retomada da operação da ETE Bacanga constitui uma importante medida de saneamento voltada à redução dos impactos decorrentes do lançamento de esgotos domésticos sem tratamento nos corpos hídricos da região.

A implantação das novas estações elevatórias e a reativação da ETE possibilitarão a ampliação da coleta e do tratamento dos efluentes provenientes da região central de São Luís, contribuindo para a redução das cargas orgânicas e do aporte de nutrientes lançados nos corpos receptores. Como consequência, espera-se a melhoria gradual da qualidade da água e a redução dos processos de degradação associados ao lançamento de esgotos domésticos.

Outro benefício esperado refere-se à diminuição da contaminação microbiológica das águas, favorecendo a melhoria das condições sanitárias e ambientais da região. A redução do aporte de matéria orgânica e nutrientes também poderá contribuir para a conservação dos ecossistemas aquáticos associados ao Rio das Bicas e à região estuarina do Bacanga.

Segundo Pereira et al. (2018), a conservação dos ambientes inseridos na bacia hidrográfica do Bacanga depende da adoção de estratégias de gerenciamento capazes de subsidiar a tomada de decisões e promover o uso sustentável dos recursos naturais. Da mesma forma, Castro et al. (2025) destacam que as crescentes pressões antrópicas sobre a bacia tornam indispensáveis medidas voltadas ao planejamento ambiental e à gestão integrada dos recursos hídricos. Nesse contexto, a ETE Bacanga representa uma importante infraestrutura de saneamento, capaz de contribuir para a recuperação da qualidade ambiental da área de estudo.

Entretanto, os benefícios decorrentes da retomada da operação da estação deverão ser acompanhados por meio do monitoramento contínuo da qualidade da água e da avaliação da eficiência do sistema de tratamento. Além disso, a melhoria das condições ambientais da bacia depende da implementação de ações complementares relacionadas ao ordenamento territorial, controle da ocupação irregular, manejo adequado dos resíduos sólidos e recuperação das áreas degradadas.

Dessa forma, a ETE Bacanga configura-se como um importante equipamento de saneamento com potencial para promover melhorias ambientais na sub-bacia do Rio das Bicas e na região da foz do rio Bacanga, contribuindo para a redução das cargas poluidoras lançadas nos corpos hídricos e para a sustentabilidade ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados obtidos evidenciaram que ausência do tratamento adequado dos esgotos gerados na região central de São Luís, contribuíram para a degradação da qualidade ambiental da sub-bacia do Rio das Bicas e da região da foz do rio Bacanga. Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas demonstraram alterações em parâmetros importantes de qualidade da água, evidenciando a influência do lançamento de efluentes domésticos sobre os corpos hídricos da área de estudo.

Nesse contexto, a retomada da operação da ETE Bacanga, prevista para 2026, associada à implantação das novas estações elevatórias, deverá promover a ampliação da coleta e do tratamento dos esgotos, reduzindo o aporte de matéria orgânica, nutrientes e microrganismos indicadores de contaminação fecal lançados no ambiente. Espera-se, consequentemente, uma melhoria gradual dos parâmetros de qualidade da água, especialmente em relação à demanda bioquímica de oxigênio, concentrações de nutrientes e contaminação microbiológica, contribuindo para a redução dos processos de degradação ambiental.

A diminuição do lançamento de efluentes sem tratamento no Rio das Bicas tende a favorecer a recuperação das condições ambientais desse importante afluente do rio Bacanga, bem como a melhoria da qualidade do corpo receptor localizado na região estuarina. Dessa forma, a reativação da ETE Bacanga representa uma importante medida para a recuperação da qualidade das águas e para a conservação dos ecossistemas associados à bacia hidrográfica do Bacanga.

Recomenda-se a continuidade do monitoramento da qualidade da água e a realização de estudos comparativos após a retomada da operação da estação, de modo a avaliar a resposta dos corpos hídricos às intervenções implementadas e a eficiência ambiental do sistema de esgotamento sanitário ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CASTRO, A. C. L. et al. Transformações ambientais e pressões antrópicas na bacia hidrográfica do Bacanga, São Luís, Maranhão. 2025.

2. COMPANHIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO MARANHÃO (CAEMA). Projeto de revitalização e ampliação do sistema de esgotamento sanitário Bacanga. São Luís, 2026. Documento técnico.

3. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução 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. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 18 mar. 2005.

4. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da União: Brasília, DF, 16 maio 2011.

5. ESTEVES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

6. MAPBIOMAS. Coleção 10 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil. Brasília, 2026. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org. Acesso em: 20 mai. 2026.

7. MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais (SEMA). Monitoramento Ambiental. São Luís: SEMA, [202-?]. Disponível em: https://www.sema.ma.gov.br/programas-ou-campanhas/monitoramento-da-qualidade-das-aguas. Acesso em: 4 jun. 2026.

8. METCALF & EDDY. Wastewater engineering: treatment and resource recovery. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2016.

9. MOCHEL, F. R. et al. Alterações hidrodinâmicas e ambientais na região estuarina do rio Bacanga, São Luís, Maranhão. 2024.

10. PEREIRA, A. C. et al. Estratégias de gerenciamento ambiental aplicadas à bacia hidrográfica do Bacanga, São Luís, Maranhão. 2018.

11. RIBEIRO, M. N.; SILVA, J. S.; CARVALHO, R. C. Diagnóstico ambiental do Rio das Bicas, São Luís, Maranhão. Revista Geonorte, Manaus, v. 10, n. 1, p. 173-180, 2014.
12. SANTIAGO, A. S. Avaliação ambiental da bacia hidrográfica do Bacanga, São Luís, Maranhão. 2023.

13. VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.