



195 - A IMPORTÂNCIA DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO NA RECUPERAÇÃO DE AMBIENTES DEGRADADOS: O CASO DA REGIÃO LAGOAS DO NORTE EM TERESINA, PIAUÍ

Marcos Airton e Silva Lima Júnior⁽¹⁾

Graduado em Engenharia Civil - UFPI.

Danilo Prado Pires⁽²⁾

Graduado em Engenharia Civil – UFPI; Especialização em Engenharia em Saneamento Básico e Ambiental – INBEC; Mestrado em Engenharia Civil em Saneamento e Ambiente – UNICAMP.

Carlos Henrique da Costa Brauna⁽³⁾

Graduado em Engenharia Civil – UFPI; Mestrado em Engenharia Civil em Saneamento Ambiental – UFC; Doutorado em Engenharia Civil em Saneamento Ambiental – UFC; Professor Efetivo do Curso de Engenharia Civil – UFPI.

Carlos Ernando da Silva⁽⁴⁾

Graduado em Engenharia Química – UFMG; Mestrado em Engenharia Química – UNICAMP; Doutorado em Engenharia Química – UNICAMP; Pós-doutoramento no Departamento de Engenharia Sanitária - UFMG; Professor Titular do Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento – UFPI.

Endereço⁽¹⁾: Avenida Universitária, s/n - Ininga - Teresina - Piauí - CEP: 64049-550 - Brasil - Tel: +55 (86) 99840-8627 - e-mail: marcosairtonjr@gmail.com

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma análise da influência que a presença ou ausência do esgotamento sanitário pode ocasionar na qualidade da água de corpos hídricos. Para sua concretização, foi feito um estudo de caso em lagoas e canais presentes na região Norte da cidade de Teresina, estado do Piauí, em uma região conhecida como Lagoas do Norte, onde foi observada a existência de locais com rede de coleta de esgoto implantada e uma grande região sem esse tipo de atendimento. Realizou-se o monitoramento de parâmetros de qualidade de água em seis pontos, sendo dois localizados na região com esgotamento sanitário, um ponto em região intermediária e três pontos na região sem coleta de esgoto. Em laboratório, foram feitas as análises de: temperatura, oxigênio dissolvido, turbidez, potencial de hidrogênio (pH), condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes totais, coliformes fecais, sólidos totais e nitrato. A comparação entre os resultados de cada ponto permitiu concluir que os corpos hídricos localizados em região com coleta de esgoto apresentam qualidade superior aos demais, entretanto maior parte das amostras de ambas as regiões não possuíam qualidade satisfatória, não se enquadrando na classe 2 de águas doces, conforme Resolução 357/2005 do CONAMA.

PALAVRAS-CHAVE: Esgotamento Sanitário, Qualidade da Água, Drenagem Urbana.

INTRODUÇÃO

Partindo da compreensão sobre a relevância e necessidades de investimentos em pesquisas que apresentem a importância do sistema de esgotamento sanitário e a qualidade da água oferecida à população, foi proposto este estudo com foco na perspectiva de apresentar resultados que mostrem a influência da presença e da ausência de rede coletora na qualidade de corpos hídricos na região do Lagoas do Norte em Teresina, Piauí.

No âmbito deste estudo afirma-se que os sistemas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto sanitário, drenagem urbana, coleta e disposição de resíduos sólidos, controle da poluição e de vetores compõem a infraestrutura de saneamento básico de uma cidade e a existência desses sistemas é essencial ao seu desenvolvimento sustentável (ROCHA, 2014).

Desse modo, pode afirmar que a urbanização acelerada, juntamente com a ausência de políticas de planejamento para ocupação e uso do solo, aliada a sistemas de drenagem insatisfatórios, pode ter como consequência o problema do alagamento e de enchentes que várias cidades brasileiras de médio e grande porte enfrentam, que muitas vezes são acompanhados de perdas econômicas, sociais e vitais (PORTO, 2006).

No que se refere a esta realidade de saneamento urbano, a prefeitura de Teresina, assim como em grandes cidades do Brasil, verificou a necessidade de quantificar e propor soluções para os problemas de drenagem da cidade. Para tal, em 2010 foi criado o Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina (PDDrU) a partir de um contrato firmado entre a Prefeitura Municipal de Teresina (PMT) por intermédio da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação (SEMPPLAN) e a Concremat Engenharia e Tecnologia S. A., e tem como objetivo criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionados com o escoamento das águas pluviais e dos rios na área urbana de Teresina (TERESINA, 2010).

Para a região em estudo, em 2008 iniciou-se a implantação da primeira fase do Programa Lagoas do Norte, que tem por objetivo prover melhorias nas condições de vida dos habitantes da região e atualmente encontra-se no início da implantação de sua segunda fase. Ao longo desses anos, já trouxe muitos benefícios aos residentes da região, destacando-se a contenção das enchentes recorrentes. Dentro da organização do projeto existe uma divisão dessa localidade em áreas de intervenção, totalizando quatro áreas, divididas com base na delimitação dos bairros e nos objetivos de cada fase do programa (TERESINA, 2014).

Na região das Lagoas do Norte existe uma série de lagoas, que funcionam como amortecedores da água proveniente da chuva, armazenando-a e reduzindo as constantes enchentes que havia no local. O principal problema que pode ser observado nessas lagoas é a intensa poluição decorrente da ocupação do entorno das mesmas, fazendo desses corpos hídricos áreas receptoras do lixo e dos esgotos lançados pela população (TERESINA, 2014).

Deste modo, o esgoto doméstico, destacado como principal fonte de poluição dos corpos hídricos em estudo, quando lançado in natura nos corpos d'água, ou seja, sem tratamento prévio, pode provocar sérios prejuízos à qualidade dessa água. Para Nuvolari (2011), além do aspecto visual desagradável, pode haver redução nos níveis de oxigênio dissolvido, causando prejuízos aos seres de vida aquática, além da exalação de gases malcheirosos e potencial contaminação de animais e seres humanos pelo consumo ou contato com a água poluída.

Para apresentar informações acerca da cobertura de rede de esgotos a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades divulga anualmente o “Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos”, com base em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Os dados dessa pesquisa para o ano de 2015 mostraram que no estado do Piauí somente 8,80% da população possuíam acesso à rede coletora de esgoto, deixando-o entre os cinco estados com piores índices de coleta de esgoto (BRASIL, 2017).

Já para a capital do estado, a cidade de Teresina, publicação do Instituto Trata Brasil, “Ranking do Saneamento” de 2017, a coloca como o oitavo município, dentre os 100 maiores municípios brasileiros em termos de população, com pior Índice de Atendimento Total de Esgoto, possuindo 19,96% do total de domicílios atendidos por rede de esgoto (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

Como consequência desse fato, a população faz uso de outras maneiras para dar destino final a esse esgoto doméstico, destacando-se o uso de sistema Fossa/Sumidouro e ainda podem ter parte desse efluente ligada direta e irregularmente à rede de drenagem da cidade. Para Jordão e Pessoa (2011) o uso de fossas sépticas, devido sua simplicidade, possui baixa eficiência na remoção de matéria orgânica e patógenos, necessitando, assim, de cuidados com a disposição de seus efluentes.

Além disso, áreas que possuem uma rede de esgotamento sanitário de abrangência insuficiente, geram um montante significativo de lançamento de esgotos a céu aberto, que são essas conexões clandestinas no sistema de drenagem de águas pluviais, acarretando grandes impactos nos corpos receptores, pois esse tipo de rede não tem como destino final um tratamento posterior e, na maioria dos casos, são ligados diretamente a corpos d'água naturais (JACOBI, 2002).

Para a efetivação deste estudo, teve-se como metodologia de produção da pesquisa, a realização de um estudo comparativo entre a qualidade da água das lagoas da Área 1 do programa Lagoas do Norte, onde já existe rede de esgotamento sanitário implantado, com a qualidade dos corpos hídricos das demais áreas, onde ainda não existe esgotamento sanitário. Este programa prevê, em suas futuras etapas, a implantação total da rede de coleta de esgoto para toda a região do Lagoas do Norte.

Para a realização dessa comparação, fez-se necessário o conhecimento das características físico-químicas e biológicas da água presente nessas lagoas, que refletem diretamente os problemas de saneamento da região, como deficiência de

infraestrutura de esgotamento sanitário (individual e coletiva) e a presença de ligações clandestinas das instalações sanitárias residenciais à rede de drenagem pluvial. Por terem ligação direta ou indireta com os rios que cortam a cidade, as águas drenadas nas lagoas devem atender a requisitos de qualidade mínimos estabelecidos pela legislação ambiental.

OBJETIVO GERAL

Analisar a influência que a presença ou ausência do esgotamento sanitário pode ocasionar na qualidade da água presente em corpos hídricos da região Lagoas do Norte, em Teresina, Piauí. Para tanto deve-se definir os pontos de coleta de amostras de água, para análise da contaminação do sistema Lagoas do Norte, coletar amostras de água nos pontos estabelecidos, realizar análises físico-químicas e biológicas das amostras coletadas e então avaliar os efeitos da implantação do sistema de esgotamento sanitário na recuperação de corpos hídricos degradados.

METODOLOGIA UTILIZADA

A análise do Programa Lagoas do Norte de Teresina (PI) trata-se de uma pesquisa do tipo “Estudo de caso” que, segundo Gil (2008, p. 58), “é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado”. Na pesquisa foi feito um estudo aprofundado acerca da qualidade da água nas lagoas presentes na região em estudo.

A pesquisa foi dividida em 4 partes principais: (1) Definição dos locais de coleta das amostras de água a serem analisadas; (2) Coleta das amostras; (3) Análises laboratoriais (físico-química e biológica) das amostras coletadas; e (4) Análise dos dados e de apresentação dos resultados obtidos.

ÁREA DE ESTUDO

Para uma parte da Região Norte da cidade, especificamente os bairros Acarape, Aeroporto, Alto Alegre, Itaperu, Mafrense, Matadouro, Mocambinho, Nova Brasília, Olarias, Parque Alvorada, Poti Velho, São Joaquim e Vila São Francisco, foi criado o Programa Lagoas do Norte. Este programa iniciou em 2008 e, até o presente momento, encontra-se em início de sua segunda fase de implantação, tendo como objetivo atender as demandas socioeconômicas da população que vive nessa região, como melhorias no saneamento básico, programas ambientais, melhorias habitacionais e desenvolvimento econômico e social. O programa tem como um dos seus objetivos a revitalização e proteção das lagoas existentes na região (TERESINA, 2014).

Essa região do programa Lagoas do Norte é dividida em 4 (quatro) áreas de intervenção, apresentadas na Figura 1, e é a partir dessa divisão que é feito o planejamento das etapas e dos objetivos do programa.

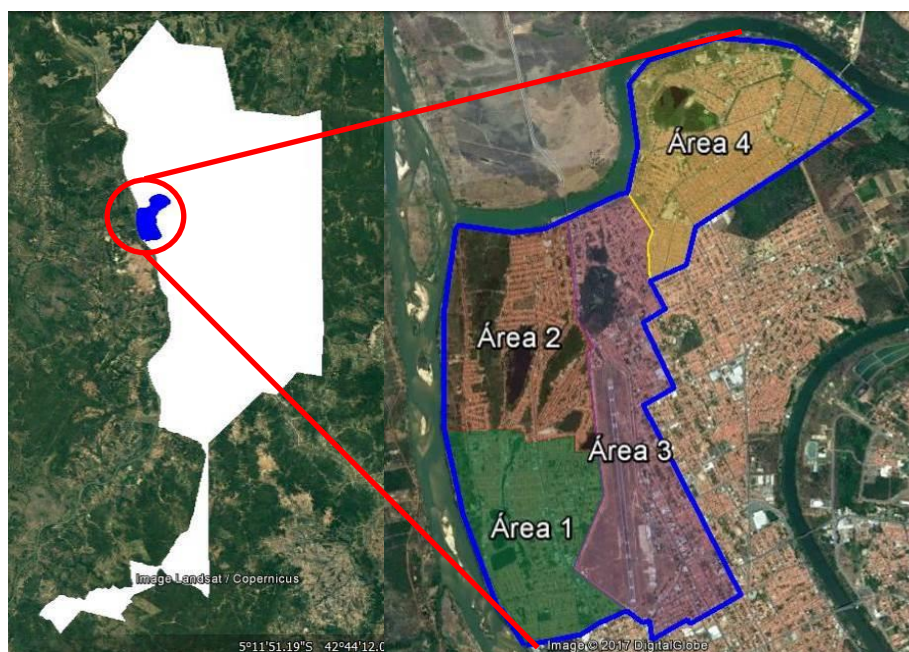


Figura 1 – Localização e divisão das Áreas de intervenção do Programa Lagoas do Norte.
Fonte: Adaptado de Teresina (2014).

Dentre as lagoas naturais e artificiais existentes na região, doze lagoas destacam-se pela extensão, perenidade e pela sua importância na drenagem da região. Esses corpos hídricos compõem um sistema natural de acumulação de água que recebe as águas de chuvas diretamente precipitadas sobre elas e as águas proveniente de um sistema de drenagem pluvial, composto de vias, canais e galerias, presente em toda a região. (TERESINA, 2010). As localizações dessas lagoas podem ser observadas na Figura 2.

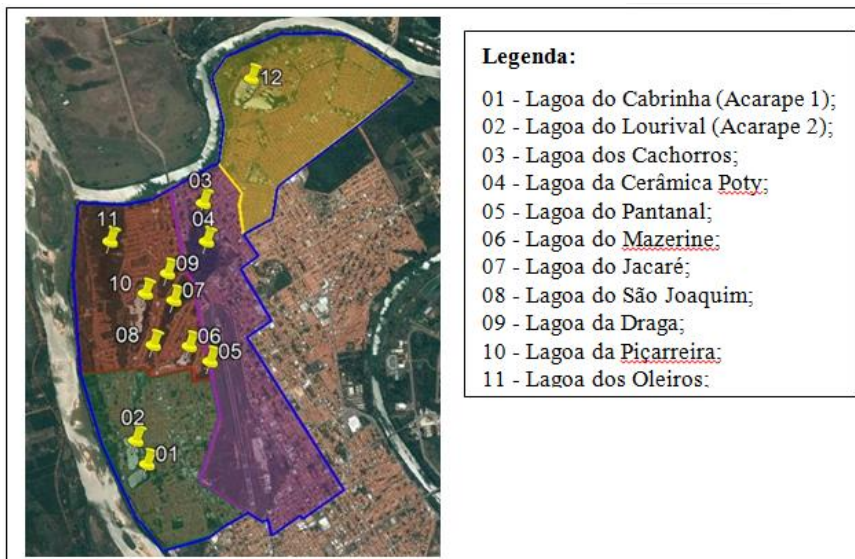


Figura 2 – Localização e identificação das principais lagoas da Região das Lagoas do Norte.

Fonte: Adaptado de Teresina (2014).

Na primeira fase do programa efetivou-se a revitalização de algumas lagoas existentes, além das ligações entre as lagoas, criando um eficiente sistema interligado de drenagem para a região. Estas lagoas seguem um caminho de escoamento fixo e existe dois sistemas de recalque: um na Lagoa dos Oleiros, que bombeia a água proveniente das regiões 1, 2 e 3 para o rio Parnaíba, e o outro na lagoa do Mocaminho, que recebe a drenagem de toda a área 4 e a bombeia para o rio Poti.

A identificação dos locais dessa região que apresentam rede coletora de esgoto realizou-se mediante pesquisa no Sistema de Informações Geográficas da Águas e Esgotos do Piauí S. A. (AGESPISA) – GeoAgespisa, que apresenta dados atualizados referentes à situação do saneamento do estado do Piauí, como rede de água, rede de esgoto e sistemas de abastecimento. Como pode ser visto na Figura 3, que mostra, em roxo, a rede coletora de esgoto existente, atualmente, na região.

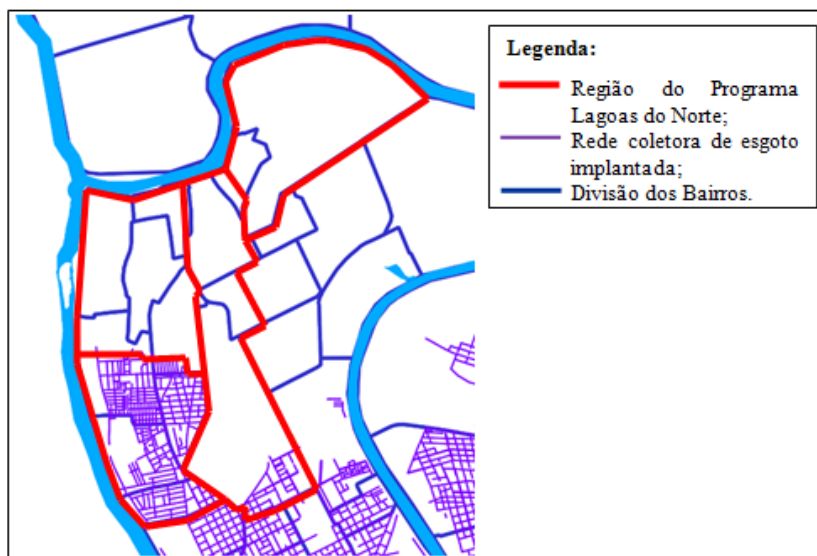


Figura 3 – Abrangência da Rede de Coletora de Esgoto na Região das Lagoas do Norte.

Fonte: Adaptado de AGESPISA (2017).

Diante disto é possível depreender que, até a data da coleta da informação, a área do Programa, apresentada como Área 1, possui cobertura total de rede coletora de esgoto, enquanto as demais áreas não são atendidas por esse tipo de sistema. (AGESPISA, 2017). É importante acrescentar que mesmo existindo rede coletora implantada, não se pode afirmar que essas residências já realizaram a retirada das fossas sépticas e a ligação com a rede de esgoto.

O estudo foi realizado nessa região que possui um histórico de grandes inundações, provocadas pela ocupação desordenada e pelo próprio relevo da região. Atualmente, esses problemas foram minimizados, pela realização das obras de interligação entre as lagoas existentes na região, criando um sistema eficiente de drenagem urbana (TERESINA, 2014).

Entretanto, devido a existência de habitações em locais inapropriados e por não existir rede coletora de esgoto, grande parte da população acaba por usar a rede de drenagem, como as sarjetas ou diretamente nas lagoas, para dar destino final aos efluentes domésticos produzidos, causando a contaminação desses corpos hídricos.

COLETAS E ANÁLISES DE AMOSTRAS

Para a compreensão do possível processo de contaminação das lagoas existentes na região Norte de Teresina, foram coletadas amostras de água em alguns pontos, escolhidos com base na sequência do escoamento, na possibilidade de acesso ao local e na existência ou não de rede coletora de esgoto. Para tanto, foram utilizados como base os dados apresentados nas figuras 2 e 3 anteriormente apresentadas.

As coletas das amostras de água para análise dos parâmetros de qualidade tiveram frequência mensal, com início no mês de agosto de 2017 e finalizaram no mês de novembro de 2017, totalizando 4 coletas. A primeira coleta foi realizada no dia 25 do mês de agosto e as coletas seguintes foram na primeira quinzena de cada mês subsequente, sendo realizadas no turno da manhã. A coleta foi realizada de acordo com as recomendações presentes no livro “*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2012), adotado no Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Com o auxílio de um balde com corda, foi retirada uma amostra da água de volume qualquer, imediatamente medindo-se a temperatura e o oxigênio dissolvido, por meio de um termômetro e de um oxímetro, respectivamente. Do volume retirado, foram coletadas três amostras: uma para análise biológica, uma para determinação do oxigênio dissolvido e outra para análise das características físico-químicas daquele corpo hídrico, para o qual foi devolvido o restante presente no recipiente. O procedimento foi feito em todos os pontos que foram escolhidos.

Para a análise bacteriológica (biológica), a amostra foi armazenada em um saco plástico esterilizado. Já para as análises físico-químicas, utilizam-se uma garrafa de plástico e um frasco de DBO, no qual o oxigênio dissolvido foi fixado com uso de sulfato de manganês e azida sódica para sua aferição em laboratório. Os sacos plásticos, as garrafas de plástico e os frascos de DBO foram identificados com a numeração dos pontos de coleta, devidamente armazenados e transportados para o Laboratório de Saneamento da UFPI, onde as análises laboratoriais foram realizadas pelo autor, com auxílio de servidor técnico responsável.

Após a coleta das amostras de água em laboratório, foi dado prosseguimento aos experimentos no Laboratório de Saneamento da UFPI. Os parâmetros a serem analisados estão listados na Tabela 1, juntamente com seu método analítico de ensaio, tendo como base a metodologia descrita no livro “*Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*” (APHA, 2012).

Os dados obtidos através dessas análises laboratoriais foram anotados em ficha elaborada pelo próprio autor e depois transcritos para planilha eletrônica, com uso do Microsoft Excel, permitindo a trabalhabilidade desses dados e escolha da melhor maneira de apresentá-los.

Foi feita uma análise dos dados com apresentação dos resultados usando Figuras, de maneira que os dados fossem dispostos em ordem cronológica e separados por ponto de coleta e por parâmetro analisado. E, a partir dos resultados dessa análise, foi feita a comparação entre os parâmetros de qualidade das amostras de água provenientes de região com rede coletora de esgoto e das regiões sem coleta do esgoto. Além disso, os resultados obtidos para cada parâmetro foram comparados com os limites da legislação ambiental, a Resolução CONAMA 357/2005, o enquadramento de um corpo hídrico em determinada classe é feito em função de suas características e de suas finalidades.

Tabela 1 – Parâmetros avaliados e seus respectivos métodos analíticos usados.

PARÂMETRO	MÉTODO ^(a)	UNIDADE
Oxigênio dissolvido (<i>in loco</i>)	Oxímetro	mg/L
Temperatura	2550	°C
Oxigênio dissolvido (<i>in loco</i> e Laboratório)	4500-O C	mg/L
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	5220 B	mg/L
Coliformes Totais	9223 B	NPM/100mL
Coliformes Fecais	9223 B	NPM/100mL
Turbidez	2130 B	NTU
Potencial de Hidrogênio (pH)	Aparelho Multiparâmetros	-
Condutividade Elétrica	Aparelho Multiparâmetros	µS/cm
Sólidos Totais	2540 B	mg/L
Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ B, adaptado	mg/L
Observações:		
^(a) Metodologia descrita por APHA (2012).		

RESULTADOS OBTIDOS

Nessa seção apresentam-se os resultados e análises obtidos durante a pesquisa, com o intuito de fundamentar as discussões a serem realizadas. Os assuntos discutidos foram divididos em tópicos com apresentação dos resultados e, posteriormente, sua respectiva análise.

Para compreender o possível processo de contaminação dessas bacias de detenção, as amostras de água que foram analisadas em laboratório foram coletadas nos pontos apresentados na Figura 4, feita com auxílio de software de geração de mapas bidimensionais, o Google Earth.

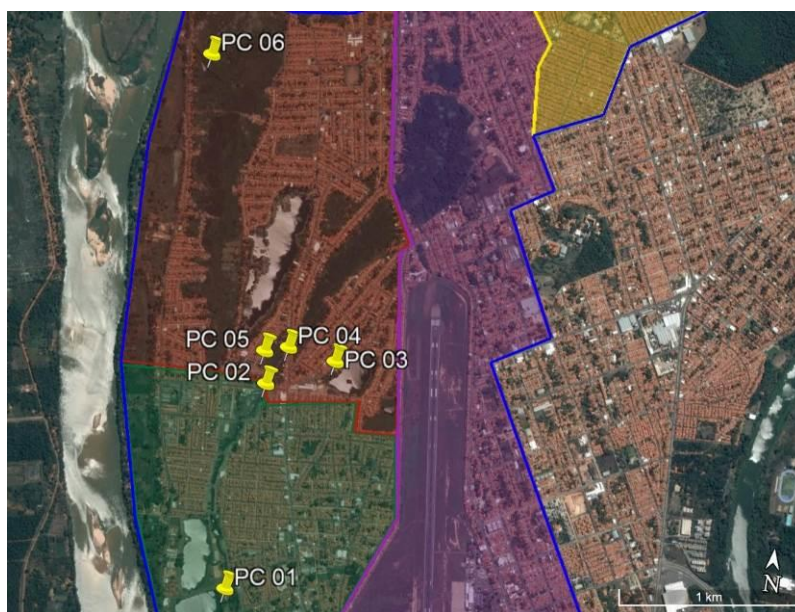


Figura 4 – Localização dos pontos de coleta.

A escolha desses pontos foi feita com base na sequência de escoamento, na possibilidade de acesso ao local e relevância para o estudo, priorizando a escolha dos locais de ligação entre as lagoas, observando a existência de infraestrutura de coleta de esgoto ou não para o aquele ponto. Dos seis pontos escolhidos, os pontos PC 01 e PC 02 localizam-se na região com rede coletora de esgoto, a Área 1 do programa; o ponto PC 03 localiza-se em uma região intermediária, recebendo a drenagem de parte da Área 1 e parte da Área 2 e 3, que ainda não possuem coleta de esgoto; e os pontos PC 04, PC 05 e PC 06 que só recebem contribuição direta da área com ausência desse tipo de rede.

O Ponto de Coleta (PC) 01 é o início do canal que liga a Lagoa do Cabrinha (Lagoa do Parque) e a Lagoa do São Joaquim; O PC 02 é o fim deste canal; O PC 03 é o exutório da Lagoa do Mazerine; O PC 04 localiza-se no exutório da Lagoa do Jacaré; O PC 05 é o ponto antes do canal de ligação entre a Lagoa do São Joaquim e a Lagoa dos Oleiros; E o PC 06 é o final do sistema de lagoas, a ligação entre a Lagoa dos Oleiros e o Rio Parnaíba que é feita por uma casa de bombas.

Com intuito de facilitar a compreensão da escolha e localização de cada ponto de coleta, a Figura 5 retrata a posição de cada um dos pontos dentro da sequência de escoamento da água nesse sistema de lagoas. Trata-se de uma adaptação da imagem do fluxograma das principais lagoas da região e a direção do escoamento, além de mostrar as interligações artificiais existentes entre elas com a adição da localização de cada um desses pontos.

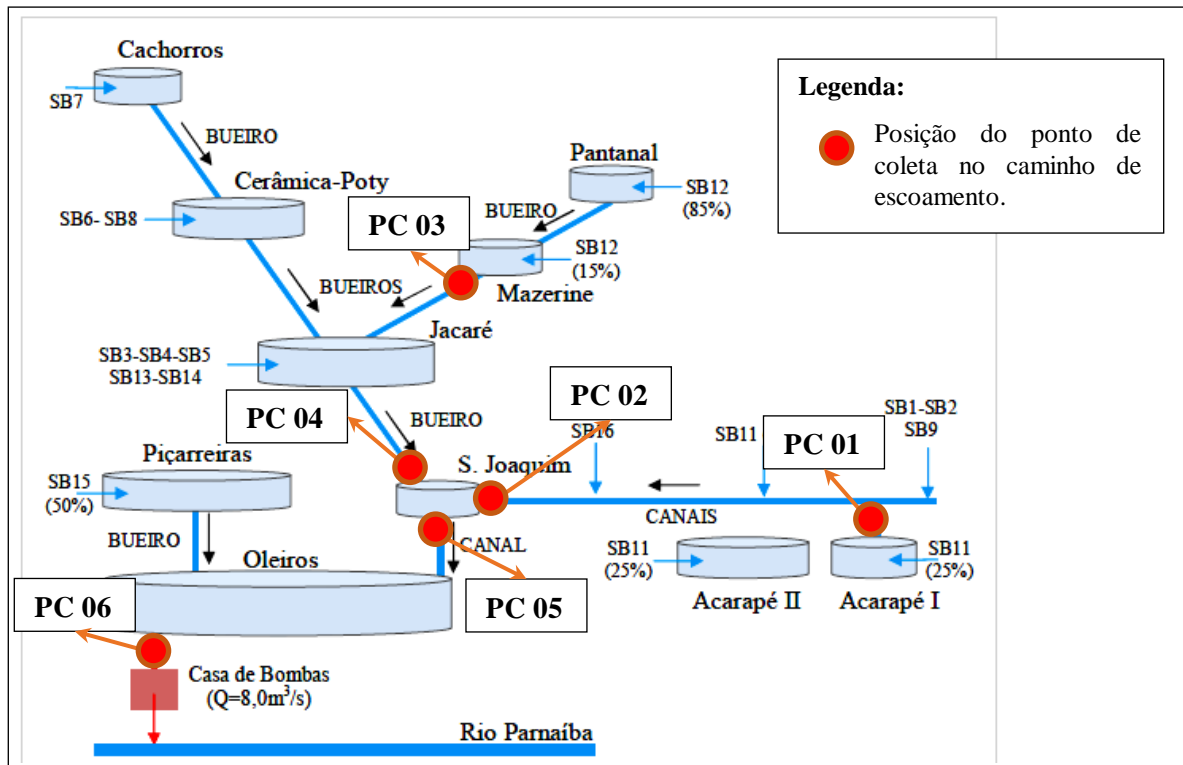


Figura 5 – Posição de cada ponto de coleta no fluxo de água do Lagoas do Norte.

A seguir, os pontos são caracterizados, com ênfase na localização, na importância para o estudo e nas constatações visuais percebidas durante o período de monitoramento.

PONTO DE COLETA 01 (PC 01)

O primeiro ponto localiza-se no Parque Lagoas do Norte, no bairro Matadouro, zona norte de Teresina – Piauí. As coletas foram realizadas no ponto de entrada do canal que liga a Lagoa do Cabrinha, à Lagoa do São Joaquim. Esse corpo hídrico situa-se na Área 1 do Programa Lagoas do Norte, onde já existe a rede coletora de esgoto implantada.

Este é o principal ponto para compreender a influência da existência de uma rede coletora implantada na qualidade da água de um corpo hídrico próximo, pois a maior parte das residências no entorno já tem acesso à rede de esgoto ou está em processo de retirada de fossas sépticas para ligação na rede existente.

O parque é sempre bem limpo, visualmente agradável e sem presença de lixo na lagoa e nas margens. Entretanto, observando as sarjetas nas regiões próximas ao local de coleta de amostras, constatou-se a formação de fluxos, mesmo durante a estiagem, com ausência de chuva no local. Isso decorre, possivelmente, da existência de efluentes domésticos de algumas residências ligados diretamente ao sistema de drenagem e acabam tendo como destino final a lagoa, sendo um indicativo de contribuições de cargas poluidoras na lagoa.

A Figura 6 ilustra a situação do ponto de coleta. Tanto o local quanto as amostras de água coletada não apresentaram variações visuais consideráveis no período de monitoramento.



Figura 6 – Aspectos visuais nas proximidades do ponto PC 01.

PONTO DE COLETA 02 (PC 02)

O ponto PC 02 localiza-se no final do canal existente nas lagoas da Área 1, que se trata de um canal de seção retangular variável. Esse ponto fica antes do canal em concreto que faz a ligação entre as lagoas do parque e a Lagoa do São Joaquim. O local da coleta da amostra localiza-se no bairro do São Joaquim, ao final da Área 1, próximo à Área 2, logo ainda se encontra na região com rede coletora de esgoto e é o exutório de toda as contribuições existentes naquela região, portanto, seria um ponto importante para comparar os valores obtidos com os valores do PC 01.

A escolha do ponto foi feita durante o período chuvoso, em junho, e, por conta das constantes chuvas, existia no local uma quantidade de água considerável, além de um fluxo de água no canal a jusante, demonstrando a interligação entre as duas lagoas. No mês de agosto, quando foi realizada a primeira coleta, a situação observada foi completamente diferente, com uma redução no nível de água do local e formação de um pequeno corpo hídrico isolado do resto do sistema.

Em observação às proximidades constatou-se a existência de um barramento em sacos de areia, que pode ser observado na Figura 7, para impedir a passagem da água, com vistas a possibilitar a realização de obra no local, a obra da Praça dos Orixás. Esse barramento manteve-se nas três primeiras coletas e durante a última observou-se que a represa havia sido removida, por conta do encerramento das obras no local.

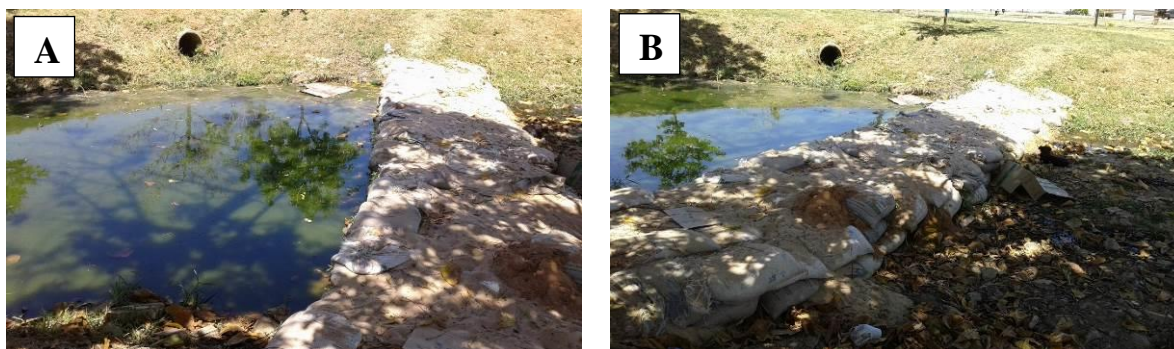


Figura 7 – Barramento localizado a montante do ponto de coleta.

As Figuras 8 e 9 mostram a mudança percebida no ponto de coleta nesses dois momentos, as Figuras 8A e 9A representam a situação do local nas 3 primeiras coletas e as fotos constantes nas Figuras 8B e 9B representam a última coleta, realizada no começo de novembro.



Figura 8 – Mudança ocorrida a montante do ponto PC 02 com a retirada do barramento.



Figura 9 – Situação do local de coleta das amostras antes e depois da retirada do barramento.

Com a presença do barramento o corpo hídrico formado não recebia contribuição direta do canal a montante, mas recebia efluentes provenientes de um escoamento nas sarjetas que apresentou vazão no período de monitoramento, possivelmente se trata de um acúmulo de contribuições de efluentes domésticos de residências próximas. A Figura 10 mostra a situação desse fluxo até chegar nas bocas-de-lobo que conduziam esse efluente até o canal. Na Figura 11, a imagem 11A mostra a desembocadura do efluente e a imagem 11B ilustra o caminho desse efluente até o corpo hídrico onde as coletas foram realizadas.



Figura 10 – Escoamento superficial que se se destina ao canal.



Figura 11 – Contribuição de esgoto no corpo hídrico analisado (PC 02).

Quanto às amostras coletadas no local, nas três primeiras coletas essas amostras apresentaram coloração esverdeada intensa, possivelmente proveniente da grande concentração de seres fotossintetizantes. Já na última coleta, a amostra apresentou uma coloração marrom, com aspecto de argila em suspensão. Estes fatores alteraram bastante os resultados das análises, sendo este o ponto que mais sofreu variação durante o período monitorado.

PONTO DE COLETA 03 (PC 03)

Localizado no exutório da Lagoa do Mazerine, no bairro Nova Brasília, próximo ao bueiro que faz a ligação desse corpo hídrico com a Lagoa do Jacaré durante o período chuvoso e de cheias. Trata-se de uma lagoa de grandes dimensões, e fica em ponto intermediário próximo ao limite da Área 1, portanto recebe contribuições de residências próximas que ainda não têm acesso à rede coletora de esgoto e também recebe drenagem de uma região com esgotamento sanitário.

Quanto ao entorno do local onde foram realizadas as coletas, observou-se a existência de residências localizadas às margens da lagoa e presença de lixo tanto nas margens quanto no interior da mesma, sendo estes fatores agravantes na qualidade da água desse corpo hídrico.

Durante o período das coletas houve uma redução do nível da água no local, porém isso não causou mudanças perceptíveis nas amostras de água coletada. A Figura 12 ilustra a situação do ponto de coleta: a Figura 12A mostra a entrada do bueiro, com baixo nível de água e presença de aguapés, que são retirados periodicamente; a Figura 12B retrata o local de coleta da amostra, onde se percebe a presença de sacos plásticos e outros resíduos sólidos.



Figura 12 – Aspectos visuais nas proximidades do ponto PC 03.

PONTO DE COLETA 04 (PC 04)

O Ponto PC 04 fica localizado no exutório da Lagoa do Jacaré, após o bueiro que interliga esta à Lagoa do São Joaquim. Ela apresentou, durante todo o período de monitoramento, fluxo de água pela interligação artificial nesse período, ou seja, o nível não diminuiu ao ponto daquele corpo hídrico ficar isolado do resto do sistema, como foi observado em outros pontos.

A Lagoa do Jacaré é uma das maiores lagoas da região e encontra-se a jusante de uma boa parte da Área 2 e 3, e recebe, em época de cheia, contribuições do sistema de drenagem de uma grande área com infraestrutura de saneamento deficiente, tendo como consequência uma baixa qualidade na água desse corpo hídrico.

Por se encontrar no centro da região urbanizada, possui muitas casas em sua Área de Preservação Permanente (APP), como nas margens, no entorno e em pontos temporariamente secos da lagoa. Essa ocupação irregular gera uma intensa poluição nesse corpo hídrico, com presença de muito lixo e de espuma, provenientes de águas cinzas produzidas nas residências próximas que são lançadas diretamente na lagoa.

Mesmo com o estado de poluição perceptível do local de coleta, constatou-se a presença de peixes de pequeno porte e de outros animais, como cágados. Quanto às amostras de água coletada, apresentaram forte odor e coloração acinzentada, características semelhantes a efluentes de esgoto doméstico. A Figura 13 ilustra a situação alarmante observada no ponto de coleta. A Figura 13A mostra o final da Lagoa do Jacaré, com muitas residências localizadas próximas à margem, e percebe-se a existência de muitos resíduos sólidos e espuma no curso desse córrego. E a Figura 13B retrata o local de coleta da amostra, logo após a saída do bueiro existente entre a Lagoa do Jacaré e a Lagoa do São Joaquim, onde se percebe a presença de vegetação densa próxima e muito lixo.



Figura 13 – Aspectos visuais nas proximidades do ponto PC 04.

PONTO DE COLETA 05 (PC 05)

Este ponto fica localizado no exutório da Lagoa do São Joaquim, bairro São Joaquim, no ponto antes do canal retangular ligando-a à Lagoa dos Oleiros, o destino final deste sistema de drenagem. Esse corpo hídrico possui ligação com o canal que recebe a água proveniente do parque, além de possuir ligação com a Lagoa do Jacaré, que recebe contribuição das demais lagoas presentes na Área 2 e 3.

Esse ponto, por estar a jusante de todo o sistema Lagoas das Áreas 1, 2 e 3, com exceção da Lagoa da Piçarreira, que deságua diretamente na Lagoa de Oleiros, apresenta um reflexo dos corpos hídricos que contribuem nesse ponto.

Durante a época de estiagem, não existe escoamento nessas ligações e a maior parte das lagoas fica isolada, sem fornecer contribuição para as subsequentes. Durante o período de monitoramento, o ponto PC 05 recebeu somente contribuição do efluente proveniente da Lagoa do Jacaré, o PC 04, apresentando características semelhantes ao constatado neste local, como o forte odor e cor acinzentada, com presença de lodo e muitos resíduos sólidos, como sacolas plásticas e embalagens.

A presença de residências nas margens da lagoa contribui ainda mais para a má qualidade da água ali presente. A Figura 14 ilustra a situação do ponto de coleta. A Figura 14A mostra a Lagoa do São Joaquim, que apresentou baixa lâmina de água durante o período monitorado, e observa-se a existência de lixo nas suas margens, além da existência de casas em seu entorno. E a Figura 14B retrata o local de coleta da amostra, na entrada do canal existente entre a Lagoa do São Joaquim e a Lagoa dos Oleiros, onde se constatou a presença de muitos resíduos sólidos, além de cágados.



Figura 14 – Aspectos visuais nas proximidades do ponto PC 05.

PONTO DE COLETA 06 (PC 06)

O último ponto localiza-se no final da Lagoa dos Oleiros, o final do sistema de Lagoas da região das Lagoas do Norte, antes da entrada no canal que se destina à casa de bombas. Este sistema de recalque é responsável por bombear a água presente na lagoa para o Rio Parnaíba, ajudando a minimizar os efeitos de enchentes na região.

A Lagoa dos Oleiros, no bairro Olarias, é a maior lagoa da região e é responsável por receber toda a drenagem das Áreas 1, 2 e 3 do Lagoas do Norte e, conseqüentemente, concentra todas as cargas poluidoras provenientes das outras lagoas. Portanto, é esperado um aumento ou a manutenção dos resultados obtidos nos pontos PC 04 e PC 05,

como também, devido a sua grande dimensão e possível grande tempo de detenção, poderia funcionar como um sistema de tratamento natural atenuando alguns parâmetros de qualidade.

Na parte interna da lagoa, observou-se a presença de aguapés, que são retirados com certa frequência, impedindo seu acúmulo. As residências próximas às suas margens acabam contribuindo com a poluição presente no seu entorno, como lançamento de lixo e de efluentes diretamente na lagoa. As condições observadas não tiveram variação perceptível ao longo da pesquisa.

Não houve variação significativa no nível da água presente na lagoa, não sendo necessário o uso das bombas, portanto houve pouca contribuição desse corpo hídrico no Rio Parnaíba durante os meses de estiagem em que foi realizado o monitoramento.

As imagens presentes na Figura 15 ilustram a situação do ponto de coleta. A Figura 15A mostra a montante do canal de acesso da Lagoa dos Oleiros à estação elevatória, onde se observa grande quantidade de aguapés. Enquanto a Figura 15B retrata o local de coleta da amostra, na entrada desse canal.



Figura 15 – Aspectos visuais nas proximidades do ponto PC 06.

COLETAS E ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE ÁGUA

O resumo dos resultados obtidos nas análises das amostras coletadas, é apresentado na Tabela 3 com ênfase nos valores médios, máximos, mínimos e o desvio padrão de cada ponto em relação aos parâmetros analisados.

Tabela 1 – Resumo dos resultados obtidos nas análises laboratoriais.

PARÂMETROS	VALORES	PC 01	PC 02	PC 03	PC 04	PC 05	PC 06
Temperatura (°C)	Média	30,75	31,38	31,50	30,00	30,25	30,75
	Máximo	34,00	33,50	35,00	33,00	34,00	32,00
	Mínimo	26,00	27,00	26,50	25,00	26,00	28,00
	Desvio Padrão	3,48	2,98	3,85	3,56	3,50	1,85
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Média	7,02	9,51	9,34	3,36	1,73	10,08
	Máximo	9,77	17,08	15,83	10,38	3,24	20,50
	Mínimo	4,38	2,68	4,35	0,58	1,01	2,07
	Desvio Padrão	2,52	6,26	4,92	4,70	1,03	7,68
DBO (mg/L)	Média	5,39	10,08	7,76	13,78	8,13	4,69
	Máximo	8,59	15,88	10,82	17,81	17,81	6,50
	Mínimo	1,20	1,15	4,10	11,72	2,77	0,78
	Desvio Padrão	3,08	6,33	2,81	2,80	6,81	2,64
Coliformes Totais (NPM/100mL)	Média	35480,88	43327,50	86550,00	1372266,67	1069600,00	167282,50
	Máximo	65700	74900	137600	1732900	1419600	397260
	Mínimo	10824	14980	46200	651000	719600	1720
	Desvio Padrão	22632,52	26797,69	39153,50	510012,55	294908,62	195249,49
Coliformes Fecais	Média	5250,70	4995,00	4675,00	256550,00	201162,50	155,07



PARÂMETROS	VALORES	PC 01	PC 02	PC 03	PC 04	PC 05	PC 06
(NPM/100mL)	Máximo	19900,00	16160,00	8600,00	509600,00	248000,00	161,00
	Mínimo	16,80	100,00	1500,00	71800,00	160700,00	148,42
	Desvio Padrão	9769,41	7557,55	2930,73	183029,42	36205,74	5,94
	Média	28,50	77,35	29,96	14,25	32,65	31,58
Turbidez (NTU)	Máximo	36,83	110,50	35,58	17,50	49,75	40,67
	Mínimo	20,42	59,33	22,17	9,50	23,17	19,92
	Desvio Padrão	6,89	23,59	6,04	3,42	11,84	9,05
	Média	8,82	7,71	8,58	7,35	7,41	8,23
pH	Máximo	9,20	8,98	9,04	7,45	7,47	8,94
	Mínimo	7,84	5,35	7,83	7,24	7,31	7,66
	Desvio Padrão	0,66	1,67	0,53	0,09	0,07	0,63
	Média	269,00	736,00	406,75	564,00	564,25	550,50
Condutividade Elétrica (µS/cm)	Máximo	299,00	1347,00	414,00	599,00	596,00	607,00
	Mínimo	245,00	499,00	389,00	531,00	528,00	501,00
	Desvio Padrão	24,71	408,49	11,98	31,06	31,71	45,38
	Média	246,67	660,00	300,00	373,33	353,33	386,67
Sólidos Totais (mg/L)	Máximo	460,00	980,00	360,00	480,00	560,00	480,00
	Mínimo	120,00	380,00	220,00	240,00	240,00	240,00
	Desvio Padrão	185,83	301,99	72,11	122,20	179,26	128,58
	Média	0,12	0,25	0,13	0,24	0,20	0,25
Nitrato (mg/L)	Máximo	0,12	0,35	0,23	0,36	0,24	0,28
	Mínimo	0,11	0,15	0,02	0,12	0,15	0,22
	Desvio Padrão	0,01	0,14	0,15	0,17	0,06	0,04
	Média	0,12	0,25	0,13	0,24	0,20	0,25

Analisando os dados presentes neste resumo, infere-se que os principais parâmetros de qualidade dos pontos PC 01 e PC 02 possuem valores mais baixos que o observado em outros pontos, condizentes com a situação de existência de rede coletora, entretanto apresentou valores acima do que é recomendado para considerar a boa qualidade de um corpo hídrico classe 2, de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005.

As amostras coletadas nos pontos PC 04 e PC 05 tiveram qualidade baixíssima, evidenciando a degradação observada no local e os problemas no saneamento da região. O ponto PC 03 apresentou valores intermediários para os parâmetros, resultado justificável pela sua localização entre as Áreas 1 e 2 do Programa Lagoas do Norte.

O ponto PC 06, mesmo a jusante de todas as lagoas do sistema e recebendo contribuição delas, apresentou boa qualidade das amostras para a maior parte dos parâmetros analisados, possivelmente por conta do funcionamento da lagoa como uma espécie de tratamento biológico para essa carga recebida.

Cada variável de qualidade de água analisada é apresentada a seguir, com seus devidos esclarecimentos.

TEMPERATURA

A temperatura variou de 25°C a 35°C nos 6 pontos de coleta, com valor médio de 30,8 °C, portanto dentro dos padrões da região em estudo. E o baixo valor de desvio padrão indica a pouca variação desse parâmetro no período observado.

OXIGÊNIO DISSOLVIDO

O uso do oxímetro mostrou-se bastante impreciso em relação ao método laboratorial, apresentando diferença de até 500% no valor encontrado, possivelmente por problemas na calibração do aparelho. Por conta disso, os resultados obtidos pelo oxímetro não foram utilizados como base para as discussões presentes neste trabalho.



Os valores médios de oxigênio dissolvido para a região com rede coletora de esgoto, pontos PC 01 e PC 02, apresentaram valores altos no período estudado, com valores médios de 7,02 e 9,51 mg/L, respectivamente. No ponto PC 01 os valores tiveram uma menor variação, observada pelo baixo desvio padrão. Já no PC 02 os valores variaram de 17,08 a 2,68 mg/L, sendo que essa grande variação, possivelmente, ocorreu devido à grande presença de algas e microalgas (amostra bastante esverdeada) observada nas primeiras coletas, e esse valor reduziu bastante após a liberação da represa criada para a realização da obra da Praça dos Orixás.

O ponto PC 03 apresentou resultados semelhantes ao ponto PC 01, com altos valores de oxigênio dissolvido na maioria das coletas durante o período de estudo.

Os pontos PC 04 e PC 05 apresentaram os menores valores de oxigênio dissolvido durante o período das coletas, consequência da alta poluição desses corpos hídricos pelas próprias residências existentes no entorno.

O PC 06 teve a maior variação no período de monitoramento, com valores variando de 20,50 mg/L a 2,07 mg/L, mas seu valor médio foi o maior observado entre os pontos de coleta com 10,08 mg/L. Essa redução observada na última coleta se deu, possivelmente, pelo rápido aumento de matéria orgânica entre as últimas coletas.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO)

Este parâmetro apresentou os resultados mais dispersos. Quanto menor o valor da DBO observada no corpo hídrico, menor é a matéria orgânica presente no corpo, indicando que o corpo d'água tem pouca contribuição de cargas orgânicas, e, consequentemente, melhor sua qualidade.

Os pontos que apresentaram menores valores médios de DBO foram o PC 01 e PC 06, com 5,39 e 4,69 mg/L, respectivamente. Os pontos que apresentaram maiores valores para esse parâmetro foram os pontos PC 02 e o PC 04, mostrando a alta presença de material biológico nesses corpos hídricos.

No caso do segundo ponto, possivelmente, esse alto valor observado nas primeiras coletas se deu pela presença de seres fotossintetizantes na água, sólidos suspensos e a pela matéria orgânica, sólidos dissolvidos, provenientes do escoamento nas sarjetas que se destinavam ao corpo hídrico. Entretanto, na última coleta, após a retirada do represamento existente, o valor de DBO observado foi muito baixo, possivelmente decorrente da digestão da matéria orgânica presente no canal durante o período de represamento e esse corpo hídrico ainda não havia recuperado suas características naturais. O baixo valor de oxigênio dissolvido observado na última coleta também reforça essa hipótese, pois essa degradação usa o oxigênio presente na água no processo de digestão aeróbia.

O quarto ponto teve alto valor de DBO devido a carga orgânica proveniente de grande quantidade de esgotos domésticos despejados diretamente nesse corpo hídrico.

O PC 05, o ponto a jusante do quarto ponto, apresentou resultados diferentes dos valores observados a montante, com DBO bem abaixo do esperado para um ponto que recebe alta carga poluidora, possivelmente causado pela decomposição da matéria orgânica dentro da própria lagoa, com a observação da presença de lodo.

O último ponto, que apresentou menor média de DBO no período de monitoramento, teve uma grande variação desse parâmetro nas últimas coletas, indo de 0,78 mg/L para 6,50 mg/L, ocasionada, possivelmente, por um aumento na contribuição orgânica a montante dessa lagoa.

COLIFORMES TOTAIS E FECAIS

Quanto aos dados de Coliformes Totais obtidos, observou-se que os menores valores médios foram nos pontos PC 01 e PC 02, além de apresentarem os menores valores de desvio padrão, mostrando que os valores tiveram pouca variação no período observado. Entretanto os valores encontrados são bastante elevados, da ordem de 35 mil bactérias no ponto PC 01, enquanto os pontos PC 04 e PC 05 tiveram os maiores valores no período estudado, da ordem de 1,3 milhões de bactérias no ponto com maior média (PC 04).

Os valores obtidos de Coliformes Termotolerantes, no período de monitoramento, apresentaram muita variação para a maioria dos pontos estudados. O PC 01 teve um valor muito alto no mês de agosto, possivelmente decorrente de problemas pontuais, visto que os meses subsequentes tiveram valores abaixo de 600 bactérias por amostra de 100mL, destacando-se frente aos outros pontos.



O PC 06 teve quantidades baixíssimas dessas bactérias, observando menos de 200 coliformes fecais por amostra de 100mL durante todo o período de monitoramento, apresentando o melhor resultado entre os pontos analisados, possivelmente por conta do possível funcionamento dessa lagoa como tratamento biológico.

O segundo ponto deve ser analisado frente ao que foi observado in loco, nas 3 primeiras coletas, quando a água do canal estava barrada e a única fonte de água visível era proveniente de escoamento em sarjetas próximas. A quantidade de coliformes fecais encontrada naquele local foi alta. Na última coleta, após a retirada do barramento, o ensaio apresentou uma grande redução no valor obtido, com 100 bactérias na amostra de 100mL, um valor muito baixo em comparação com a média dos meses anteriores, na ordem de 6,6 mil coliformes fecais na amostra de 100mL.

O ponto PC 03 apresentou valores semelhantes ao ponto PC 02 antes da retirada do represamento, com média de 4,6 mil coliformes fecais na amostra de 100mL e com pouca variação durante o período de monitoramento, indo de 8600 NMP/100mL no mês de agosto para 1500 NMP/100mL no último mês de coleta.

Os pontos PC 04 e PC 05 apresentaram resultados alarmantes com médias situadas acima de 200 mil coliformes fecais na amostra de 100mL, com valor máximo de 509 mil bactérias no ponto PC 04, evidenciando os problemas ocasionados pela intensa ocupação humana nos entornos dessas lagoas, destinando seus resíduos e efluentes domésticos diretamente nesses corpos hídricos.

TURBIDEZ

Os resultados obtidos para este parâmetro apontaram para o ponto PC 02 com maiores valores de turbidez, variando de 110,50 NTU a 59,33 NTU, enquanto os outros pontos tiveram valores de turbidez abaixo de 50 NTU. Para esse ponto, o alto valor observado nas 3 primeiras coletas foi decorrente da presença de sólidos dissolvidos e microalgas, e na última, após a remoção da represa, esse valor de turbidez foi decorrente da presença de sólidos em suspensão (amostra barrenta).

POTENCIAL DE HIDROGÊNIO (PH)

Em geral, os valores obtidos demonstraram alcalinidade nos corpos hídricos analisados, com pouca variação de resultados ao longo do tempo e valores médios variando de 7,35, no ponto PC 04, a 8,82, no ponto PC 01.

É importante acrescentar que o primeiro ponto teve maiores registros de pH, com os três últimos meses apresentando valores superiores a 9. Possivelmente, esses valores estão relacionados à presença de amônia (NH₃) no corpo hídrico, parâmetro que tem relação com a alcalinidade da água.

E o ponto PC 02 apresentou o único valor de pH ácido durante o período de análises. Na última coleta apresentou o pH de 5,35, possivelmente pelo acúmulo de ácidos provenientes da decomposição anaeróbia da matéria orgânica durante o período de represamento, ou da dissolução do gás carbônico produzido na decomposição aeróbia neste período.

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

As menores médias foram observadas nos pontos PC 01 e PC 03, com valores abaixo de 500 µS/cm. Destaque para o ponto PC 02, que na última coleta apresentou valor superior de 1300 µS/cm, resultado acima do dobro do que foi observado nas três coletas anteriores, possivelmente pela presença de sólidos inorgânicos em suspensão na amostra do mês de novembro.

SÓLIDOS TOTAIS

Os valores apresentaram um comportamento semelhante entre os pontos de coleta, com exceção da última coleta, na qual o PC 02 apresentou um valor muito acima da média observada anteriormente, resultado decorrente da alta concentração de material em suspensão.

NITRATO

Os menores valores médios foram identificados nos pontos PC 01 e PC 03, com 0,12 mg/L e 0,13 mg/L, e as maiores médias foram nos pontos PC 02 e PC 06, ambas com 0,25 mg/L. Todos os pontos apresentaram baixas concentrações de nitrato, com menos de 0,4 mg/L, apenas 4% do limite de 10 mg/L, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para águas doces. (BRASIL, 2005)

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Tendo estes limites como base para a análise, apenas o ponto PC 06 apresentou seus resultados médios dentro do estabelecido para o enquadramento na classe 2, enquanto nenhum outro ponto teve resultados nesses limites, principalmente por conta dos parâmetros de DBO e coliformes fecais que foram superiores aos limites na maior parte das amostras coletadas, demonstrando que os corpos hídricos analisados não possuíam condições satisfatórias de qualidade de água.

Para a região com rede coletora de esgoto, os pontos PC 01 e PC 02, esses resultados devem-se ao acúmulo de carga poluidora, decorrente do isolamento desses corpos hídricos em relação ao sistema, como também pelos efluentes domésticos, provenientes de residências próximas à lagoa e ao canal que, ainda, não realizaram a ligação com a rede coletora de esgoto.

Para os demais pontos, a presença de domicílios nas Áreas de Preservação Permanente (APP), como as margens, o entorno e os pontos temporariamente secos dessas lagoas, foi um fator preponderante na má qualidade das mesmas, pois, mesmo se a residência possuir fossas sépticas, as águas cinzas e os efluentes do sumidouro acabam sendo carreados a esses corpos hídricos.

Realizando uma análise comparativa entre os resultados obtidos para cada um dos pontos, têm-se que o ponto PC 01 apresentou um dos melhores resultados para a maioria dos parâmetros.

O ponto PC 02 também apresentou bons resultados para alguns dos principais parâmetros, como coliformes totais e fecais, oxigênio dissolvido e pH, em relação aos outros pontos. Entretanto apresentou valores altos em outros parâmetros, com destaque para DBO, turbidez, sólidos totais e nitrato, que apresentou alguns dos maiores valores observados nessas características, além de se observar uma grande variação entre as primeiras 3 coletas e a última, por conta da existência de um barramento da água a montante do ponto.

Durante as primeiras coletas, esse ponto apresentou altos valores de coliformes fecais, de DBO, de turbidez e de sólidos totais, possivelmente, devido à grande concentração de matéria orgânica proveniente da contribuição de um fluxo líquido nesse corpo hídrico e da proliferação de seres fotossintetizantes. A análise da clorofila A e de sólidos suspensos poderia elucidar essa hipótese.

Após a retirada da barragem nesse ponto, ocorreu uma mudança extrema de alguns parâmetros, como o oxigênio dissolvido, que reduziu para menos de 25% da média das três primeiras coletas, possivelmente devido ao tempo que ficou represado, sendo consumido na digestão da matéria orgânica presente no canal, e no período da realização da coleta o corpo hídrico ainda não havia realizado a autodepuração. Além disso, a DBO nesse ponto reduziu muito, passando de valores maiores que 10 mg/L para 1,15 mg/L, e os coliformes fecais nesse ponto mudaram de valores maiores que 3000 NMP/100mL para 100 NMP/100mL, reforçando a teoria de que a matéria orgânica havia sido previamente consumida enquanto o canal estava represado.

O ponto PC 03 apresentou características semelhantes ao PC 01, pois apresentou bons resultados comparado aos demais pontos, para a maior parte dos parâmetros analisados, com destaque para a média de coliformes fecais, que foi a segunda melhor, atrás apenas do ponto PC 06. Por se tratar de um ponto intermediário entre a área com e sem a presença de rede coletora de esgoto, era esperado que este ponto tivesse resultados condizentes com essa situação, e os principais problemas observados neste ponto podem ser resultado da ocupação dos entornos da lagoa e de contribuições de esgotos domésticos a esta lagoa.

O ponto PC 04 e PC 05 foram os pontos com amostras de pior qualidade, apresentando baixo oxigênio dissolvido, alta DBO e os maiores valores de coliformes totais e fecais observados durante a pesquisa, com valores acima de 1 milhão de coliformes totais em 100mL de amostra e mais de 200 mil coliformes fecais em 100mL, tendo em vista que os outros pontos não obtiveram mais de 20 mil coliformes fecais no período analisado, o que evidencia a péssima qualidade desses corpos hídricos frente aos outros pontos analisados. Isso se deve à precariedade do saneamento das residências próximas, que acabam destinando seus resíduos sólidos e esgotos diretamente para essas lagoas.

O PC 06 foi o ponto em que se observou os melhores valores para a maior parte dos parâmetros analisados, com destaque para a DBO, cuja a média ficou abaixo de 5, e para os valores de coliformes fecais, que permaneceram sempre abaixo de 200 NMP/100mL. Esses bons resultados nas análises possivelmente se devem ao elevado Tempo de Detenção Hidráulico (TDH) dessa lagoa, ou seja, a água leva muito tempo para ir de montante a jusante nesse

corpo hídrico, possibilitando que a mesma funcione como uma espécie de tratamento natural para esses aspectos físico-químicos e biológicos, atenuando as alterações causadas pelas cargas poluidoras a montante da lagoa.

Deste modo, infere-se que, dentre os pontos analisados, aqueles que apresentaram melhor qualidade foram os pontos PC 06, PC 01, PC 03 e PC 02, enquanto os pontos PC 04 e PC 05 apresentaram resultados muito inferiores aos outros analisados. E todos esses corpos hídricos apresentam resultados fora dos padrões estabelecidos pela norma vigente.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

Diante do exposto, é importante afirmar que a realização deste estudo permitiu-se concluir que o monitoramento da qualidade da água de alguns pontos do sistema de macrodrenagem da Região das Lagoas do Norte, em Teresina-PI, realizado entre agosto de 2017 e novembro de 2017, indicou que a maior parte das amostras de água analisadas nos seis pontos de coleta não apresentaram qualidade satisfatória frente à legislação ambiental, não obtendo resultados dentro dos limites de enquadramento da classe 2 de águas doces, de acordo com a resolução 357/2005 do CONAMA.

Os principais problemas observados nesses pontos são a existência de efluentes domésticos no sistema de drenagem, ocasionados pela falta de uma rede coletora de esgoto ou pela ausência da ligação entre a residência e a rede existente, além da presença de residências nas Áreas de Preservação Permanente dessas lagoas, que resulta no lançamento de esgoto e de resíduos sólidos diretamente nesses corpos hídricos.

É importante destacar que todos os corpos hídricos monitorados apresentam diferentes dimensões e, portanto, diferentes características físicas, como tempo de detenção e valores de vazão. E esses parâmetros são importantes na análise da contribuição que pode ocorrer entre as lagoas. Trabalhos posteriores podem analisar esses aspectos hidráulicos para o cálculo da carga poluidora desses corpos hídricos, possibilitado uma melhor quantificação do fluxo de poluentes dentro desse sistema de drenagem pluvial.

Para a minimização dos problemas constatados é necessária a implementação de medidas corretivas, como implantação de rede coletora em toda a região e a devida ligação das casas nessa rede, bem como a realocação da população residente em áreas inapropriadas. O Programa Lagoas do Norte, em seus objetivos para etapas futuras, prevê a implantação total de rede de esgoto para a região, bem como o reassentamento da população presente em locais de risco, além da limpeza e revitalização das lagoas. Estas ações propostas podem resultar em uma melhoria na qualidade desses corpos hídricos e, acima de tudo, em uma melhora na qualidade de vida da população dessa região, minimizando doenças causadas pela proximidade a esses corpos hídricos, além de tornar o ambiente mais agradável para os residentes.

Neste sentido, destaca-se a relevância deste estudo sobre corpos hídricos presentes na região dos Lagoas do Norte cujo objetivo foi analisar os efeitos da presença e da ausência da rede coletora de esgoto na para a qualidade da água dos mesmos. Essa pesquisa é importante para se entender que investimentos voltados para o saneamento básico podem resultar em uma melhoria na qualidade de vida da população de uma região, e no ambiente, além de oportunizar outras pesquisas neste espaço investigado diante da necessidade de maiores aprofundamentos e estudos de outras áreas nessa região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGESPISA. Águas e Esgotos do Piauí S.A. GeoAgespisa. Disponível em: <https://geo.agespisa.com.br/cidades/map_default.phtml>. Acesso em: 04 jun. 2017.
2. APHA - *American Public Health Association. Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 22. ed. Washington: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2012. 1496p.
3. BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2015. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2017. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015>>. Acesso em: 03 jun. 2017.
4. GIL, Antonio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.



5. INSTITUTO TRATA BRASIL. Ranking do Saneamento das 100 Maiores Cidades - 2017. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 17 mai. 2017.
6. JACOBI, Pedro Roberto. O Brasil depois da Rio+10. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n. 15, p. 19-29. 2002. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/publicacoes/RDG/RDG_15/19-29.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2017.
7. JORDÃO, Eduardo P.; PESSÔA, Constantino A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011. 969 p.
8. NUVOLARI, Ariovaldo (Coord.). Esgoto Sanitário: coleta, transportes, tratamento e reúso agrícola. 2 ed. rev. São Paulo: Blucher, 2011.
9. PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica Básica. 4. ed. rev. São Carlos: EESC-UPS, 2006
10. ROCHA, Cáren Izabel Oliveira. Plano diretor de drenagem urbana em cidades planejadas: premissa de zoneamento baseado no risco de contaminação da água subterrânea. 2014. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-26122014-170119/pt-br.php>>. Acesso em: 18 mai. 2017.
11. TERESINA. Prefeitura Municipal de Teresina. Plano Diretor de Drenagem Urbana de Teresina. Teresina: Prefeitura de Teresina, 2010.
12. _____. Prefeitura Municipal de Teresina. Secretaria de Planejamento e Coordenação. Programa de Melhoria da Qualidade de Vida e da Governança Municipal de Teresina: Relatório de Avaliação Ambiental e Social - RAAS. Teresina, 2014. Disponível em: <<http://semplan.teresina.pi.gov.br/wp-content/uploads/2016/01/RAAS-VERS%C3%83O-FINAL-18nov2014.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2017.