



Capítulo XV

**INTERFERÊNCIA DE EFLUENTE DE UMA ESTAÇÃO
DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA QUALIDADE DA
ÁGUA DA LAGOA NATURAL DO MUNICÍPIO DE
LAGOA NOVA-RN**

Clara Yasmim de Souza Lucena
Maria Cristina Crispim
Gheizon Raunny Silva
José Kaio da Silva de Freitas



INTERFERÊNCIA DE EFLUENTE DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO NA QUALIDADE DA ÁGUA DA LAGOA NATURAL DO MUNICÍPIO DE LAGOA NOVA-RN

Clara Yasmim de Souza Lucena¹ | Maria Cristina Crispim² | Gheizon Raunny Silva³ | José Kaio da Silva de Freitas⁴

¹ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente E-mail yasmimlucena3geo@gmail.com

² Professora do Departamento de Sistemática e Ecologia E-mail ccrispim@hotmail.com

³ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente E-mail gheizon14@hotmail.com

⁴ Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente E-mail freitas.eamb@gmail.com

RESUMO: Os impactos humanos alteram a qualidade ambiental, principalmente os recursos hídricos, levando-os à sua degradação. Quando episódios de mortandade de peixe ocorrem demonstra que os ambientes ultrapassaram toda a capacidade de depurar a água. Resolver esta situação é indispensável, principalmente em regiões do semiárido, em que este recurso é escasso. O município de Lagoa Nova – RN encontra-se inserido no polígono das secas e no domínio da bacia hidrográfica Piancó Piranhas-Açu. A lagoa natural que dá nome ao município encontra-se em avançado processo de eutrofização, em decorrência das atividades antrópicas no entorno, principalmente o lançamento indevido de efluentes da Estação de Tratamento de Esgotos – ETE do município. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi diagnosticar a qualidade ambiental da lagoa e analisar os impactos provenientes do efluente que sai da ETE. As análises realizadas no período de estiagem e no período chuvoso revelaram baixos valores de oxigênio dissolvido, o que tem provocado episódios de mortandade de peixes. Além disso, a lagoa apresenta cerca de 15 vezes mais condutividade elétrica que a água do efluente da ETE. Os valores de SDT – Sólidos Totais Dissolvidos encontrados na lagoa também foram bastante elevados, quase 20 vezes mais elevados que os observados na ETE. Isso em decorrência do acúmulo de matéria orgânica ao longo dos anos e da baixa capacidade de depuração do ambiente lêntico. Propostas são apresentadas para melhorar o desempenho da estação de tratamento de esgotos do município, no que se refere à remoção de poluentes, para que o sistema receptor (neste caso a lagoa) possa ser mais facilmente recuperado acompanhada de técnicas de biotratamento, a fim de que mesma possa vir a ser novamente utilizada para usos múltiplos.

Palavras-chave: Semiárido; Efluentes; Biotratamento.

INTERFERENCE OF EFFLUENT FROM A SEWAGE TREATMENT STATION ON THE WATER QUALITY OF THE NATURAL LAGOON IN THE MUNICIPALITY OF LAGOA NOVA-RN

ABSTRACT: Human impacts alter environmental quality, especially water resources, leading to their degradation. How many episodes of fish kills occur demonstrates that the environments have exceeded all capacity to purify the water. Solve this situation is essential, especially in semi-arid regions, where this resource is scarce. The municipality of Lagoa Nova – RN is located in the Brazilian dry polygon and in the domain of the Piancó Piranhas-Açu watershed. The natural lagoon, that gives its name to the municipality, is in an advanced process of eutrophication, as a result of human activities in the surroundings, especially the undue release of effluents from the municipality's – Waste water treatment plant WWT. In this context, the objective of this study was to assess the environmental quality of the lagoon and analyze the impacts from the effluent that leaves the ETE. The analyzes carried out in the dry and in the rainy seasons revealed low values of dissolved oxygen, which has caused episodes of fish mortality. In addition, the lagoon has about 15 times more electrical conductivity than the water from the ETE effluent. The values of TDS – Total Dissolved Solids found in the lagoon were also quite higher, almost 20 times than those observed in the ETE. This is due to the accumulation of organic matter over the years and the low purification capacity of the lentic environment. Proposals are presented to improve the performance of the municipal sewage treatment plant, with regard to the removal of pollutants, so that the receiving system (in this case the lagoon) can be more easily recovered accompanied by biotreatment techniques, in order to that it can be used again for multiple uses.

Keywords: Semiarid; Effluents; Biotreatment.

INTRODUÇÃO

O Estado do Rio Grande do Norte – RN tem 91% de sua área inserida no polígono das secas (BRASÍLIA, 2005), com índices pluviométricos anuais inferiores a 800 mm em média e distribuídos de forma irregular no tempo e no espaço, com a concentração das chuvas entre os meses de janeiro a maio (VALADÃO *et al.*, 2010; LUCENA *et al.*, 2018).

As médias térmicas anuais são elevadas e relativamente constantes, variando entre 26°C e 27°C, o que junto com as altas taxas de insolação, gera elevados valores de evaporação e evapotranspiração potencial (LUCENA *et al.*, 2018). Essas condições climáticas contribuem para a presença de rios intermitentes e sazonais na região, além de favorecer o balanço hídrico negativo em grande parte do ano (LIMA *et al.*, 2011; AB’SÁBER, 1974; APRÍGIO *et al.*, 2019).

Com o problema da carência hídrica, torna-se fundamental reduzir o consumo de água, utilizá-la racionalmente, priorizando formas sustentáveis para o seu reaproveitamento, assim como aproveitar ao máximo a água presente, garantindo a sua qualidade, mesmo em ambientes naturais, principalmente em regiões semiáridas. Medidas comumente executadas são a construção de açudes e barragens para o armazenamento de água no semiárido brasileiro (MALVEZZI, 2020). A qualidade e a quantidade dos corpos de água existentes nessa região são diretamente influenciadas pelo forte impacto provocado pelo clima e pela precipitação pluviométrica nestes ecossistemas aquáticos. Além dos eventos naturais, ações de origem antrópica também contribuem significativamente para o desencadeamento do processo de eutrofização dos corpos de água (BARROS, 2013).

A eutrofização é um fenômeno que pode ocorrer de forma natural, em decorrência da entrada de nutrientes nos corpos de água provenientes das matas e florestas, como pode ser potencializada pelos impactos humanos, que ao lançar efluentes ricos em matéria orgânica como esgotos ou pela entrada de nutrientes provenientes da agropecuária. Isso leva a uma proliferação excessiva de organismos fitoplanctônicos, como as algas e cianobactérias potencialmente produtoras de cianotoxinas, além de poder ocasionar a redução de oxigênio dissolvido e conseqüentemente a morte de peixes (ARRUDA, 2015; CETESB, 2013), que tem sido observado na lagoa de Lagoa Nova.

Frequentes florescimentos de cianobactérias são uma das consequências mais graves da eutrofização visto que elas podem representar um sério risco para a biota aquática e para a saúde da população, em razão da capacidade destes organismos produzirem potentes toxinas (TUNDISI & TUNDISI, 2008).

Um dos tratamentos de esgotos mais amplamente utilizados no Brasil são as lagoas de estabilização (SOUZA, 2015), pouco eficientes na remoção de nutrientes.

Os tratamentos de efluentes utilizados no Brasil são geralmente compostos de processos primários e secundários aplicados ao esgoto urbano para uma posterior disposição final nos sistemas hídricos (BARROS *et al.*, 1995 *apud* COSTA & FARIAS, 2020). A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (2017) realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, mostrou que os processos de tratamento biológico mais utilizados no Brasil foram a lagoa facultativa, observada em 817 Municípios, e o reator anaeróbio, em 784. Segundo dados da pesquisa de SEIBERT (2016) o sistema de tratamento de esgoto composto por reator UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanketed e lagoa de alta taxa mostra-se ineficiente na remoção de nutrientes (nitrogênio e fósforo).

Assim o estudo objetivou apresentar um diagnóstico da qualidade ambiental de lagoa natural do município de Lagoa Nova-RN, tendo em vista também a necessidade de conhecer a qualidade dos ecossistemas aquáticos, preconizado pelo ODS 14 – vida na água e do ODS 6 – água e saneamento, avaliar o impacto da descarga de efluentes da ETE à mesma e apresentar propostas de mitigação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em uma região do semiárido brasileiro, no município de Lagoa Nova, Estado do Rio Grande do Norte (Figura 1). A vegetação do município é basicamente composta pelas florestas estacionais semidecíduais, classificadas anteriormente como florestas subcaducifólias, vegetação encontrada em geral em áreas de transição entre a zona úmida costeira e o ambiente semiárido, ocupando as partes mais elevadas dos conhecidos “brejos de altitude” (CPRM/PRODEEM, 2005.)

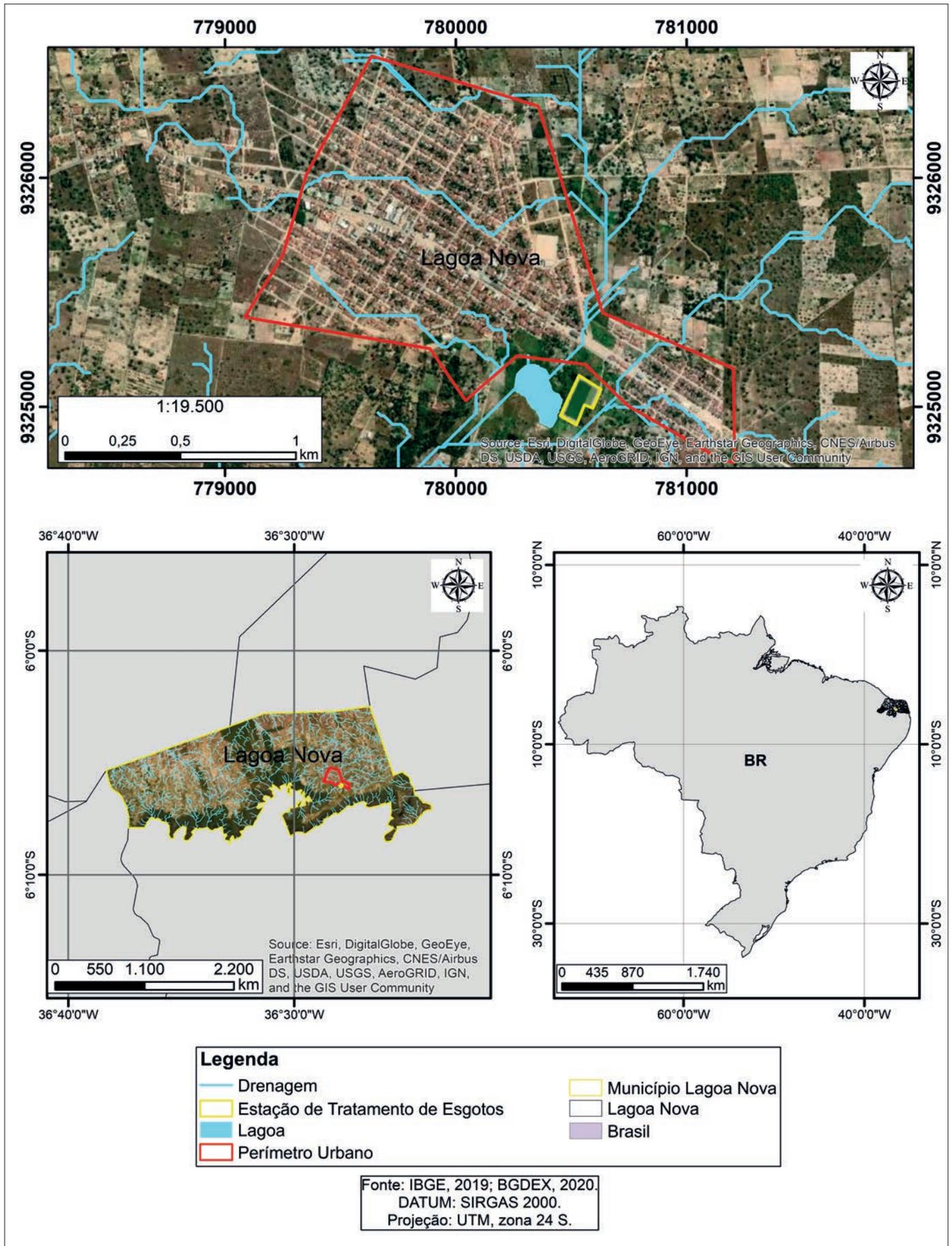


Figura 1 – Mapa de localização e de drenagem urbana do município de Lagoa Nova-RN.

Fonte: dados da pesquisa.



Figura 2 – Esquema geral do escoamento superficial das águas pluviais na área urbana de Lagoa Nova.

Fonte: FUNCERN, 2016.

Em relação ao esgotamento sanitário 67,59% das residências do município possuem atendimento com coleta e tratamento de esgoto, por uma ETE com tratamento secundário, 12,65% é atendido por soluções individuais (fossa séptica) e 19,76% não possuem atendimento coleta ou tratamento (SNIS, 2019). Em relação ao abastecimento de água apenas 46,41% da população total tem acesso aos serviços de abastecimento (SNIS, 2019).

A hidrografia do município é caracterizada pela presença de cursos de água secundários e de regimes intermitentes e padrão de drenagem dendrítico. Não existem açudes com capacidade de acumulação igual ou superior a 100.000m³. (CPRM/PRODEEM, 2005). Segundo dados da EMPARN a precipitação acumulada no ano de 2020 no município de Lagoa Nova foi de 575,7 mm.

Aspectos físicos da lagoa

A lagoa ocupa uma área de aproximadamente 60.262 m² (≅ 6 ha) com área de inundação de aproximadamente 123.226 m² (≅ 12 ha). Pouco resta da vegetação nativa do seu entorno, no processo de uso e ocupação essa vegetação foi retirada para dar lugar

à implantação de roças e pastagens, à construção de casas e até mesmo à implantação da estação de tratamento de esgotos do município.

Localizada em uma área de fundo de vale, a lagoa, está em uma cota altimétrica de 679m, pouco mais baixa que a área da cidade (Figura 2), recebe boa parte do escoamento superficial das águas pluviais da área urbana do município, assim como as águas de drenagem de algumas áreas rurais do entorno, como pode ser observado no mapa de drenagem acima (Figura 1) e na imagem abaixo.

Além das águas de drenagem, a lagoa recebe também (de forma irregular) os efluentes da ETE, que está localizada na margem leste (Figura 1) isso devido a rompimentos no encanamento que transporta os efluentes da ETE (Figura 3).

Segundo dados da ANA – Agência Nacional das Águas, esta ETE funciona com um sistema de lagoas de estabilização, composta por duas lagoas, uma facultativa e uma de maturação, com uma Carga de DBO de entrada de 265,3 Kg.dia⁻¹ e com uma eficiência adotada de 80%, tendo uma carga de DBO de saída de 53,1 Kg.dia⁻¹ e uma vazão de 3,7 L.s⁻¹. Os dados da ANA não identificam o corpo hídrico receptor dos efluentes da ETE, porém no Atlas de

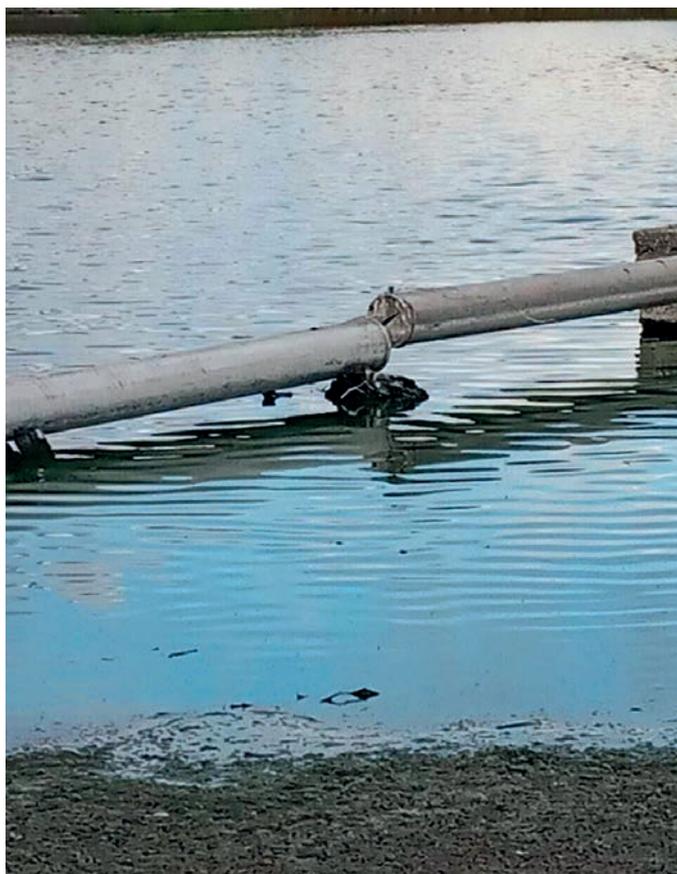


Figura 3 – Encanamento que transporta os efluentes da ETE quebrado nas imediações da lagoa.

Fonte: dados da pesquisa.

Esgotos da ANA é informado que a capacidade de diluição do corpo receptor é nula, pois o mesmo é intermitente e sem vazão de diluição.

Métodos

Para atender a sazonalidade da região foi considerado um período de estiagem (04/11/2020) e um período de chuvas (14/05/2021).

Nessa primeira coleta, devido ao baixo volume de efluentes que estava entrando no sistema, apenas uma das lagoas da ETE estava em funcionamento. Em virtude disso foi coletado amostras apenas da lagoa em funcionamento. As coletas foram realizadas sempre no mesmo horário (no início da tarde). Entre as duas coletas, por volta do dia 12 de janeiro de 2021, houve mais uma mortalidade de peixes na lagoa. Foi possível observar nessa segunda coleta vestígios de *animais* em decomposição no *entorno da lagoa, dentre eles carcaças de aves e de peixes bem próximo ao ponto onde o encanamento da ETE encontra-se rompido* (Figura 3). Observou-se também

um aumento no volume de efluentes adentrando a ETE, permitindo assim, que a segunda lagoa voltasse ao seu funcionamento e pudesse ser realizado coleta em ambas as lagoas de estabilização.

Os resultados das análises foram comparados com as normas do CONAMA N°430/2011, que trata das condições, parâmetros e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, que complementa e altera a resolução N° 357 de 2005.

Utilizou-se também a resolução n° 903 de 22 de julho de 2013 da Agência Nacional de Águas – ANA que cria a Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais – RNQA e estabelece padrões mínimos para o monitoramento da qualidade das águas para ambientes lóticos e lênticos na RNQA.

Análises de qualidade de água

Análises físicas e químicas

Foram analisadas as águas na ETE na área de saída e da lagoa natural que recebe este efluente, sendo uma análise na lateral próxima à ETE – lado A e outra na margem oposta – lado B. Todas as análises foram realizadas em 3 réplicas.

Os parâmetros analisados para a avaliação da qualidade de água foram temperatura, condutividade elétrica, pH, Sólidos totais dissolvidos, potencial de oxiredução. Todos estes foram analisados *in situ* com o auxílio de uma sonda multiparamétrica HORIBA.

A água para análise de compostos nitrogenados (amônia, nitrito e nitrato) e fosfatados (fósforo total e ortofosfato) foi coletada no local, na subsuperfície (cerca de 20 cm), armazenada em garrafas de polietileno de 500 mL devidamente etiquetadas e acondicionados em caixa térmica com gelo, até que pudesse chegar ao Laboratório de Ecologia Aquática da UFPB, ser filtrada em filtro GF-C, com bomba de sucção e ser analisada pelos métodos descritos em APHA (BAIRD e BRIDGWATER, 2017), segundo a tabela I.

Para a análise de clorofila-a, as amostras foram coletadas em frascos de polietileno e concentradas sob pressão negativa, em filtros de fibra de vidro Whatman GF/C de 47 mm de diâmetro. Como solvente foi utilizado acetona a 90%. Após 24 horas de extração, no escuro e em baixa temperatura, as medidas de

Tabela I – Parâmetros e métodos de análise.

VARIÁVEIS QUÍMICAS	METODOLOGIA
Amônia	Método do indofenol
Nitrito	Método colorimétrico Método N-(1-naftil)-etilenodiamina.
Nitrato	Método colorimétrico Método N-(1-naftil)-etilenodiamina
Fosfato	Método Colorimétrico – Azul de Molibdênio
Fósforo total	Método por Digestão da amostra, Ácido Ascórbico e Colorimétrico – Azul de Molibdênio.

Fonte: dados da pesquisa.

absorbância dos extratos foram tomadas espectrofotometricamente nos comprimentos de onda de 665nm e 750nm antes e após a acidificação com HCl a 1N. As concentrações de clorofila-*a* foram obtidas através da fórmula proposta por LORENZEN (1967):

$$\text{Clorofila-}a \ (\mu\mu\text{g}^{-1}) = P \times (A_{665} - A_{750}) \times \frac{1.000 \times V}{v \times PL}$$

Em que:

P = Constante de proporcionalidade derivado do coeficiente molar de extinção (26,7 cm.mg.L⁻¹);

A₆₆₅ = Absorbância do extrato no comprimento de onda 665, corrigida com a absorbância do extrato acidificado

A₇₅₀ = Absorbância do extrato no comprimento de onda 750, corrigida com a absorbância do extrato acidificado;

V = Volume filtrado da amostra;

v = Volume do extrato (10mL);

PL = Comprimento ótico da cubeta (1cm).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando os parâmetros físicos e químicos do período de estiagem, verificou-se que a lagoa apresenta cerca de 15 vezes mais condutividade elétrica que a água da ETE, o que revela o efeito de retenção de sais pela mesma, devido à elevada taxa de evaporação. No período chuvoso observou-se que os valores da condutividade elétrica na ETE mantiveram-se semelhantes 2,65 mS.cm⁻¹ no período seco e 2,98 mS.cm⁻¹ no período chuvoso. A condutividade elétrica dos pontos observados na lagoa, no entanto dobraram de valor. No período seco foram registrados valores de 31,00 mS.cm⁻¹ em uma das margens e 31,20 mS.cm⁻¹ na outra. Já no período chuvoso nesses mesmos locais esses valores foram de 59,20 e 57,13 mS.cm⁻¹, respectivamente (Figura 4). O fato

da presença de chuva, que lixiviou compostos e sais presentes na bacia de drenagem aumentou os valores da condutividade elétrica para quase o dobro.

O grande aumento de condutividade elétrica na lagoa, é o resultado da acumulação de sais, originados da entrada de matéria orgânica, diretamente ou através da ETE. Essa matéria orgânica decompõe liberando sais, ou já entra em forma de sais pelo efluente da ETE. Como a lagoa não tem fluxo hídrico e tem elevadas taxas de evaporação, devido às altas temperaturas (Figura 7), a maior parte da água sai para a atmosfera, concentrando os nutrientes, elevando dessa forma os valores de condutividade elétrica. Isso é uma condição que tem tendência de piorar, se nada for feito para mudar esta realidade, visto que sempre que chove, mais água com nutrientes entram no sistema aquático, assim como a entrada de esgotos não tratados ou água da ETE que constantemente continuam entrando na lagoa.

Muitas espécies de “água doce” desaparecem quando a salinidade total atinge 5 – 10psu (5 – 10 g.L⁻¹) ocasionando uma grande alteração na composição da flora e da fauna aquáticas. Isso é um indicativo de que diferenças na composição iônica das águas e na proporção relativa dos íons podem ocasionar alterações na diversidade e na distribuição dos organismos aquáticos (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Geralmente apenas espécies muito resistentes se mantêm, como é o caso da lagoa que tem predominantemente tilápias como representantes dos peixes.

A alta condutividade elétrica apresentada pela lagoa pode ser uma das causas da ocorrência de vegetação do tipo halófitas nas margens. Como pode ser observado nas figuras 5 e 6, as plantas que se encontram presentes nas margens da Lagoa Nova são plantas halófitas, adaptadas a viver em ambientes salinos e comumente encontradas em estuários.

A temperatura é um fator que influencia todos os processos físicos, químicos e biológicos que

ocorrem na água. A taxa de reações químicas e biológicas e as taxas de transferências dos gases (que podem gerar mau cheiro) aumentam em altas temperaturas,

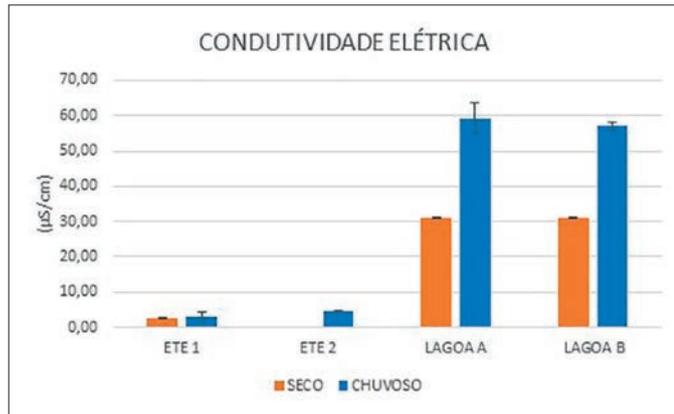


Figura 4 – Gráfico de condutividade elétrica.
Fonte: dados da pesquisa.



Figura 5 – Presença de vegetação do tipo halófila nas margens da lagoa.
Fonte: dados da pesquisa.



Figura 6 – *Blutaparon portulacoides* (Pirrixiu, Bredo de praia ou Beldroega-da-praia).
Fonte: dados da pesquisa.

já a solubilidade dos gases (ex: oxigênio dissolvido) em altas temperaturas diminui (VON SPERLING, 1996 *apud* MENDONÇA, 2016).

A temperatura da água, tanto da lagoa quanto da ETE, mostrou-se, como esperado, mais elevada no período seco, visto que as médias térmicas nesse período para a região são mais elevadas (Figura 7). Segundo VON SPERLING (2007) e MADDEN *et al.* (2013) a temperatura é um parâmetro que permite determinar se há poluição térmica pela descarga de efluentes, visto que, apesar de depender de fatores como clima, composição geológica, condutividade elétrica das rochas, dentre outros, as descargas de efluentes aumentam a temperatura dos ecossistemas aquáticos.

Os valores de sólidos totais dissolvidos STD, que incluem todos os sais dissolvidos presentes na água e os componentes não iônicos, observados neste primeiro momento também se apresentaram bastante discrepantes. Os valores observados na lagoa foram quase vinte vezes mais elevados que os observados na ETE (Figura 8).

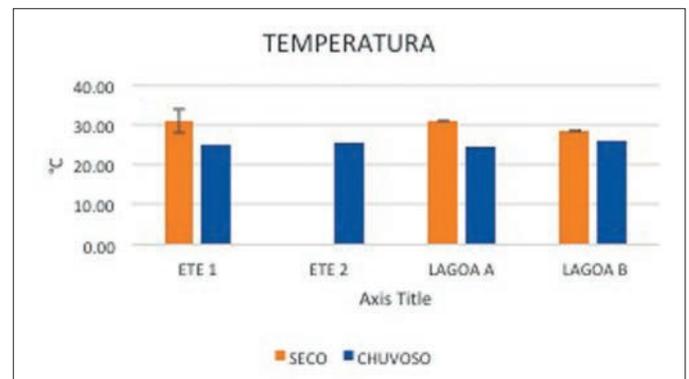


Figura 7 – Gráfico de temperatura.
Fonte: dados da pesquisa.

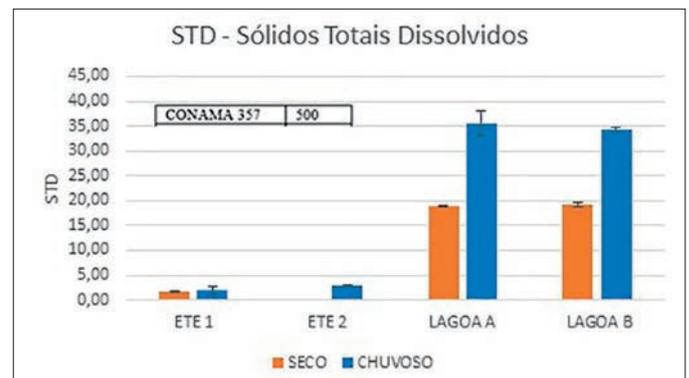


Figura 8 – Gráfico de STD – Sólidos Totais Dissolvidos.
Fonte: dados da pesquisa.

Sólidos dissolvidos são o resultado de decomposição, e verifica-se que na lagoa, por haver acúmulo de águas ricas em nutrientes, e um efeito cumulativo ao longo do tempo, os valores são muito superiores aos registrados na ETE, o que é uma situação clara do efeito cumulativa e do grau de degradação ambiental registrado neste ecossistema, que no passado serviu para agricultura e pecuária.

Devido ao volume pluviométrico das últimas décadas ter sido abaixo do normal (LUCENA, 2021) o transbordo da lagoa não ocorreu como deveria, a maior parte da água é retirada por evaporação, o que favorece a acumulação de nutrientes e contribui ainda mais com o aumento da eutrofização.

Além de receber as águas da ETE a lagoa recebe as águas de drenagem pluviais (Figura 2) provenientes tanto de áreas urbanas (muitas vezes misturadas com águas cinzas) quanto de atividades agrícolas existentes no entorno.

Em relação ao pH, os valores encontrados na lagoa também foram um pouco mais elevados que os encontrados na ETE (Figura 9), mas ainda assim atendem aos padrões de qualidade do CONAMA 357 para a classe 3 de águas doces (pH: 6,0 a 9,0). Os valores de pH são influenciados de duas formas, pela decomposição, tende a ser mais ácido, pela liberação de CO₂, enquanto que pelo aumento da fotossíntese tende a ser mais básico, pela absorção de CO₂ pelas microalgas (BOYD, 1979 *apud* CAVALCANTE & SÁ, 2010).

Em ambientes naturais, quanto mais eutrofizado um ambiente, mais alcalinas tendem a ser suas águas, pelo aumento da fotossíntese registrada, no entanto, depende do equilíbrio entre produção primária e decomposição. Assim, ambientes mesmo muito poluídos, dependendo deste equilíbrio podem apresentar valores de pH dentro da faixa prevista pela legislação, não sendo o pH um parâmetro bom indicador de qualidade de água.

Os valores de pH foram um pouco diferentes entre a ETE e a lagoa natural, sendo ligeiramente ácidos na ETE (perto de 6,0) devido às elevadas taxas de decomposição, que liberam CO₂ tornando o ambiente mais ácido; e ligeiramente alcalinos (acima de 7,0) na lagoa, devido à grande quantidade de microalgas, o que aumenta a fotossíntese e o consumo de CO₂, aumentando o pH. Neste caso específico da ETE, a decomposição teve um papel mais importante na

definição dos valores de pH, porque mesmo com maior quantidade de microalgas, e maior concentração de clorofila-*a*, as águas da ETE apresentaram valores de pH inferiores aos da lagoa.

O potencial redox (ORP) é uma medição potenciométrica em que se mede o potencial que o meio tem de transferir elétrons verificada entre um conjunto de espécies químicas, sendo um oxidante e um redutor (LAMON, 2014).

O potencial redox assume um papel importante no monitoramento de ambientes aquáticos, pois oferece informações sobre as taxas das reações químicas que ocorrem no meio e influencia de maneira considerável na química e na bioquímica da água visto que os processos metabólicos do meio aquático (respiração, decomposição) dependem da condição redox (SCHUTZ, 2003)

Diferenças de potencial positivas entre 200 mV e 600 mV indicam um meio fortemente oxidante, já valores entre -100 mV e -200mV indicam meios redutores. Os resultados encontrados nas águas tanto da ETE quanto da lagoa natural no período seco e chuvoso apresentaram valores positivos para ORP, porém os valores de ORP encontrados na ETE 1 foram consideravelmente mais elevados que os demais (Figura 10).

O oxigênio dissolvido apresentou concentrações mais elevadas na lagoa natural que na ETE (Figura 11), isso foi importante para facilitar os processos de nitrificação, que reduziram as concentrações de amônia neste ambiente.

As diferentes formas e concentrações dos compostos nitrogenados, provenientes da decomposição da matéria orgânica (de origem natural ou das práticas humanas) em sistemas aquáticos, podem indicar o estágio de poluição do mesmo e seus diferentes estados de oxidação. Nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻), estão entre as substâncias que podem constituir risco para a saúde humana (ALABURDA & NISHIARA, 1998; CETESB, 2016).

Nitrito, nitrato e amônia são as principais fontes de nitrogênio para a síntese de aminoácidos e proteínas das populações de macrófitas aquáticas, podendo limitar a reprodução, o crescimento e a sustentabilidade destas populações e de algumas populações de algas, como as cianobactérias com heterocistos, que podem fixar nitrogênio atmosférico

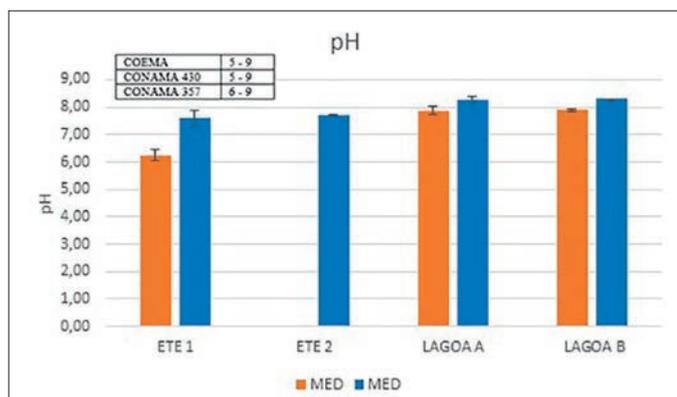


Figura 9 – Gráfico de pH.
Fonte: dados da pesquisa.

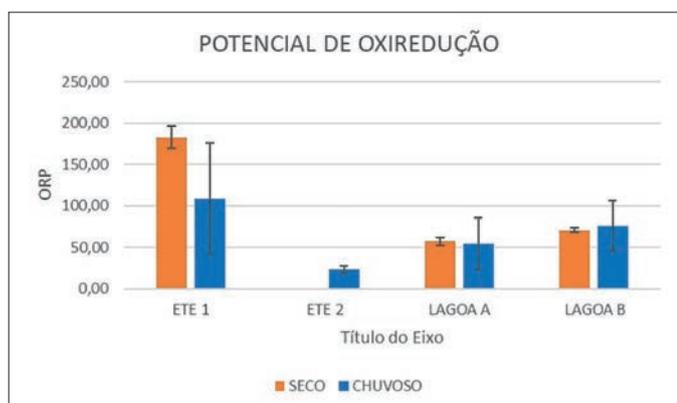


Figura 10 – Gráfico de ORP – Oxidation Reduction Potential.
Fonte: dados da pesquisa.

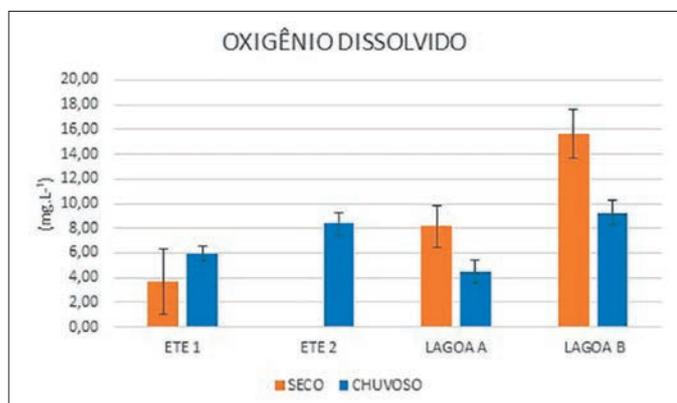


Figura 11 – Gráfico de Oxigênio dissolvido.
Fonte: dados da pesquisa.

disponível (TUNDISI & TUNDISI, 2008). Na lagoa fez-se presente a floração de cianobactérias (Figura 12).

O nitrogênio quando encontrado em sua forma orgânica ou amoniacal indica que a poluição é recente e depende de fatores como pH, temperatura, oxigênio e salinidade. O nitrogênio amoniacal é tóxico e pode ocasionar grandes riscos à saúde e manutenção da vida aquática. Se, por outro lado, ocorre a presença de

nitratos, pode-se dizer que a poluição é antiga e que o processo de nitrificação já ocorreu (VON SPERLING, 2014), mas depende grandemente da disponibilidade de oxigênio dissolvido, para que ocorra a nitrificação, visto que a grande maioria dos processos de oxidação da amônia a nitrito e nitrato dependem do consumo de oxigênio por isso o lançamento de grandes quantidades de nitrogênio amoniacal num corpo de água pode causar queda acentuada das concentrações de OD (SOUTO, 2009).

Os valores de nitrito encontrados na ETE encontram-se acima do permitido pela resolução do COEMA 02 (Figura 13), que tem como parâmetro para lançamento de efluentes 1mg.L^{-1} de nitrito (COEMA, 2017).

Já em relação ao nitrato e à amônia os valores encontram-se dentro dos parâmetros exigidos pela legislação (figura 14 e figura 15). No entanto, em condições de pH elevado, (frequentes durante os períodos de elevada fotossíntese), como observado na lagoa natural no período chuvoso, a amônia apresenta-se em grande parte na forma livre (NH_3), tóxica para os peixes, podendo levar a eventuais mortandades de peixe (VON SPERLING, 1996) ou seja quanto mais elevado for o pH, maior será o percentual da amônia total presente na sua forma não ionizada.

As concentrações de amônia e nitrato foram mais elevadas na ETE que na lagoa natural. Isso é o resultado da redução de oxigênio na ETE, o que desfavorece as reações redox de amônia para nitrato (nitrificação). Pouco oxigênio na água, além de não favorecer a nitrificação (amônia-nitrato) favorece



Figura 12 – Floração de cianobactérias nas margens da lagoa.
Fonte: dados da pesquisa.

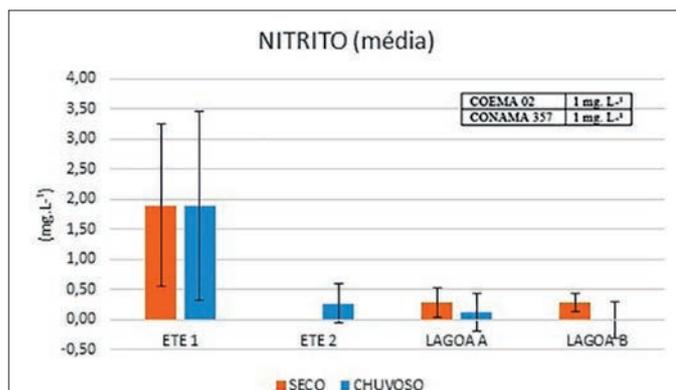


Figura 13 – Gráfico de Nitrito.

Fonte: dados da pesquisa.

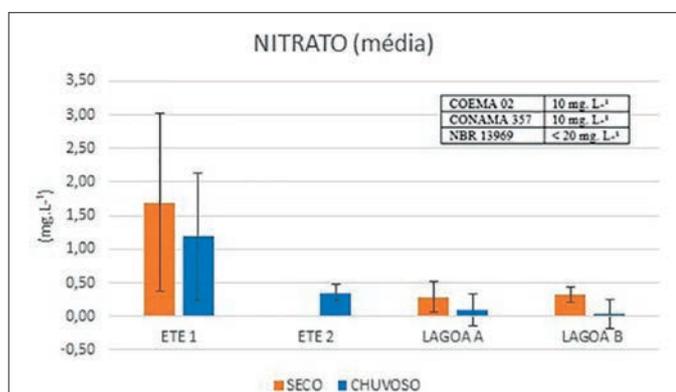


Figura 14 – Gráfico de Nitrato.

Fonte: dados da pesquisa.

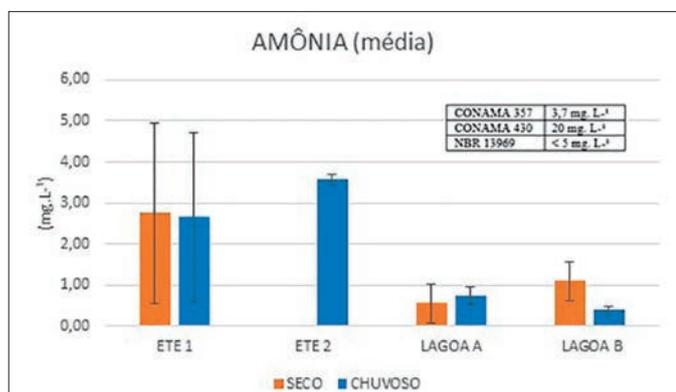


Figura 15 – Gráfico de Amônia.

Fonte: dados da pesquisa.

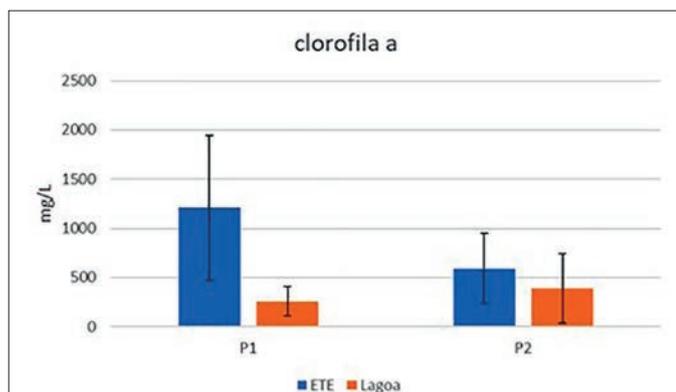


Figura 16 – Gráfico de Clorofila a.

Fonte: dados da pesquisa.

processos inversos de desnitrificação, em que o nitrato é reduzido para nitrito. Visto que na ausência de oxigênio para a respiração aeróbia, os microrganismos utilizam o nitrato como acceptor terminal de elétrons (respiração anaeróbia) (VIEIRA, 2017). As concentrações mais elevadas de oxigênio dissolvido na lagoa permitiram a redução dos compostos nitrogenados tóxicos como amônia e nitrito. Apesar de maior quantidade de microalgas (clorofila-a) na ETE, não houve maior absorção de nitrato, permanecendo estas concentrações mais elevadas na ETE, principalmente no Ponto 1, em virtude da maior decomposição, o que promoveu maiores processos de nitrificação, liberando nitrato como produto final. No período chuvoso, as concentrações de nitrato foram inferiores em todas as amostras (Figura 14), devido ao efeito de diluição.

HOWARTH 2004 (*apud* FERRO, 2015) cita alguns dos danos que o lançamento indiscriminado de compostos nitrogenados pode ocasionar ao meio ambiente, dentre eles:

- Toxicidade à vida aquática, pois a amônia livre (NH₃), impede as trocas gasosas nas guelras dos peixes.
- Consumo do oxigênio do meio aquático no processo de oxidação da amônia (nitrificação).
- Causa um grave problema à saúde pública, a Metahemoglobinemia, popularmente conhecida como “doença dos bebês azuis”, que resulta na morte prematura de recém-nascidos.
- Algumas pesquisas epidemiológicas sugerem que a ingestão de elevadas concentrações de nitrato pode favorecer o desenvolvimento de câncer no aparelho digestivo, aborto e outros problemas de saúde como distúrbio no sistema neurológico.
- Prejudica o reuso da água, principalmente para fins industriais.

As concentrações de clorofila-a foram diferentes entre os pontos da ETE e da lagoa, mas sempre superiores na ETE (Figura 16). Elas podem ser consideradas como um indicador do estado trófico dos ambientes aquáticos, pois indicam a biomassa de algas presente no corpo hídrico (BUZELLI & CUNHA-SANTINO, 2013).

Concentrações acima de 40 mg.L⁻¹ são consideradas de ambientes eutróficos, classificados como supereutróficos segundo o IET proposto por LAMPARELLI (2004) (Tabela II).

Tabela II – Classificação do Estado Trófico – Reservatórios.

Categoria (Estado Trófico)	Ponderação	Secchi – S (m)	P-total – P (mg.m-3)	Clorofila a (mg.m-3)
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$	$S \geq 2,4$	$P \leq 8$	$CL \leq 1,17$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$	$2,4 > S \geq 1,7$	$8 < P \leq 19$	$1,17 < CL \leq 3,24$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$	$1,7 > S \geq 1,1$	$19 < P \leq 52$	$3,24 < CL \leq 11,03$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$	$1,1 > S \geq 0,8$	$52 < P \leq 120$	$11,03 < CL \leq 30,55$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$	$0,8 > S \geq 0,6$	$120 < P \leq 233$	$30,55 < CL \leq 69,05$
Hipereutrófico	$IET > 67$	$0,6 > S$	$233 < P$	$69,05 < CL$

Fonte: Lamparelli (2004).

Os altos valores registrados nesta pesquisa tanto na lagoa, quanto nas lagoas da ETE revelam o elevado grau de eutrofização presente nos dois tipos de ambientes (Figura 17). Além disso, encontraram-se acima dos valores permitidos pela resolução CONAMA 357 de março de 2005. Para que a lagoa seja enquadrada nas classes 1, 2, ou 3 para água doce os valores máximos de clorofila-*a* permitidos são $10 \mu\text{g.L}^{-1}$, $30 \mu\text{g.L}^{-1}$ e $60 \mu\text{g.L}^{-1}$, respectivamente e os valores de clorofila foram superiores a 200mg.L^{-1} .

Apesar dos valores de clorofila-*a* serem mais elevados na ETE (chegaram a cerca de 1200mg.L^{-1}), e as microalgas liberarem oxigênio dissolvido na água, devido às elevadas taxas de decomposição este gás apresentou menores concentrações neste ambiente. A lagoa apesar de menos algas, por ter menos decomposição, conseguiu manter concentrações de oxigênio mais elevadas, o que favoreceu os processos de nitrificação, como falado anteriormente.

Assim, verificou-se que a lagoa está extremamente eutrofizada, e sofre influência negativa direta, com efeitos cumulativos, do efluente da ETE. Dessa forma, medidas mitigatórias, envolvendo a redução de nutrientes faz-se necessário, antes do colapso deste sistema aquático, que já prestou tantos serviços ecossistêmicos para a cidade no passado.

Lagoa Nova, assim como boa parte do Brasil é acometido com enormes problemas quanto à ausência do tratamento adequado do esgoto doméstico, como também com sua total ausência. No Brasil é comum a adoção de Estações de Tratamento do modelo Australiano, com lagoas de decantação, que centralizam todo o esgoto, ocupam enormes áreas e

não são eficientes quanto ao tratamento do esgoto a ser despejado no corpo hídrico receptor.

É comum também que a formação das cidades tenha ocorrido às margens dos rios ou próximos a algum aglomerado de água, devido à importância desse recurso na vida das pessoas, entretanto com o passar dos anos, com o crescimento desordenado das cidades a deterioração desses corpos aquáticos vem sendo algo comum, e a relação do ribeirão com esses espaços vem sendo afetado cada vez mais.

Técnicas ecológicas, simples e de baixo custo podem ser empregadas tanto no tratamento do efluente da ETE, antes de ser lançado no corpo receptor, quanto no próprio corpo receptor afim de melhorar as características da água já ali presente. Faz-se necessário determinar um tratamento complementar para diminuir os nutrientes presentes no efluente antes de ser descartado, com a implementação de Wetlands Artificiais por exemplo.

A Estação de Tratamento da cidade não recebe todo o esgoto de seus moradores, visto que, segundo o SNIS 2019 em torno de 32,41% da população total de Lagoa Nova não tem acesso aos serviços de esgotamento sanitário, fazendo com que esses moradores sejam responsáveis pela destinação de seus esgotos, e normalmente as águas negras vão para fossas vazadas e as águas cinzas sejam despejadas superficialmente em alguma das laterais de suas casas. Esse esgoto contamina o lençol freático que por sua vez irá percolar até à lagoa, bem como de acordo com a dinâmica de drenagem da cidade as águas cinzas escoam superficialmente também até à lagoa, ou infiltram-se no solo, e em períodos chuvosos os nutrientes são lixiviados para a lagoa.

PROPOSTAS DE SOLUÇÃO

Faz-se necessário intervir, através da criação de ações e políticas públicas que ajudem a aumentar a eficiência no tratamento do esgoto, que pode ser através de fossas ecológicas unidomiliárias, que são eficientes e de baixo custo (PAES, 2014), ou fazer a coleta dessas moradias e encaminhar para sistemas de tratamento ecológico de esgoto comunitário, que gera água de boa qualidade, que pode ser reusada ou descartada no ambiente, auxiliando na sua despoluição, sistemas denominados de TEWetland (Tanque de Evapotranspiração e Wetland) que já foi construído um protótipo incompleto, mas que já apresenta uma boa qualidade de água no seu efluente. (pesquisa do Laboratório de Ecologia Aquática da UFPB, dados não publicados).

De acordo com o estado trófico da lagoa, cessar o lançamento de efluentes é o primeiro passo para a sua despoluição. No entanto, devido à grande quantidade de nutrientes presente, e já metabolizados na biota, um tratamento local, que pode ser por biorremediação também é indicado. SOUZA (2015) testou com sucesso o uso de biorremediação com o biofilme, mesmo em uma Estação de Tratamento de Esgoto, com transparência de água de 10 cm revelando que mesmo na presença de águas menos transparentes a presença do biofilme se torna eficaz como biorremediador. Assim, a instalação de substratos artificiais permite o aumento da comunidade do biofilme, que é muito eficiente na remoção de nutrientes e na transferência destes da coluna de água para a biota presente (SOUZA, 2015; VIEIRA, 2018; OLIVEIRA, 2020).

CONCLUSÕES

Os dados desta pesquisa permitiram concluir que a lagoa natural da cidade de Lagoa Nova vem sofrendo um forte impacto do efluente da ETE, sentido principalmente na presença de elevados valores de condutividade elétrica e de sólidos totais dissolvidos, que são muitas vezes superiores (15x e 20x, respectivamente) aos valores registrados na ETE. Além disso o sistema de drenagem natural também leva muitas águas cinzas para a lagoa. Também é possível que as fossas vazadas, disponibilizem muitos nutrientes

no solo que por percolação alcancem o ecossistema aquático.

Como a lagoa natural é um ambiente lântico, e está localizado em uma região de semiárido, a água sai primordialmente por evaporação e não por transbordo, o que faz com que se verifique um acúmulo gradativo de sais a ponto de a região litorânea estar ocupada por plantas halófitas, características de mangues, como a espécie beldroega-da-praia (*Blutaparon portulacoides*) e a condutividade elétrica ser muitas vezes superior à da ETE. .

As concentrações de O₂ foram menos elevadas na ETE 1 (Lagoa de maturação). A ETE 2 (Lagoa facultativa) apresentou concentrações deste gás mais elevadas que o ponto da Lagoa que está mais próximo da ETE (Lagoa A). Como o cano do efluente está quebrado mais perto do ponto Lagoa B, não é o efluente saindo que afeta a concentração de oxigênio, é provável que haja infiltração da ETE para a lagoa pelo solo ou lençol freático. O mesmo se verifica para outros nutrientes como os compostos nitrogenados que foram mais elevados no ponto Lagoa A, principalmente no período chuvoso. Por não serem impermeabilizadas as lagoas de estabilização, isso compromete as águas subterrâneas e os ecossistemas aquáticos abastecidos por elas, ou no seu entorno.

Propostas como a inserção de tratamento terciário, com o efluente passando por processos de fitorremediação em wetlands artificiais, e biorremediação por biofilme na lagoa natural, são formas de melhorar a qualidade ambiental da lagoa, de forma a evitar mortalidade de peixes e melhorar a qualidade de água para outros usos.

REFERÊNCIAS

- AB’SABER, A. N. 1974. O domínio morfoclimático semi-árido das caatingas brasileiras. *Geomorfologia*, 43: 1-39.
- ALABURDA, J. & NISHIHARA, L. 1998. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. *Revista de Saúde Pública*, 32(2): 160-165, doi:10.1590/S0034-89101998000200009.
- ANA, 2005. Agência Nacional de Águas (Brasil). *Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.* – Brasília, SPR.

- APRÍGIO, T.R.M.; FARIA, R.M.; LUCENA, R.L.; SOUZA, S.F.F.; CARDOZO, A.S.; & SILVA, A.D.G. 2019. Mapeamento da aridez no estado do Rio Grande do Norte. In: PINHEIRO, L.S. & GORAYEB, A. (Eds.). *Geografia física e as mudanças globais*. 1: 1-12, 1ªed. Fortaleza: UFC.
- ARRUDA, N.O. 2015. *Controle do aporte de fósforo no reservatório de Itaparica localizado no semiárido nordestino*. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Programa de Pós-Graduação Engenharia Civil, Recife, PE, Brasil. 186p.
- BAIRD, R., & BRIDGEWATER, L. 2017. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association.
- BARROS, L. R. 2013. *O índice do estado trófico e sua adaptação para os sistemas lênticos do semiárido cearense*. Dissertação de Mestrado, Programa de Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil, 85p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2005. *Resolução CONAMA n. 357*. Publicada no DOU n. 53, de 18 de março de 2005, Seção I, p. 58-63, Distrito Federal, Brasília.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. 2011. *Resolução CONAMA n. 430*. Publicada na DOU nº 92, de 16 de maio 2011, p. 89, Distrito Federal, Brasília.
- BRASÍLIA 2005. *Relatório final grupo de trabalho interministerial para redelimitação do semi-árido nordestino e do polígono das secas*. – Brasília, Disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=090e3f78-bde3-4a1b-a46c-da4b1a0d78fa&groupId=10157 Acesso em: 23 de Junho de 2021.
- BUZELLI, G.M. & CUNHA-SANTINO, M.B. 2013. Da Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. *Revista Ambiente & Água*, 8(1): 186-205, doi:10.4136/ambiente-agua.930.
- CEARÁ, BRASIL. Conselho Estadual de Meio Ambiente – COEMA. 2017. Resolução COEMA n. 02. Secretaria de Meio Ambiente, Fortaleza, 09 de fevereiro de 2017.
- CETESB 2013. *Manual de cianobactérias planctônicas: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais*. Maria do Carmo Carvalho ... [et al.]. São Paulo: CETESB, 47 p. (Série Manuais, ISSN 0103-2623).
- CETESB 2016. Qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo 2013-2015 [recurso eletrônico] / CETESB ; Execução Rosângela Pacini Modesto... [et al.]. ; Colaboração Blas Marçal Sanchez... [et al.]. – São Paulo : CETESB.
- COSTA, T.B. & FARIAS, F.S. 2020. *Avaliação do desempenho de sistema de tratamento de esgoto sanitário: estudo de caso no residencial viver melhor Marituba, financiado pelo programa minha casa minha vida, no município de Marituba-pa*. AESABESP – Associação dos Engenheiros da Sabesp.
- CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2005. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Lagoa Nova, estado do Rio Grande do Norte. MASCARENHAS, J.C.; BELTRÃO, B.A.; SOUZA JUNIOR, L.C.; PIRES, S.T.M.; ROCHA, D.E.G.A. & CARVALHO, V.G.D. (Eds.). Recife: CPRM/PRODEEM.
- EMPARN – Precipitação Acumulada – Rio Grande do Norte – Ano: 2020 – Período: 01 / 01 / 2020 a 31 / 12 / 2020 Disponível em: <http://meteorologia.emparn.rn.gov.br:8181/monitoramento/2020/acumulapr.htm> Acesso em: 30 de Janeiro de 2021
- FERRO, T.N. 2015. Avaliação do processo de nitrificação e desnitrificação de efluente de abatedouro bovino em reator combinado anaeróbio-aeróbio. CAMPO MOURÃO-PR 2015. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6933/3/CM_COEAM_2015_1_15.pdf Acesso em: 03 de Março de 2021
- FUNCERN – Fundação de Apoio a Educação a ao Desenvolvimento Tecnológico do Rio Grande do Norte. 2016. Plano Municipal De Saneamento Básico Lagoa Nova/RN: Produto C -Sistema de drenagem e manejo das águas pluviais urbana. Lagoa Nova – RN.
- HOWARTH, R.W. 2004. Human acceleration of the nitrogen cycle: divers, consequences, and steps toward solutions. *Water Science ant Technology*, 49(5-6): 7-13.
- LAMPARELLI, M.C. 2004. *Grau de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento*. Tese de doutorado, Departamento de Ecologia, Universidade de São Paulo. São Paulo, SP, Brasil. 235p.
- LAMON, A.W. 2014. Aplicação de microssensores no monitoramento de oxigênio dissolvido, potencial REDOX e temperatura em estudos limnológicos. São Carlos.
- LIMA, R.C.C.; CAVALCANTE, A.M.B. & MARIN, A.M.P. 2011. Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. Instituto Nacional do Semiárido – INSA, Campina Grande, 209p, Disponível em: <https://>

- portal.insa.gov.br/images/acervo-livros/Desertifica%C3%A7%C3%A3o%20e%20Mudan%C3%A7as%20Clim%C3%A1ticas%20no%20Semi%C3%A1rido%20Brasileiro.pdf Acesso em: 23 de Junho de 2021.
- LORENZEN, C.J. 1965. A note on the chlorophyll and phaeophytin content of the chlorophyll maximum. *Limnology and Oceanography*, 10: 482-483.
- LUCENA, C.Y.S. 2021. *A Serra de Santana no Semiárido Nordeste: aspectos geográficos e possibilidade de práticas sustentáveis*. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, Brasil. 30p.
- LUCENA, R.L.; CABRAL JUNIOR, J.B. & STEINKE, E.T. 2018. Comportamento hidroclimatológico do estado do Rio Grande do Norte e do município de Caicó. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33: 485-496, doi: 10.1590/0102-7786333008.
- MADDEN, N.; LEWIS, A. & DAVIS, M. 2013. Thermal effluent from the power sector: an analysis of once-through cooling system impacts on surface water temperature. *Environmental Research Letters*, v. 8.
- MALVEZZI, R. 2007. *Semi-árido – uma visão holística*. – Brasília: Confea, 140p. – (Pensar Brasil) Disponível em: <http://www.agrisustentavel.com/doc/ebooks/semiarido.pdf> Acesso em: 23 de Junho de 2021
- MENDONÇA, A. M. 2016. Confiabilidade dos parâmetros monitorados em águas por sonda multiparâmetros. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, RS, Brasil.
- OLIVEIRA, F.M.F. 2020. *Biorremediação: uma forma de despoluição de ecossistemas lóticos com a utilização de biofilmes e macrófitas*. Tese de doutorado. Programa de pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil. 251p.
- PÉREZ, J.M. 2015. *Biofilme e macrófitas como ferramenta de biorremediação em ecossistemas aquáticos e tratamentos de esgotos*. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente- PRODEMA, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, PB, Brasil.
- SCHUTZ, A.R. 2003. *Caracterização Sazonal da Exportação de Matéria Particulada (SESTON) e Dissolvida do Sistema Hidrológico do Taim para a Lagoa do Mirim (Rio Grande do Sul, Brasil)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grand do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. 106p.
- SNIS. SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnosticos>>. Acesso em: 10 de nov. 2021
- SOUZA, C.E. de. 2015. *Avaliação de sistemas biorremediadores em efluentes da lagoa facultativa da estação de tratamentos de esgotos em Mangabeira, João Pessoa/PB*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, Brasil.
- SOUTO, G.D.B. 2009. *Lixiviado de aterros sanitários brasileiros: estudo de remoção de nitrogênio amoniacal por processo de arraste com ar (“stripping”)*. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, Brasil. doi:10.11606/T.18.2009.tde-19022009-121756.
- TUNDISI, J.G. & TUNDISI, T.M. 2008. *Limnologia*. São Paulo: Oficina de Textos.
- VALADÃO, C.E.A.; OLIVEIRA, P.T.; SCHMIDT, D.M.; SILVA, B.K.N.; BARRETO N.J.C.; CORREIA FILHO, W.L.F.; JESUS E.S.; LOPO, A.B.; SANTOS A.S.; PINHEIRO, J.U. & MATTOS, A. 2010. Classificação climática da microrregião do Seridó/RN. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia: Anais. Belém: CBMET, Sociedade Brasileira de Meteorologia,
- VIEIRA, R.F. 2017. *Ciclo do nitrogênio em sistemas agrícolas*. Brasília, DF: Embrapa, 163 p.
- VIEIRA, D.M. 2018. *Aquicultura familiar: contribuições para a sustentabilidade*. Tese de doutorado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba.
- VON SPERLING, M. 1996. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos / Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais*. 2. Ed. Belo Horizonte, Brasil. Marcos.
- VON SPERLING, M. 2007. *Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte (MG): Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (DESA/UFMG)*. v. 7.
- VON SPERLING, M. 2014. *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos/ Macos von Sperling*. 4; ed. – Belo Horizonte: Editora UFMG, 472p.