



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
FACULDADE DE ARQUITETURA, ENGENHARIA E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

THAIS CABRAL

**QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CUIABÁ APÓS A INSTALAÇÃO DA APM
MANSO E SEUS IMPACTOS NO TRATABILIDADE DA ÁGUA**

CUIABÁ - MT

2022

THAIS CABRAL

**QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CUIABÁ APÓS A INSTALAÇÃO DA APM
MANSO E SEUS IMPACTOS NO TRATABILIDADE DA ÁGUA**

Trabalho de Conclusão de
Curso apresentado à Universidade
Federal de Mato Grosso, como parte
dos requisitos necessários para
obtenção de título no curso de
Engenharia Sanitária e Ambiental.

CUIABÁ - MT

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

THAIS CABRAL

**QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CUIABÁ APÓS A INSTALAÇÃO DA APM
MANSO E SEUS IMPACTOS NO TRATABILIDADE DA ÁGUA**

Trabalho final, apresentado a
Universidade Federal de Mato
Grosso, como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental.

Aprovado em 23 de março de 2022

Banca examinadora

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Eliana Beatriz Nunes Rondon Lima
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof.^a Dr.^a Eloá Cristina Figueirinha Pelegrino
Universidade Federal de Mato Grosso

Prof.^o Me. Guilherme Julio Abreu Lima
Universidade Federal de Mato Grosso

Aos meus pais, as minhas tias e a minha vó (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Rogério e Gleide, pela educação e ensinamentos durante meu crescimento, sempre me mostrando os caminhos certos a serem trilhados e por me incentivarem a batalhar pelos meus sonhos.

Às minhas tias Tânia e Simone (in memorian) que em diferentes etapas da minha vida foram como mães auxiliando no meu crescimento.

A minha avó Laurita (in memorian) que se dedicou a cuidar de mim durante toda minha infância e durante os nossos 24 anos de convivência foi presente em todos os momentos da minha vida, com amor e carinho, vibrando comigo cada conquista alcançada.

Aos meus primos e demais familiares por torcerem pelo meu sucesso.

Aos meus irmãos Greyce e Wendel pela parceria, amor e por serem presentes à nossa mãe quando precisei me ausentar para enfrentar a vida acadêmica.

Aos meus tios Suêide e Victor responsáveis por me acolher nos últimos 5 anos para realizar a graduação, cuidando de mim como filha e me fazendo sentir o aconchego de estar em casa.

Aos meus colegas e amigos de graduação por todos os momentos vivenciados nos últimos anos.

Aos amigos adquiridos ao longo dessa caminhada, por compreenderem minhas ausências e garantirem momentos de alegria.

A Professora orientadora, Dr.^a Eliana Beatriz pela paciência, compreensão, pelos ensinamentos nos últimos 3 anos e pela inestimável ajuda na elaboração deste trabalho.

RESUMO

No final do ano de 1999, o rio Cuiabá se tornou um rio de vazão regularizada com a implantação da APM Manso que teve sua construção com principal objetivo de regularizar as secas e cheias marcantes desse manancial. Porém, pouco conhecimento se tem a respeito de possíveis impactos causados a qualidade da água e ao seu tratamento após a sua implantação. Foram selecionados pontos de estudo a partir dos dados do monitoramento realizado pela SEMA na bacia do rio Cuiabá, entre o período de 2003 a 2019. Com base, nessa série de dados foram aplicadas estatísticas descritivas e analíticas com objetivo de verificar o comportamento de 12 variáveis em duas estações próximas aos pontos de captação de água localizadas a montante e jusante do perímetro urbano no rio Cuiabá. Os dados foram separados por períodos de seca e chuva, de forma verificar a influência da sazonalidade e ainda os outros possíveis fatores que possam explicar a variação da qualidade da água bruta e as interferências na tratabilidade dessa água nas duas captações que abastecem mais de 50% da população urbana de Cuiabá. Os resultados evidenciaram uma possível influência do Manso na qualidade do rio Cuiabá, principalmente no período de seca, por não haver alterações significativas entre as estações montante e jusante durante o mesmo período em 10 variáveis analisadas. Recomenda-se a realização de testes de alcalinidades para avaliar qual a sua concentração no rio Cuiabá e, verificar se há necessidade do uso de pré-alcalinização diariamente ou em períodos específicos do ano na ETA para aumento do pH, com o objetivo de melhorar o processo de coagulação e não comprometer a qualidade da água tratada final. Uma análise detalhada de custo-benefício se faz necessária para o tipo de coagulante utilizado atualmente e, quais os produtos estão disponíveis, como o PAC que possui boa eficiência na remoção de cor e turbidez elevadas em menores dosagens quando comparados ao sulfato de alumínio.

Palavras chave: Rio Cuiabá, Regularização de Vazão, Montante, Jusante, Variáveis.

ABSTRACT

At the end of 1999, the Cuiabá River became a river with a regularized flow with the implementation of APM Manso, which had its construction with the main objective of regularizing the marked droughts and floods of this source. However, little is known about the possible impacts on water quality and its treatment after its implementation. Study points were selected from the monitoring data carried out by SEMA in the Cuiabá river basin, between the period from 2003 to 2019. Based on this data series, descriptive and analytical statistics were applied in order to verify the behavior of 12 variables at two stations near the water catchment points located upstream and downstream of the urban perimeter on the Cuiabá River. The data were separated by periods of drought and rain, in order to verify the influence of seasonality and other possible factors that may explain the variation in the quality of raw water and the interference in the treatability of this water in the two abstractions. The results showed a possible influence of Manso on the quality of the Cuiabá river, mainly in the dry period, as there were no significant changes between the upstream and downstream stations during the same period in 10 analyzed variables. It is recommended to carry out alkalinity tests to evaluate its concentration in the Cuiabá River and to verify if there is a need to use pre-alkalinization daily or at specific times of the year to increase the pH, with the objective of improving the process of coagulation and not compromise the quality of the final treated water. A detailed cost-benefit analysis is necessary for the type of coagulant currently used and what products are available, such as PAC, which has good efficiency in color removal and high turbidity at lower dosages when compared to aluminum sulfate.

Keywords: Cuiabá River, Flow Regularization, Upstream, Downstream, Variables

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| Figura 1-Representação da subdivisão das sub-bacias: Alto Cuiabá, Manso, Médio Cuiabá, Coxipó e Baixo Cuiabá..... | 13 |
| Figura 2- Impactos de barragem de primeira, segunda, terceira e quarta ordem em decorrência de barragens..... | 16 |
| Figura 3- Localização das estações escolhidas em relação a área urbana de Cuiabá..... | 27 |
| Figura 4- Gráfico Box-Plot da temperatura da água dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 35 |
| Figura 5- Gráfico Box-Plot com os resultados de turbidez dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 36 |
| Figura 6- Gráfico Box-Plot com os resultados de cor aparente dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 37 |
| Figura 7- Gráfico Box-Plot com os resultados de pH dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 38 |
| Figura 8- Gráfico Box-Plot com os resultados da condutividade elétrica dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 39 |
| Figura 9- Gráfico Box-Plot com os resultados de sólidos totais dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 40 |
| Figura 10- Gráfico Box-Plot com os resultados de sólidos suspensos dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 41 |
| Figura 11- Gráfico Box-Plot com os resultados de oxigênio dissolvido dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 42 |
| Figura 12- Gráfico Box-Plot com os resultados de DBO dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 43 |
| Figura 13- Gráfico Box-Plot com os resultados de nitrogênio total dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 44 |
| Figura 14- Gráfico Box-Plot com os resultados de fósforo total dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 45 |
| Figura 15- Gráfico Box-Plot com os resultados de coliformes fecais dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca. | 46 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1-Limites de parâmetros físico-químicos e biológicos estabelecidos pela CONAMA 357 e pela Portaria 888/2021 | 19 |
| Tabela 2 - Caracterização das estações de coleta para monitoramento da qualidade do Rio Cuiabá | 25 |
| Tabela 3 - Métodos utilizados para análises das variáveis físicas, química e biológicas | 27 |
| Tabela 4- Estatística descritiva das variáveis físico-químicas e biológicas do ponto CBA406 de 2003 a 2019 | 31 |
| Tabela 5- Estatística descritiva das variáveis físico-químicas e biológicas do ponto CBA417 de 2003 a 2019 | 32 |
| Tabela 6-Resultado dos testes de normalidade de D' Agostino Person e Lilliefors sobre a distribuição dos dados nos pontos CBA406 e CBA417. | 33 |
| Tabela 7- Estatística de contraste nos períodos de seca e chuva nos pontos CBA406 e CBA417..... | 33 |
| Tabela 8- Estatística de contraste da qualidade da água para o mesmo período sazonal nos pontos CBA406 e CBA417 | 34 |
| Tabela 9- Principais alterações na água do Rio Cuiabá antes e após o Manso | 46 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 10 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 12 |
| 2.1 | Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá | 12 |
| 2.2 | APM Manso..... | 14 |
| 2.3 | Regularização de Vazão | 14 |
| 2.3.1 | Impactos Ambientais | 15 |
| 2.4 | Estações de Tratamento de Água | 17 |
| 2.5 | Padrões Ambientais | 18 |
| 2.5.1 | Temperatura da Água..... | 19 |
| 2.5.2 | Turbidez | 20 |
| 2.5.3 | Cor..... | 20 |
| 2.5.4 | pH..... | 21 |
| 2.5.5 | Condutividade Elétrica..... | 21 |
| 2.5.6 | Sólidos Totais..... | 22 |
| 2.5.7 | Oxigênio Dissolvido | 22 |
| 2.5.8 | Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) | 23 |
| 2.5.9 | Nitrogênio Total | 23 |
| 2.5.10 | Fósforo Total | 23 |
| 2.5.11 | Coliformes Fecais..... | 24 |
| 2.6 | Banco de dados | 24 |
| 3 | METODOLOGIA | 26 |
| 3.1 | Seleção dos pontos | 26 |
| 3.2 | Variáveis analisadas..... | 27 |
| 3.3 | Tratamento dos dados..... | 28 |

| | | |
|--------|--------------------------------------|----|
| 3.4 | Estatística descritiva..... | 28 |
| 3.5 | Teste de hipóteses | 29 |
| 4 | RESULTADOS..... | 29 |
| 4.1 | Estatísticas exploratórias..... | 29 |
| 4.1.1 | Temperatura da água..... | 34 |
| 4.1.2 | Turbidez | 35 |
| 4.1.3 | Cor aparente | 36 |
| 4.1.4 | pH..... | 37 |
| 4.1.5 | Condutividade elétrica | 38 |
| 4.1.6 | Sólidos Totais..... | 39 |
| 4.1.7 | Sólidos suspensos | 40 |
| 4.1.8 | Oxigênio Dissolvido..... | 41 |
| 4.1.9 | Demanda Bioquímica de Oxigênio | 42 |
| 4.1.10 | Nitrogênio Total | 43 |
| 4.1.11 | Fósforo Total | 44 |
| 4.1.12 | Coliformes Fecais..... | 45 |
| 5 | DISCUSSÕES | 47 |
| 5.1 | Impactos no tratamento da água..... | 49 |
| 6 | CONCLUSÃO | 51 |
| 7 | REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO | 52 |

1 INTRODUÇÃO

O aumento pela demanda sobre uso dos recursos hídricos tem sido fortemente influenciado pelo desenvolvimento econômico, industrial e crescimento populacional. A demanda por água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total retirado dos mananciais nas últimas duas décadas, sendo 23,8% apenas para o abastecimento urbano. A previsão é de que ocorra um aumento de 24% na demanda até 2030 (ANA, 2019). Esses fatores implicam na oferta futura da água não apenas à quantidade disponível, e sim em relação à sua qualidade acarretando em restrições nos seus usos múltiplos, principalmente os consuntivos.

A deterioração da qualidade da água causadas por ações antrópicas são oriundas de: disposição inadequada de resíduos, efluentes domésticos e industriais, agricultura, pecuária, piscicultura, desmatamento e empreendimentos para geração de energia. Pavanelli (2001) explica que essas ações, dentre outras, podem acarretar grandes prejuízos ambientais, com consequente alterações das características físico-química e biológicas, como por exemplo, o aumento da turbidez, provocando a piora na qualidade da água bruta, com impactos diretos nos custos e processos operacionais das Estações de Tratamento de Água.

Durante as décadas de 70 e 80, os municípios de Cuiabá e Várzea Grande sofreram um crescimento bastante acelerado, sem contar com uma infraestrutura básica, no fornecimento dos serviços de saneamento, para acompanhar o crescimento que ocorreu de forma desordenada, conforme apontado por Lima (2001). A Autora ainda explica que devido a ocupação urbana desses municípios, houve um incremento de demanda dos diversos usos das águas do rio Cuiabá e consequentemente aumento das cargas orgânicas, nutrientes e de coliformes gerados pelos lançamentos domésticos, bem como atividades agrícolas e pecuária, alterando sua qualidade.

Além disso, o rio Cuiabá há pouco mais de 20 anos se tornou um rio de vazão regularizada com a implantação da Usina Hidrelétrica de Manso que teve sua construção com principal objetivo de regularizar as secas e cheias marcantes desse manancial e demais usos múltiplos. Sabino (2017) afirma que a presença de estruturas hidráulicas no rio pode causar inevitavelmente alteração hidrológica no

regime de vazões com consequências tanto a montante como a jusante da estrutura. Esses impactos estão relacionados a alterações nos sistemas ecológicos, perda ou invasão de espécies aquáticas, mudanças na qualidade da água e impactos nos usos pela população.

Apesar de alguns dos impactos acima já terem sido abordados em alguns estudos sobre o Manso, pouco conhecimento se tem a respeito de possíveis impactos causados à qualidade da água, após a sua implantação. Considerando essa premissa, esse estudo avalia a qualidade do rio Cuiabá após a operação da APM Manso na região urbana de Cuiabá e Várzea Grande entre os anos de 2003 e 2019, em dois pontos de captação de água, analisando 12 das variáveis físico-químicas e biológicas monitoradas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA).

Por fim, o estudo avalia também quais os possíveis efeitos que a alteração da qualidade do rio Cuiabá pode estar ocasionando na operação das Estações de Tratamento de Água do município de Cuiabá com destaque no processo de coagulação, propondo sugestões de melhorias para essa etapa do tratamento.

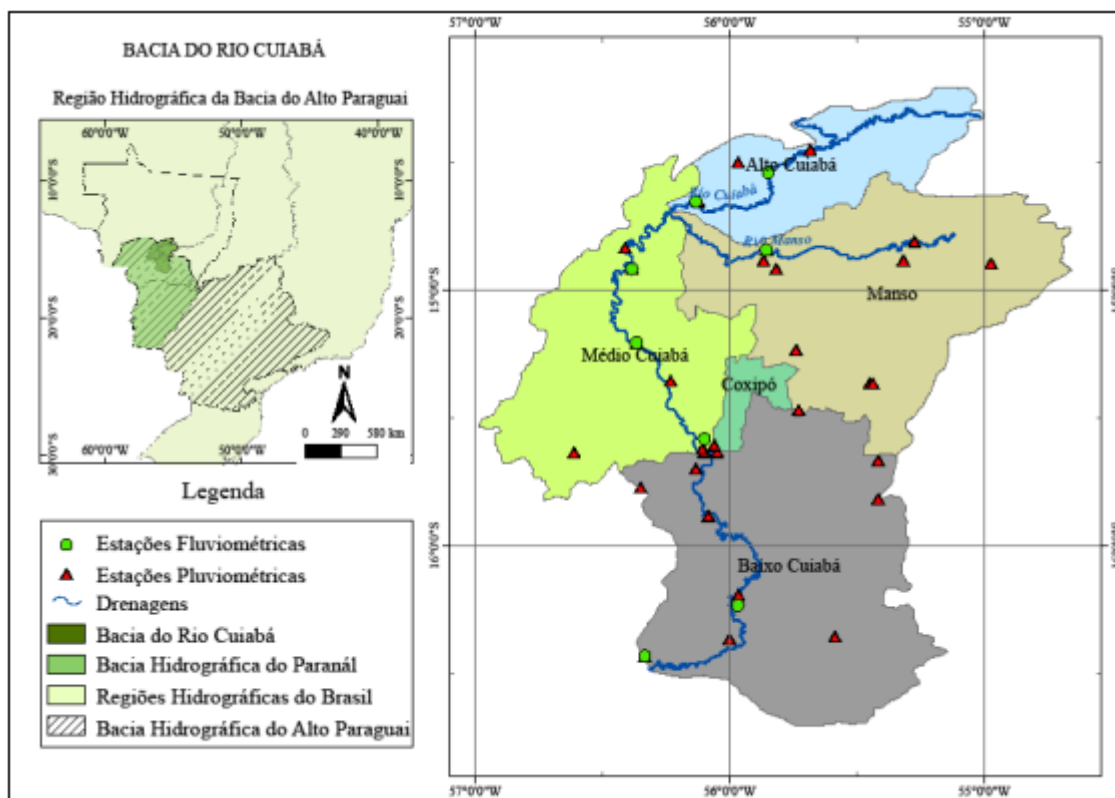
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Bacia Hidrográfica do Rio Cuiabá

A bacia do rio Cuiabá está situada na porção centro sul do Estado de Mato Grosso, posicionada no quadrilátero formado pelas coordenadas geográficas de 54°38' e 57 00' de longitude oeste e 14°10' e 15°50' de latitude sul, com área de 22.851,1 km² (CHIARANDA, et. al., 2016). A área de abrangência da bacia está inserida nos municípios: Rosário Oeste, Acorizal, Cuiabá, Várzea Grande, Santo Antônio de Leverger e Barão de Melgaço, Chapada dos Guimarães, Campo Verde, Planalto da Serra, Jangada, Nobres, Nossa Senhora do Livramento e Nova Brasilândia.

A bacia hidrográfica do rio Cuiabá é subdividida em 5 sub-bacias: do alto Cuiabá, médio Cuiabá, Baixo Cuiabá, do Coxipó e do Manso. A bacia do Alto Cuiabá, com uma área de 4.400 km², compreende das nascentes até o encontro com o rio Manso, uma região de planalto, com diferenças de níveis e declividade diminuindo gradualmente. (MORAES, 2019)

Figura 1-Representação da subdivisão das sub-bacias: Alto Cuiabá, Manso, Médio Cuiabá, Coxipó e Baixo Cuiabá



Fonte: França (2012).

A Bacia Hidrográfica do Cuiabá é formada pelos rios Cuiabá da Larga e Cuiabá do Bonito, que nascem nos vales da Serra Azul em Rosário Oeste. Após confluência, esses dois rios passam a se chamar Cuiabazinho, que por sua vez passa a se chamar Rio Cuiabá após o encontro com o Rio Manso (FIGUEIREDO, et. al., 2018). No Rio Manso está localizado o reservatório de Aproveitamento Múltiplo que propicia o amortecimento das cheias e influencia na disponibilidade hídrica do rio Cuiabá durante o período de seca.

O rio Cuiabá alcança a capital mato-grossense na Passagem da Conceição, onde recebe os impactos da região urbana, provenientes do crescimento populacional e atividades industriais que estão alterando gradualmente as condições da bacia e suas características qualitativas.

2.2 APM Manso

A Usina Hidrelétrica de Manso foi construída a 100 km de Cuiabá, entre os municípios de Chapada dos Guimarães e Nova Brasilândia e possui 427 km² de área inundada. Com 210 MW, a usina foi projetada para atender ao conceito de usos múltiplos do reservatório e da água. Entre os benefícios do Aproveitamento Múltiplo de Manso, destaca-se o de regularizar os ciclos de cheias e secas ocorridas do Rio Cuiabá. (FURNAS, 2021)

A Usina de Manso foi construída em parceria com a iniciativa privada, sendo o consórcio PROMAN, formado pelas empresas Odebrecht, Servix e Pesa, participaram com 30% do total dos investimentos. E a partir de fevereiro de 1999, FURNAS ficou responsável pelos outros 70% até então administrados pela Eletronorte."

2.3 Regularização de Vazão

A vazão regularizada é a vazão que o reservatório pode fornecer a longo prazo, sem que o volume mínimo ou volume morto seja atingido. A maior vazão que pode ser regularizada é a vazão média de longo termo. (ANA, 2013)

A regularização de vazões por meio de construção de barragem, tem por objetivo principal a melhor utilização dos recursos hídricos superficiais. De acordo com Barbosa (2017) a formação de reservatório visa ainda atingir, outros objetivos: o atendimento as necessidades do abastecimento urbano ou rural (irrigação), geração de energia, atenuação de cheias (combate às inundações), o controle de sedimentos, a recreação, e, permitir navegação fluvial.

A implantação de reservatórios de regularização modifica a distribuição das vazões nos rios e o fornecimento de água a jusante do mesmo. As vazões a jusante dos reservatórios passam, desta forma, a apresentar comportamentos distintos no que se refere à garantia das disponibilidades, gerando uma elevação do valor de vazão

mínima disponível, que tende a se aproximar do valor da vazão média de longa duração (SABINO, 2017 apud ASFORA, 2005).

Lima et. al. (2015) mostram que os valores de vazão mínima, logo no início do enchimento do reservatório, posteriores as operações da APM Manso, possuem valores inferiores aos anteriores ao represamento. Esse fato pode ser explicado pela necessidade de formação do lago no início da operação e para manter o nível do reservatório em condições seguras para geração de energia.

Entretanto, o estudo conclui que a regularização do Rio Cuiabá pelo Manso atenuou os resultados provocados pela sazonalidade, pois as vazões máximas tornaram-se menores e as mínimas maiores. Sabino (2017) afirma que esse comportamento está relacionado com a grande capacidade de armazenamento da APM Manso, cuja regularização anual é de 96,32%. Este comportamento corrobora para a manutenção da vazão ecológica do manancial, diminuição de impacto das chuvas, assim como contribui para o funcionamento dos dispositivos de captação de água instalados ao longo do rio. (LIMA, et. al., 2015)

2.3.1 Impactos Ambientais

Apesar da regularização de um rio render benefícios, os reservatórios podem causar impactos negativos sobre a qualidade da água, aspectos ecológicos, as características hidráulicas, ao regime hidrológico e ao fluxo de sedimentos. “Reservatórios interferem nos rios em que são construídos alterando o fluxo e os sistemas terrestres e aquáticos de forma drástica e efetiva” (TUNDISI, 1999, p. 22).

Lima (2014) em seu estudo, adapta uma hierarquia dos impactos físicos e biológicos da operação de barragens, onde esses impactos são classificados entre primeira, segunda, terceira e quarta ordem:

Figura 2- Impactos de barragem de primeira, segunda, terceira e quarta ordem em decorrência de barragens



Fonte: Lima (2014)

De acordo com Lima (2014), alguns impactos na construção de barragens são:

- Mudança da dinâmica de nutrientes e sedimentos no curso do rio;
- Alterações no regime hidrológico do rio e fragmentação do seu canal;
- Perdas de água por evaporação;
- Eutrofização;
- Mudança da vegetação da zona ripária e macrófitas aquáticas;
- Alterações na reprodução, desenvolvimento de certas espécies a jusante e à montante da barragem;
- Comprometimento da quantidade e qualidade da água;
- Emissão de gases do efeito estufa; e
- Salinização da água.

Assim, apesar da regularização de um rio oferecer vantagens, os impactos negativos são significantes, principalmente à perda de qualidade da água. A eutrofização artificial, salinização, alteração de sedimentos e nutrientes, podem gerar consequências nos processos operacionais das estações de tratamento de água convencionais.

2.4 Estações de Tratamento de Água

O tratamento da água para consumo humano, basicamente consiste em produzir água atendendo aos padrões de potabilidade. Pode requerer apenas a filtração lenta, mas no Brasil é comum a utilização de outras tecnologias de tratamento. (PAVANELLI, 2001)

Segundo Di Bernardo (1983) as estações de tratamento convencionais, onde são realizadas as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção, são largamente utilizadas no Brasil, devido a qualidade da água bruta, principalmente as variáveis cor e turbidez que limitam os usos de outros métodos.

A coagulação é primeiro passo do processo de tratamento da água, onde ocorre a desestabilização dos coloides para formação de flocos por meio de sais inorgânicos e polímeros. É responsável por remoção da turbidez, cor, partículas orgânicas e partículas suspensas na água, e sua eficiência depende das características da água e da dosagem utilizada. (MUNGODORI, et. al., 2021)

As variações na qualidade da água bruta são determinantes para escolha do mecanismo de coagulação. Seckler (2017) explica que se a concentração das partículas coloidais tende a ser elevada, requerendo altas dosagens, o mecanismo de varredura é recomendado. Porém, se em algum instante os valores de turbidez da água bruta forem reduzidos pode ser utilizado o processo de coagulação por adsorção-neutralização.

O pH nessa etapa possui grande influência no resultado de eficiência da coagulação. Os sais de ferro e alumínio, por exemplo, que são mais comumente utilizados, por possuírem caráter ácido ao serem adicionados na água, podem reagir com a alcalinidade natural e, se a mesma não for suficiente, reduzir o pH do meio a valores indesejáveis. (FERREIRO, et. al., 2018)

A dosagem de coagulante em altas concentrações para remoção de cor e turbidez elevados, tendem a consumir a alcalinidade e reduzir o pH do meio. De acordo com Cunha (1948), na coagulação das águas de fraca alcalinidade e coloridas e cuja floculação se processa em pH baixo, é dispensável a adição de alcalinizante até certo limite de dosagem. Porém quando as dosagens se elevam devido a alteração da qualidade da água bruta, a adição de alcalinizante antes da floculação se faz necessária para atender às exigências da reação de coagulação por varredura.

O estudo realizado por Mungodori et. al. (2021) avaliou os efeitos do pH na coagulação da água utilizando coagulantes únicos e duplos, e obteve resultados satisfatórios na combinação dos compostos utilizando a pré-alkalinização para correção do pH e melhor eficiência na remoção da turbidez. Isso foi possível porque ao aplicar a correção do pH, elevou o seu valor até o ponto ótimo para reação, não excedendo os limites estabelecidos desse parâmetro para a água tratada.

2.5 Padrões Ambientais

A Resolução CONAMA 357/2005 classifica os corpos d'água conforme sua qualidade, estabelecendo quais os usos preponderantes para os cursos hídricos e fornece diretrizes para o seu enquadramento, entre outras providências. Os corpos hídricos são classificados em: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Entretanto, rios que não possuem enquadramento aprovado, como o rio Cuiabá devem ser considerados classe 2. Conforme a CONAMA 357 essas águas poderão ser destinadas à:

- Ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- À proteção das comunidades aquáticas;
- À recreação de contato primário;
- Irrigação de hortaliças e plantas frutíferas
- À aquicultura e à atividade de pesca.

Na água bruta podem ser encontrados sólidos em suspensão, dissolvidos, microrganismos patogênicos, matéria orgânica, além da cor da água que causa repulsa pelo ser humano, devendo ser necessário tratamento adequado para consumo. Assim, a Portaria GM/MS nº 888/2021 dispõe sobre os padrões de potabilidade da água, estabelecendo parâmetros de qualidade para as estações de tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição.

Após passar por tratamento cumprindo os padrões da legislação, a água tem como objetivos principais o abastecimento da população para consumo, preparação de alimentos, higiene, limpeza, entre outros.

A tabela 1 traz a síntese dos limites estabelecidos para os alguns dos parâmetros estudados.

Tabela 1-Limites de parâmetros físico-químicos e biológicos estabelecidos pela CONAMA 357 e pela Portaria 888/2021

| Parâmetros | CONAMA 357/2005 | Portaria GM/MS 888/2021 |
|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Turbidez | 100 NTU | 5 NTU |
| Cor | 75 uH | 15 uH |
| pH | 6,0 a 9,0 | 6,0 a 9,0 |
| Oxigênio Dissolvido | > 5 mg/L | NA |
| DBO | 5 mg/L O ₂ | NA |
| Fósforo Total | 0,1 mg/L | NA |
| Sólidos Totais | 500 mg/L | NA |
| Coliformes fecais | 1000 coliformes | Ausência em 100 mL |
| Nitrogênio Total | pH até 7,5: 3,7 mg/L | NA |
| | pH entre 7,5 e 8,0: 2,0 mg/L | |
| | pH entre 8,0 e 8,5: 1,0 mg/L | |
| | pH maior que 8,5: 0,5 mg/L | |

Fonte: Autor (2022).

Os tópicos abaixo irão abordar as definições, características, interferências e influências das ações antrópicas das variáveis que podem ser analisadas nesse tipo de estudo. Serão destacados ainda os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA Nº 357/2005 para rios de classe II e os padrões de potabilidade da água regidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021.

2.5.1 Temperatura da Água

As variações de temperatura fazem parte do regime climático normal e corpos de água naturais possuem variações sazonais. Esta variável geralmente é influenciada por fatores como: latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. (CETESB, 2016)

2.5.2 Turbidez

A medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água é chamada de turbidez. Que é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.) A cor da água também interfere negativamente na medida da turbidez devido a sua propriedade de absorver a luz. (CORREIA, *et. al.* 2008). A presença elevada de turbidez, tem como consequência a diminuição da penetração de luz na água, reduzindo a fotossíntese e afetando a vida aquática.

O valor máximo permitido para esse parâmetro estabelecido pela Portaria GM/MS 2021 é de 5 NTU em qualquer ponto do sistema de distribuição (reservatório e rede). Mas ao considerar a eficiência da desinfecção, o valor máximo deve ser 1 uT.

2.5.3 Cor

A cor da água, na maioria dos casos, é provocada por compostos orgânicos de origem vegetal, compostos inorgânicos tais como ferro e manganês, e pelos resíduos das atividades humanas que pela atividade de microrganismos se decompõem. (PAVANELLI, 2001)

A cor pode ser distinguida entre cor aparente e verdadeira. No valor da cor aparente pode estar incluída parcela de material em suspensão, responsável pela turbidez da água. Quando esta é removida por centrifugação, obtém-se a cor verdadeira (VON SPERLING, 2000). Porém é usual no tratamento da água, determinar a cor aparente.

Segundo Lima (2001), as águas naturais possuem cor que varia entre zero e 200 unidades, pois acima disso já seriam águas de brejo ou pântano, com altos valores de matéria orgânica dissolvida. A coloração das águas naturais pode variar em função das características e das substâncias presentes. Substâncias orgânicas como os taninos produzem a cor marrom transparente, as algas, cor verde e a suspensão de argilas, cor amarelo-avermelhada. Para receber tratamento convencional, a CONAMA 357, determina valores de cor para águas superficiais até

75 uC, porém, muitas águas superficiais apresentam valores muito superiores a esse limite e são tratadas, atendendo o padrão de potabilidade para água final, não superior a 15 uC após o tratamento, conforme Portaria nº 888/2021.

2.5.4 pH

Conforme explica Von Sperling (2000) o pH representa a concentração de íons de hidrogênio H^+ , presentes na água, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Os íons H^+ são decorrentes do meio do qual a água é coletada, ou está exposta, seja por gases dissolvidos, sólidos, líquidos, que podem ser oriundos de dissolução de rochas (em caso de rochas alcalinas o pH será básico, ou maior que 7), da oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, além dos despejos domésticos e industriais. Em corpos hídricos, a variação do pH influencia no equilíbrio de compostos químicos e valores baixos ou elevados podem ser indicativos da presença de despejos industriais.

Em termos de tratamento de água Von Sperling (2000) afirma que a variação do pH influencia no equilíbrio de compostos químicos e seus diferentes valores estão associados a diferentes faixas de atuação ótima de coagulantes.

2.5.5 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica da água indica a capacidade da água em conduzir corrente elétrica. Essa variável depende das concentrações iônicas e da temperatura e revela a quantidade de sais que existem na coluna d'água, deste modo representa uma medida indireta de concentração de poluentes. (CETESB, 2016).

2.5.6 Sólidos Totais

Os sólidos totais correspondem ao total de materiais particulados dissolvidos na água e podem estar distribuídos da seguinte forma: em suspensão (sedimentáveis e não sedimentáveis) e dissolvidos (voláteis e fixos). (BAUCHIPIESS, 2020)

De acordo com Lima (2001), a quantidade e a natureza da matéria dissolvida e não dissolvida que ocorre no meio líquido varia muito. Nas águas potáveis, a maior parte da matéria está na forma dissolvida e consiste principalmente de sais inorgânicos, pequenas quantidades de matéria orgânica e gases dissolvidos. A CONAMA 357/2005 estabelece limites de 500 mg/L para essa variável.

2.5.7 Oxigênio Dissolvido

A quantidade de oxigênio dissolvido nos corpos de água é um indicador importante da qualidade da água. A concentração de OD na água é o resultado da interação de diversos processos que tendem a aumentar ou diminuir a mesma. (JANZEN, 2008)

De acordo com Von Sperling (2000), durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, tem-se as condições anaeróbias, com possível geração de maus odores, afetando a vida dos seres aquáticos aeróbios.

O oxigênio dissolvido pode ter origem natural, a partir da dissolução do oxigênio atmosférico em zonas de turbulência elevada, ou decorrente da produção por organismos fotossintéticos em corpos d'água eutrofizados e ainda por origem antropogênica, oriundos da aeração artificial (VON SPERLING, 2000).

2.5.8 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Essa variável representa a medida da quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbios. A DBO_5 é convencionalmente usada, pois considera a medida da demanda do oxigênio com 5 dias, de incubação a 20°C, associada a fração biodegradável dos componentes orgânicos carbonáceos. (LIMA, 2001)

2.5.9 Nitrogênio Total

O nitrogênio é um elemento que se encontra em diversas formas e estados de conservação. Segundo Von Sperling (2000), no meio aquático o nitrogênio pode ser encontrado nas seguintes formas: (a) nitrogênio molecular (N_2), escapando para a atmosfera, (b) nitrogênio orgânico (dissolvido e em suspensão), (c) amônia (livre NH_3 e ionizada NH_4^+), (d) nitrito (NO_2^-) e (e) nitrato (NO_3^-).

Lima (2001, apud Mota, 1995) salienta que o nitrogênio orgânico e amônia estão associados a efluentes e águas recém poluídas. Com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e, posteriormente se condições aeróbias estão presentes, a oxidação da amônia acontece transformando-se em nitrito e nitrato. A CONAMA 357 estabelece limites para essa variável de acordo o pH do corpo hídrico: 3,7 mg/L para pH até 7,5; 2,0 mg/L para pH entre 7,5 e 8,0; 1,0 mg/L para pH entre 8,0 e 8,5 e 0,5 para pH maior que 8,5.

2.5.10 Fósforo Total

O fósforo na água apresenta-se principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. O ortofosfato dependem do pH, sendo a mais comum na faixa usual de pH; o fosfato ácido (HPO_4^{2-}) (VON SPERLING, 2000).

De acordo com Campgnaro (2009, apud CETESB, 2008), o fósforo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários, onde os detergentes superfosfatados empregados em larga escala nos domicílios constituem a principal fonte, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas.

2.5.11 Coliformes Fecais

Os coliformes fecais fazem parte do grupo de bactérias coliformes que atuam, principalmente como indicadores de poluição fecal, por serem de origem do trato intestinal dos animais de sangue quente. A *Escherichia coli* é caracterizada por ser a principal bactéria do subgrupo dos coliformes termotolerantes, de origem fecal. (BAUCHSPIESS, 2020)

A Resolução CONAMA 357, estabelece valores para *E. coli* de até 1000 coliformes/100 mL nos corpos d'água.

2.6 Banco de dados

Os dados utilizados para o estudo foram provenientes dos monitoramentos realizados na Bacia do Hidrográfica Paraguai pela SEMA. Atualmente são monitorados 52 pontos na bacia do Paraguai, sendo 17 na sub bacia do rio Cuiabá; desses, 12 no Rio Cuiabá. De acordo com os relatórios as coletas na sub-bacia do Cuiabá foram realizadas semestralmente.

A caracterização das estações de coletas do rio Cuiabá, podem ser observadas na tabela abaixo. De acordo com a SEMA (2021), cada estação recebeu um código na qual a parte alfabética da sigla refere-se ao rio principal (CBA- Rio Cuiabá, neste exemplo) e os números referem-se a distância da nascente à estação da coleta (quilometragem medida pelo leito do rio).

Tabela 2 - Caracterização das estações de coleta para monitoramento da qualidade do Rio Cuiabá

| RIO | ESTAÇÃO | MUNICÍPIO | CÓDIGO DA ESTAÇÃO | ALTITUDE (m) | COORDENADAS |
|------------|--|---------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------------------|
| Cuiabá | Marzagão | Nobres | CBA134 | 238 | S 14°32'31,33" W 55°50'50,5" |
| Cuiabá | Jusante de Nobres | Nobres | CBA224 | 189 | S 14°45'11,10" W 56°19'38,8" |
| Cuiabá | Ponte em Rosário Oeste MT010 | Rosário Oeste | CBA269 | 186 | S 14°49'58,19" W 56°24'51,0" |
| Cuiabá | Acorizal | Acorizal | CBA342 | 173 | S 15°12'16,22" W 56°22'0,60" |
| Cuiabá | Passagem da Conceição | Cuiabá | CBA406 | 153 | S 15°33'53,52" W 56°8'29,83" |
| Cuiabá | Jusante Córrego Mané Pinto | Cuiabá | CBA408 | 156 | S 15°36'58,1" W 56°6'22,53" |
| Cuiabá | Jusante Córrego Barbado | Cuiabá | CBA415 | 147 | S 15°38'25,66" W 56°4'35,18" |
| Cuiabá | Jusante Córrego São Gonçalo | Cuiabá | CBA417 | 147 | S 15°39'0,21" W 56°4'11,61" |
| Cuiabá | Jusante do Córrego Ribeirão dos Cocais | Cuiabá | CBA437 | 146 | S 15°46'51,03" W 56°8'34,59" |
| Cuiabá | Santo Antônio do Leverger | Santo Antônio do Leverger | CBA453 | 144 | S 15°52'13,40" W 56°04'36,3" |
| Cuiabá | Praia do Poço | Santo Antônio do Leverger | CBA464 | 142 | S 15°54'48,22" W 56°1'47,27" |
| Cuiabá | Jusante de Barão de Melgaço | Barão de Melgaço | CBA561 | 138 | S 16°11'43,19" W 55°58'7,27" |

Fonte: SEMA (2021, adaptado).

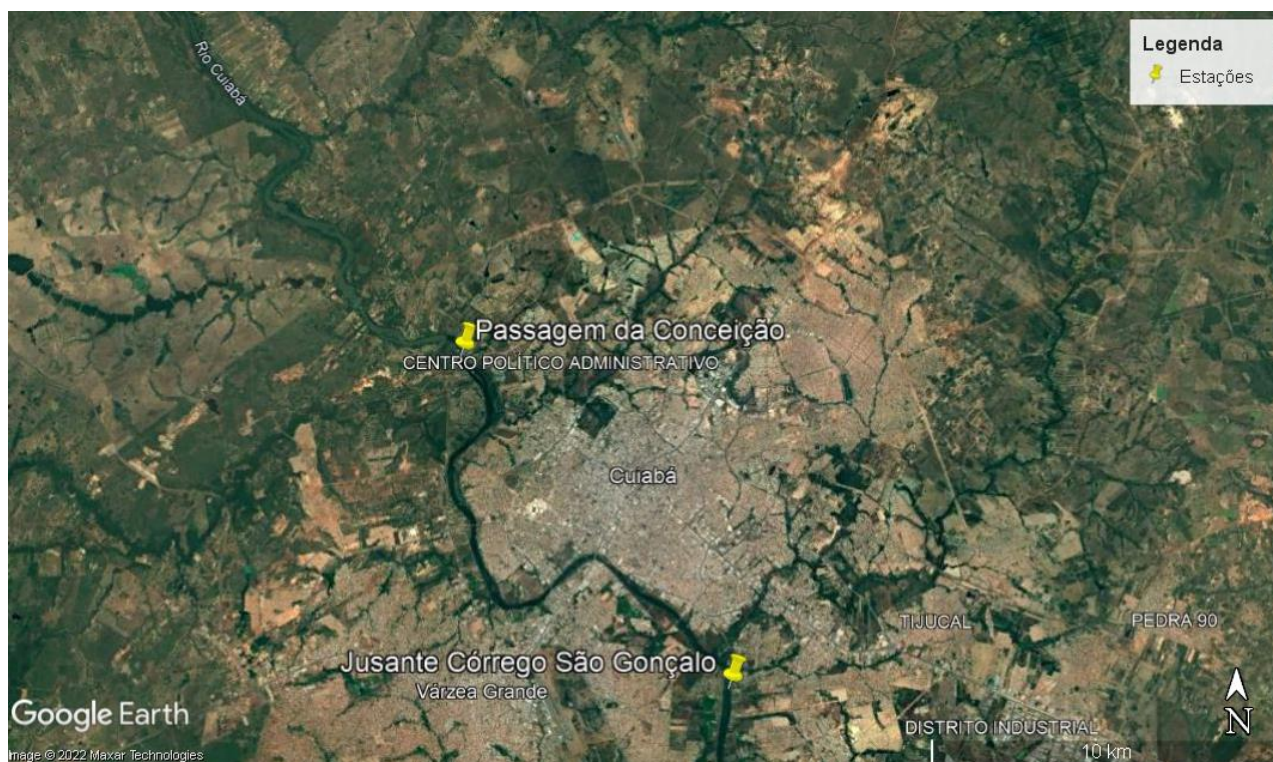
3 METODOLOGIA

Nesse capítulo foram descritos os procedimentos desenvolvidos para realização desse estudo que propõe avaliar a qualidade do rio Cuiabá após a implantação da APM Manso e os possíveis efeitos na tratabilidade da água. Foram selecionados pontos de estudo a partir dos dados do monitoramento realizado pela Secretária do Estado de Meio Ambiente na bacia do rio Cuiabá entre o período de 2003 a 2019. A partir dessa seleção, foram feitas análises estatísticas para avaliação qualitativa do manancial na região urbana de Cuiabá, após a instalação da APM Manso e comparação de sua qualidade com estudos anteriores a sua implantação.

3.1 Seleção dos pontos

Apesar de existirem várias estações de monitoramento no rio Cuiabá, foram escolhidas as estações CBA406 e CBA417 para análise. Pois, os pontos atendem os objetivos do estudo, estão localizados a montante e a jusante da área urbana de Cuiabá e são próximos as duas captações existentes na região urbana nesse manancial. Além disso, esses pontos possuem uma amostragem maior para realização dos testes estatísticos.

Figura 3- Localização das estações escolhidas em relação a área urbana de Cuiabá



Fonte: Google Earth (2022)

3.2 Variáveis analisadas

Dentre as 29 variáveis físicas, químicas e biológicas analisadas pela SEMA, foram selecionadas 12 com maior relevância para o estudo proposto. A tabela 3 apresenta as variáveis e o método utilizado para realização das análises.

Tabela 3 - Métodos utilizados para análises das variáveis físicas, química e biológicas

| VARIÁVEIS | UNIDADE | MÉTODO |
|---------------------|---------|--|
| Temperatura da Água | °C | Eletrométrico (APHA – método 2550 B) |
| pH | - | Eletrométrico (APHA – método 4500-H+ B) |
| Cor Aparente | uH | Espectrofotométrico (APHA - método 2120 C) |
| OD | mg/L | Eletrométrico (APHA – método 4500-O G) |
| Turbidez | uT | Nefelométrico (APHA - método 2130 B) |
| Condutividade | µS/cm | Eletrométrico (APHA – método 2510 B) |
| DBO | mg/L | Eletrométrico e quimioluminescência – Método Diluição e Incubação 20°C por 5 dias (APHA - método 5210 B) |

| | | |
|-------------------|------------|---|
| Fósforo Total | mgP/L | Espectrofotométrico – Método Ácido Ascórbico (APHA - método 4500-P E) / Método Reagente HACH Phosver 3 (método HACH 8048) |
| Sólidos Totais | mg/L | Gravimétrico (APHA - método 2540 B) |
| Sólidos Suspensos | mg/L | Gravimétrico (APHA - método 2540 D) |
| Nitrogênio Total | mgN/L | Espectrofotométrico – Método Fenato (APHA - método 4500- NH3 F)/Cromatografia de íons |
| Coliformes Fecais | NMP/100 mL | Método Substrato Enzimático (Colilert®) (APHA - método 9223 B) |

Fonte: SEMA (2021, adaptado)

3.3 Tratamento dos dados

Inicialmente os dados foram organizados em planilha Excel e separados por variável para conhecimento do intervalo entre as coletas e obtenção da quantidade de amostras nos diferentes períodos sazonais. Os meses de outubro a abril foram classificados como período de chuva e maio a setembro como período de estiagem. Na etapa seguinte os dados foram analisados com o auxílio do programa BioEstat 5.3, sendo realizados: a estatística descritiva, teste de normalidade, comportamento das variáveis entre os períodos de seca e chuva na mesma estação e comportamento nos dois pontos no mesmo período sazonal.

Por fim, os dados foram comparados ao estudo feito por Lima (2001) antes da instalação da APM Manso onde foram analisados pontos a montante e a jusante da Bacia do rio Cuiabá para realização de modelagem integrada para gestão de qualidade da bacia.

3.4 Estatística descritiva

A estatística descritiva das variáveis em cada ponto foi realizada com o intuito de conhecer o comportamento dos dados, a mediana e sua amplitude. Os gráficos box-plots foram utilizados para melhorar a visualização dessas informações, permitindo apresentar os percentis inferior (25%), superior (75%) e a mediana (50%).

Além disso nas extremidades encontram-se as barras de erros que definem os 10 e 90% e os pontos representam os *outliers* fora dessa variação.

3.5 Teste de hipóteses

Os testes de normalidade de D'Agostino Person (para $n \geq 20$ e k amostras) e Lilliefors (para k amostras) foram utilizados supondo-se a distribuição paramétrica dos dados para todas as variáveis durante o período analisado. Nesse caso, a hipótese de nulidade, ou seja, de normalidade dos dados deve ser rejeitada para o valor de significância $p < 0,05$.

Foram aplicados o teste não-paramétrico de Mann-Whitney para as hipóteses de variações significativas da qualidade da água nos períodos de seca e chuva em cada ponto e comparação dos mesmos períodos em estações diferentes, baseado na premissa que o ponto a jusante tem a qualidade mais afetada devido às contribuições da área urbana. A variação nas hipóteses para $p < 0,05$ representa a diferença significativa na comparação de influência da sazonalidade entre os mesmos pontos e entre os pontos distintos.

4 RESULTADOS

4.1 Estatísticas exploratórias

Os resultados das estatísticas descritivas das 12 variáveis físico-químicas e biológicas estudadas nos pontos CBA406 e CBA417 durante os períodos de seca e chuva entre os anos de 2003 a 2019, localizados a montante e a jusante da área urbana de Cuiabá estão apresentados nas Tabelas 4 e 5 e são ilustrados nos gráficos localizados na descrição dos resultados das variáveis equivalentes abaixo.

Os resultados dos testes de normalidade estão apresentados na Tabela 6, onde foram observados o comportamento não-paramétrico dos dados por obter valores de significância $p < 0,05$ em ambos os testes aplicados, com exceção da temperatura da água. Além disso, são apresentados na Tabela 7 o p-valor para as hipóteses de variações significativas nos pontos em decorrência da sazonalidade e na Tabela 8 as diferenças na qualidade da água a montante e a jusante no mesmo período.

Tabela 4- Estatística descritiva das variáveis físico-químicas e biológicas do ponto CBA406 de 2003 a 2019

| PASSAGEM DA CONCEIÇÃO (CBA406) | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------|-------------|------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|------------|----------------|---------------|----------------|
| Variáveis | Unidade | Seca | | | | | Chuva | | | | |
| | | Mín | Máx | Perc 25 | Perc 50 | Perc. 75 | Mín | Máx | Perc 25 | Per 50 | Perc 75 |
| Temperatura da Água | °C | 23,20 | 32,00 | 25,48 | 27,30 | 28,70 | 24,20 | 32,10 | 29,35 | 28,30 | 30,10 |
| pH | - | 6,55 | 8,60 | 7,52 | 7,81 | 8,08 | 6,20 | 8,64 | 7,14 | 7,34 | 7,75 |
| Cor Aparente | uH | 4,00 | 119,00 | 8,80 | 13,00 | 20,00 | 6,00 | 300,00 | 28,00 | 40,00 | 70,00 |
| OD | mg/L | 5,30 | 10,38 | 7,20 | 7,79 | 7,17 | 3,32 | 8,80 | 6,12 | 6,70 | 7,19 |
| Turbidez | uT | 1,00 | 89,50 | 2,20 | 3,25 | 7,05 | 4,00 | 266,00 | 9,00 | 31,50 | 47,28 |
| Condutividade | µS/cm | 59,00 | 118,00 | 72,50 | 79,00 | 90,50 | 34,00 | 400,00 | 56,25 | 62,20 | 80,78 |
| DBO | mg/L | 0,80 | 5,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Fósforo Total | mgP/L | 0,02 | 0,22 | 0,05 | 0,06 | 0,13 | 0,02 | 2,12 | 0,05 | 0,08 | 0,26 |
| Sólidos Totais | mg/L | 31,00 | 160,00 | 54,00 | 73,00 | 100,25 | 7,00 | 244,50 | 60,63 | 90,75 | 124,00 |
| Sólidos Suspensos | mg/L | 3,00 | 42,00 | 5,00 | 7,00 | 14,00 | 1,00 | 142,00 | 14,25 | 27,00 | 57,50 |
| Nitrogênio Total | mgN/L | 0,05 | 0,20 | 0,06 | 0,16 | 0,20 | 0,05 | 1,23 | 0,08 | 0,16 | 0,20 |
| Coliformes fecais | NMP/100 mL | 4,10E+00 | 3,23E+02 | 4,10E+01 | 8,60E+01 | 1,46E+02 | 2,00E+01 | 1,66E+03 | 1,09E+02 | 2,43E+02 | 7,11E+02 |

Fonte: Autor (2022).

Tabela 5- Estatística descritiva das variáveis físico-químicas e biológicas do ponto CBA417 de 2003 a 2019

| JUSANTE CÓRREGO SÃO GONÇALO (CBA417) | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|-------------|------------|----------------|---------------|----------------|--------------|------------|----------------|---------------|----------------|
| Variáveis | Unidade | Seca | | | | | Chuva | | | | |
| | | Mín | Máx | Perc 25 | Per 50 | Perc 75 | Mín | Máx | Perc 25 | Per 50 | Perc 75 |
| Temperatura da Água | °C | 20,40 | 31,50 | 25,10 | 26,90 | 28,05 | 21,40 | 30,60 | 28,30 | 29,00 | 29,90 |
| pH | - | 7,00 | 8,06 | 7,27 | 7,49 | 7,77 | 6,51 | 8,10 | 7,10 | 7,32 | 7,53 |
| Cor Aparente | uH | 5,00 | 115,00 | 10,00 | 16,00 | 28,00 | 5,00 | 200,00 | 22,65 | 36,00 | 65,00 |
| OD | mg/L | 4,95 | 8,50 | 6,54 | 7,04 | 7,45 | 3,33 | 8,90 | 5,52 | 6,20 | 6,77 |
| Turbidez | uT | 1,00 | 32,00 | 4,23 | 6,05 | 10,53 | 5,40 | 137,00 | 14,00 | 32,00 | 49,00 |
| Condutividade | µS/cm | 64,00 | 192,00 | 75,00 | 69,00 | 80,78 | 42,00 | 530,00 | 61,00 | 69,00 | 80,78 |
| DBO | mg/L | 1,00 | 7,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 | 1,00 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | 2,00 |
| Fósforo Total | mgP/L | 0,04 | 1,11 | 0,06 | 0,09 | 0,31 | 0,03 | 0,67 | 0,08 | 0,18 | 0,34 |
| Sólidos Totais | mg/L | 52,50 | 305,00 | 70,25 | 82,00 | 121,00 | 61,50 | 236,00 | 79,69 | 114,75 | 157,75 |
| Sólidos Suspensos | mg/L | 5,00 | 25,00 | 7,00 | 11,50 | 28,05 | 3,00 | 396,00 | 11,00 | 18,00 | 32,00 |
| Nitrogênio Total | mgN/L | 0,05 | 5,21 | 0,16 | 0,21 | 0,50 | 0,05 | 2,14 | 0,17 | 0,21 | 0,83 |
| Coliformes fecais | NMP/100 mL | 1,55E+02 | 2,42E+04 | 2,76E+03 | 4,88E+03 | 7,70E+03 | 3,10E+01 | 2,42E+04 | 2,36E+03 | 3,76E+03 | 6,87E+03 |

Fonte: Autor (2022).

Tabela 6-Resultado dos testes de normalidade de D' Agostino Person e Lilliefors sobre a distribuição dos dados nos pontos CBA406 e CBA417.

| | TESTE DE NORMALIDADE | | | | | |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|
| | CBA406 | | | CBA417 | | |
| | Nº amostras | D' Agostino Person | Lilliefors | Nº amostras | D' Agostino Person | Lilliefors |
| Temperatura da Água | 53 | 0,6303 | > 0,05 | 65 | 0,0016 | <0,01 |
| pH | 114 | 0,888 | <0,01 | 112 | <0,0001 | <0,01 |
| Cor Aparente | 113 | <0,0001 | <0,01 | 112 | <0,0001 | <0,01 |
| OD | 110 | <0,0001 | <0,01 | 110 | <0,0001 | <0,01 |
| Turbidez | 112 | <0,0001 | <0,01 | 111 | <0,0001 | <0,01 |
| Condutividade | 98 | <0,0001 | <0,01 | 100 | <0,0001 | <0,01 |
| DBO | 77 | <0,0001 | <0,01 | 73 | <0,0001 | <0,01 |
| Fósforo Total | 44 | <0,0001 | <0,01 | 42 | <0,0001 | <0,01 |
| Sólidos Totais | 43 | 0,0027 | <0,05 | 41 | <0,0001 | <0,05 |
| Sólidos Suspensos | 59 | <0,0001 | <0,01 | 43 | <0,0001 | <0,01 |
| Nitrogênio Total | 44 | <0,0001 | <0,01 | 43 | <0,0001 | <0,01 |
| Coliformes fecais | 44 | <0,0001 | <0,01 | 43 | <0,0001 | <0,01 |

Fonte: Autor (2022).

Tabela 7- Estatística de contraste nos períodos de seca e chuva nos pontos CBA406 e CBA417

| | TESTE DE MANN-WHITNEY | |
|---------------------|------------------------------|---------------|
| | CBA406 | CBA417 |
| Temperatura da Água | 0,0013 | 0,0008 |
| pH | 0,0162 | 0,23 |
| Cor Aparente | <0,0001 | <0,0001 |
| OD | <0,0001 | 0,00 |
| Turbidez | <0,0001 | <0,0001 |
| Condutividade | <0,0001 | <0,0001 |
| DBO | 0,4712 | 0,49 |
| Fósforo Total | 0,8219 | 0,56 |
| Sólidos Totais | 0,3655 | 0,09 |
| Sólidos Suspensos | 0,0002 | 0,00 |
| Nitrogênio Total | 0,8219 | 0,58 |
| Coliformes fecais | 0,0022 | 0,4706 |

Fonte: Autor (2022).

Tabela 8- Estatística de contraste da qualidade da água para o mesmo período sazonal nos pontos CBA406 e CBA417

| TESTE DE MANN-WHITNEY | | |
|------------------------------|-------------|--------------|
| | SECA | CHUVA |
| Temperatura da Água | 0,7549 | 0,37 |
| pH | 0,1396 | 0,88 |
| Cor Aparente | 0,1401 | 0,55 |
| OD | 0,0009 | 0,04 |
| Turbidez | 0,7333 | 0,31 |
| Condutividade | 0,1647 | 0,02 |
| DBO | 0,1525 | 0,07 |
| Fósforo Total | 0,5791 | 0,81 |
| Sólidos Totais | 0,1746 | 0,10 |
| Sólidos Suspensos | 0,1434 | 0,56 |
| Nitrogênio Total | 0,2673 | 0,60 |
| Coliformes fecais | <0,0001 | <0,0001 |

Fonte: Autor (2022).

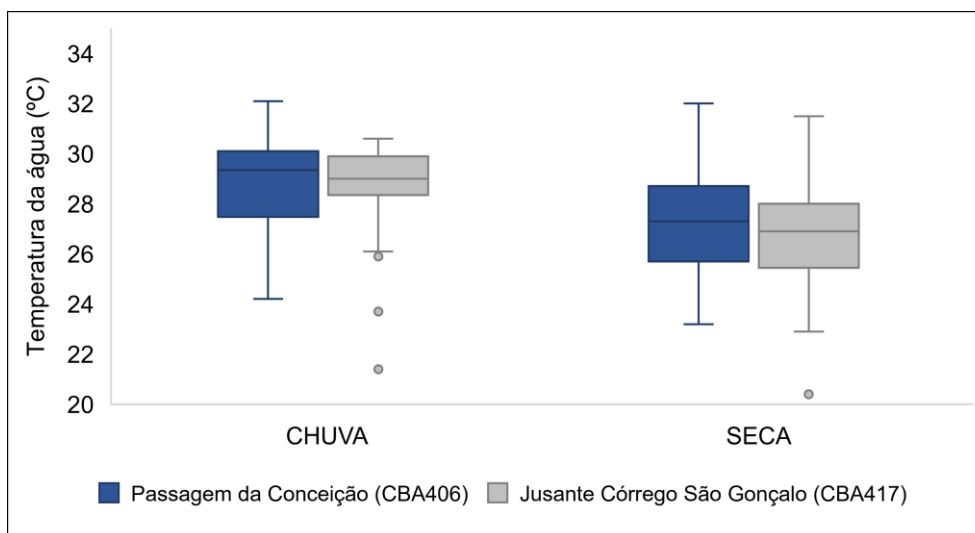
4.1.1 Temperatura da água

No ponto CBA406 a temperatura mínima da água foi de 23,20 °C, chegando à máxima de 32,00°C e mediana de 27,30 °C no período de seca, e no período de chuva as variações foram de 24,20 °C a 32,10 °C e mediana no valor de 28,30 °C. No ponto CBA417 a temperatura apresentou mínima de 20,40 °C, máxima de 31,50 e mediana de 26,90 e, 21,40°C a 30,60°C com mediana de 29,00°C no período de chuva. Os testes de Mann-Whitney apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) em cada ponto em relação a sazonalidade e sem variações relevantes nos pontos no mesmo período.

Lima (2001) obteve valores no ponto CBA406 de 16,00 a 37,00 °C no na seca e 17,20 a 38,00 °C no período de chuva. Em seu ponto a jusante da área urbana,

foram encontrados valores de 23,00 a máxima de 38^o,00 °C na época de seca e 25,00 a 34^oC no período de chuva.

Figura 4- Gráfico Box-Plot da temperatura da água dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



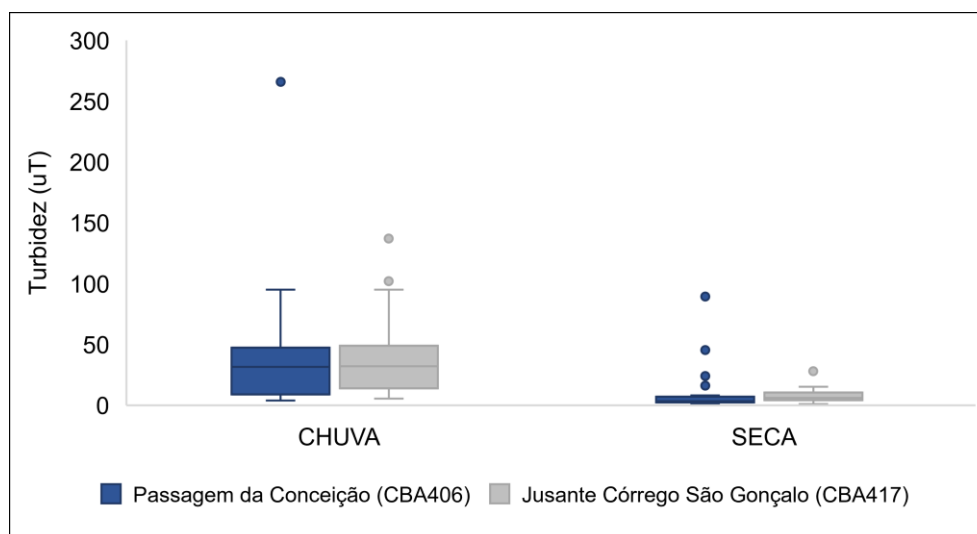
Fonte: Autor (2022).

4.1.2 Turbidez

A variável turbidez obteve valores no CBA406 entre 1,00 a 89,50 NTU e mediana de 3,25 NTU no período de seca, e variou de 4,00 a 266,00 NTU com mediana de 31,50 NTU no período de chuva. No ponto CBA417 os valores de turbidez foram mínimo de 1,00 NTU, máximo de 32,00 NTU e mediana 6,05 NTU para o período de seca e, mínimo de 5,40 NTU máximo de 137,00 NTU e mediana 32,00 NTU no período de chuva. Os valores máximos estão acima de 100 NTU estabelecido pela CONAMA 357 e as estatísticas de contraste apresentam diferenças significativas entre os períodos e sem diferenças entre os pontos, sendo o ponto CBA406 com valores mais elevados de turbidez, conforme apresenta a figura 5.

No estudo de Lima (2001) foram encontrados resultados mínimos e máximos a montante de 1,70 a 65,00 NTU na seca e 4,00 a 275,00 NTU na chuva. Na estação a jusante os valores variaram entre 1,20 a 65,10 NTU na estiagem e de 4,00 a 275,00 na chuva.

Figura 5- Gráfico Box-Plot com os resultados de turbidez dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



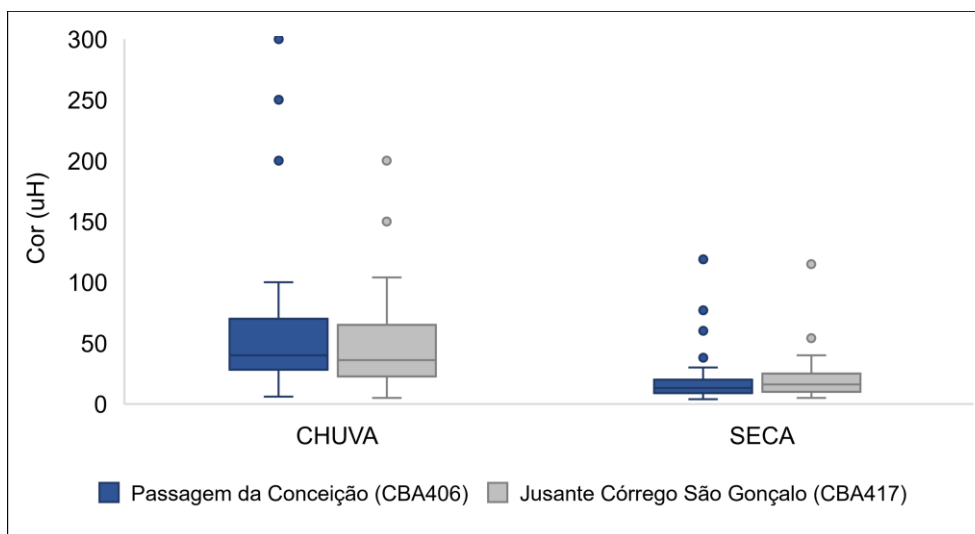
Fonte: Autor (2022).

4.1.3 Cor aparente

Os valores de cor aparente no CBA406 variaram entre 4,00 a 119,00 UH e mediana de 13,00 UH no período de seca e 6,00 a 300,00 UH e mediana de 40,00 UH no período de chuva. O ponto CBA417 apresentou variação entre 5,00 a 115,00 UH e 5,00 a 200,00 UH com medianas de 16,00 e 36,00 UH para os períodos de seca e chuva respectivamente. O teste de Mann-Whitney apresentou alteração da qualidade da água significativa entre a sazonalidade do mesmo ponto e sem alteração do mesmo período em ambos os pontos, como é possível observar na figura 6. Além do mais, a estação a montante possui valores mais elevado de cor, sendo comprovado pelo número de *outliers* desse ponto no gráfico box-plot.

Já Lima (2001) obteve valores mínimos de 5,00 e 10,00 UH em ambas as estações e, máximos de 120 e 160 UH para o período de seca e 400 UH para chuva nos dois pontos.

Figura 6- Gráfico Box-Plot com os resultados de cor aparente dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



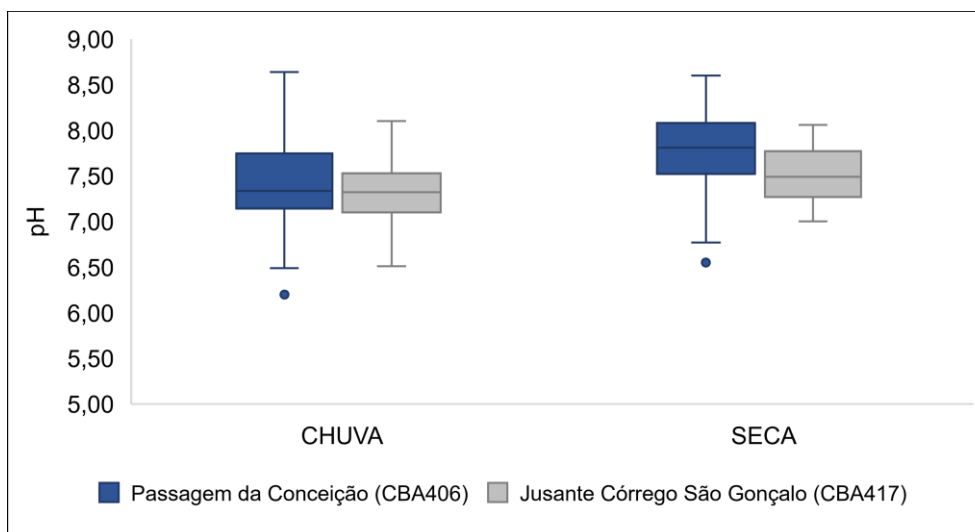
Fonte: Autor (2022).

4.1.4 pH

Os valores de pH no ponto CBA406 variaram de 6,55 a 8,60 e mediana de 7,81 no período de seca e de 6,20 a 8,64 e mediana de 7,34 no período de chuva. O ponto CBA417 apresentou uma faixa de 7,00 a 8,06 com mediana 7,49 na seca, e 6,51 a 8,10 com mediana 7,32 na chuva. As análises estatísticas mostraram alterações na estação a montante em relação aos períodos de seca e chuva e nenhuma variação significativa em relação ao mesmo período em ambos os pontos.

No estudo utilizado para comparação dos resultados, foram encontrados valores mínimo de 5,90 e máximo de 8,60 para seca na estação CBA406 e 6,30 a 7,96 no período de cheia. No ponto a jusante obteve-se valores mínimos de 5,80 e 6,30 e máximas de 8,39 e 7,96 para seca e chuva respectivamente.

Figura 7- Gráfico Box-Plot com os resultados de pH dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



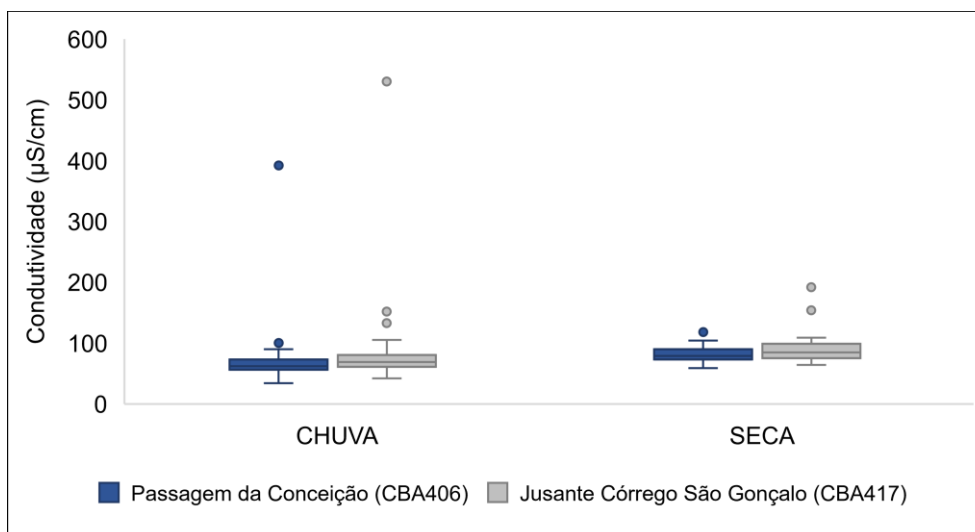
Fonte: Autor (2022).

4.1.5 Condutividade elétrica

No ponto CBA406 os valores de condutividade foram 59,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 118,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 79,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mínima, máxima e mediana respectivamente em época de seca e 34,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 62,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em época de chuva. O ponto CBA417 apresentou diferenças significativas nos valores máximos, variando entre 64,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 192,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 42,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 530,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nos períodos de seca e chuva e medianas de 69,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ em ambos. Os resultados das estatísticas de contraste mostram alterações significativas da condutividade nos diferentes períodos do mesmo ponto e, apenas no período de chuva em ambas as estações.

Lima (2001) apresentou valores para montante de 9,80 a 220 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período de seca e 19,40 a 103,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ no período de chuva. Na estação a jusante os resultados foram 41,80 mínima e máxima 222,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na seca, e 19,40 a 103,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na chuva.

Figura 8- Gráfico Box-Plot com os resultados da condutividade elétrica dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



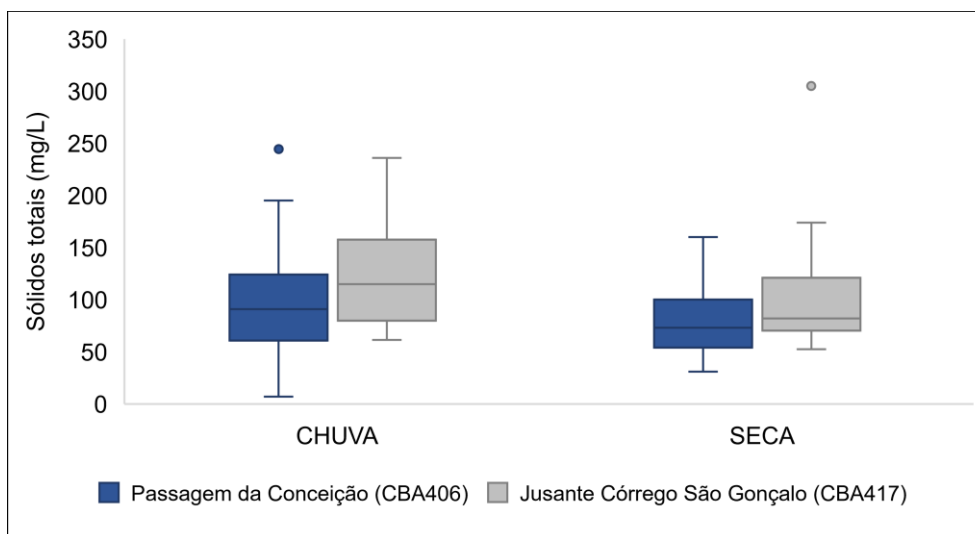
Fonte: Autor (2022).

4.1.6 Sólidos Totais

Para os sólidos totais foram encontrados valores no CBA406 entre 31 a 160 mg/L, sendo a mediana 73 mg/L, e no período de chuva mínimo de 7,00 mg/L, máximo 244,50 e mediana 90,75 mg/L. O ponto a jusante obteve resultados na seca de 52,50 mg/L, 305 mg/L e 82,00 mg/L e no período de cheia de 61,50 mg/L, 236,00 mg/L, 114,75 mg/L mínima, máxima e mediana respectivamente. Os dados se mantêm dentro dos limites estabelecidos pela CONAMA 357, e os testes não apresentaram alteração da qualidade significativa em relação ao ponto nem na sazonalidade.

Em Lima (2001) foram obtidos valores mínimo de 46,00 e máximo de 2640,00 mg/L para seca no ponto CBA406 e 17,00 a 1184 para o ponto a jusante no mesmo período. Em relação ao período de chuva os resultados foram 51,00 a 330,00 mg/L o mínimo e máximo nas duas estações.

Figura 9- Gráfico Box-Plot com os resultados de sólidos totais dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



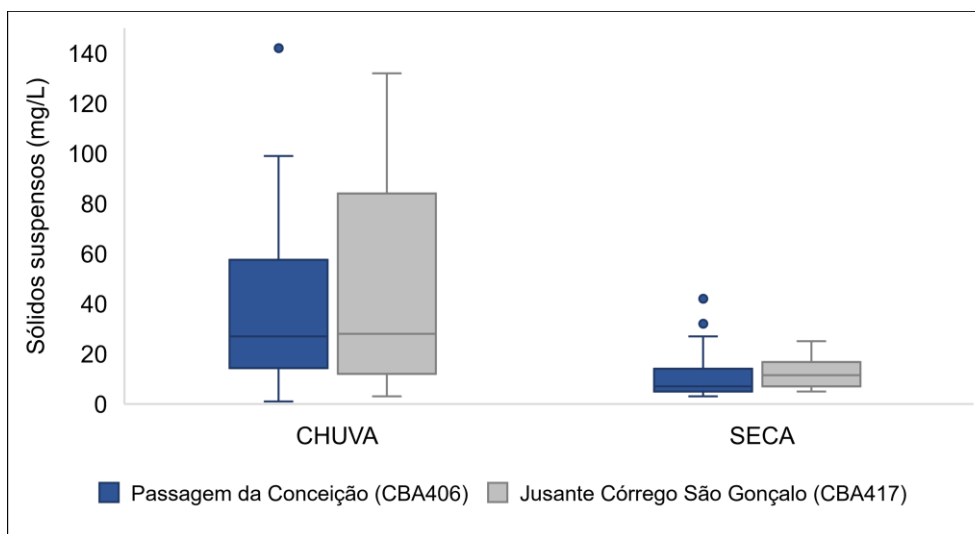
Fonte: Autor (2022).

4.1.7 Sólidos suspensos

A variável sólidos suspensos apresentou variação no ponto CBA406 de 3,00 mg/L a 42,00 mg/L com mediana de 7,00 mg/L na época de seca, e mínimo de 1,00 mg/L, máximo de 142 mg/L e mediana de 27,00 mg/L em período de chuva. O ponto CBA417 obteve resultados de 5,00 mg/L, 25,00 mg/L e 11,50 mg/L para mínima, máxima e mediana na seca e 3,00 mg/L, 396 mg/L e 18,00 em época de chuva. A figura 10, mostra alterações significativas em relação ao ponto na seca e na chuva e, a sazonalidade se mantendo sem grandes mudanças, conforme comprovado pelo teste de Mann-Whitney.

Lima (2001) apresentou resultados a montante que variaram entre 1,00 e 273 mg/L na seca e, 6,00 a 265,00 mg/L no período de chuva. Os valores a jusante foram entre 3,00 a 79,00 mg/L e 6,00 a 265 mg/L mínimo e máximo para seca e chuva respectivamente.

Figura 10- Gráfico Box-Plot com os resultados de sólidos suspensos dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



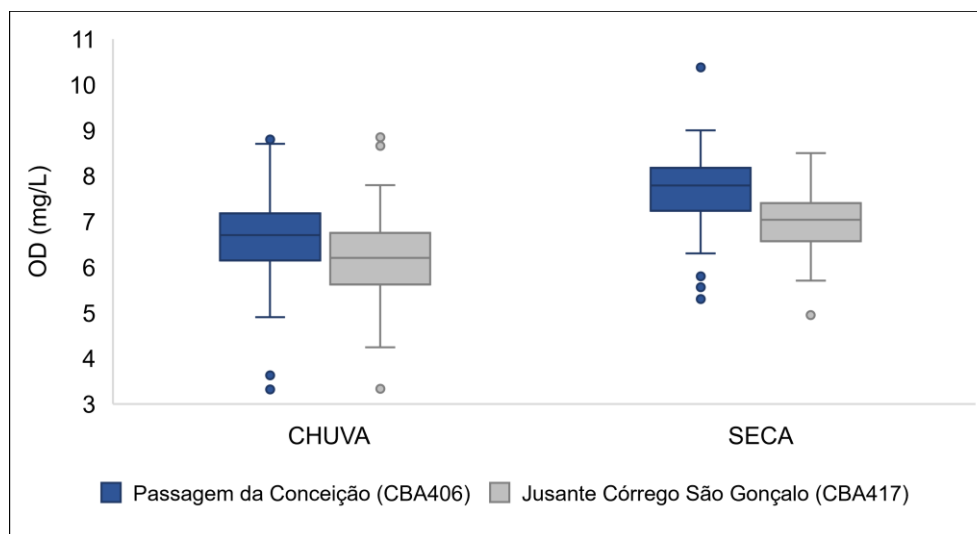
Fonte: Autor (2022).

4.1.8 Oxigênio Dissolvido

Foram encontrados resultados mínimo, máximo e mediana para o oxigênio de 5,30, 10,38 e 7,79 no período de seca e 3,32, 8,80 e 6,70 no período de cheia no ponto CBA406. Já no ponto CBA417 os valores ficaram entre 4,95, 8,50 e 7,04 na seca e 3,33, 8,90 e 6,20 em época de chuva. Analisando os períodos, observa-se que o OD no ponto CBA417 apresenta concentrações menores do que o ponto a montante, possuindo valores mínimos não conformes com a CONAMA 357 nas estações de seca e chuva. Além disso, os testes mostram alterações significativas em ambas as hipóteses apresentadas nas Tabelas 7 e 8 e ilustrada no gráfico da figura 11.

Em seu estudo, Lima (2001) obteve resultados de OD na estação CBA406 entre 5,01 a 8,63 mg/L no período de seca e 4,90 a 8,80 no período de chuva em ambos os pontos. Por fim, os valores mínimos encontrados na jusante da área urbana foram 3,70 e 8,50 mg/L para seca chuva respectivamente.

Figura 11- Gráfico Box-Plot com os resultados de oxigênio dissolvido dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.

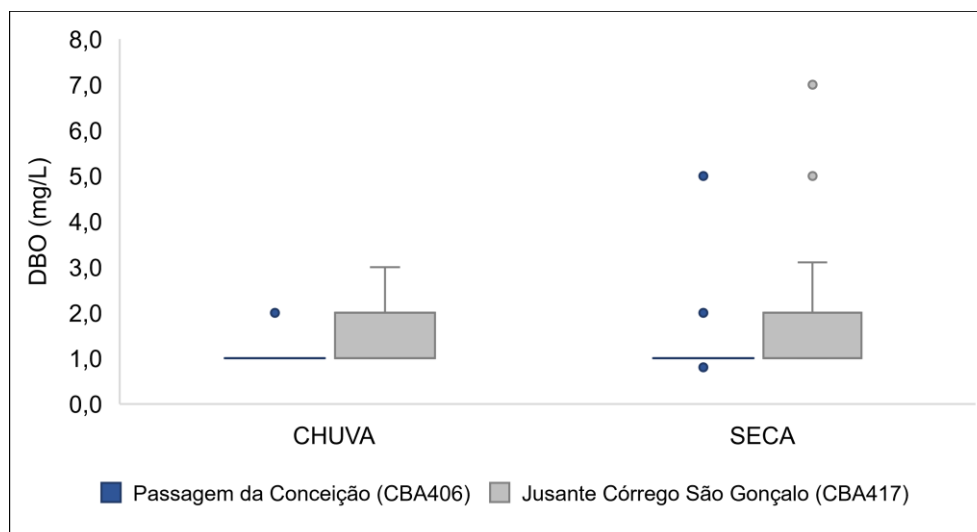


4.1.9 Demanda Bioquímica de Oxigênio

As concentrações máxima, mínima e mediana de DBO encontradas no período de seca foram 0,80 mg/L, 5,00 mg/L e 1,00 mg/L respectivamente, e em período de cheia 1,00 mg/L para mínimo e mediana e 2,00 mg/L máximo no CBA406. No ponto a jusante os valores mínimo e mediana para seca e chuva foram 1,00 mg/L e máximas de 7,00 e 3,00 mg/L. Esse parâmetro não sofreu variações significativas nos testes estatísticos aplicados, se mantendo menor que 5,00 mg/L estabelecido pela resolução, com exceção do valor máximo do período de seca no CBA417.

Lima (2001) obteve valores no ponto a montante entre 0,08 a 6,00 mg/L na seca e 0,05 a 8,00 mg/L na chuva. Já na jusante foram encontrados valores entre 0,36 e 4,00 mg/L na seca e 0,05 a 8,00 na chuva.

Figura 12- Gráfico Box-Plot com os resultados de DBO dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



Fonte: Autor (2022).

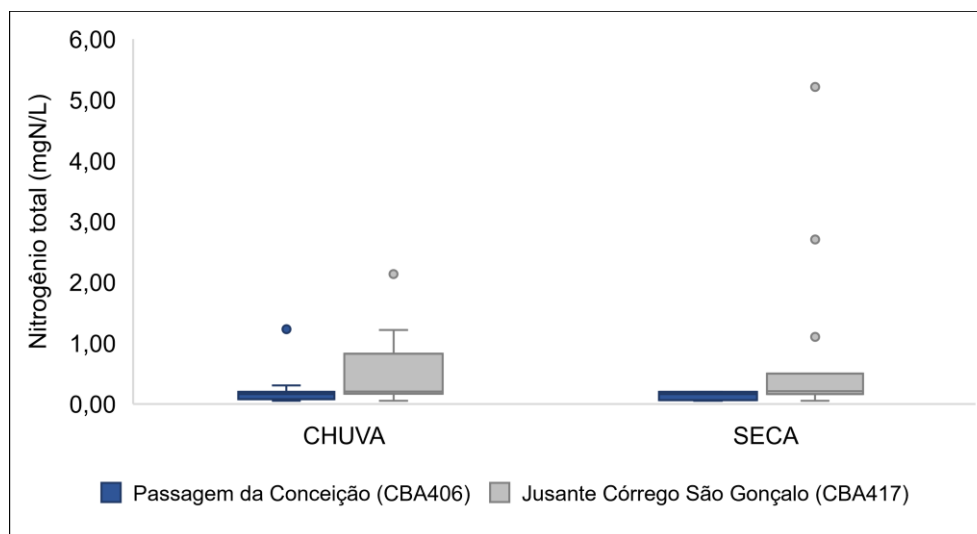
4.1.10 Nitrogênio Total

Os valores para Nitrogênio variaram entre 0,05 mg/L a 0,20 mg/L no período de estiagem e 0,05 mg/L a 1,23 mg/L no período de chuva no ponto a montante. No CBA417 os valores obtidos foram mínimo de 0,05 mg/L em ambos os períodos, e máximas de 5,21 mg/L e 2,14 nas épocas de seca e chuva respectivamente

A CONAMA 357 determina diferentes limites para essa variável conforme a sua faixa de pH. Considerando as medianas de pH descritas nas Tabelas 4 e 5, o limite de NTK seria 3,7 mg/L, obtendo apenas o valor máximo de 5,21 mg/L no CBA417 não conforme. Os testes não apresentaram variação significativa nas hipóteses por ponto e nem por sazonalidade.

Os resultados obtidos por Lima (2001) para essa variável foram 0,01 a 1,32 mg/L na seca e 0,01 a 1,53 mg/L no período de chuva na estação CBA406. Para o ponto a jusante os valores apresentados foram 0,03 a 1,56 e 0,03 a 0,83 mg/L mínimo e máximo para seca e chuva respectivamente.

Figura 13- Gráfico Box-Plot com os resultados de nitrogênio total dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



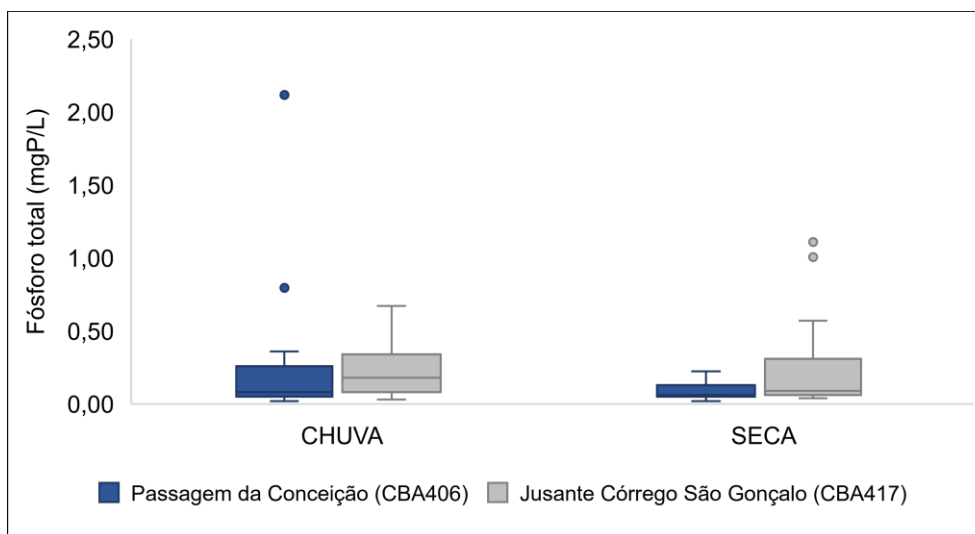
Fonte: Autor (2022).

4.1.11 Fósforo Total

Os valores de fósforo total no ponto CBA406 variaram de 0,02 a 0,22 mg/L no período de seca e de 0,02 a 2,12 mg/L no período de chuva e medianas de 0,06 mg/L e 0,08 mg/L para os períodos. O ponto CBA417 apresentou uma faixa de 0,04 a 1,11 mg/L com mediana 0,09 mg/L na seca, e 0,03 a 0,67 mg/L e mediana no valor de 0,18 mg/L na chuva. Os resultados estão acima do limite ao longo de ambos os pontos, entretanto as análises estatísticas demonstraram variações não significativas como apresenta as Tabelas 7 e 8.

Para Lima (2001) esses resultados variaram entre 0,005 e 0,476 na seca e 0,10 a 1,10 na chuva na estação a montante. Já para o ponto a jusante os valores foram 0 a 0,654 na seca e 0,02 a 0,670 na estação a jusante.

Figura 14- Gráfico Box-Plot com os resultados de fósforo total dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



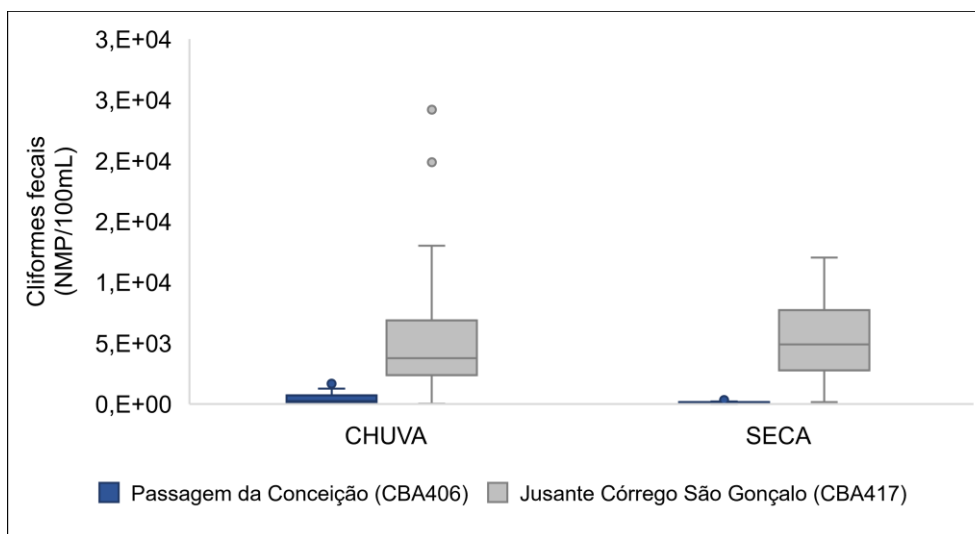
Fonte: Autor (2022).

4.1.12 Coliformes Fecais

A variável coliforme fecal obteve resultados em período de seca no ponto a montante de $4,10E+00$ a $3,23E+02$ NMP/100mL com mediana $8,60E+01$ NMP/100mL e na cheia variaram entre $2,00E+01$ a $1,66E+03$ NMP/100mL e mediana $2,43E+02$ NMP/100mL. O ponto de amostragem a jusante apresentou variação maior com mínima de $1,55E+02$ NMP/100mL, máxima $2,42E+04$ NMP/100mL e mediana $4,88E+03$ NMP/100mL na seca e, $3,10E+01$ NMP/100mL, $2,42E+04$ NMP/100mL e $3,76E+03$ NMP/100mL na época de cheia. O teste de Mann-Whitney mostrou alterações na hipótese do mesmo ponto em diferentes períodos na estação 406 em ambas as estações na hipótese por sazonalidade. Além disso, observando o gráfico da figura 15, a amplitude dos dados a jusante são muito maiores quando comparados ao ponto a montante nas duas épocas estudadas.

Para Lima (2001), os coliformes fecais obtiveram valores na estação CBA406 entre $2,00E+00$ a $8,0E+04$ no período de seca e $2,00E+00$ a $9,0E+04$ no período de chuva. À jusante da área urbana os valores variaram entre $9,70 E+01$ a $1,6E+05$ na seca e $2,0E+00$ a $9,0E+04$ na chuva, para mínimos e máximos.

Figura 15- Gráfico Box-Plot com os resultados de coliformes fecais dos pontos CBA406 e CBA417 nos períodos de chuva e seca.



Fonte: Autor (2022).

A tabela abaixo evidencia as principais variações obtidas após o comparar ao estudo de Lima (2001):

Tabela 9- Principais alterações na água do Rio Cuiabá antes e após o Manso

| | ANTES DO MANSO | | | | | | APÓS MANSO | | | | | |
|-----------------------|----------------|--------|---------|-------|--------|---------|------------|--------|---------|-------|--------|---------|
| | SECA | | | CHUVA | | | SECA | | | CHUVA | | |
| | Mín | Máx | Perc 50 | Mín | Máx | Perc 50 | Mín | Máx | Perc 50 | Mín | Máx | Perc 50 |
| Turbidez (NTU) | 1,70 | 65,00 | 8,75 | 4,00 | 275,00 | 42,00 | 1,00 | 89,50 | 3,25 | 4,00 | 266,00 | 31,50 |
| Cor (uH) | 5,00 | 120,00 | 15,00 | 10,00 | 400,00 | 70,00 | 4,00 | 119,00 | 13,00 | 6,00 | 300,00 | 40,00 |
| pH | 5,90 | 8,60 | 7,80 | 6,30 | 7,96 | 7,51 | 6,55 | 8,60 | 7,81 | 6,20 | 8,64 | 7,34 |
| Fósforo | 0,00 | 0,65 | 0,089 | 0,02 | 0,67 | 0,103 | 0,04 | 1,11 | 0,09 | 0,03 | 0,67 | 0,18 |
| Nitrogênio | 0,01 | 1,32 | 0,33 | 0,01 | 1,53 | 0,35 | 0,05 | 5,21 | 0,21 | 0,05 | 2,14 | 0,21 |

Fonte: Autor (2022).

5 DISCUSSÕES

Analisando os resultados apresentados acima, percebe-se que há diferenças significativas nos pontos a montante e a jusante da região urbana de Cuiabá e que são evidentes em algumas variáveis. As variáveis oxigênio dissolvido, podem ser associada a um indicador relacionado a qualidade de vida aquática e coliformes fecais, importante indicador de contaminação de origem animal. Maiores concentrações dessas variáveis foram encontradas na estação CBA417 já que esse ponto recebe todos os despejos domésticos e industriais oriundos de estações de tratamento de esgoto dos municípios de Cuiabá e Várzea Grande, além dos córregos dessas cidades que recebem efluentes e desaguam no rio Cuiabá sem receber nenhum tratamento. Lima (2001) também obteve valores máximos fora dos limites estabelecidos pela CONAMA 357 para oxigênio dissolvido em ambas as estações e para coliformes fecais na estação a jusante da área urbana.

A variável cor obteve valores máximos fora dos limites da CONAMA 357 nos dois pontos e a turbidez excedeu os valores durante o período de chuva. Além disso, é possível observar que essas variáveis obtiveram resultados mais elevados na estação CBA406, apesar de não ser uma diferença significativa, como comprovado pelos testes de Mann-Whitney (Tabela 8). Lima (2001) encontrou resultados semelhantes para a variável cor a montante e jusante, com exceção do seu valores máximos para o período de chuva nas estações, onde foram mais elevados. Já para turbidez durante a seca, os valores do ponto a montante foram menos elevados em seu período de estudo. A alteração pode estar relacionada ao efeito da diluição pelo Rio Coxipó no ponto CBA417, a presença das pisciculturas no ponto a montante ou pela regularização do Manso que principalmente durante a seca, controla os níveis do rio Cuiabá. Essa hipótese pode ser melhor comprovada por meio de monitoramentos diários na bacia para acompanhamentos das variações ao longo do tempo.

O pH comportou-se com valores maiores na estação CBA406 em relação ao ponto 417, pelo fato desse ponto estar localizado após todos os despejos de efluentes da área urbana que contribui para o decréscimo do pH, mas se mantendo dentro dos limites da CONAMA 357 nos dois trechos. Já Lima (2001) obteve valores mínimos fora do estabelecido pela resolução.

Pela mesma razão, citada acima, houve aumento das variáveis fósforo e nitrogênio na estação a jusante, se mantendo acima da resolução nos valores máximos encontrados para fósforo e nitrogênio apenas no período de seca. No estudo de Lima (2001) essas variáveis eram estabelecidas por limites da CONAMA nº 20, porém os resultados apresentaram algumas variações nos valores máximos de fósforo, ficando acima dos limites determinados pela legislação atual.

Os testes de Mann-Whitney apresentados na Tabela 7 evidenciam também a influência da sazonalidade em um mesmo ponto mostrando alterações expressivas na maioria das variáveis com exceção de DBO, sólidos totais, nitrogênio e coliformes fecais na jusante. O efeito sazonalidade nos pontos dessas variáveis, podem estar sendo atenuadas por fatores externos, pois o carreamento provocado pelas chuvas impacta em valores de sólidos totais mais elevados em relação a época de seca. A ausência de alterações de DBO pode ser justificada pelas características do rio Cuiabá que possui corredeiras ao longo do seu curso e elevada vazão, mantendo a quantidade de oxigênio dissolvido necessária para aeração do meio. Nos testes realizados por Lima (2001) para efeitos sazonais em um mesmo ponto, DBO e coliformes fecais também não apresentaram variações significativas entre os períodos, entretanto nitrogênio e sólidos totais foram encontrados mudanças significativas nos pontos.

Nos testes por sazonalidade entre os pontos (Tabela 8), observa-se que o comportamento das variáveis não possui mudanças consideráveis, com exceção de oxigênio dissolvido e coliformes fecais explicados anteriormente. Dessa forma, a regularização de vazão por meio da APM Manso além de modificar o regime hídrico do rio Cuiabá, pode estar afetando a qualidade da água na estação a montante e, se mantendo ao longo da área urbana de Várzea Grande e Cuiabá já que 96% da sua vazão é regularizada pelo Manso, não sendo alterada pelas ações antrópicas da região a jusante.

5.1 Impactos no tratamento da água

Os diferentes poluentes existentes na água podem diminuir a eficiência dos coagulantes, sendo necessário entender as características da água bruta para determinar pontos ótimos de coagulação, sendo o pH o principal parâmetro para se obter o melhor desempenho nesse processo.

Para a eficácia do tratamento da água com o uso de sulfato de alumínio, por exemplo, produto utilizado nas estações de tratamento de Cuiabá, o controle do pH é uma condição essencial. Em água com baixa alcalinidade, coloridas e com turbidez baixa, a floculação ocorre a um pH baixo, entre 5 e 6,5. Já em águas mais alcalinas e turbidez elevadas essa faixa para a floculação é ligeiramente mais elevada, entretanto esses valores podem variar de acordo com a composição da água e as condições ótimas de operações das ETAs.

Águas com cor e turbidez elevadas devido a presença de substâncias húmicas ou fúlvicas e sólidos em suspensão respectivamente, como encontradas nos pontos CBA406 e 417 necessitam de elevadas dosagens de coagulantes para boa eficiência em sua remoção. Quando as dosagens de coagulantes são elevadas, as reações formadas tendem a consumir a alcalinidade da água e podem levar a redução do pH. Conforme explica Mungodori (2021) quando o pH do sistema é ácido H^+ pode competir com os coagulantes formando ligações com os coloides carregados negativamente, enquanto o pH básico os íons OH^- podem competir com os coloides carregados negativamente para se ligarem ao coagulante, reduzindo assim a sua concentração que se liga aos coloides.

Os resultados exibidos acima, mostram que o pH do rio Cuiabá variam de 6,0 a 8,0 e mediana de 7,0 nos dois períodos analisados. Assim supõe-se que água possui características baixas de alcalinidade. Quando altas dosagens de coagulante são adicionados, o pH tende a reduzir necessitando de correção antes da coagulação e após a filtração, dependendo das características da água bruta. Nesses casos é necessário a realização de testes por meio de ensaio de jarros (Jar test) para avaliar os pontos ótimos de coagulação e verificar se há a necessidade de utilizar a pré-alcalinização para melhorar a eficiência do tratamento tanto nos períodos de seca como de chuva e evitar que o pH da água final esteja fora da faixa de 6,0 a 9,5 estabelecido pela Portaria GM/MS 2021.

Outra alternativa para melhorar o processo de coagulação é a realização de testes com outros produtos químicos alternativos e avaliar os benefícios. O policloreto de alumínio (PAC) é um coagulante inorgânico pré-polimerizado que possui vantagens em relação aos coagulantes tradicionais, dentre eles: valores finais de turbidez menor em comparação ao sulfato de alumínio, reduz matéria orgânica e coloração, possui ótima coagulação em dosagens menores e produz efluente com menor geração de lodo e minimiza a necessidade de uso de auxiliar de coagulação.

Cagliari (2018) realizou testes com PAC em uma ETA de Porto Alegre baseando-se na turbidez da água bruta para padronizar o uso desse produto juntamente com polímero. Os resultados obtidos no estudo indicaram que para as faixas de turbidez até 100 NTU a dosagem de coagulante recomendada ficou entre 18 e 21 mg/L sem a necessidade de uso do polímero, para valores de turbidez maior que 100 NTU a dosagem foi de 24 mg/L com adição de 0,2 mg/L de polímero. Com esses resultados, foi possível economizar na ETA 22% do volume gasto na dosagem e 50% do consumo do polímero.

Mungodori (2021) também realizou estudos com PAC para avaliação do desempenho em comparação ao sulfato de alumínio para remoção de turbidez elevadas. Ele obteve 95,6% de remoção de turbidez com dosagens menores em relação ao sulfato, necessitando de pré-alcalinização para elevar o pH aos valores ótimos de coagulação.

Dessa forma, realizar testes com outros coagulantes como o PAC para avaliar a relação custo-benefício é uma opção para melhorar a eficiência do tratamento de água em Cuiabá, principalmente no período de chuva. Se faz necessário também avaliar em quais dosagens são necessárias o uso da pré-alcalinização para melhorar a coagulação e evitar que os valores de pH da água final estejam fora do estabelecido pela Portaria de potabilidade.

6 CONCLUSÃO

Por fim, as análises dos dados mostraram que houve uma degradação no rio Cuiabá ao longo dos anos estudados sendo alguns fatores ocasionados pelo crescimento urbano gerando despejos de resíduos, efluentes domésticos e industriais, desmatamento e pisciculturas. Espera-se que esse cenário mude com a ampliação da implantação das redes de coleta e do tratamento de esgoto em Cuiabá.

Os testes realizados evidenciaram uma possível influência do Manso na qualidade do rio Cuiabá, principalmente no período de seca, por não haver alterações significativas entre as estações montante e jusante durante o mesmo período em 10 variáveis analisadas. Dessa forma, entende-se que a qualidade do ponto a montante se mantém durante toda área urbana de Cuiabá, não se alterando em grandes escalas pela contribuição que recebe ao longo da cidade. É certo afirmar que os impactos a qualidade da água causadas pela regularização da vazão de um rio possuem propagação a curto, médio e longo e prazo. Entretanto, para se afirmar que a regularização do rio Cuiabá pelo Manso está acontecendo, é necessário monitoramento contínuo do rio por meio de equipamentos de leitura automática ou por meio dos dados das estações de tratamento que realizam análises de diferentes variáveis físico-químicas a cada 2 horas em suas unidades.

Além disso, recomenda-se testes de alcalinidades para avaliar qual a sua concentração no rio Cuiabá e verificar se há necessidade do uso de pré-alcalinização diariamente ou em períodos específicos do ano, com o objetivo de melhorar o processo de coagulação e não comprometer a qualidade da água final. Uma análise detalhada de custo-benefício se faz necessária para o tipo de coagulante utilizado atualmente e quais os produtos estão disponíveis. Pois conforme exemplificado neste estudo existem produtos químicos como o policloreto de alumínio com boa eficiência em remoção de cor e turbidez elevadas em menores dosagens quando comparados ao sulfato de alumínio, podendo trazer benefícios como economia no volume de dosagem aplicado para o tratamento da água e geração de menor quantidade de lodo, que atualmente é questão de estudo de unidades de adensamento e desaguamento do lodo para implantação nas ETAs, pois a questionável prática de descarte do lodo nos cursos d'água é objeto de ação dos órgãos ambientais.

7 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos da Agência Nacional de Águas**. Brasília, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Brasília, 2019. 75 p.

BARBOSA, Antenor R. **Regularização de vazão**. Hidrologia Aplicada. Disponível em: <<http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%206/Regularizacao%20de%20Vazoes.pdf>>. Acesso em: fevereiro 2022.

BAUCHSPIESS, Keitiline. **Monitoramento de variáveis ambientais e avaliação do Índice de Qualidade da Água em viveiro de piscicultura**. Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Frederico Westphalen 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 07 mai. 2021, seção 1, ed.58, p. 127.

BRASIL. **Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005**. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 22 de fevereiro de 2022.

CAGLIARI, Larissa. **Padronização do uso de policloreto de alumínio e poliacrilamida em uma ETA de Porto Alegre**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

CHIARANDA, Roberto; COLPINI, Chirle; SOARES, Thelma Shirlen. **Caracterização da bacia hidrográfica do rio Cuiabá**. *Advances in Forestry Science*, v. 3, n. 1, p. 13-20, 2016.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB), **Qualidade das Águas Interiores no Estado de São Paulo**. Apêndice E - Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas e de Amostragem, 2016. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf>>. Acesso em: 03 de fevereiro de 2022.

CORREIA, Aislan et al. **Análise da turbidez da água em diferentes estados de tratamento**. 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, v. 10, 2008.

CUNHA, Álvaro. **Determinação do pH ótimo de floculação e dosagem mínima de coagulantes**. In: Boletim da Repartição de Água e Esgotos, 1948.

DI BERNARDO, Luiz. **Tratamento de águas de abastecimento com cor elevadas**. Revista DAE Nº 133. p. 61 a 65. unho, 1983.

FERREIRO, Weruska Brasileiro et al. I-348- **Estudo da alcalinidade total e pH de coagulação após ensaios de tratabilidade realizados com coagulante de natureza orgânica e inorgânica**. ABES, 2018.

FIGUEIREDO, Daniela Maimoni; DORES, Eliana Freire Gaspar de Carvalho; DE LIMA, Zoraidy Marques. **Bacia do Rio Cuiabá: uma abordagem socioeconômica**. Ed. UFMT, 1º ed. 715 p. Cuiabá, 2018.

FRANÇA, Ildette Soares et al. **Variação temporal da vazão e da precipitação na bacia do Rio Cuiabá**. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

FURNAS, Eletrobras. **Usinas de Manso - 210 MW**. Disponível em: <<https://www.furnas.com.br/subsecao/124/usina-de-manso---210-mw?culture=pt>>. Acesso em: fevereiro, 2022.

JANZEN, Johannes Gerson; SCHULZ, Harry Edmar; LAMON, Antônio Wagner. **Medidas da concentração de oxigênio dissolvido na superfície da água**. Engenharia sanitária e ambiental, v. 13, n. 3, p. 278-283, 2008.

LIMA, Camilla Hellen Peixoto de. **Avaliação das alterações hidrológicas a jusante de barragens por meio de análise de sensibilidade à variação de variáveis de projeto**. 2014. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

LIMA, Eliana Beatriz Nunes Rondon. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. 2001. 206 p. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LIMA, Eliana Beatriz Nunes Rondon. et.al. **Estudo comparativo das vazões de referência Q₉₅ do rio Cuiabá na área de influência urbana de Cuiabá antes e após a barragem APM Manso**. 2015. Universidade Federal de Mato Grosso.

MORAES, Gabriel Figueiredo de et al. **Análise de conflitos por uso de recursos hídricos na área de atuação do Comitê de Bacia Hidrográfica da Margem Esquerda do Rio Cuiabá**. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

MUNGODORI, Henry Heroe. **Performance intensification of the coagulation process in drinking water treatment**. *Water SA*, v. 47, n. 2, p. 154-161, 2021.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SABINO, Ademilson Araujo; MINE, Miriam Rita Moro. **Verificação do Impacto de Reservatórios de Usinas Hidrelétricas no Regime Hidrológico de Bacias Hidrográficas Utilizando o Software IHA**. 2017. Tese de Doutorado. Ph. D. Dissertation/master's thesis), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso**. 2015-2017. SEMA, Cuiabá, 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE (SEMA). **Relatório de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais do Estado de Mato Grosso**. 2018-2019. SEMA, Cuiabá, 2021.

SECKLER, Sidney. **Tratamento de Água: Concepção, Projeto e Operação de Estações de Tratamento—Um Guia Prático para Alunos e Profissionais**. Elsevier Brasil, 2017.

TUNDISI, J. G. **Reservatórios como Sistemas Complexos: Teoria, Aplicações e Perspectivas para Usos Múltiplos**. In: HENRY, R. (Editor). *Ecologia de Reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais*. Botucatu: FUNDIBIO: FAPESP, 1999. 800 p.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2000. 243 p.