

QUALIDADE DA ÁGUA E POTENCIAL DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO PARAGUAI, APÓS LANÇAMENTO DE EFLUENTES URBANOS

ODENIL JOSE DE ARRUDA

Cuiabá/MT
2023



ODENIL JOSE DE ARRUDA

QUALIDADE DA ÁGUA E POTENCIAL DE AUTODEPURAÇÃO DO RIO PARAGUAI, APÓS LANÇAMENTO DE EFLUENTES URBANOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua - Polo UNEMAT como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Wilkinson Lopes Lázaro

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Beatriz Ferraz Bühler

Prof. Dr. Ernandes Sobreira Oliveira Júnior

Cuiabá/MT
2023

Walter Clayton de Oliveira CRB 1/2049

A773q ARRUDA, Odenil José de.
Qualidade da Água e Potencial de Autodepuração do Rio Paraguai, Após Lançamento de Efluentes Urbanos / Odenil José de Arruda – Cuiabá, 2023.
41 f.; 30 cm. (ilustrações) Il. color. (sim)

Trabalho de Conclusão de Curso
(Dissertação/Mestrado) – Curso de Pós-graduação Stricto Sensu (Mestrado Profissional) Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Instituto Nacional de Pesquisas do Pantanal Cuiabá e Cidade Universitária Celso Campus Univers. de Cáceres., Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Estado de Mato Grosso, 2023.
Orientador: Wilkinson Lopes Lazaro

1. Modelo Streeter-Phelps. 2. Iqa. 3. Pantanal. I. Odenil José de Arruda. II. Qualidade da Água e Potencial de Autodepuração do Rio Paraguai, Após Lançamento de Efluentes Urbanos: .
CDU 556.18

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vitória alcançada, minha esposa Elisângela Arruda, meus filhos Igor Silva e Ítalo Gabriel, minha nora Ana Paula e minha netinha Ana Laura e toda minha família pela compreensão nas ausências em determinados momentos, agradeço ao meu Orientador Wilkinson Lopes Lázaro pela paciência em ensinar, por estar sempre presente nos momentos alegres e difíceis no programa, um exemplo de profissional, a todos os docentes do programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua pela dedicação com o programa, agradeço a todos meus colegas do mestrado, em especial a Fabiana dos Santos que sempre contribuiu nos momentos de dificuldades e dúvidas, agradeço a Autarquia Águas do Pantanal na pessoa do atual Diretor Júlio Parreira pelo apoio, ao Programa de Pós-Graduação ProfÁgua, a CAPES, a UNEMAT e Agência Nacional das Águas (ANA).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE N°. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.

RESUMO

ARRUDA, Odenil José. Qualidade da água e potencial de autodepuração do rio Paraguai, após lançamento de efluentes urbano. Dissertação. Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Programa de Pós-graduação em Rede Nacional ProfÁguas, UNEMAT, Cáceres - MT 2023.

A falta de esgotamento sanitário no Brasil, sempre foi um tema que causa preocupação a sociedade. Em Cáceres-MT, a realidade não é diferente. De acordo com o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) o Município dispõe de apenas 8,17 % de tratamento de efluente, sendo que muitos moradores lançam seus esgotos domésticos em fossas sépticas ou em córregos urbanos, de forma clandestina e sem tratamento. Neste cenário, esta pesquisa teve por objetivo determinar a capacidade de autodepuração do Rio Paraguai, na cidade de Cáceres, em áreas de interesse (captação de água bruta da cidade) a fim de averiguar se as cargas orgânicas e qualidade da água são aptos a captação. Para realização dessa pesquisa, usamos uma abordagem quali-quantitativa para mensurar as cargas orgânicas e as variáveis de qualidade da água, mensalmente, durante um ano, foram coletadas amostras de água em seis pontos do rio Paraguai, pontos amostrais entre a montante do córrego sangradouro na baía dos Malheiros e a jusante da captação da água bruta do sistema de tratamento de água do município. Como critérios de avaliação foram usados o Índice de Qualidade de Água (IQA) e Curvas de Autodepuração da carga orgânica (DBO). Foram realizados os cálculos para os meses de dezembro de 2021 a novembro de 2022. Em nenhum dos meses, a qualidade da água foi considerada satisfatória para o P4 (captação de água da cidade), P1 (foz do efluente), P2 (jusante do efluente) e P5 (jusante da captação de água), já o P0 (montante da foz do efluente) e o P3 (montante da captação) foram consideradas satisfatória.

Palavras-chave: Modelo Streeter-Phelps; IQA, Pantanal.

ABSTRACT

ARRUDA, Odenil Jose. Water quality and potential for self-purification of the Paraguay River after the discharge of urban effluents. Dissertation. Professional Master in Management and Regulation of Water Resources, Postgraduate Program in ProfÁguas National Network, UNEMAT, Cáceres - MT 2023.

The lack of sanitary sewage in Brazil has always been a topic that causes concern to society. In Cáceres-MT, the reality is no different. According to the Municipal Basic Sanitation Plan (PMSB) the Municipality has only 8.17% of effluent treatment, and many residents dispose of their domestic sewage in septic tanks or in urban streams, clandestinely and without treatment. In this scenario, this research aimed to determine the self-purification capacity of the Paraguay River, in the city of Cáceres, in areas of interest (raw water collection from the city) in order to find out if the organic loads and water quality are suitable for collection. To carry out this research, we used a quali-quantitative approach to measure organic loads and water quality variables, monthly, during a year, water samples were collected at six points of the Paraguay River, sampling points between the upstream of the Sangradouro stream in the bay of Malheiros and downstream of the collection of raw water from the municipality's water treatment system. As evaluation criteria, the Water Quality Index (WQI) and Organic Load Self-Depuration Curves (BOD) were used. Calculations were performed for the months of December 2021 to November 2022. In none of the months was the water quality considered satisfactory for P4 (city water collection), P1 (effluent mouth), P2 (downstream of the effluent) and P5 (downstream of water abstraction), while P0 (upstream of the effluent mouth) and P3 (uptake amount) were considered satisfactory. At the end of the study, a technical report was delivered showing the incompatibility of the installation and launching options for relocating the unit or improving the water catchment system to the Autarchy Águas do Pantanal, the Municipality of Cáceres, City Council, Municipal Secretariat for the Environment and IBAMA on the quality of water in that perimeter and self-purification capacity of the Paraguay River.

Keywords: Streeter-Phelps Model; IQA, Pantanal.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização dos pontos amostrais e secções transversais na área de estudo. Seta representa a direção de fluxo do Rio Paraguai	18
Figura 2 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de dezembro de 2021.	28
Figura 3 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de janeiro de 2022.	29
Figura 4 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de fevereiro de 2022.	30
Figura 5 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de março de 2022.	30
Figura 6 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de abril de 2022.	31
Figura 7 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de maio de 2022.	32
Figura 8 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de junho de 2022.	32
Figura 9 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de julho de 2022.	33
Figura 10 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de agosto de 2022.	34
Figura 11 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de setembro de 2022.	34
Figura 12 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de outubro de 2022.	35
Figura 13 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de novembro de 2022.	36

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Peso específico (w_i) dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos selecionados para a elaboração do IQA	20
Tabela 2 - Classificação da qualidade das águas conforme valores de IQA calculados	20
Tabela 3 - Valores de Oxigênio dissolvido (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo)	23
Tabela 4 - Valores de DBO (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).	24
Tabela 5 - Valores de DQO (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).	24
Tabela 6 - Valores de Coliformes Termotolerantes (ind/100ml) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).....	25
Tabela 7 - Valores de pH nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo)	25
Tabela 8 - Valores de nitrogênio total (mg/L) nos pontos amostrais.	26
Tabela 9 - Valores de fósforo total (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo)	26
Tabela 10 - Valores IQA computados para os pontos amostrais e sua classificação de qualidade frente ao padrão CETESB (2006) (vermelho=muito ruim; laranja=ruim; amarelo=média; verde=boa).....	27
Tabela 11 - Resumo de variação dos pontos amostrais, e resultados com base no IQA	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ANA – Agência Nacional de Águas
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT – Coliformes Tolerantes
DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO – Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE – O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas
IQA – Índice de Qualidade das Águas
LIPAN – Laboratório de Ictiologia do Pantanal Norte
NBR – Norma Brasileira
OD – Oxigênio Dissolvido
PMSB – Plano Municipal de Saneamento Básico
PH – Potencial Hidrogeniônico
UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso
UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
IMPACTOS SANITÁRIOS NOS CORPOS D`ÁGUA NO BRASIL.....	13
PANTANAL E RIO PARAGUAI.....	14
TRATAMENTO DE ÁGUA (CUSTOS E PERSPECTIVAS).....	15
DESAFIOS DA ÁGUA FRENTE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E USO E OCUPAÇÃO DAS CIDADES.....	16
MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
ÁREA DE ESTUDO.....	16
RESULTADOS.....	23
VARIÁVEIS DE ANÁLISE E IQA.....	23
MODELOS STREETER-PHELPS.....	27
CONSIDERAÇÕES.....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

INTRODUÇÃO

A água é uma fonte vital para o ser humano e sua escassez resulta do crescimento populacional rápido e desordenado, e acaba contribuindo para a redução da sua oferta, especialmente devido à poluição dos mananciais causadas pelo próprio homem. Além da escassez física da quantidade de água, a deterioração na qualidade da água contribui para a o desabastecimento (MENEZES; MITSUGU, 2014). Com a urbanização intensiva e industrialização, um grande volume de produtos domésticos, agrícolas e água residual industrial são produzidos; no entanto, tratamento de esgoto tradicional processos não são especificamente projetados para remover todos os poluentes, especialmente poluentes orgânicos persistentes e contaminantes emergentes (NAKADA et al., 2006), alguns dos quais apresentam remoção eficiências tão baixas quanto 6% (NAMET al., 2014).

De acordo com a ANA (2017), o esgotamento sanitário é uma área dos serviços de saneamento que necessitam de uma atenção em especial e propostas de intervenções e melhorias necessitam ser tomadas principalmente quando falamos de gestão hídrica. No Brasil, 43% da população possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica (solução individual), ou seja, 55% possuem tratamento considerado adequado; 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário; e 27% não possuem coleta nem tratamento, isto é, sem atendimento por serviço de coleta sanitário. (ANA, 2022).

A falta de tratamento de esgoto e o suposto lançamento de efluentes em córregos e rios ocorrerem pela falta de opções dos moradores que não dispõem de locais apropriado para realizar esse procedimento, culminando no lançamento *in natura* nesse corpos hídricos, ou seja, sem nenhum tratamento. Ressalta-se que o CONAMA estabelece por meio da Resolução nº 430 de 13/05/2011 que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados diretamente nos corpos receptores após o devido tratamento e desde que obedeçam às condições, padrões e exigências dispostos nesta Resolução e em outras normas aplicáveis (BRASIL, 2011).

O Marco Regulatório do Saneamento Básico Lei n.º 14.026 discute o grande atraso do Brasil em relação aos demais países desenvolvidos, principalmente no que se refere aos investimentos aplicados em infraestrutura, as más condições de saneamento básico em um contexto geral (BRASIL, 2020), por meio da determinação de prazos para que metas sejam alcançadas no quesito saneamento básico aos gestores responsáveis.

De acordo com a Lei 11.445, prevê que os contratos de saneamento básico devem definir metas de universalização, metas quantitativas de não intermitência do abastecimento, de redução de perdas e de melhoria dos processos de tratamento que garantam o atendimento de 99% (noventa e nove por cento) da população com água potável e de 90% (noventa por cento) da população com coleta e tratamento de esgotos até 31 de dezembro de 2033.

Para realização dessa pesquisa, foram mensuradas as cargas orgânicas e as variáveis de qualidade da água. As análises foram realizadas mensalmente durante um ano, em que foram coletadas amostras de água em seis pontos nos perímetros que compreendem o córrego sangradouro, baía dos Malheiros até o rio Paraguai dentre eles pontos a montante e a jusante da captação de água bruta.

Para obter dados e descobrir até que ponto essa suposta ação antrópica está prejudicando um corpo hídrico no rio Paraguai, analisamos a capacidade de autodepuração, que de acordo com Palma- Silva et al (2007) se deve a fatores físicos tais como, velocidade do curso da água, profundidade média do corpo hídrico, concentração de oxigênio dissolvido na água.

O oxigênio é essencial à vida dos organismos aquáticos e baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água podem causar atraso no crescimento, redução na eficiência alimentar dos peixes, aumento na incidência de doenças e na mortalidade dos peixes (KUBITZA, 1998).

O corpo hídrico dispõe de um fenômeno natural para realizar a dissolução desse efluente lançado de forma inadequada e sem tratamento no seu leito, que é o processo de autodepuração. Fenômenos esse defendido por Von Sperling (2006), onde ocorre nos corpos hídricos à autodepuração, que trata se do restabelecimento do equilíbrio de um meio aquático onde o mesmo recebeu uma carga poluidora, ou seja, a forma de se estabilizar logo após esse lançamento. Nessa perspectiva podemos dizer que a autodepuração de um corpo hídrico, no que tange em se recuperar de uma carga poluidora lançada em seu curso de forma inadequada é de suma importância para obtenção de informações, de como proceder para o uso múltiplo desse recurso hídrico.

Para obtenção de dados com relação a autodepuração de um corpo hídrico, Garcia (1997) afirma que esses podem ser obtidos por meio de análises de parâmetros de oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e coliformes totais (CT), análises essas voltadas para a qualidade da água.

Como critérios de avaliação foram usados o Índice de Qualidade de Água (IQA) e Curvas de Autodepuração da carga orgânica (DBO). A pesquisa gerou como produto, um relatório técnico o qual foi entregue a Autarquia Águas do Pantanal, a Prefeitura Municipal de Cáceres, Câmara Municipal, Secretaria Municipal do meio Ambiente e IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, orientando sobre a incompatibilidade da permanência da captação nesse local, lançando assim a opções de realocação da unidade o que não seria viável, pois o problema continuaria nesse corpo hídrico, ou melhorias no esgotamento sanitário do córrego sangradouro que desagua na baía dos Malheiros comprometendo a qualidade e a auto depuração desse manancial.

Impactos sanitários nos corpos d`água no Brasil

O problema de esgotamento sanitário de acordo com a ANA (2017), é uma realidade em todo o Brasil, a falta de tratamento e conseqüentemente a destinação inadequada, e em algumas vezes lançado diretamente no corpo hídrico sem tratamento adequado, vem prejudicando a qualidade da água e oferecendo risco a saúde pública e causando uma determinada instabilidade no recurso hídrico.

Vale ressaltar que de acordo com o Instituto Trata Brasil (2023), o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007 e que o saneamento ficou de certa forma todos interligados como o conjunto dos serviços, infraestrutura e Instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais, sendo que a toda população deve ser atendido com esses serviços em suas residências.

Os serviços de água tratada, coleta e tratamento dos esgotos levam à melhoria da qualidade de vidas das pessoas, sobretudo na saúde infantil, com redução da mortalidade infantil, melhorias na educação, na expansão do turismo, na valorização dos imóveis, na renda do trabalhador, na despoluição dos rios e preservação dos recursos hídricos etc. (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

A falta de sistema de tratamento de esgoto no Brasil ainda é uma realidade a ser encarada com preocupação pois, a média brasileira de atendimento da população urbana com sistemas coletivos de coleta e tratamento de esgotos é de 46,5% sendo que o estado de MT ainda se encontra abaixo dessa média com 34,8% (ANA, 2020).

De acordo com a ANA (2017), a ausência de descarte apropriado de certa forma gera algumas medidas a serem tomadas pela população que na maioria das vezes causa impacto ao

meio ambiente, é comum os usuários que não dispõem de nenhum sistema de esgotamento sanitário adequado fazerem uso de fossas sépticas ou sumidouros, lançamento em redes pluviais ou até mesmo em córregos e rios sem nenhuma espécie de tratamento.

O lançamento de esgotos nos corpos hídricos sem o tratamento adequado compromete a qualidade da água principalmente próximo às áreas urbanas e pode até inviabilizar o atendimento aos usos dos recursos hídricos, sobretudo o abastecimento humano além de impactar a saúde da população (ANA, 2017). A Resolução Conama 430 (2011) preconiza que para o efluente ser lançado em um corpo hídrico necessita que o tratamento remova pelo menos 60% do carga orgânica antes do lançamento (BRASIL, 2011).

Pantanal e rio Paraguai.

Ao mencionar o rio Paraguai na pesquisa, notamos a necessidade de realizar uma pequena contextualização sobre esse rio e o Pantanal. A Embrapa (2022), afirma que o Pantanal é uma das maiores extensões úmidas contínuas do planeta e está localizado no centro da América do Sul, na bacia hidrográfica do Alto Paraguai. Sua área é de 138.183 km², com 65% de seu território no estado de Mato Grosso do Sul e 35% no Mato Grosso.

De acordo com Clarke (2003) o Pantanal é utilizado para várias atividades econômicas dentre elas a pecuária, sendo umas das mais fortes rendas do MT Grosso, apresenta também uma grande importância do ponto de vista ecológico e turístico. O pantanal dentre seus valores citados acima também é visto como um imenso reservatório de água doce muito importante para o suprimento de água dos recursos hídricos, a estabilização do clima e a conservação do solo, o qual é essencial para a sociedade no tange a contribuição da longevidade dos recursos hídricos nessas regiões.

A baixa densidade demográfica aliada às extensas planícies inundáveis, aos lagos permanentes e temporários e à regularidade dos pulsos de cheia constituem um excelente refúgio para a fauna (CLARKE, 2003). Para inundar essas extensas regiões do pantanal no período chuvoso, é de suma importância citar o rio Paraguai, que contribui de forma significativa para que esse objetivo seja alcançado devido a sua grande extensão contribuindo muito para o bioma do Pantanal.

O rio Paraguai e seus afluentes percorrem o Pantanal, formando extensas áreas inundadas que servem de abrigo para muitos peixes, como o pintado, o dourado, o pacu, e de outros animais, como os jacarés, as capivaras, ariranhas e espécies diversas (EMBRAPA, 2022). Devido ao tamanho do rio Paraguai e o mesmo percorrer por vários países como mencionado pelo Embrapa (2022), como Bolívia, Paraguai e desaguar na Argentina e por

estados aqui no Brasil como, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, é característico que o mesmo e seus afluentes tornaram-se um importante manancial de recursos hídricos a toda sociedade por regiões onde o mesmo perpassa.

Em Cáceres MT, podemos afirmar a importância desse manancial superficial pois é dele extraído a maior parte de água para o tratamento e distribuição de água do município. O município conta com outorga para a captação superficial no Rio Paraguai, através da Outorga nº 2.348, de 16 de outubro de 2019, a qual prevê a vazão máxima diária, com a finalidade exclusiva de abastecimento público, de 1.160,71 m³ /h, resultando num volume máximo de 10.167.819,60 m³, documento válido pelo período de 10 anos (PMSB, 2020).

Tratamento de água (Custos e Perspectivas)

O tratamento de água para consumo Humano é inevitável a toda sociedade, pois requer parâmetros e padrões a ser seguido para não oferecer risco a saúde da população, principalmente com relação a doenças de veiculação hídrica.

De acordo a portaria de consolidação nº 5 no artigo art. 1º ficam definidos os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, ou seja, toda e qualquer água a ser distribuída à sociedade necessita de um terminado controle de qualidade e conseqüentemente um tratamento desse produto para atender as normas previstas nessa portaria.

De acordo com BRASIL (2006), devido à má qualidade da água bruta captada pelos Sistemas de Abastecimentos dos Municípios, cada dia mais dificulta o tratamento da água para consumo humano dos usuários, situação essa que ocorre por várias situações, dentre ela a falta de esgotamento sanitário eficiente.

O lançamento de efluente doméstico e industriais estão na lista dos principais causador desse impacto no corpo hídrico. Pois o lançamento de esgotos não tratados em cursos d'água, a drenagem de áreas urbanas contaminadas e a má disposição dos resíduos sólidos contribuem para o aporte de contaminantes nas águas superficiais e subterrâneas, eventualmente utilizadas como fontes para o abastecimento humano (BRASIL, 2021).

A maior dificuldade no tange a tratamento da água bruta para posteriormente distribuir a sociedade para consumo humano, basicamente são devido à má qualidade da água bruta dos mananciais, necessitando de uma maior adição de produto químico usado para conseguir de certa forma atender a portaria.

Desafios da água frente mudanças climáticas e uso e ocupação das cidades.

O ciclo da água está diretamente ligado ao clima. Assim, mudanças no clima que alterem o regime de chuvas podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como inundações e longos períodos de seca. Esses eventos afetam a oferta de água, ameaçando o suprimento de recursos hídricos para todos (ANA, 2016).

Devido a diminuição do volume de água nos mananciais e com o aumento da população, na maioria das vezes um crescimento populacional desorganizado nas cidades tem afetado de forma significativa o corpo hídrico.

De acordo com Tucci (2002) o crescimento das cidades provoca alterações no ciclo hidrológico e nas características naturais da drenagem. Ocupações essas, na maioria das vezes sem estrutura em relação a saneamentos básico principalmente referente lançamento dos efluentes domésticos, o qual lançado de forma inadequada pode contaminar tanto as águas subterrâneas como as superficiais.

Vale ressaltar ainda que de acordo com Leitão et al. (2015), o desmatamento da mata ciliar também é um ponto crítico porque impossibilita a recuperação natural do corpo hídricos, facilita enchentes e sem a barreira natural formada pela mata ciliar, as doenças provenientes dos efluentes se tornam um maior risco para a população.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O município de Cáceres está localizado ao sudoeste do estado do Mato Grosso, no ponto de confluência com o Rio Paraguai (margem esquerda) e com as rodovias BR-070, BR-174 e BR-364. Sua área total engloba três ecossistemas: cerrado, floresta amazônica de transição e pantanal. O clima é tropical quente e úmido com precipitação média anual de 1.500 mm, mais intensa nos meses de janeiro, fevereiro e março. A temperatura média anual é de 24°C com máxima chegando a 42°C e mínima a 0°C (FERREIRA, 2001). O IBGE estima que em 2023 uma população esteja em torno de 95.339 pessoas, tendo em vista que o último censo foi realizado em 2010 e a população era 87.942.

Cáceres enfrenta várias dificuldades com o esgotamento sanitário, pois de acordo com o PMSB (2020), o município dispõe de apenas 04 Estações de tratamento de esgoto (ETES), sendo elas a Ete Cohab Nova, a estação de tratamento mais antiga de Cáceres, construída na década de 80, está localizada próximo à Rua dos Martins, onde a mesma atende ao Conjunto Habitacional Cohab São Luiz com 651, ligações domiciliares e vazão média aproximada de

290m³ /dia, logo após ao tratamento a Estação lançaria o efluente tratado em um baía próximo mas de acordo o PMSB, a baía onde o efluente era lançado secou e atualmente o efluente da ETE cai diretamente no solo dentro de uma chácara, onde, segundo relatos, é utilizado como adubo (PMSB, 2020).

Já no bairro Jardim Aeroporto de acordo o PMSB (2020), também dispões de uma ETE, onde a mesma atendente a 518 unidades habitacionais no bairro Jardim Aeroporto, com capacidade de tratamento de 4L/s e que está em funcionamento 2012, vale ressaltar que a mesma atende também apenas ao bairro de localização. O esgoto, após ser tratado, é lançado no Córrego Pirapitanga através de um emissário de 150mm de diâmetro com 2.145m de extensão (PMSB, 2020).

No bairro Guanabara, o PMSB (2020), menciona a Estação de Tratamento de Esgotos do Jardim Guanabara onde mesma está localizada na Rua 03, vale mencionar que essa estação atende ao conjunto residencial Multifamiliar Grande Paraíso, com 348 residências e o conjunto residencial Aroldo Fanaia Teixeira, com 215 lotes, ou seja atende 02 bairros. O esgoto, depois de tratado, é lançado no córrego Lava-Pés, através de um emissário de 150mm de diâmetro e 1.389m de extensão (PMSB, 2020).

A última ETE, citada pelo PMSB (2020), trata-se da ETE Residencial Dom Máximo sendo a mais nova do município, e que atende basicamente os moradores do residencial onde está localizado. Considerando os problemas enfrentado pelo município no que tange a esgotamento sanitário e levando ainda em consideração o uso do rio Paraguai como principal manancial superficial para captação, tratamento e distribuição de água para consumo humano, consideramos como um assunto de grande relevância a ser pesquisado no município de Cáceres.

Dessa forma, para a determinação da qualidade da água do rio Paraguai e sua capacidade de autodepuração, convencionamos o uso do Índice de Qualidade de Água (IQA) e Curvas de Autodepuração da carga orgânica (DBO) a partir do modelo Streeter-Phelps, foram realizados a 12 coletas mensais de água, entre os anos de 2021 e 2022, nos seguintes pontos: P0: Montante Foz efluente; P1: Foz efluente; P2: Jusante efluente; P3: Montante captação de água; P4: Captação de água da cidade; P5. Foz da captação de água (figura 1)

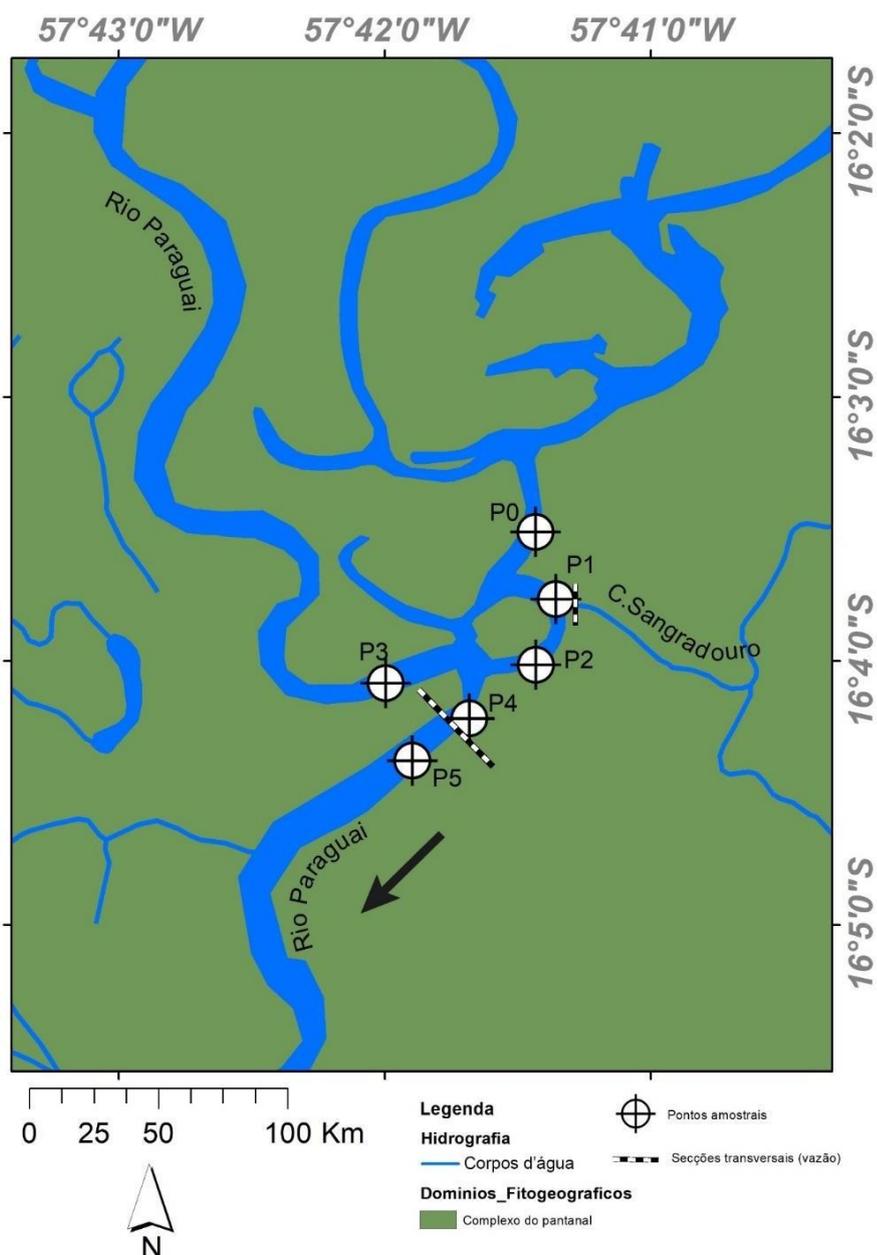


Figura 1 - Mapa de localização dos pontos amostrais e secções transversais na área de estudo. Seta representa a direção de fluxo do Rio Paraguai.

Fonte: Autoria própria (2022).

Coleta e análise laboratorial das amostras de água e levantamento de dados em campo.

Uma vez definidos os pontos de amostragem, estabelecemos duas secções transversais, uma em P1 (Foz do córrego Sangradouro) e outra em P4 (Rio Paraguai) para mensurações da vazão, que foi calculada com auxílio de um micromolinetete hidrométrico tipo Newton. Em cada ponto amostral realizamos as determinações de oxigênio dissolvido, pH, temperatura e condutividade através de potenciômetros portáteis. A fim de determinarmos as variáveis nitrogênio total, fósforo total, DQO, DBO, coliformes termotolerantes, turbidez e resíduo total,

coletamos amostras de água em recipientes de polietileno tereftalato descontaminados, utilizando metodologia padrão (NBR 9898, APHA, 2017). Em laboratório, as análises seguiram *Standard Methods of Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2017). Todas as amostras permaneceram refrigeradas até o momento das respectivas análises. As determinações de nitrogênio, fósforo, turbidez e resíduos totais foram realizadas no Laboratório de Ictiologia do Pantanal Norte (LIPAN) da Universidade do Estado de Mato Grosso. Já as determinações de DQO, DBO e coliformes termotolerantes foram realizadas no laboratório privado AQUANÁLISE em Cuiabá-MT.

Índice de Qualidade da Água (IQA)

A caracterização quantitativo-qualitativa de um curso d'água pode ser dada de muitas maneiras (BRAGA et al., 2006). Uma delas, desenvolvida para a compreensão de qualidade de água de forma facilitada com o público não técnico é o Índice de Qualidade de Água (IQA) (FREITAS et al., 2011). O IQA foi desenvolvido pela *National Sanitation Foundation dos Estados Unidos*, através de pesquisa de opinião junto a vários especialistas da área ambiental. Neste estudo cada técnico selecionou, a seu critério, os parâmetros relevantes para avaliar a qualidade das águas e estipulou, para cada um deles, um peso relativo na série de parâmetros especificados (IGAM, 2011).

De acordo com a CETESB (2015) as variáveis de qualidade, que fazem parte do cálculo do IQA, refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos, fator esse muito importante nessa pesquisa. O mecanismo apresenta através de uma expressão numérica dados que definem um nível da qualidade da água (Bordalo et al., 2006) baseado na atribuição de peso em 9 parâmetros (físico-químicos e biológicos), com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água (Tabela 1).

Tabela 1 - Peso específico (wi) dos parâmetros físico-químicos e bacteriológicos selecionados para a elaboração do IQA

PARÂMETRO	PESO-WI
Oxigênio dissolvido – OD (% ODSat)	0,17
Coliformes fecais (NMP/100mL)	0,15
pH	0,12
Demanda bioquímica de oxigênio – DBO (mg/L)	0,10
Nitratos (mg/L NO ₃)	0,10
Fosfatos (mg/L PO ₄)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Resíduos sólidos totais (mg/L)	0,08

Fonte: CETESB (2006)

O IQA é calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis que integram o índice. A seguinte fórmula foi utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i}$$

Onde: IQA = Índice de qualidade das águas, um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do parâmetro i obtido através da curva média específica de qualidade, em função de sua concentração ou medida;

wi = peso atribuído ao parâmetro, um número entre 0 e 1.

A partir então do cálculo dos valores de IQA, foi realizada a classificação da qualidade de cada ponto amostral coletado, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação da qualidade das águas conforme valores de IQA calculados

Categoria	Amplitude de valores IQA
Excelente	90 < IQA < 100
Boa	70 < IQA < 90
Média	50 < IQA < 70
Ruim	25 < IQA < 50
Muito ruim	0 < IQA < 25

Fonte: CETESB (2006)

Modelo Streeter Phelps

O modelo Streeter Phelps foi proposto em 1925 para calcular a autodepuração e o perfil do oxigênio dissolvido, após o lançamento da matéria orgânica no corpo hídrico (STREETER & PHELPS, 1925). O modelo foi o pioneiro para os modelos matemáticos, aborda duas variáveis importantes: o consumo de oxigênio pela oxidação da matéria orgânica (expresso em termos de DBO) e a produção de oxigênio pela reaeração atmosférica (resultado da oxidação da matéria orgânica realizada por bactérias) (GONÇALVES; SARDINHA; BOESSO, 2011). A dedução do modelo é dada a partir da equação de continuidade molar:

$$\frac{\partial(cu)}{\partial x} + \frac{\partial(cv)}{\partial y} + \frac{\partial(cw)}{\partial z} - r = \frac{dc}{dt}$$

Uma vez que o interesse é sobre o cálculo de oxigênio dissolvido e DBO, podemos reescrever a equação da seguinte maneira:

$$\frac{\partial(Lu)}{\partial x} + \frac{\partial(Lv)}{\partial y} + \frac{\partial(Lw)}{\partial z} - rL = \frac{dL}{dt}$$

Como o modelo supõe a que a concentração de oxigênio dissolvido e DBO variam apenas em relação ao eixo longitudinal do Rio, supõe também que o rio está em regime permanente de velocidade, assim, podemos simplificar as equações a:

$$u \frac{\partial(L)}{\partial x} - rL = 0$$

Ainda, há de se aplicar as velocidades de geração de oxigênio (r_{O_2}) e a velocidade de geração de DBO (r_L), dadas por:

$$r_{O_2} = k_2 (C_s - C_{O_2})e$$

$$r_L = k_1 L$$

Quando substituimos a na equação simplificada e resolvemos as EDOs, finalizamos a seguintes equações:

$$L = \frac{k_1 L_0}{u} e^{-\frac{k_1 x}{u}}$$

Onde:

L_0 =DBO do ponto de lançamento do efluente (m3/s)

k_1 =Constante de desoxigenação (dia)

u =velocidade da mistura (m/s)

x =Ponto de lançamento (m)

$$C_{O_2} = (C_s - D)$$

Onde:

C_s =Concentração de saturação de oxigênio (mg/L)

D =Déficit de oxigênio (mg/L)

$$D = D_0 e^{-\frac{k_2 x}{u}} + \frac{k_1 L_0}{K \cdot k_1} \left[e^{-\frac{k_1 x}{u}} - e^{-\frac{k_2 x}{u}} \right]$$

Onde:

D_0 = Déficit de oxigênio no ponto de lançamento (mg/L)

k_2 =Constante de aeração (dia)

k_1 =Constante de desoxigenação (dia)

L_0 =DBO no ponto de lançamento do efluente (m3/s)

u =velocidade de mistura (m/s)

x =ponto de lançamento (m)

A partir das equações acima, conseguimos traçar duas linhas de predição de deplecionamento de oxigênio e de reaeração do corpo d'água em seu sentido longitudinal.

RESULTADOS

Variáveis de análise e IQA

Ao analisarmos os valores de oxigênio dissolvido verificamos que esses valores variaram positivamente, entre os meses de dezembro de 2021 e novembro de 2022 em todos os pontos de coleta (Tabela 3). Nossos resultados apontam que P1, P2 e P5 foram os pontos com pior desempenho quanto aos valores de oxigênio dissolvido, sendo que em todas as coletas, os valores da variável ficaram abaixo do estabelecido por legislação. O ponto P4 apresentou valores em acordo com o parâmetro em lei apenas a partir de agosto de 2022.

Tabela 3 - Valores de Oxigênio dissolvido (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	6,0	0,0	1,9	5,9	2,3	3,2
Janeiro	2022	5,1	0,0	2,4	5,5	3,7	2,8
Fevereiro	2022	1,2	2,6	2,0	4,0	3,6	2,8
Março	2022	1,4	3,1	3,2	4,8	4,3	2,9
Abril	2022	6,1	1,1	2,8	6,6	4,4	3,9
Mai	2022	6,5	1,2	3,0	6,9	4,6	4,1
Junho	2022	6,9	1,2	3,2	7,4	4,9	4,4
Julho	2022	6,6	1,2	3,0	7,1	4,7	4,2
Agosto	2022	7,3	1,3	3,4	7,8	5,2	4,6
Setembro	2022	7,5	1,3	3,4	8,0	5,3	4,7
Outubro	2022	7,5	1,3	3,4	8,0	5,3	4,8
Novembro	2022	7,5	1,3	3,5	8,1	5,4	4,8

Fonte: autoria própria (2023)

*Conama 375/05: Oxigênio dissolvido, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂.

Quando analisamos as demandas de oxigênio, tanto biológicas (DBO) quanto química (DQO), verificamos que para DBO, os maiores valores foram registradas nos pontos P1 e P2, ambos com incrementos de até 10 vezes os valores subsequentes em ordem decrescente, registrados em P4 (Tabela 4). Para DQO, comportamento semelhante pode ser observado em P1 (Tabela 5).

Tabela 4 - Valores de DBO (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo)

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	2,0	45,0	11,0	3,0	10,0	10,0
Janeiro	2022	6,0	48,0	12,0	2,0	15,0	15,0
Fevereiro	2022	6,0	53,9	11,0	9,5	9,5	1,7
Março	2022	1,5	18,4	11,6	9,4	9,4	12,0
Abril	2022	1,2	58,8	14,0	2,4	14,0	14,0
Mai	2022	1,6	61,1	15,2	2,5	16,7	16,7
Junho	2022	1,5	65,3	16,8	2,7	10,7	10,7
Julho	2022	1,3	63,6	15,7	2,6	8,4	8,4
Agosto	2022	1,4	69,1	17,3	2,9	14,2	14,2
Setembro	2022	1,4	71,0	17,7	2,9	15,5	15,5
Outubro	2022	1,4	71,6	17,6	2,9	15,9	15,9
Novembro	2022	1,4	71,2	17,5	2,9	16,2	16,2

Fonte: autoria próprio (2023)

*Conama 357: DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O₂.

Tabela 5 - Valores de DQO (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	6.0	425.0	151.8	3.8	56.0	43.1
Janeiro	2022	12.0	458.0	163.6	7.5	45.0	34.6
Fevereiro	2022	10.0	503.8	179.9	6.3	49.5	38.1
Março	2022	9.0	604.0	215.7	5.6	59.4	45.7
Abril	2022	5.0	549.6	196.3	3.1	54.0	41.5
Mai	2022	5.0	577.1	206.1	3.1	56.7	43.6
Junho	2022	6.0	617.5	220.5	3.8	60.7	46.7
Julho	2022	12.0	594.4	212.3	7.5	58.4	44.9
Agosto	2022	6.0	653.8	233.5	3.8	64.2	49.4
Setembro	2022	6.0	666.9	238.2	3.8	65.5	50.4
Outubro	2022	8.0	670.2	239.4	5.0	65.9	50.7
Novembro	2022	6.0	673.6	240.6	3.8	66.2	50.9

Fonte: Autoria própria (2023)

*Conama 357: DQO, 5 mg/L

Ao realizar a comparação da variação de coliformes termotolerantes, foi possível observar que os maiores valores foram também encontrados em P1, em todos os meses amostrais, seguido por P2 e P4 (abastecimento), sendo que os valores encontrados para os pontos, estão todos acima dos limites estabelecidos em lei (Tabela 6).

Tabela 6 - Valores de Coliformes Termotolerantes (ind/100ml) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	50	6666	2400	30	1600	500
Janeiro	2022	30	6111	2500	40	1500	800
Fevereiro	2022	65	5333	2400	44	1800	800
Março	2022	195	642	2560	120	1845	600
Abril	2022	36	6400	4800	48	1890	480
Maio	2022	37	6975	5040	50	2500	504
Junho	2022	40	6511	2890	53	1957	539
Julho	2022	38	6733	2988	55	2023	557
Agosto	2022	40	6962	3089	57	2092	576
Setembro	2022	41	7198	3194	59	2163	596
Outubro	2022	43	7443	3303	61	2237	616
Novembro	2022	44	7696	3415	63	2313	637

Fonte: Autoria própria (2023)

CONAMA 357: 1.000 Coliformes Termotolerantes por 100 mililitros em 80%.

O pH variou de 3 a 7,5, sendo o maior valor registrado em P4 em junho de 2022 e o menor valor em P1 em janeiro de 2022 (Tabela 7). P1 e P4 foram os pontos com menor variação temporal do pH, sendo, também, os pontos com os menores e maiores valores registrados para série, respectivamente.

Tabela 7 - Valores de pH nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	6.4	4.2	5.1	6.4	5.8	5.5
Janeiro	2022	3.2	3.1	3.3	3.1	5.6	5.8
Fevereiro	2022	3.4	3.5	3.8	4.2	6.4	4.1
Março	2022	4.1	4.1	5.0	5.4	5.7	5.6
Abril	2022	6.2	3.7	6.1	6.5	6.7	6.1
Maio	2022	6.6	3.9	6.9	7.0	7.1	7.0
Junho	2022	7.0	4.2	7.0	7.0	7.5	7.0
Julho	2022	6.7	4.0	6.7	6.9	7.3	7.0
Agosto	2022	7.1	4.4	6.1	6.8	6.8	6.8
Setembro	2022	7.0	4.5	6.1	7.0	7.1	6.9
Outubro	2022	6.9	4.5	5.8	7.1	6.8	6.8
Novembro	2022	7.0	4.6	6.0	7.0	7.1	7.1

Fonte: Autoria própria (2023)

*CONAMA 357: PH entre 6,0 a 9,0.

Quanto aos nutrientes na água (nitrogênio total e fósforo), P1 foi o ponto onde registramos os maiores valores de ambas variáveis, sendo P0 e P3 os pontos com os menores valores em toda a série (Tabelas 8 e 9). Os valores de P1 foram ordens de grandeza maiores que os dos pontos de referência.

Tabela 8 - Valores de nitrogênio total (mg/L) nos pontos amostrais.

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	2.1	6.8	4.2	2.2	3.5	3.1
Janeiro	2022	2.2	7.5	5.5	1.8	3.6	3.6
Fevereiro	2022	3.1	6.1	2.0	4.0	4.0	4.6
Março	2022	2.9	7.3	2.4	4.8	4.8	4.4
Abril	2022	2.6	9.0	6.6	2.2	4.3	4.3
Mai	2022	2.8	9.5	6.9	2.3	4.5	4.5
Junho	2022	3.0	10.1	7.4	2.4	4.9	4.9
Julho	2022	2.9	9.7	7.1	2.3	4.7	4.7
Agosto	2022	3.1	10.7	7.9	2.6	5.1	5.1
Setembro	2022	3.2	10.9	8.0	2.6	5.2	5.2
Outubro	2022	3.2	11.0	8.0	2.6	5.3	5.3
Novembro	2022	3.2	11.0	8.1	2.6	5.3	5.3

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 9 - Valores de fósforo total (mg/L) nos pontos amostrais e sua classificação frente a legislação atual* (vermelho=em desacordo; verde=em acordo).

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	0.042	0.312	0.090	0.030	0.066	0.120
Janeiro	2022	0.030	0.376	0.134	0.024	0.088	0.120
Fevereiro	2022	0.180	0.496	0.032	0.116	0.127	0.120
Março	2022	0.036	0.451	0.161	0.029	0.106	0.120
Abril	2022	0.038	0.474	0.169	0.030	0.111	0.160
Mai	2022	0.040	0.507	0.181	0.032	0.119	0.120
Junho	2022	0.039	0.488	0.174	0.031	0.114	0.120
Julho	2022	0.043	0.537	0.191	0.034	0.126	0.137
Agosto	2022	0.044	0.548	0.195	0.035	0.128	0.140
Setembro	2022	0.044	0.548	0.195	0.035	0.128	0.140
Outubro	2022	0.044	0.550	0.196	0.035	0.129	0.140
Novembro	2022	0.044	0.553	0.197	0.035	0.129	0.141

Fonte: Autoria própria (2023)

*CONAMA 375: até 0,1 mg/L, em ambientes lóticos

Ao combinarmos todas as informações e realizarmos os índices de qualidade de água para os pontos e meses, podemos registrar que em P1 a qualidade de água pode ser considerada muito ruim, em todos os meses de coleta de acordo com os valores estabelecidos em literatura (CETESB, 2006). Em P2, a qualidade de água pode ser considerada de ruim (dezembro/21 a

julho/22) a muito ruim (demais meses). Em P4, a qualidade da água foi ruim, em todos os meses amostrais, sendo que em P5 variou de média (dezembro/21 a julho/22) para ruim (demais meses). Tanto P0 quanto P3 obtiveram valores considerados como bons (Tabela 10).

Tabela 10 - Valores IQA computados para os pontos amostrais e sua classificação de qualidade frente ao padrão CETESB (2006) (vermelho=muito ruim; laranja=ruim; amarelo=média; verde=boa).

Mês	Ano	P 0	P1	P2	P3	P4	P5
Dezembro	2021	70	29	40	72	50	55
Janeiro	2022	64	25	35	71	49	53
Fevereiro	2022	70	24	32	70	45	54
Março	2022	65	29	35	85	42	52
Abril	2022	80	25	36	90	34	51
Mai	2022	81	24	40	90	33	49
Junho	2022	74	22	37	85	32	44
Julho	2022	75	20	45	90	33	46
Agosto	2022	85	20	35	89	32	43
Setembro	2022	84	16	25	84	30	42
Outubro	2022	86	20	26	85	32	45
Novembro	2022	70	20	23	75	33	46

Fonte: Autoria própria (2023)

Tabela 11 - Resumo de variação dos pontos amostrais, e resultados com base no IQA.

Ponto amostrais	Categoria	Amplitude de valores IQA
P0-Montante da foz do Efluente	Oscilando de média para boa	70 < IQA < 90
P1 - Foz do efluente	Oscilando de ruim, para muito ruim	0 < IQA < 25
P2- Montante do Efluente	Oscilando entre ruim e muito ruim	25 < IQA < 50
P3 – Montante da Captação	Oscilando na categoria boa	70 < IQA < 90
P4- Captação de água da cidade	Oscilou na categoria ruim	25 < IQA < 50
P5 – Jusante da Captação	Oscilou de média para ruim	25 < IQA < 50

Fonte: autoria própria (2023).

Modelos Streeter-Phelps

Ao construirmos os modelos Streeter-Phelps de depuração do Rio Paraguai na área de estudo, podemos verificar que todos as linhas de tendência construídas, levando em consideração os valores de oxigênio dissolvido nos pontos de controle P0 e P3, apontam para uma área de mistura e depuração dos conteúdos orgânicos de, no mínimo teórico de 29

quilômetros de trecho de rio em fevereiro e março (Figuras 2 e 3) e máximo de teórico de 101 quilômetros em junho, julho, agosto e setembro (Figura 4, 5, 6 e 7). Ou seja, para que o corpo hídrico consiga reoxigenação, e alcance seus valores de referência (P0 e P3) de oxigênio dissolvido nas águas, são necessários entre 29 e 101 quilômetros de área de mistura e depuração, em teoria. Logicamente estes valores são extrapolativos e servem apenas de referência, uma vez que diversos outros fatores podem aumentar ou diminuir a capacidade de autodepuração do rio durante seu percurso.

Em dezembro/2021, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 6.0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hídrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluentes diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 0.0 km a 10 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 6,0 (mg/l) para (3.5 mg/l), sendo que após os 10 Km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com o modelo Streeter Phelps em torno de 40 km (figura 2).

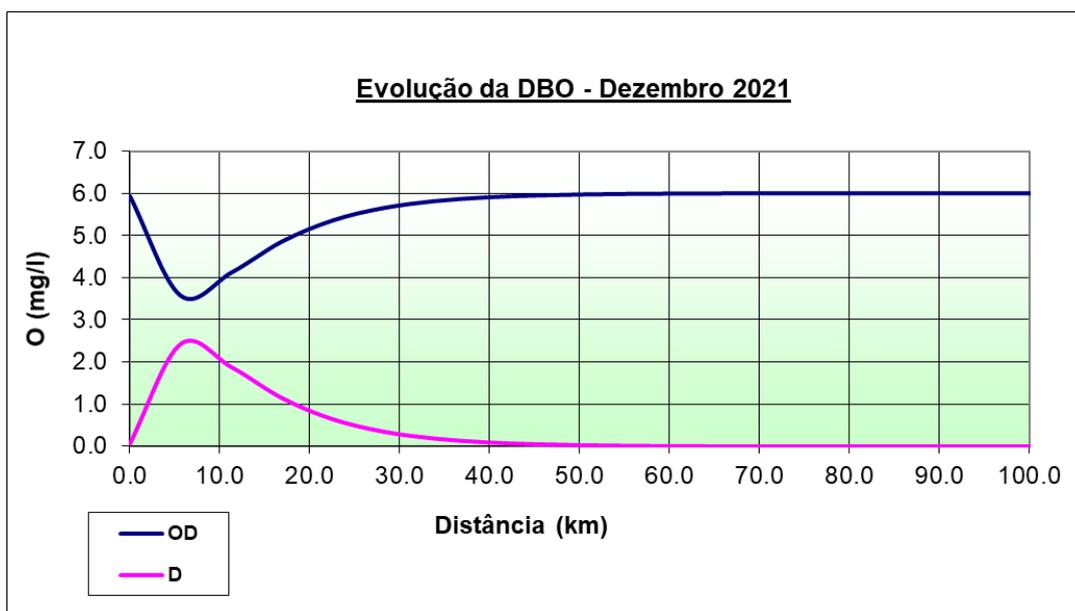


Figura 2 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de dezembro de 2021.

Em janeiro/2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 5,1 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hídrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluentes diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 10 km a 20 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 5,1 (mg/l) para (2,5

mg/l) , sendo que após os 20 Km o corpo hidrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps em torno de 80 km (figura 3).

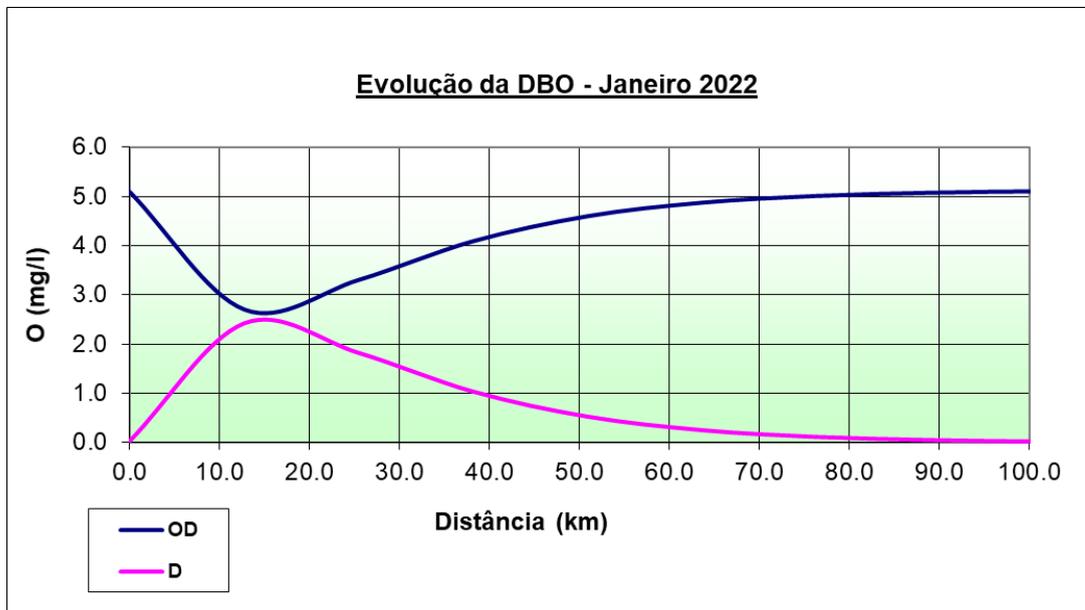


Figura 3 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de janeiro de 2022.

A figura 4, referente Fevereiro/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hidrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluentes diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km ouve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para (3,8 mg/l) , sendo que após os 30 Km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km.

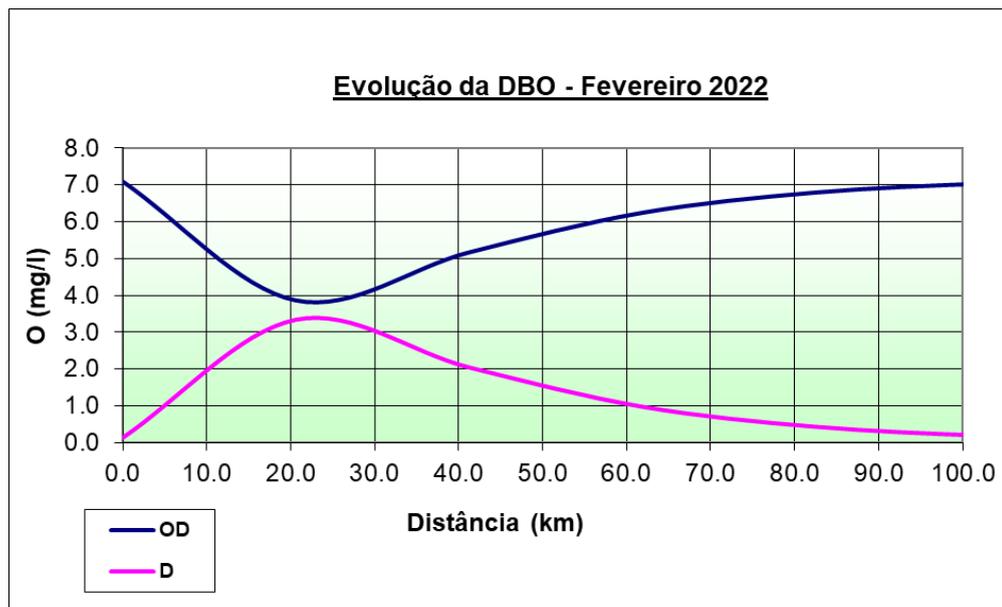


Figura 4- Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de fevereiro de 2022.

Na figura 5, referente Março/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hídrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismo agiram nos efluente diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km ouve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 3,9 (mg/l) , sendo que após os 30 Km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km.

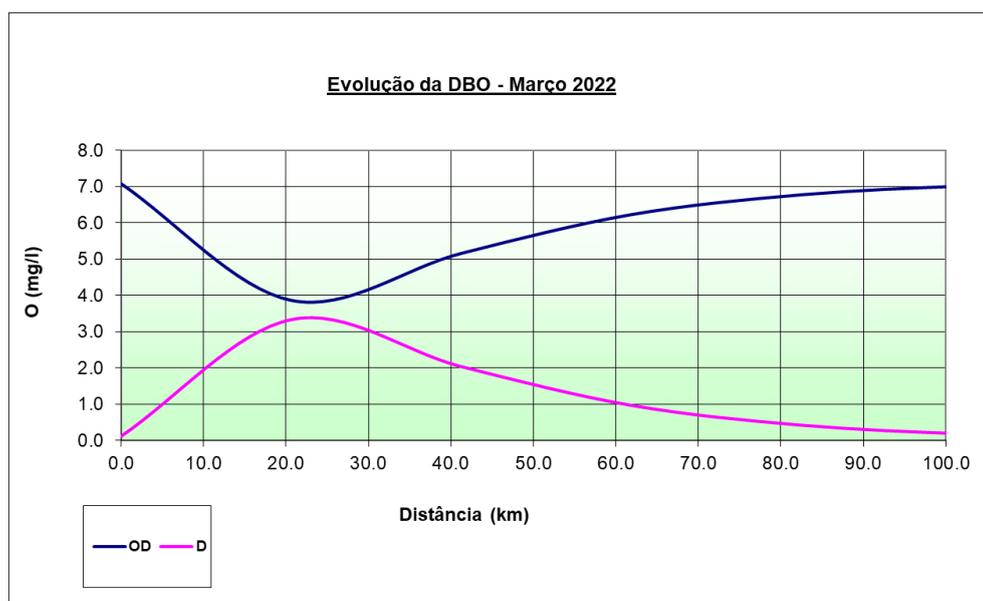


Figura 5 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de março de 2022.

Em Abril/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hídrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluentes diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 3,8 (mg/l) , sendo que após os 30 Km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km (figura 6).

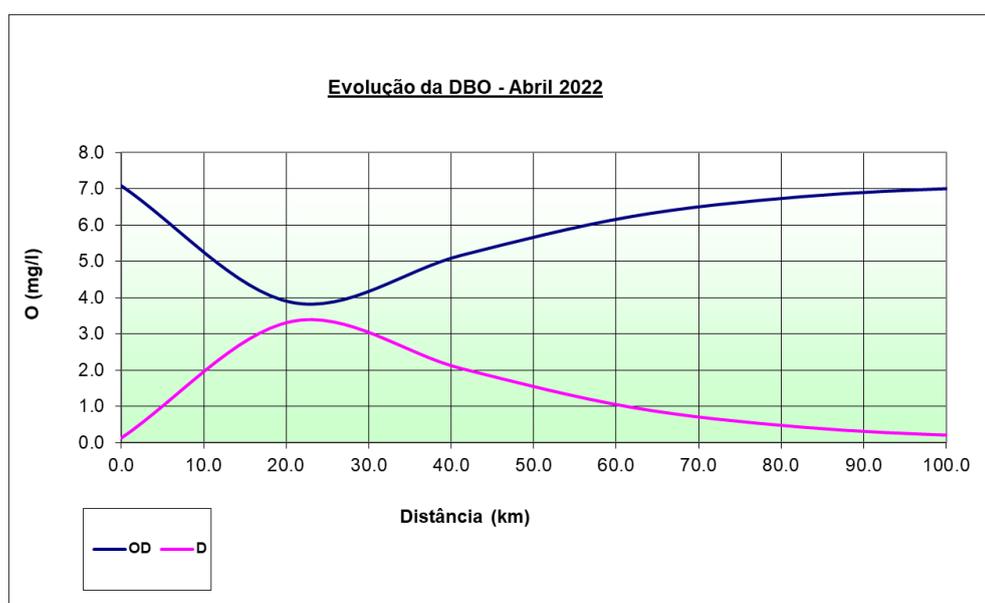


Figura 6 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de abril de 2022.

Em Maio/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hídrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluentes diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 3,8 (mg/l) , sendo que após os 30 Km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km (figura 7).

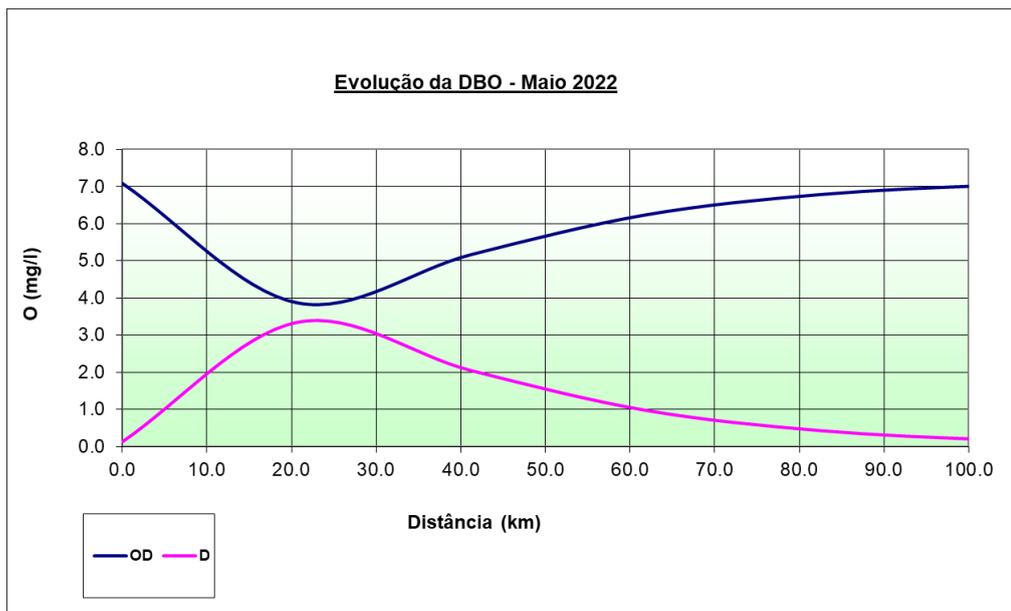


Figura 7 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de maio de 2022.

Na figura 8, referente Junho/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hidrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismo agiram nos efluente diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km ouve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 3,9 (mg/l) , sendo que após os 30 Km corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km.

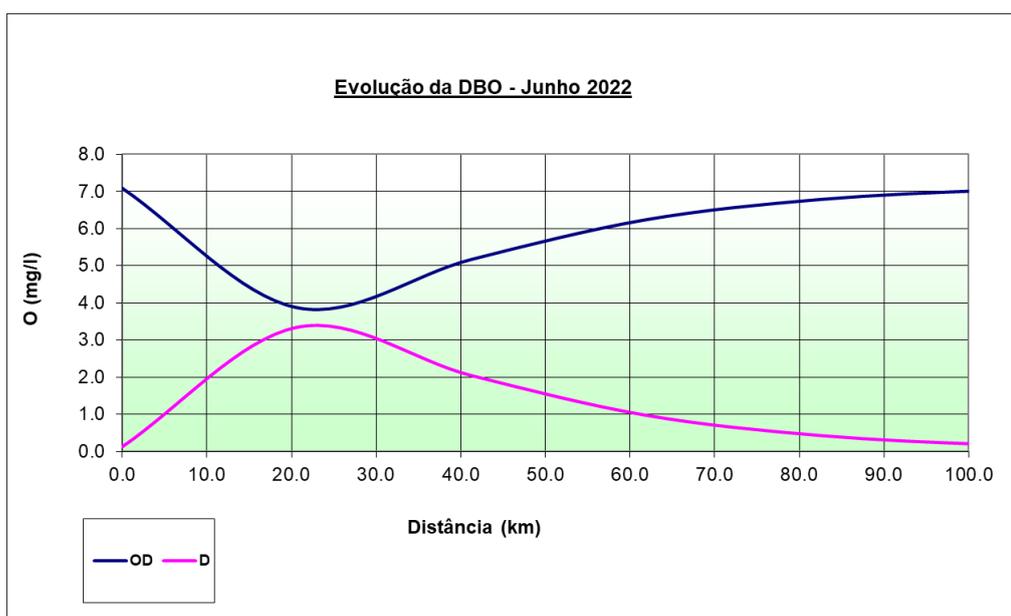


Figura 8 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de junho de 2022.

Na figura 9, referente Julho/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hidrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismo agiram nos efluente diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km ouve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 3,9 (mg/l) , sendo que após os 30 Km corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km.

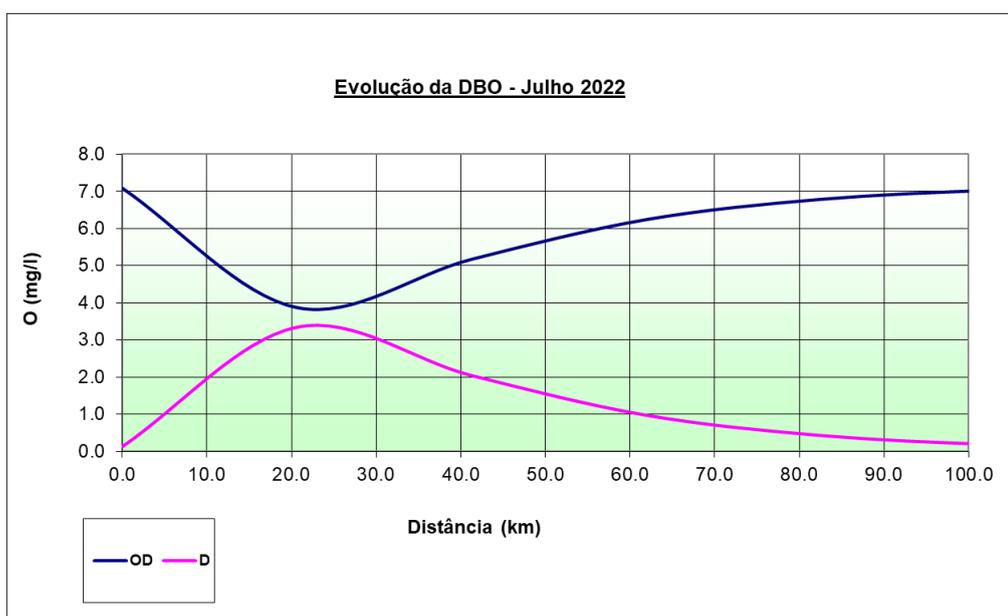


Figura 9 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de julho de 2022.

Em agosto/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hidrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismo agiram nos efluente diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km ouve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 3,9 (mg/l) , sendo que após os 30 Km corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km (figura 10).

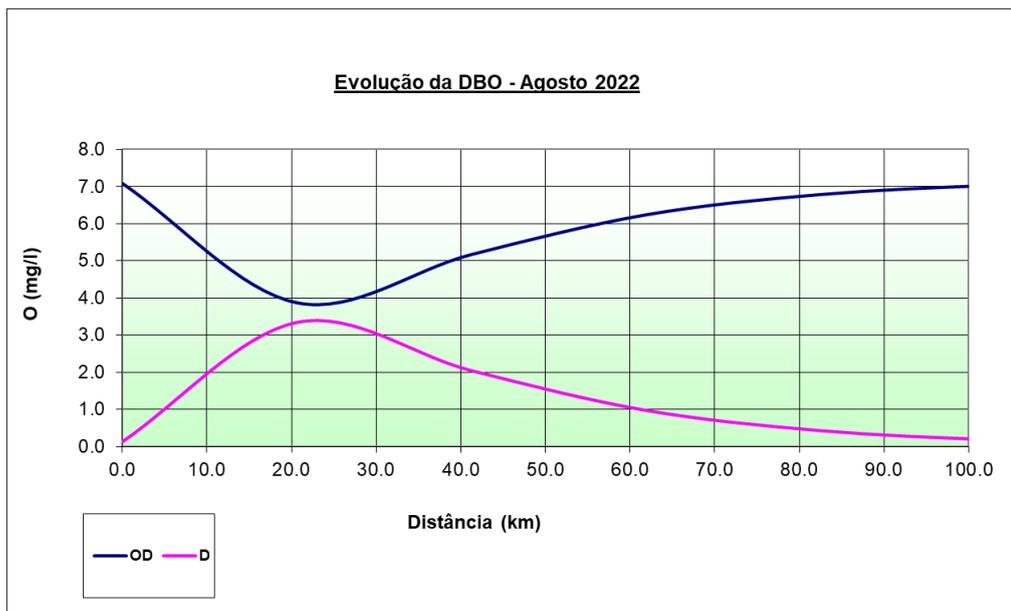


Figura 10 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de agosto de 2022.

Em Setembro/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,0 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hídrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluentes diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,0 (mg/l) para 4,0 (mg/l), sendo que após os 28 km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com o modelo Streeter Phelps acima de 100 km (figura 11).

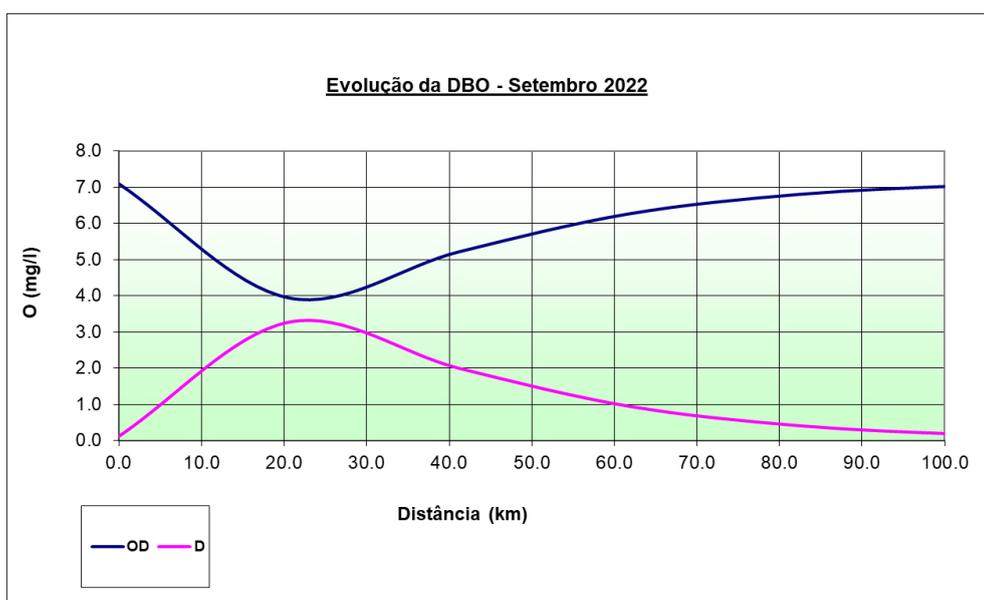


Figura 11 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de setembro de 2022.

Em outubro/ 2022, onde o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 6,4(mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hidrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluente diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 6.4 (mg/l) para 3,4 (mg/l), sendo que após os 26Km corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km (figura 12).

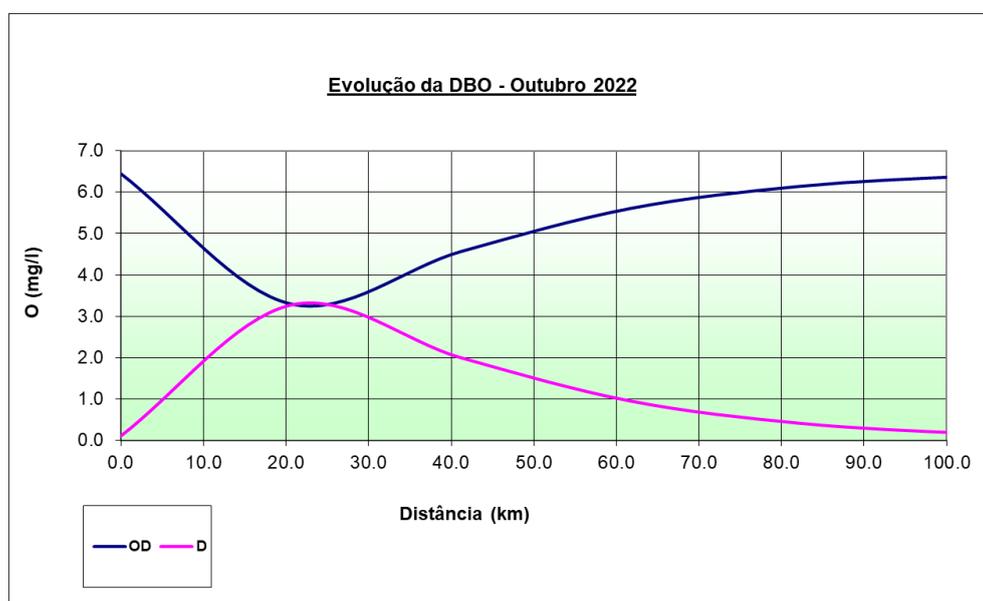


Figura 12 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de outubro de 2022.

Já em novembro/2022 último mês da coleta de dados, o Oxigênio dissolvido (OD) se encontrava em torno 7,1 (mg/l) e que logo após o lançamento dos efluentes no corpo hidrico, e na medida que o rio foi escoando (dissolvendo) os microorganismos agiram nos efluente diminuindo sua Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), diminuindo também o Oxigênio dissolvido, onde na faixa entre 20 km a 30 km houve uma diminuição de oxigênio dissolvido significativa caindo de 7,1 (mg/l) para 4,0 (mg/l), sendo que em torno de 28Km o corpo hídrico começou a se autodepurar, ocorrendo de forma total de acordo com modelo Streeter Phelps acima de 100 km (figura 13).

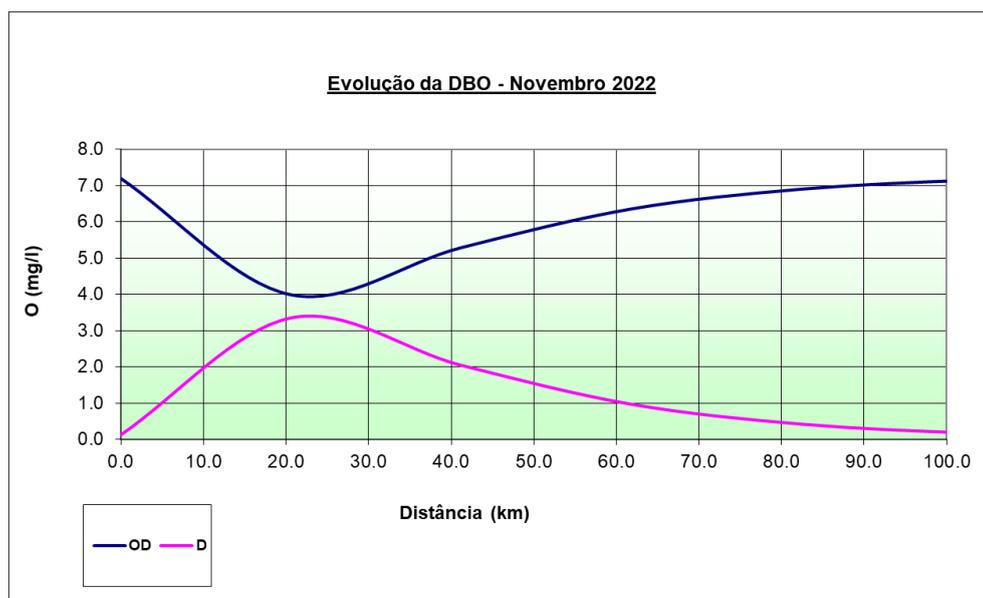


Figura 13 - Curvas de depuração de matéria orgânica, construídas a partir de modelo Streeter Phelps, para o mês de novembro de 2022.

CONSIDERAÇÕES

O despejo de efluente urbano no rio Paraguai através do córrego sangradouro e afeta de forma significativa a qualidade da água do corpo hídrico. De acordo com resultados para os índice de qualidade de água, em P1 (Foz do efluente) a qualidade de água pode ser considerada muito ruim, em todos os meses de coleta, no P2 (Montante do efluente), a qualidade de água pode ser considerada de ruim (dezembro/21 a julho/22) para muito ruim (demais meses), no P4 (Captação da água da cidade), a qualidade foi ruim, em todos os meses amostrais, sendo que em P5 (Jusante da captação) variou de razoável (dezembro/21 a julho/22) para ruim (demais meses). Tanto P0 (Montante da foz do efluente), quanto P3 (montante da Captação), obtiveram valores considerados como bons. Cabe destacar, que, durante as observações de campo, avistamos o despejo direto de efluente com características de esgoto sanitário nas imediações de P4, junto a Praça Villas Boas. As altas concentrações de coliformes termotolerantes, DBO e nutrientes em P4, reforçam a observação de tal lançamento irregular.

Com relação a resultados obtidos ao usarmos o modelo Streeter-Phelps de depuração do Rio Paraguai na área de estudo, podemos verificar que todos as linhas de tendência construídas, levando em consideração os valores de oxigênio dissolvido nos pontos de controle P0 e P3, apontam para uma área de mistura e depuração dos conteúdos orgânicos de, no mínimo teórico de 29 quilômetros de techo de rio em fevereiro e março e máximo de teórico de 101 quilômetros em junho, julho, agosto e setembro. Ou seja, para que o consiga reoxigenação, e

alcance seus valores de referência de oxigênio dissolvido nas águas, são necessários entre 29 e 101 quilômetros de área de mistura e depuração, em teoria.

Referente a qualidade da água do P4 (Captação da água da cidade), local esse onde é realizado a captação de água bruta para abastecimento do município, foi considerada como ruim para todos meses amostrais de acordo com variáveis das análise e IQA, dessa forma recomendamos que a unidade de captação seja movida de lugar ou que o lançamento de efluentes seja tratado de alguma maneira, atenuando esses impactos no corpo hídrico e proporcionando menos riscos aos usuários que detém desse manancial para consumo humano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 9898- preservação e técnicas de amostragem de efluentes e corpos hídricos receptores. Rio de Janeiro, 1997.

ANA. Atlas esgoto: Despoluição de bacias hidrográficas /Agência Nacional de Águas. — Brasília: ANA, 2017 88p.:Il.—ISBN:978-85-8210-050-9.

ANA. Agência Nacional das Águas. Portal de qualidade da água/agencia Nacional de Águas. — Brasília: ANA, 2021. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>. Acessado 22 de Set.2022.

ANA. Agência Nacional das Águas. Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, GGES, 2016.

APHA (2017). Standard Methods for The Examination of Water and Effluents (23rd ed.). Washington DC: American Public Health Association. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 1987. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. ABNT, 23p.

BRAGA, B. et al. (Org. e Coord.) Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

BRASIL. Resolução CONAMA n. 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2011.<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. acesso em 27/06/2021.

BRASIL. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Panorama do Saneamento Básico no Brasil 2021 / Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional. – Brasília/ DF, 2021

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 23/01/2023.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Brasília, DF: Presidência da República, 2020.

Brasil. Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília, DF: Ministério da Saúde; 2006.

BEZERRA, Iury Steiner de Oliveira, et al. Autodepuração de Cursos de d'Água: um Programa de Modelagem Streeter Phelps com Calibração Automática e Correção de Anaerobiose. Revista da Escola de Minas, Ouro Preto 61(2):p249-p255, abril-junho, 2008.

BORDALO, A. A., TEIXEIRA, R., & WIEBE, W. J. (2006). A water quality index applied to an international shared river basin: The case of the Douro River. Environmental Management, 38, 910–920.

CLARKE, R, T, CARLOS EDUARDO MORELLI TUCCI, C, E, M COLLISCHONN, W. Variabilidade temporal no regime hidrológico da bacia do rio Paraguai. Instituto de Pesquisas

Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Caixa Postal 15029 91501-970
Porto Alegre, RS - RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 8 n.1 Jan/Mar
2003, 201–211

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasil, 18 mar. 2005. Disponível em: http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 31 ago. 2022.

EMBRAPA PANTANAL. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Parque Estação Biológica - PqEB, s/nº, Brasília, DF. Disponível em <https://www.embrapa.br/pantanal/apresentacao/o-pantanal>: acesso em 22 set. 2022.

E. VON SPERLING. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta? Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 11, n. 4, p. 189-199, 2006.

FERREIRA, M. S. et al. **Aspectos Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Córrego Sangradouro** – Cáceres, Mato Grosso DOI - 10.20396/sbgfa. v1i2017.1805 - ISBN 978-85-85369-16-3

FERREIRA, J. C. V. Mato Grosso e seus municípios. Cuiabá: Editora Buriti, 2001. 660 p.

FREITAS, E. V. C; BARRETO, F. M. S; NUNES, A. B. A; ALENCAR, M. F. Índice de Qualidade da Água Bruta do Açude Gavião – Município de Pacatuba. 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental (2011).

GONÇALVES, J. C. S. I; SARDINHA, D.S; BOESSO, F. F. Modelo Numérico para a Simulação da Qualidade da Água no Trecho Urbano do Rio Jaú, Município de Jaú (SP). REA – Revista de estudos ambientais (Online) v.13, n. 2, p. 44-56, jul./dez.2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População no último censo 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mt/caceres/panorama.2022>. acesso em 26 set.2022

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Plano Estadual de Recursos Hídricos – PERH / Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte, 2011.

INSTITUTO TRATA BRASIL. O que é saneamento? 2023. [Disponível em: https://tratabrasil.org.br/lei-do-saneamento/](https://tratabrasil.org.br/lei-do-saneamento/) Acesso em: 23/01/2023.

NAKADA, N., TANISHIMA, T., SHINOHARA, H., et al., 2006. Pharmaceutical chemicals and endocrinedisrupters in municipal wastewater in Tokyo and their removal during activatedsludge treatment. *Water Res.* 40 (17), 3297–3303. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.039>.

OLIVO, A. de M.; ISHIKI, H. M. BRASIL FRENTE À ESCASSEZ DE ÁGUA. **Colloquium Humanarum**. ISSN: 1809-8207, [S. l.], v. 11, n. 3, p. 41–48, 2015. Disponível em: <https://revistas.unoeste.br/index.php/ch/article/view/1206>. Acesso em: 3 fev. 2023.

PAIVA, S.L.P.; NEVES, S.M.A.S.; NEVES, R.J.; MIRANDA, M.R.S. Ações antrópicas na área de preservação permanente do córrego Sangradouro em Cáceres/MT, e suas implicações nos aspectos físico-químico da água. *Caminhos de Geografia*, v. 16(56). p.49-61. 2015. ISSN 1678-6343. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/28543>. Acesso em: 10 maio. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CÁCERES – MT. Plano Municipal de Saneamento Básico de Cáceres 2020/2021. Cáceres-MT.

TUCCI, C.E.M. (2002) Gerenciamento da Drenagem Urbana. In: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. V.7 n.1. Jan/Mar. 5-27.

VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. v. 1. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3º ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 2005. v. 1. 452 p.

SARDINHA, D. S. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do ribeirão do meio, Leme (SP). Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 13, n.3, p. 329-338, 2008.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes – parte III (final). Panorama da aquicultura, v. 8, n. 47, p. 35-43, 1998.

STREETER, H. W., PHELPS, E. B. A study of the natural purification of the Ohio River. Public Health Bulletin 146, U.S. Washington: Public Health Service, 1925.