



Nota Técnica nº 20/IGAM/GEMOQ/2021

PROCESSO Nº 2240.01.0000428/2019-10

## ANÁLISE DA QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO PARAÓPEBA APÓS DESASTRE NA BARRAGEM BI

### 1. INTRODUÇÃO

Essencial para sobrevivência, a água é um recurso natural e finito envolvido no desenvolvimento de atividades produtivas e na qualidade de vida, atendendo a um amplo espectro de suas necessidades. O aumento das atividades antrópicas tem tornado este recurso cada vez mais impróprio para os vários usos necessários para a qualidade de vida humana (ZHANG *et al.*, 2018). Portanto, são imprescindíveis o planejamento e o gerenciamento de forma integrada dos recursos hídricos para o controle da poluição, a preservação e a manutenção dos serviços a que se destina este bem ambiental.

Neste contexto, se faz primordial o conhecimento da qualidade das águas a fim de definir estratégias que busquem a conservação, a recuperação e o uso racional deste recurso no intuito de minimizar e/ou impedir os possíveis conflitos pelo uso da água.

O dia 25 de janeiro de 2019 foi marcado pelo rompimento da barragem de rejeitos BI, que por localizar a montante, provocou também o rompimento das barragens de rejeitos BIV e BIV-A, todas da mineradora Vale S.A., no complexo minerário do Córrego do Feijão (Brumadinho, MG), o qual despejou cerca de 12 milhões de metros cúbicos de rejeitos de produção mineral. A maior parte do rejeito ficou contida na calha do ribeirão Ferro-Carvão até sua confluência com rio Paraopeba, no município de Brumadinho, e uma parte foi arrastada pela calha do rio Paraopeba até o remanso da Usina Hidrelétrica (UHE) de Retiro Baixo na divisa dos municípios mineiros de Pompéu e Curvelo. Além dos danos ambientais, destacam-se 270 mortes e 11 pessoas desaparecidas.

Registra-se que nos primeiros 60 km do rio Paraopeba a jusante da barragem BI as alterações da qualidade das águas e dos sedimentos, tendo em vista a presença dos rejeitos, foram observadas desde a primeira semana após o rompimento e se mantém até os dias atuais. No trecho localizado entre a termelétrica de Igarapé (BP072) e a montante da UHE Retiro Baixo (BP078), observou-se uma alteração mais evidente a partir de fevereiro de 2019, e na região a montante de Retiro Baixo no início de março de 2019, conforme os Informativos diários de qualidade publicados no site do Igam. Já no trecho localizado a jusante do reservatório de Retiro Baixo (BPE5) não foi possível identificar a interferência dos rejeitos provenientes da barragem BI na qualidade das águas e dos sedimentos de fundo, uma vez que nas estações localizadas a jusante do reservatório (BP099, BPE6, BPE7 e BPE8) parâmetros monitorados estiveram, em geral, inferiores inclusive aos do BP036, trecho que não sofreu impacto do rompimento da barragem BI.

Desde o dia 26 de janeiro de 2019 o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) intensificou o monitoramento das águas e sedimentos no rio Paraopeba, com intuito de disponibilizar informações da situação do impacto e da evolução da qualidade das águas do rio Paraopeba ao longo do tempo, para tomada de decisão dos órgãos públicos e para fornecer dados atualizados à sociedade. A frequência de coletas na calha do rio Paraopeba entre Brumadinho e Felixlândia, passou a ser diária na água superficial e semanal no sedimento durante os primeiros 60 dias após o rompimento. Com o desenvolvimento dos trabalhos e diminuição de alterações significativas nas concentrações dos parâmetros, esta frequência passou a semanal e depois mensal, tanto nas águas superficiais quanto nos sedimentos. Além disso, o Igam adicionou ao monitoramento 8 estações de amostragem para um melhor acompanhamento do impacto causado sobre as águas do rio Paraopeba.

Atualmente, o Igam monitora, mensalmente, 15 pontos na calha do rio Paraopeba até o corpo da represa de Três Marias, e os resultados têm sido consolidados na forma de relatórios técnicos e boletins informativos, com o intuito de orientar as ações dos órgãos competentes, tanto na esfera estadual quanto na federal, bem como para fornecer à sociedade o conhecimento da situação da qualidade das águas atingidas pelo desastre.

Nesse contexto, a presente Nota Técnica tem o objetivo de apresentar os resultados da qualidade das águas superficiais do rio Paraopeba atualizados até abril de 2021, após o rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A de contenção de rejeitos da mina Córrego do Feijão, da Vale S.A., a fim de orientar o Governo de Minas Gerais quanto à situação da água do rio Paraopeba, e consequentemente, subsidiar as recomendações às populações atingidas quanto aos usos múltiplos da água.

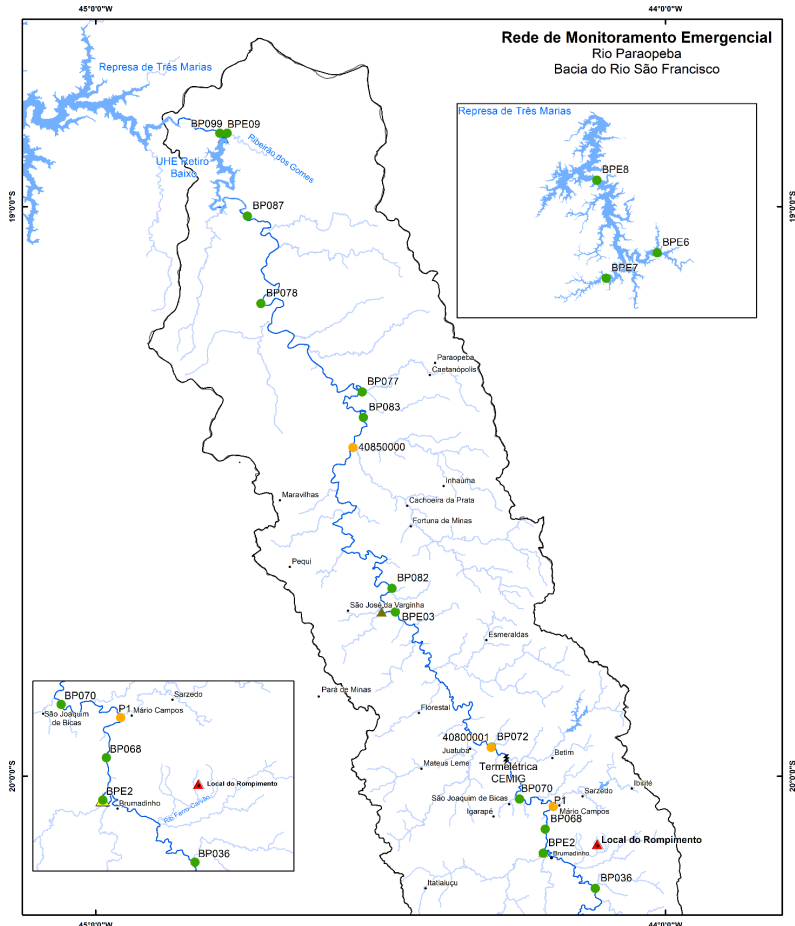
### 2. METODOLOGIA

#### 2.1. Local de amostragem

A análise da qualidade da água do rio Paraopeba foi feita por meio de uma rede de monitoramento operada pelo Igam, representada na **Figura 1**, no período compreendido entre o dia 26 de janeiro de 2019 até abril de 2021. A localização e o número de pontos da rede amostral foram definidos de maneira que se tenha a melhor representatividade espaço-temporal da área de estudo.

Na **Tabela 1** são apresentados os descritivos das localizações das estações de monitoramento avaliadas na presente Nota Técnica.

**Figura 1** – Distribuição Geográfica da Rede de Monitoramento especial do rio Paraopeba.

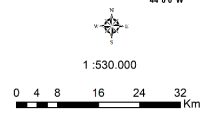


**Rede de Monitoramento Emergencial**  
Rio Paraopeba  
Bacia do Rio São Francisco

**Legenda**

- Pontos de Monitoramento**
- IGAM
  - CPRM
  - ▲ UHE Retiro Baixo
  - ⚡ CEMIG Geração e Transmissão
  - ▲ Captação Copasa
  - ▲ Captação Pará de Minas
  - Sedes Municipais

- 🌊 Espelho D'água
- 🌊 Hidrografia - Rio Paraopeba
- 🌊 Hidrografia
- 🗺 SF3



**Tabela 1** – Descrição das estações de monitoramento avaliadas no monitoramento do rio Paraopeba pelo Igam.

Estação	Coordenadas Lat/long		Município	Distância até a Barragem B1 (km)	Descrição	Início da coleta
BP036	-20,197	-44,123	Brumadinho	10*	Rio Paraopeba na localidade de Melo Franco	28/jan
BPE2	-20,135	-44,215	Brumadinho	19,7	Rio Paraopeba na captação da COPASA	26/jan
BP068	-20,093	-44,211	São Joaquim de Bicas	24,8	Rio Paraopeba 5 km a jusante da captação da COPASA em Brumadinho	26/jan
BP070	-20,04	-44,256	Betim, São Joaquim de Bicas	42	Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas	26/jan
BP072	-19,949	-44,305	Betim	59	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba	26/jan
BPE3	-19,709	-44,470	Esmeraldas	112,8	Rio Paraopeba a montante da captação de Pará de Minas	12/fev
BP082	-19,670	-44,480	Esmeraldas, São José da Varginha	123,1	Rio Paraopeba na localidade de São José, em Esmeraldas	27/jan
BP083	-19,370	-44,530	Papagaios, Paraopeba	192,4	Rio Paraopeba logo após a foz do Ribeirão São João em Paraopeba	27/jan
BP077	-19,33	-44,53	Papagaios, Paraopeba	203	Rio Paraopeba na captação da Copasa entre os municípios de Paraopeba e Papagaios	11/nov
BP078	-19,170	-44,710	Curvelo, Pompéu	250,9	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Pardo em Pompéu	27/jan
BP087	-19,02	-44,73	Curvelo, Pompéu	279	Rio Paraopeba a montante da UHE Retiro baixo	11/nov
BP099	-18,871	-44,787	Felixlândia	318,3	Rio Paraopeba a montante de sua foz na barragem de Três Marias	27/jan
BPE6	-18,816	-45,015	Felixlândia	Aprox. 353,1	Remanso da represa de Três Marias no Município de Felixlândia	02/mar
BPE7	-18,929	-45,241	Abaeté	Aprox. 400,1	Remanso da represa de Três Marias no Município de Abaeté	02/mar
BPE8	-18,493	-45,283	Três Marias	Aprox. 423,1	Corpo da represa de Três Marias no Município de Três Marias	02/mar

\*Estação a montante do local do desastre (BP036). A distância medida se refere ao trecho desde a estação até a confluência do Ribeirão Ferro-Carvão com o rio Paraopeba.

Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

## 2.2. Parâmetros analisados

A seleção dos parâmetros considerados nessa caracterização foi definida com base no significado e na relevância de cada parâmetro em termos de indicações para a avaliação da qualidade das águas, assim como na identificação daqueles elementos que apresentam potencialidade de ocorrência nas águas do rio Paraopeba, que são decorrentes do desastre.

Os parâmetros considerados mais importantes para a caracterização do impacto do desastre apresentados nesta nota técnica são turbidez, arsênio total e a série metálica: manganês total, ferro total e dissolvido, alumínio dissolvido, chumbo total, mercúrio total, cádmio dissolvido, cobre dissolvido, níquel total e zinco total. O significado e a importância de cada uma das variáveis analisadas nessa caracterização são apresentados a seguir.

As análises de turbidez se reportam à magnitude de aportes de material particulado e solúvel, ao qual o sistema hídrico em questão está submetido. É uma medida da dificuldade da luz em atravessar a água, causada por materiais suspensos como microrganismos e partículas sólidas. As águas que possuem alta turbidez apresentam uma elevação na temperatura e consequente diminuição do oxigênio dissolvido. A alta turbidez também diminui a incidência da luz, prejudicando a fotossíntese que contribui para oxigenar a água (ABU SHMEIS, 2018).

Na natureza, os metais ocorrem livres ou associados a outros elementos e, embora alguns tenham um papel biológico importante, doses de metais acima dos níveis fisiológicos podem provocar efeitos prejudiciais, alterando várias funções celulares, estruturas moleculares e teciduais, e assim comprometendo todo o organismo. Estes efeitos tóxicos podem ser potencializados pela sua capacidade de bioacumulação em diversos organismos e cadeias tróficas, produzindo efeitos subletais e letais decorrentes de disfunções metabólicas (ALI; KHAN; ILAHI, 2019).

Nos ecossistemas aquáticos, os metais podem estar presentes tanto na água como nos sedimentos. Portanto, mesmo que os metais não sejam detectados analiticamente na água, podem estar concentrados nos sedimentos de fundo de um rio, lago ou reservatório. Sob determinadas condições físicas e químicas (pH, temperatura, concentração de oxigênio dissolvido), os metais presentes nos sedimentos podem ser liberados para a coluna d'água (ALI; KHAN; ILAHI, 2019). Pelo fato de serem tóxicos em determinadas concentrações para quase todas as formas de vida, eles possuem limites rigidamente controlados pela legislação.

### 2.3. Requisitos legais

A Deliberação Normativa Copam nº 14, de 28 de dezembro de 1995, dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba. De acordo com essa deliberação o rio Paraopeba, da confluência com o rio Maranhão até a represa de Três Marias, é enquadrado como Classe 2. Este é o caso do rio Paraopeba no trecho afetado pelo desastre. Sendo assim, os dados de monitoramento estão apresentados em gráficos, sendo considerados os padrões de qualidade para corpos de água enquadrados como Classe 2, segundo Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH nº 1 de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais de domínio de Minas Gerais.

De acordo com esta deliberação normativa conjunta, os usos preponderantes para a classe 2 de enquadramento são:

#### III. Classe 2: Águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

Os limites para os parâmetros físico-químicos definidos segundo a Deliberação Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas de Classe 1, 2 e 3 em relação aos parâmetros avaliados é apresentado na **Tabela 2**.

**Tabela 2** – Limites para os parâmetros físico-químicos definidos segundo a Deliberação Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01/2008 para águas de Classe 1, 2 e 3 em relação aos parâmetros avaliados.

Parâmetro	LIMITE DN COPAM/CERH-MG – 01/2008			Unidade de Medida
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	
Turbidez	40	100	100	NTU <sup>1</sup>
Alumínio Dissolvido	0,1	0,1	0,2	mg / L Al
Arsênio total	0,01	0,01	0,033	mg / L As
Bário total	0,7	0,7	1	mg / L Ba
Boro total	0,5	0,5	0,75	mg / L B
Cádmio total	0,001	0,001	0,01	mg / L Cd
Chumbo total	0,01	0,01	0,033	mg / L Pb
Cobre Dissolvido	0,009	0,009	0,013	mg / L Cu
Cromo total	0,05	0,05	0,05	mg / L Cr
Ferro Dissolvido	0,3	0,3	5	mg / L Fe
Manganês total	0,1	0,1	0,5	mg / L Mn
Mercurio total	0,2	0,2	2	µg/L Hg
Níquel total	0,025	0,025	0,025	mg / L Ni
Selênio total	0,01	0,01	0,05	mg / L Se
Vanádio total	0,1	0,1	0,1	mg / L V
Zinco total	0,18	0,18	5	mg / L Zn

1: Unidade Nefelométrica de Turbidez

### 2.4. Avaliação da precipitação

A Bacia do Paraopeba encontra-se na mesorregião Metropolitana e possui dentro da sua área de abrangência apenas três estações meteorológicas, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, nos municípios de Florestal, Ibirité e Ouro Branco.

Devido ao fato de não existirem estações meteorológicas instaladas em todas as áreas da Circunscrição Hidrográfica, foi necessário realizar uma interpolação dos dados registrados, para estimar um valor "aproximado" nas áreas em que não foi possível registrar o valor real ocorrido. Para isso utilizou-se as estações instaladas no Paraopeba e as instaladas nas vizinhanças da bacia para melhor representatividade também das bordas.

A análise das chuvas foi feita com base nas anomalias de precipitação, que é a variação da chuva observada (para mais ou para menos) tendo como referência a Normal Climatológica. A anomalia positiva de chuvas ocorre quando a chuva fica acima da climatologia. Já a anomalia negativa ocorre quando a chuva fica abaixo da climatologia. A climatologia utilizada ilustra os valores das Normais Climatológicas das chuvas publicadas pelo INMET, com referência aos 30 anos entre 1981-2010. Os dados observados utilizados para o cômputo das anomalias foram obtidos das estações convencionais do INMET.

As regiões com cor branca nas figuras, indicam as áreas em que a precipitação ficou em torno da climatologia. Já as cores em tons azuis representam as áreas em que ocorreram anomalias positivas. As áreas preenchidas em cores quentes representam as áreas de anomalias negativas.

A distribuição espacial da anomalia apresentada através de mapas permite a observação do seu comportamento espacial, dado que estas podem se comportar diferentemente mesmo dentro de uma mesma porção geográfica.

A análise da anomalia anual foi realizada considerando as chuvas registradas entre 01 de janeiro de 2020 e 31 de dezembro de 2020. Já nas análises para o período chuvoso considerou as chuvas registradas entre 01 de outubro e 31 de março, correspondente à estação chuvosa de Minas Gerais.

### 2.5. Avaliação das vazões

A caracterização da vazão para o presente estudo foi baseada na estação Ponte Nova do Paraopeba (código 40800001). A estação foi escolhida como representativa para o presente estudo por possuir Plataforma Automática de Coletas de Dados – PCD, o que possibilita a aquisição automática dos dados de nível d'água, vazão e precipitação, com consequente acompanhamento dos eventos hidrológicos em tempo real. Outro fator importante é o fato de a estação estar a jusante da confluência do ribeirão Ferro-Carvão com o rio Paraopeba, fazendo com que os dados apresentados a seguir tenham levado em conta o rompimento das barragens de rejeitos BI, BIV e BIV-A.

Para a análise das vazões na estação Ponte Nova do Paraopeba, primeiramente foram levantados os dados das vazões médias mensais entre janeiro de 2020 e março de 2021, sendo estas comparadas com a respectiva vazão média de longa duração (Q<sub>mlq</sub>) mensal. Posteriormente foi realizada a análise das vazões máximas, referente ao período chuvoso do ano hidrológico de 2020/2021 (outubro de 2020 a março de 2021).

Para a análise das vazões máximas, primeiramente foi realizada a avaliação das distribuições de probabilidades com maior aderência a amostra de dados por meio do teste de Kolmogorov-Sminov, onde foi aceita a hipótese de que a amostra foi extraída de uma população Gumbel. Ajustou-se, então, uma distribuição Gumbel aos dados a um nível de significância de 95%, com parâmetros estimados pelo método dos momentos L (MML).

Por fim, para a avaliação dos dados de vazão em condições críticas, foi feita uma análise baseada na geração de indicadores estatísticos para cada ano, considerando o período compreendido entre 2010 e 2020, com a aplicação das prerrogativas legais previstas na Deliberação Normativa CERH/MG nº49, de 25 de março de 2015, a qual estabelece diretriz e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais, alterada pela DN CERH/MG nº50/2015, de 09 de outubro de 2015.

### 3. PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO RIO PARAOPEBA

#### 3.1. Diagnóstico da Estação Chuvosa – Pré-Rompimento

O início da estação chuvosa 2018/2019 apresentou valores abaixo da climatologia, em torno dos 24% negativos, em Florestal, e acima da Normal Climatológica (49%), em Ibirité. As chuvas ocorridas ficaram concentradas na segunda quinzena de outubro/2018. Nos meses de novembro e dezembro, a formação e manutenção de episódios da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) foram os principais produtores de chuva na bacia do rio Paraopeba e no estado de Minas Gerais como um todo, gerando, deste modo, acumulados positivos de precipitação em relação à Normal Climatológica.

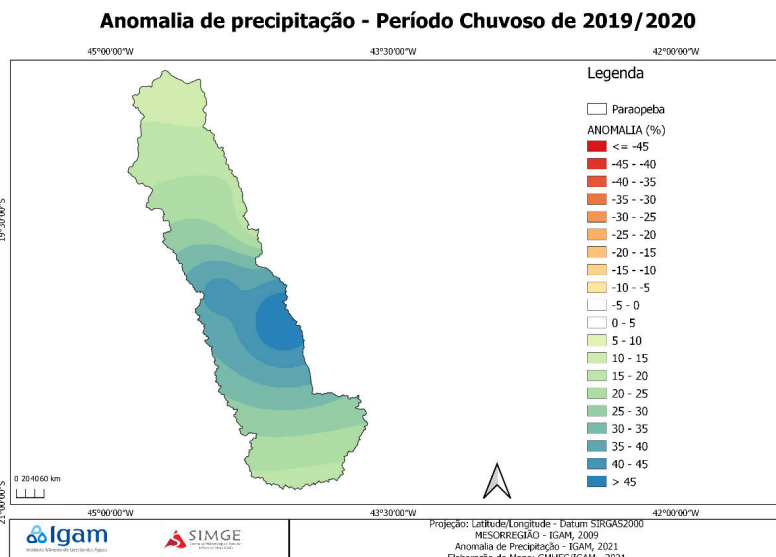
Em janeiro/2019, estabeleceu-se sobre o Estado um padrão de bloqueio atmosférico que impedia o avanço de sistemas frontais, com isso baixos acumulados de precipitação foram registrados no período.

#### 3.2. Estação Chuvosa 2019/2020

No decorrer do período chuvoso 2019/2020, foram observados comportamentos distintos no Paraopeba. Enquanto a primeira metade (outubro a dezembro de 2019) exibiu um cenário desfavorável à ocorrência regular de chuvas, a segunda metade iniciou com ocorrência regular de chuvas e elevados acumulados de precipitação, muito além da média histórica principalmente nos meses de janeiro e fevereiro, o que compensou os baixos valores registrados nos primeiros três meses do período chuvoso. Sendo assim, apesar de ter iniciado com pouca chuva, no balanço final para todo o período chuvoso, o total da precipitação ocorrida no Paraopeba alcançou valores acima da climatologia em toda a bacia, com algumas áreas apresentando desvios positivos de 54% em relação à média, conforme pode-se observar na **Figura 2**.

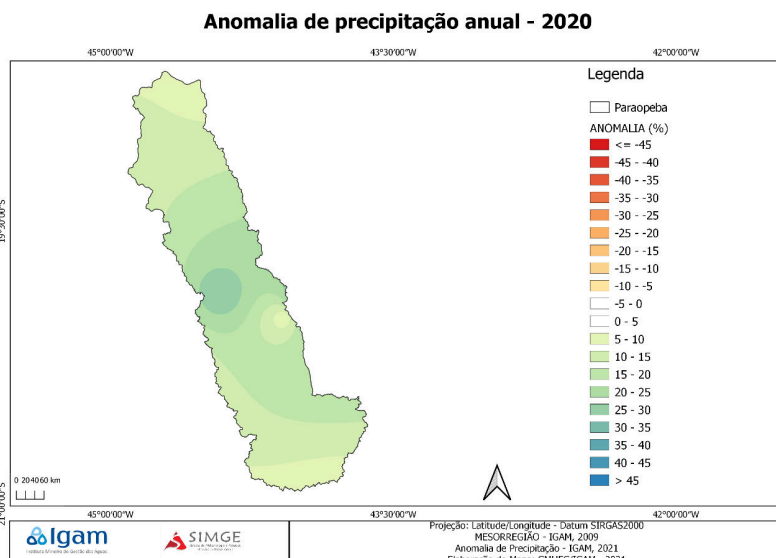
A análise das anomalias referentes ao ano de 2020 (calculadas entre janeiro e dezembro) mostra que o acumulado anual ocorreu acima da climatologia, conforme exibido na **Figura 3**, principalmente, devido às chuvas abundantes ocorridas no primeiro trimestre do ano. No entanto, é importante informar que baixos acumulados de precipitação ocorreram no segundo semestre, principalmente no setor norte da Circunscrição Hidrográfica.

Figura 2 – Distribuição espacial da anomalia de precipitação para o período chuvoso de 2019/2020.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Figura 3 – Distribuição espacial da anomalia de precipitação anual em 2020

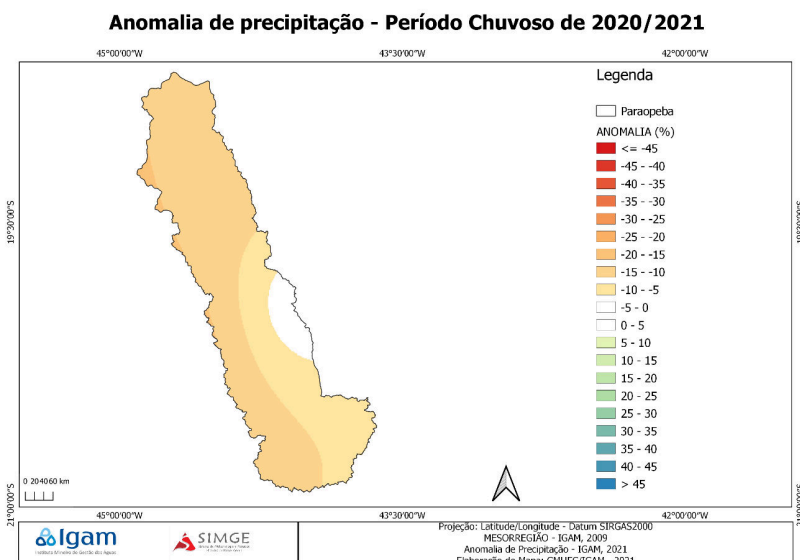


Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

### 3.3. Estação Chuvosa 2020/2021

As anomalias de precipitação para o período chuvoso 2020/2021 (período entre 01 outubro de 2020 e 31 de março de 2021) na bacia hidrográfica do rio Paraopeba são apresentadas na **Figura 4**, que mostra que as precipitações registradas, totalizaram valores abaixo da climatologia em quase todo o seu território.

**Figura 4** – Distribuição espacial da anomalia de precipitação para o período chuvoso de 2020/2021.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

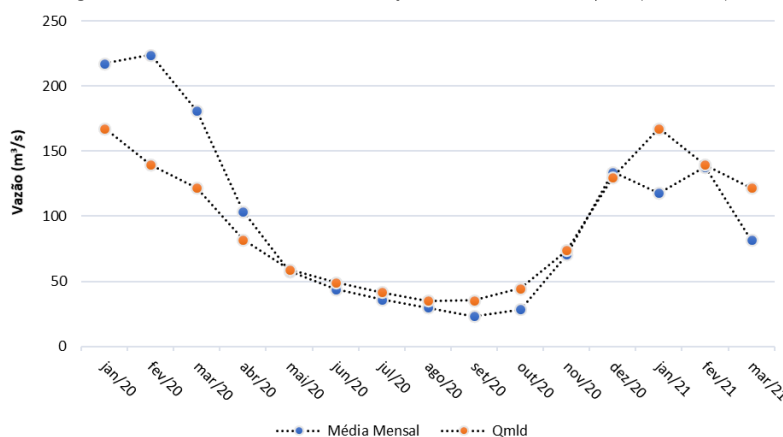
Em grande parte da bacia do rio Paraopeba as chuvas registradas ficaram em torno de 1.100 mm ao final da estação chuvosa, mas ocorreram máximos em torno de 1.500 mm. Por outro lado, os menores valores observados ficaram em torno de 850 mm. No decorrer dos meses, o comportamento da chuva foi diverso: em outubro de 2020 e fevereiro de 2021 as anomalias foram predominantemente positivas, chegando a ser respectivamente até 47% e 130 % acima da climatologia. Por outro lado, nos demais meses da estação chuvosa, os desvios foram predominantemente negativos, com destaque para janeiro de 2021, no qual foram observadas precipitações na bacia apenas na primeira quinzena.

As anomalias de precipitação ficaram abaixo da climatologia cerca de 30%, em grande parte do seu território, sendo observados desvios negativos de até 40% em algumas áreas.

### 4. ANÁLISE DAS VAZÕES NA BACIA DO RIO PARAPEBA

Na **Figura 5** são apresentados os resultados referentes às vazões médias mensais para a estação Ponte Nova do Paraopeba (código 40800001) entre janeiro de 2020 e janeiro de 2021. A vazão média de longa duração consiste na média das vazões médias anuais, sendo a vazão possível a ser regularizada no curso d'água, abstraindo-se as perdas por evaporação e infiltração (PRUSKI et al., 2006). A vazão média permite caracterizar a disponibilidade hídrica de uma bacia, o seu potencial energético, o início do ano hidrológico, dentre outros.

**Figura 5** – Vazões médias mensais na estação Ponte Nova do Paraopeba (40800001).



Pelos dados apresentados na **Figura 5**, é possível notar que, para os meses do período seco de 2020 (abril a setembro) as médias mensais mantiveram-se iguais ou acima da  $Q_{mld}$  para os respectivos meses. Outro fato importante a ser destacado é a grande diferença existente entre as vazões médias observadas para os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020 com os respectivos meses da  $Q_{mld}$ . Já para o período chuvoso do ano hidrológico de 2020/2021 (outubro de 2020 a março de 2021), a vazão média esteve abaixo da  $Q_{mld}$  mensal nos meses de outubro, janeiro e março. Já novembro, dezembro e fevereiro mantiveram-se bem próximos à  $Q_{mld}$  do respectivo mês.

Em relação às vazões máximas, a maior vazão diária observada na estação Ponte Nova do Paraopeba, no período pós rompimento, foi de 996,42  $m^3/s$ , ocorrida em 25/01/2020, como apresentado na **Figura 6**. Entretanto, a média diária em 25/01/2020 correspondeu a 911,83  $m^3/s$ . Pela análise de frequência local, observa-se que a vazão máxima observada em 2020 tem período de retorno de aproximadamente 21 anos, ou seja, a probabilidade deste evento ser igualado ou superado é de 4,7%. Esse evento foi a quarta maior vazão observada na estação Ponte Nova do Paraopeba desde sua instalação em 1938. Já no ano hidrológico de 2020/2021, a maior vazão já registrada ocorreu em 04/01/2021, com um total de 304,2  $m^3/s$ . Na **Figura 7** é apresentado um resumo dos valores observados de vazão máxima e seu respectivo período de retorno.

**Figura 6** – Hidrograma de janeiro de 2020 a março de 2021 na estação Ponte Nova do Paraopeba (40800001).

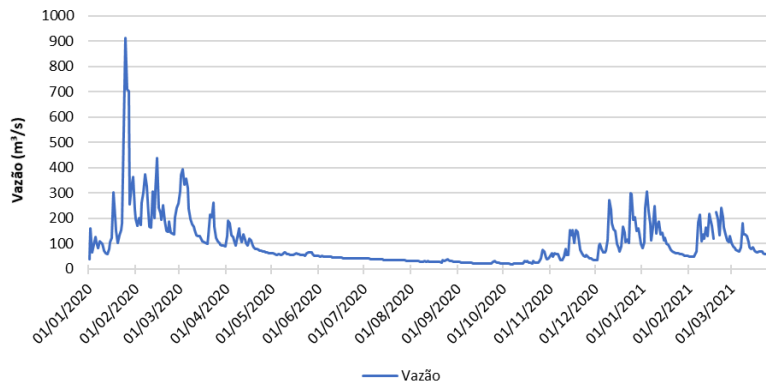
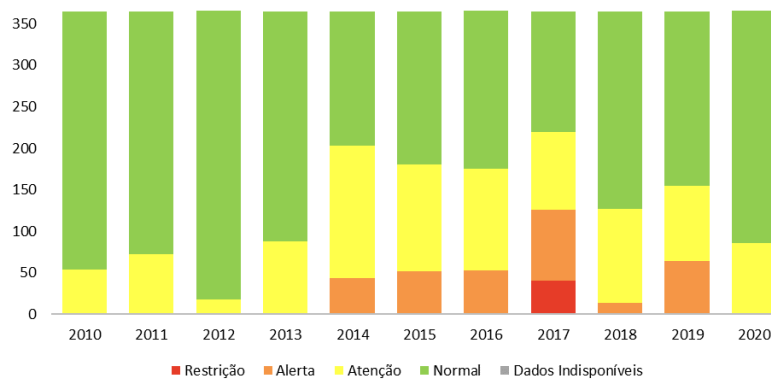


Figura 7 – Resumo dos valores observados de vazão máxima e seu respectivo período de retorno entre os anos de 2018 e 2021

Ano Hidrológico	Maior vazão observada (m³/s)	Data de Ocorrência	Período de retorno	Ranqueamento
2018/2019	239,57	23/11/2018	≅ 1 ano	82ª Maior cheia registrada
2019/2020	996,42	25/01/2020	≅ 21 anos	4ª Maior cheia registrada
2020/2021	304,20	04/01/2021	≅ 1 ano	72ª Maior cheia registrada

Para a avaliação dos dados das vazões em condições críticas, o resultado da quantificação, por ano, de valores de vazão diária por estágio definido pela DN CERH/MG nº49/2015 para a estação Ponte Nova do Paraopeba (40800001), pode ser observado na **Figura 8**.

Figura 8 – Quantitativo de dias nas categorias de oferta hídrica na estação Ponte Nova do Paraopeba (40800001)



Pelos dados apresentados na **Figura 8** é possível observar que, entre 2014 e 2019, a estação Ponte Nova do Paraopeba apresentou valores inferiores a  $Q_{7,10}$  (Estado de Alerta), com a situação mais crítica no ano de 2017, onde a mesma também apresentou vazão inferior a 70% da  $Q_{7,10}$  (Estado de Restrição).

Considerando o período pós rompimento da barragem em Brumadinho, verifica-se que o ano de 2019 foi mais crítico do que 2020, uma vez que em 2020 não foram observadas vazões em Estado de Alerta ou Restrição. Tais índices refletem as precipitações ocorridas em cada um dos anos. Conforme apresentado acima, o período chuvoso de 2018/2019 foi marcado por chuvas abaixo da média, enquanto 2019/2020 registraram chuvas acima da média. Segundo Novaes et al. (2009), as vazões, de modo geral, não dependem das precipitações que ocorrem no período seco, pois além de serem em menor quantidade, o solo se encontra em elevado déficit de umidade, fazendo com que a precipitação fique retida na zona não saturada do solo e não atinja o lençol freático. Sendo assim, as anomalias de precipitação negativa no período chuvoso de 2018/2019 resultaram em grandes implicações na manutenção das vazões ao longo período seco de 2019. Por outro lado, as anomalias de precipitação positiva no período chuvoso de 2019/2020 resultaram nas vazões enquadradas em Estado Normal para grande parte do ano.

## 5. QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO PARAPEBA

Para explicitar os resultados dos parâmetros avaliados foram elaborados gráficos e mapas, apresentados nas figuras seguintes, que utilizaram os valores dos máximos mensais dos parâmetros obtidos no monitoramento especial do rio Paraopeba realizado pelo Igam no período compreendido entre janeiro de 2019 a abril de 2021; por ponto de monitoramento, separados em período seco (AMJ e ASN) e chuvoso (JFM e OND). Além disso, foram representados os valores máximos obtidos na série histórica do monitoramento realizado pelo Igam, entre os anos de 2014 a 2018, antes do rompimento. O Eixo y de cada gráfico apresenta o valor/concentração do parâmetro, enquanto o eixo x representa os pontos de monitoramento, no sentido montante-jusante na bacia. No caso de turbidez, o gráfico é apresentado em escala logarítmica.

Além disso, serão apresentadas tabelas contendo os valores máximos (**Apêndice A**) do comportamento dos parâmetros durante período de janeiro de 2019 a abril de 2021, do monitoramento especial do rio Paraopeba. Foram apresentados os máximos mensais e os valores foram sinalizados de acordo com os limites definidos na Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH-MG nº 01/2008 e os respectivos máximos da série histórica do monitoramento do Igam, conforme indicado no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Sinalização e significado dos valores expressos nas tabelas do Apêndice A.

Sinal	Significado*
●	Valor ≤ que a Série Histórica
●	Valor ≤ que 2 vezes a Série Histórica
●	Valor > que 2 vezes a Série Histórica
—	Dado ausente
x,xx	*Valores em vermelho são maiores que o Limite Legal

Para os parâmetros que apresentaram uma maior recorrência de valores em desconformidade com o limite de classe, seja em função do rompimento das barragens da Vale, seja pelas características da bacia, tais como: turbidez, ferro, manganês, chumbo e alumínio serão apresentados mapas da distribuição dos valores máximos registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021), e os respectivos destaques dos resultados em função dos limites legais e máximos históricos.

Também foi elaborado um mapa síntese que apresenta os números de parâmetros que estiveram acima da Série Histórica e do limite de classe entre os meses de janeiro a abril de 2021 (**Apêndice B**). Na elaboração dos mapas utilizou-se de gradação de cores para expressar os dados de forma crescente, sendo utilizado cores mais frias para sem dados ou violação, e cores mais quentes para as maiores extrapolações/violações.

### Turbidez

As alterações do parâmetro turbidez mostram-se como um dos principais indicativos do impacto decorrente da presença ou avanço dos rejeitos. Na **Figura 9** é possível verificar que, de maneira geral, os maiores níveis de turbidez foram registrados nos 60 dias subsequentes ao rompimento da barragem (meses de fevereiro e março de 2019 – Período Chuvoso 2019), especialmente no trecho localizado nos primeiros 40 km a jusante do barramento (BPE2, BP068 e BP070), que foi o mais impactado e apresentou os níveis mais elevados de turbidez, seguido trecho localizado entre a termelétrica de Igarapé (BP072) até a montante da UHE Retiro Baixo (BP087).

Os níveis de turbidez no trecho a jusante da UHE Retiro Baixo (da estação BP099 em diante) permaneceram abaixo do limite legal na maioria dos resultados, com exceção de alguns picos registrados nos meses de fevereiro e março de 2019, na estação BP099. Salienta-se que não há indícios de que os rejeitos tenham ultrapassado o reservatório da UHE de Retiro Baixo. Os picos registrados na estação BP099 estão relacionados a influência direta do ribeirão dos Gomes, situado no município de Curvelo conforme detalhado no Informativo nº61 da Qualidade das Águas do rio Paraopeba [1].

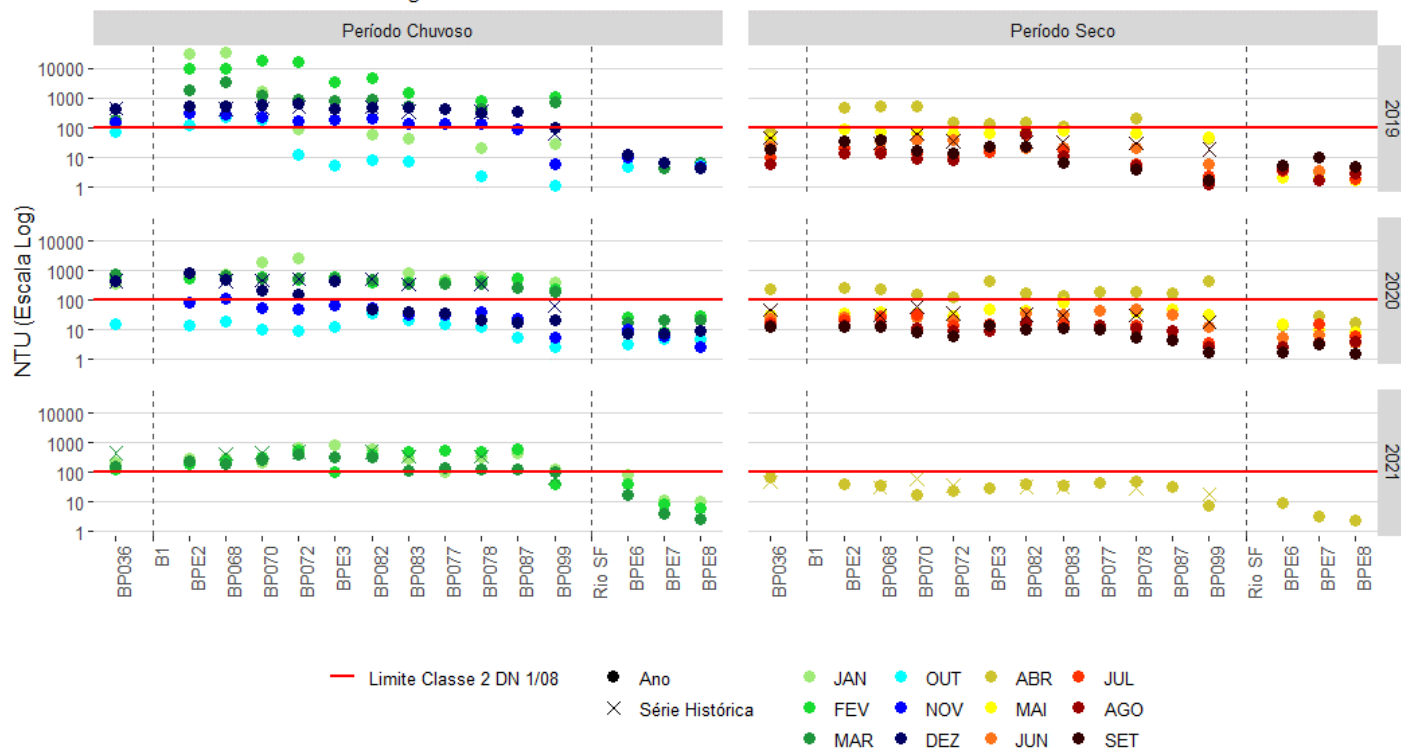
Nas estações de amostragem localizadas na represa de Três Marias a turbidez não sofreu alterações dos seus valores, apresentando-se sempre abaixo do limite legal. Ressalta-se que 98% dos resultados de turbidez da represa de Três Marias estiveram inferiores a 30 NTU, com exceção da estação BPE6 (a montante da confluência com o braço do rio Paraopeba), em 2 medições, quando apresentou os valores de 87,1 e 40,1 NTU nos meses de janeiro e fevereiro de 2021, respectivamente.

Observa-se a interferência das chuvas na qualidade das águas do rio Paraopeba, sobretudo nas áreas próximas ao rompimento, uma vez que o aumento do escoamento superficial e da vazão do rio acarretam a remobilização do material depositado no leito e novos aportes de rejeitos para o rio Paraopeba. Esse fato foi observado principalmente nos primeiros meses dos anos de 2019 e 2020 (janeiro a abril). A partir do período seco de 2020 (períodos Seco de 2020, Chuvoso de 2021 e Seco de 2021) os registros de turbidez aproximam-se dos valores da série histórica do monitoramento do Igam.

**Figura 9** – Dispersão dos valores máximos mensais de turbidez no período de jan/19 a abr/21, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

### Presença de Turbidez em águas superficiais (máximos mensais)

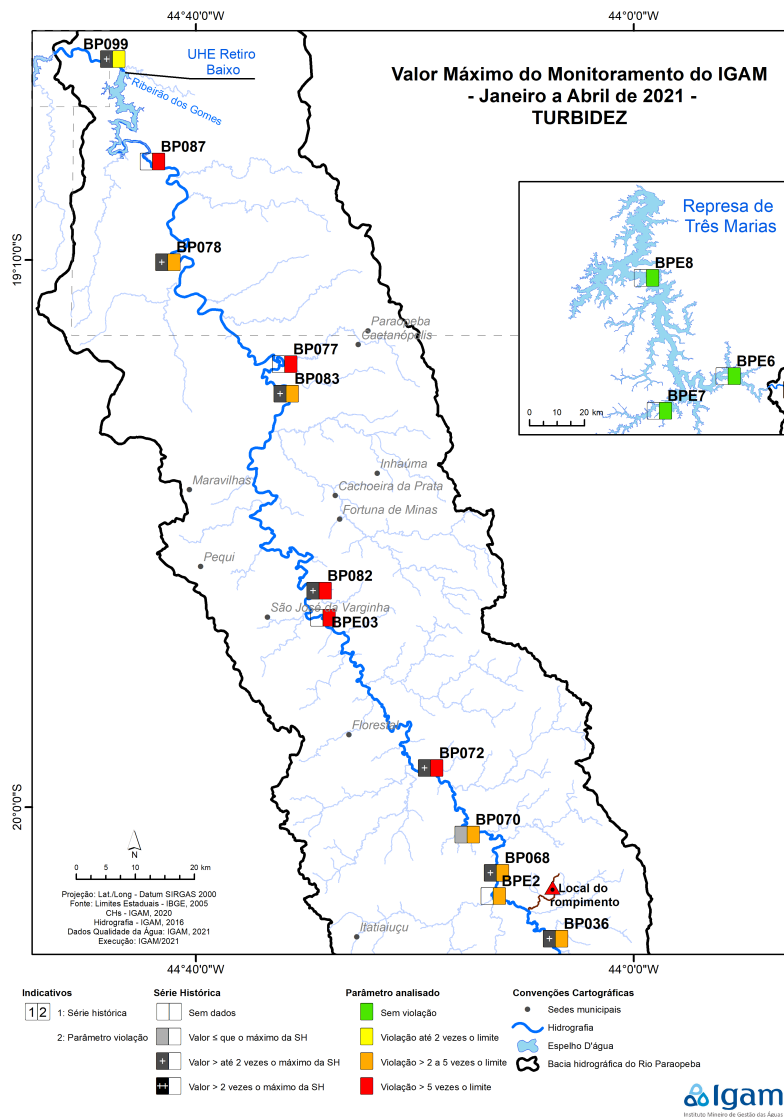
Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



A seguir é apresentada a distribuição dos valores máximos de turbidez registrados nos últimos meses avaliados, no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021). Apesar da redução dos valores de turbidez observada ao longo dos meses, como ilustrado no **Figura 10** e no **Apêndice A** (Turbidez), verificou-se que o máximo registrado em 2021 esteve acima do limite de classe 2 e acima do máximo da série histórica do monitoramento do Igam (de 2014 a 2018), ao longo de todo o Paraopeba, inclusive no trecho a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão (BP036). Exceção para os pontos de monitoramento situados na represa de Três Marias (BPE6, BPE7 e BPE8). Contudo, ao observar os valores apresentados no **Apêndice A**, verifica-se que os valores de turbidez dos últimos 4 meses avaliados se aproximam das condições pretéritas ao rompimento, especialmente no trecho mais próximo ao local do rompimento das barragens.

**Figura 10** – Distribuição espacial dos valores máximos de turbidez registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021.





### Manganês total

Os metais manganês e ferro estão diretamente relacionados às atividades de mineração desenvolvidas na área do desastre, pois são encontrados no rejeito de minério, sobretudo, no minério de ferro. Por ser o principal insumo de extração da mina, os resultados desses dois metais são essenciais para o entendimento do impacto do rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A. Assim, quando são encontradas variações significativas de ferro e manganês, principalmente no período que sucedeu ao rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A, há um forte indicativo da contaminação do corpo d'água pelo rejeito.

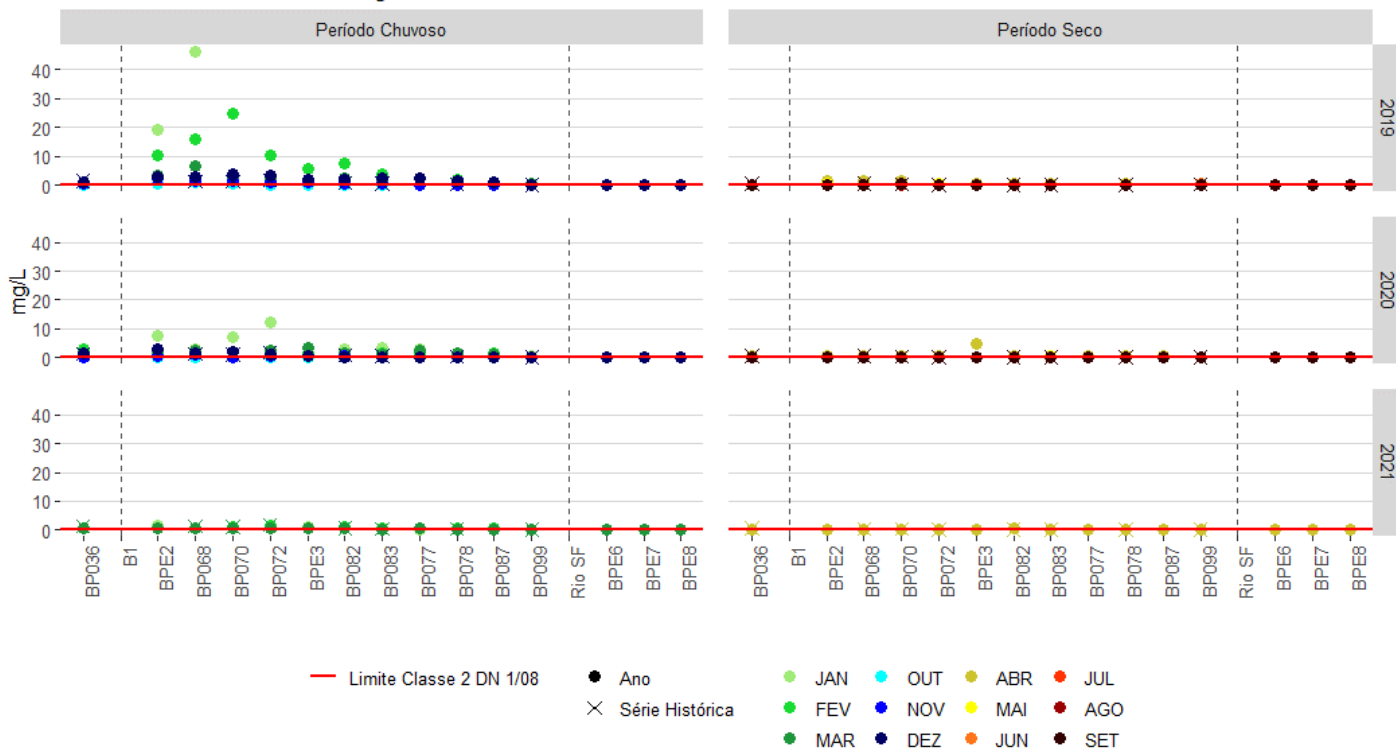
Para fins de melhor visualização dos resultados, na **Figura 11** são apresentados os resultados do eixo y até 40 mg/L, e na **Figura 12** um recorte com os dados até 3mg/L. Observa-se que o primeiro período chuvoso, logo após o rompimento das barragens da Vale S.A, os registros de manganês chegaram a 46 mg/L na estação de amostragem localizada em São Joaquim de Bicas (BP068), extrapolando em mais de 35 vezes o máximo obtido na série histórica desse ponto (1,29 mg/L). Observa-se que os valores se reduziram paulatinamente ao longo dos meses no ano de 2019.

Nos três pontos monitorados do reservatório de Três Marias, este parâmetro se mostrou abaixo do limite estabelecido, com exceção do mês de agosto de 2020, no ponto BPE8, em que o valor superou o limite estabelecido (0,14 mg/L), **Figura 12**. Devido ao fato de esta elevação ser pontual, provavelmente foi consequência de alguma atividade antrópica local.

**Figura 11** – Dispersão dos valores máximos mensais de manganês total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraíba. Valores até 40,0 mg/L Mn.

## Presença de Manganês Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020

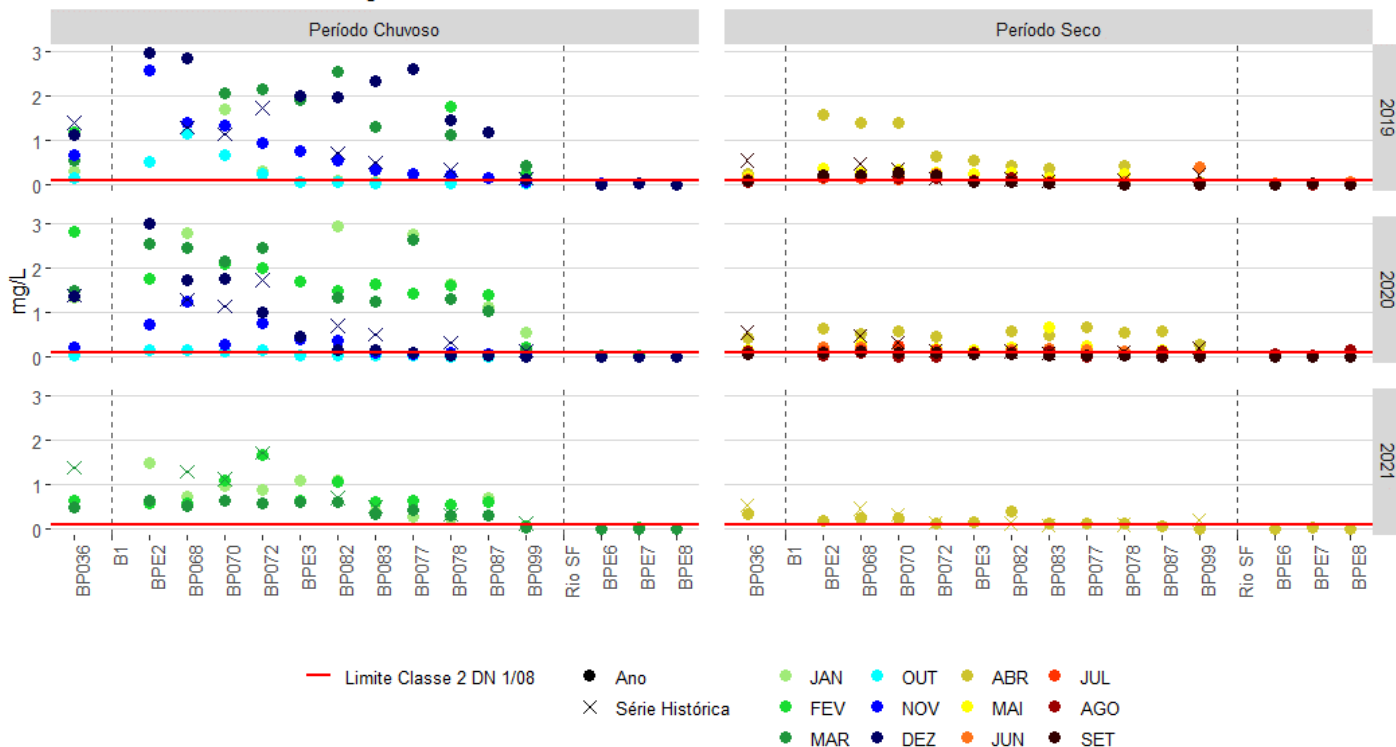


Na **Figura 12** são mostrados os valores com a ampliação do eixo y, de até 3,0 mg/L Mn. É possível observar que, com a chegada do período chuvoso de 2020, verifica-se novamente elevação dos teores de manganês, e esta elevação foi estendida ao longo de todo o rio Paraopeba desde a confluência com o ribeirão Ferro Carvão até a UHE Retiro Baixo. Nos três últimos períodos sazonais avaliados (período Seco de 2020, e períodos Chuvoso e Seco de 2021) observa-se que os valores de manganês obtidos em cada ponto de monitoramento ainda se apresentam em desconformidade com o limite de classe 2 (0,1 mg/L Mn), contudo já se aproximam dos seus respectivos valores da série histórica do período pré-rompimento. Os valores podem ser observados no **Apêndice A** (Manganês).

**Figura 12** – Dispersão dos valores máximos mensais de manganês total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba. Recorte para valores até 3,0 mg/L Mn.

## Presença de Manganês Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020

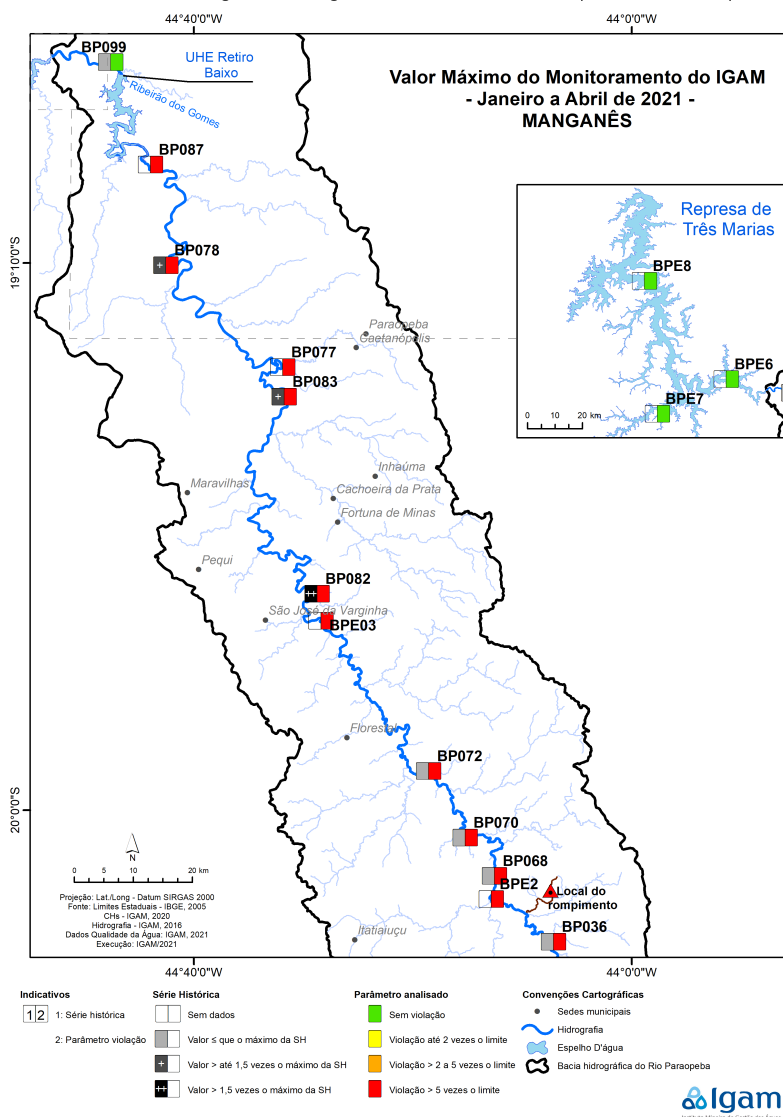


Na **Figura 13** é apresentada a distribuição dos valores máximos de manganês total registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021). No que se refere aos dados de manganês total assim como observado para a turbidez, foram registradas violações do limite de classe em mais de 5 vezes o limite estabelecido (0,1 mg/L Mn), ao longo de toda a calha, inclusive no trecho que não recebeu impacto dos rejeitos (BP036), com exceção das estações localizadas a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) e dentro do reservatório de Três Marias (BPE6, BPE7 e BPE8).

No que se refere à comparação com a série histórica de 2014 e 2018, antes do rompimento, observa-se que as concentrações foram inferiores para os pontos situados próximos ao local do rompimento, entre os municípios de Brumadinho e Betim, conforme ilustra a Figura 13. Esses resultados indicam

que os valores de manganês, assim como para turbidez, dos últimos 4 meses avaliados, se aproximam das condições pretéritas ao rompimento, especialmente no trecho mais próximo do rompimento. Os resultados apresentados também podem ser verificados nas tabelas do **Apêndice A**.

**Figura 13** – Distribuição espacial dos valores máximos de manganês total registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021.



### Ferro dissolvido

O padrão normativo para o ferro prevê apenas a forma dissolvida, no entanto, constatou-se que a liberação de ferro no rio Paraopeba seria melhor avaliada, se considerada a fração total desse parâmetro. Nas **Figuras 14 a 16** são apresentados os resultados de ferro dissolvido e ferro total.

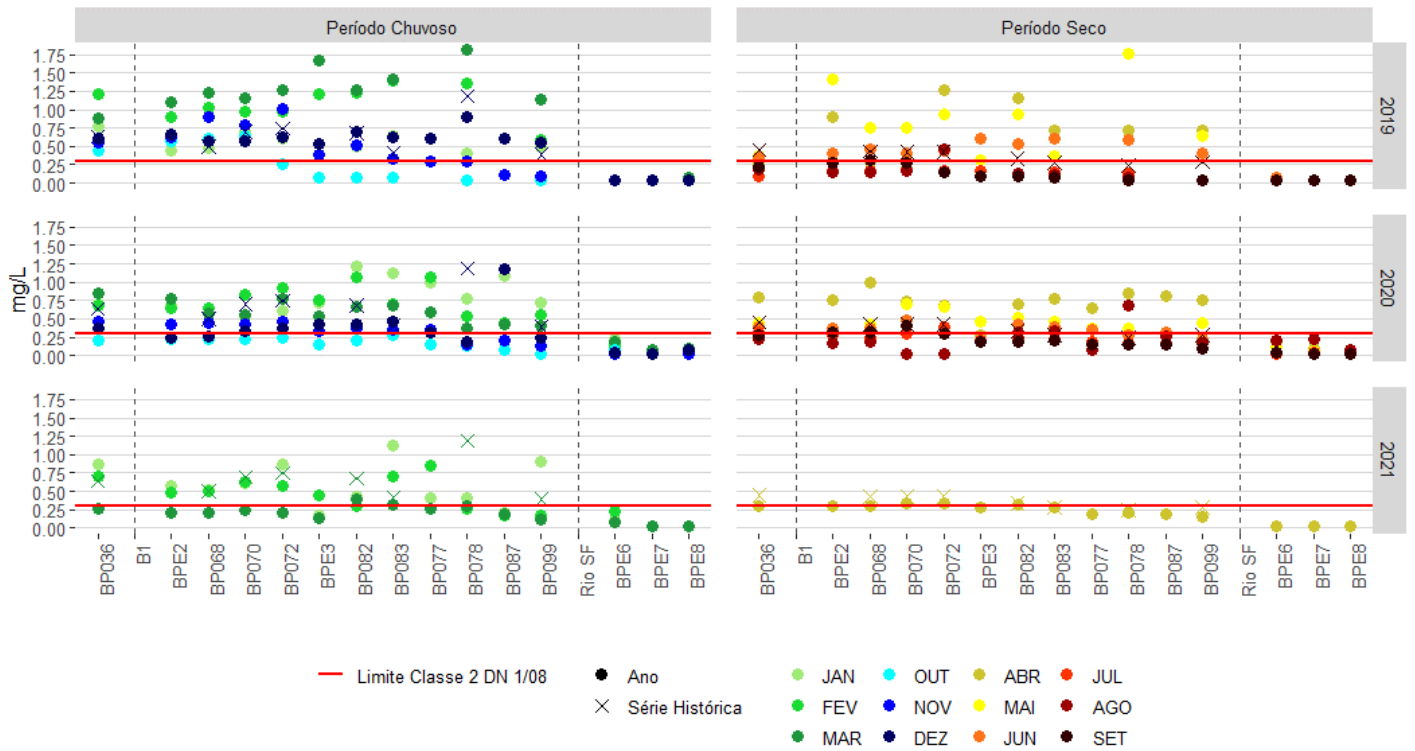
Apesar do ferro ser um dos principais constituintes do material proveniente do rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A, observa-se que o ferro dissolvido apresentou diferença no comportamento em relação ao manganês total. Na análise dos resultados de ferro dissolvido (**Figura 14**) verificou-se que desde o ponto a montante do ribeirão Ferro-Carvão, que não sofreu impacto dos rejeitos, ao longo do rio Paraopeba (no trecho impactado), até a estação a jusante da UHE Retiro Baixo (trecho em que não se verificou influência dos rejeitos das barragens que romperam), os níveis de ferro dissolvido estiveram acima do limite legal ao longo dos anos de 2019 e 2020, tanto no período chuvoso, quanto no seco. Ademais, observa-se uma redução dos níveis de ferro dissolvido nos três últimos períodos avaliados, quais sejam: Período Seco de 2020, e Períodos Chuvoso e Seco de 2021. Apesar dos valores ainda permanecerem acima do limite de Classe 2 (0,3 mg/L Fe), eles se aproximam dos valores da série histórica do monitoramento do Igam em todos os pontos monitorados. A exceção se deu para o mês de abril de 2021, quando foram registradas extrapolações do limite de classe apenas nas estações localizadas em São Joaquim de Bicas (BP070), Betim (BP072) e Esmeraldas (BP082), contudo com valores dentro do esperado para a série histórica de monitoramento.

É importante salientar que a qualidade da água do trecho localizado a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) é fortemente influenciada pelas águas do ribeirão dos Gomes, tendo em vista a proximidade do ponto amostrado com a foz desse ribeirão. O que explica as extrapolações de ferro dissolvido registradas nesse trecho. No entanto, mais adiante, na represa de Três Marias, o ferro dissolvido se mostrou abaixo do limite estabelecido em todos os pontos monitorados.

**Figura 14** – Dispersão dos valores máximos mensais de ferro dissolvido no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Ferro Dissolvido em águas superficiais (máximos mensais)

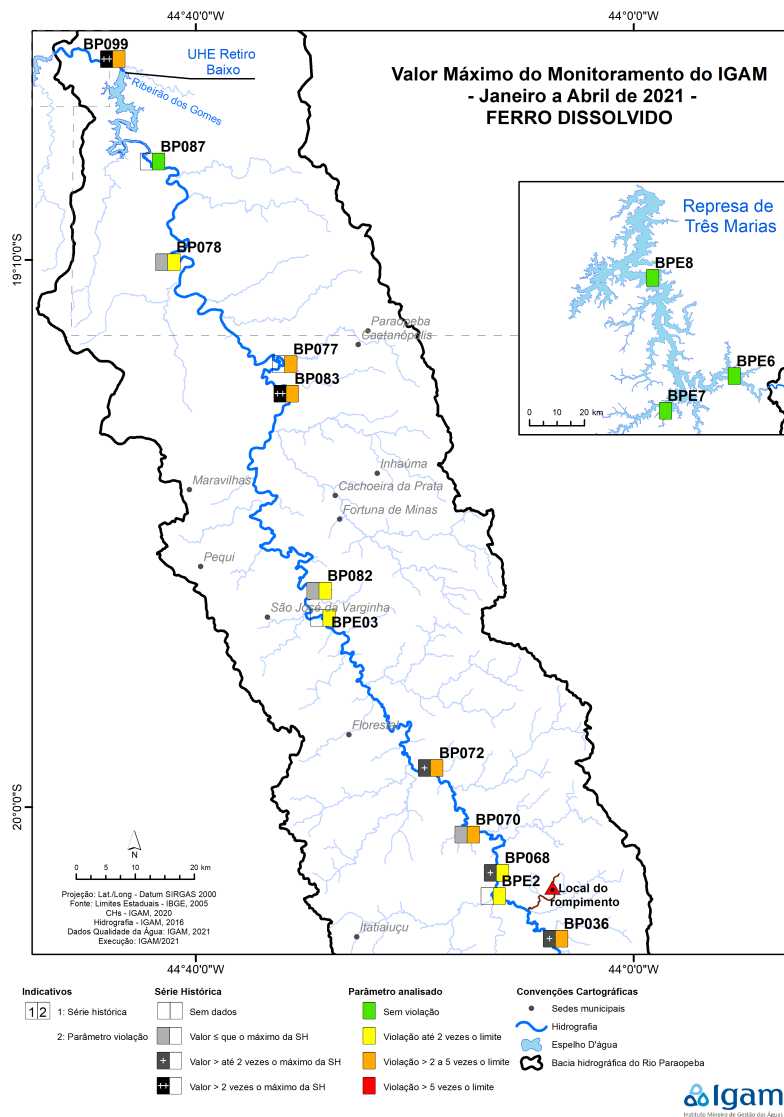
Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



Na **Figura 15** é apresentada a distribuição dos valores máximos de ferro dissolvido registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021). As concentrações de ferro dissolvido violaram o limite legal (0,3 mg/L Fe), entretanto, as concentrações foram inferiores a 5 vezes, ao longo de toda a calha do rio Paraopeba, desde a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão (BP036) até o município de Pompéu (BP078) e a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099). Destaca-se que esse último ponto tem influência direta do ribeirão das Almas, afluente da margem direita do rio Paraopeba. As estações localizadas a montante da UHE Retiro Baixo (BP087) e dentro da represa de Três Marias estiveram em conformidade com o limite de classe 2.

Em relação a série histórica de 2014-2018 do Igam observa-se que as estações de amostragem localizadas em São Joaquim de Bicas, Betim e Paraopeba (BP068, BP072 e BP083), além do trecho de montante apresentaram oscilações ao longo dos primeiros quatro meses de 2021, ora apresentando valores abaixo do máximo da série histórica e ora apresentando valores acima. Esses resultados indicam que as concentrações de ferro dissolvido na água do rio Paraopeba estão associadas tanto ao rompimento das barragens, quanto à contribuição da bacia de drenagem.

**Figura 15** – Distribuição dos valores máximos de ferro dissolvido registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021.



### Ferro total

Na **Figura 16** são apresentados os máximos mensais de ferro total obtidos no monitoramento especial do rio Paraopeba no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, destaca-se que esse parâmetro passou a ser monitorado após o rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A, e não possui valores de série histórica do monitoramento do Igam.

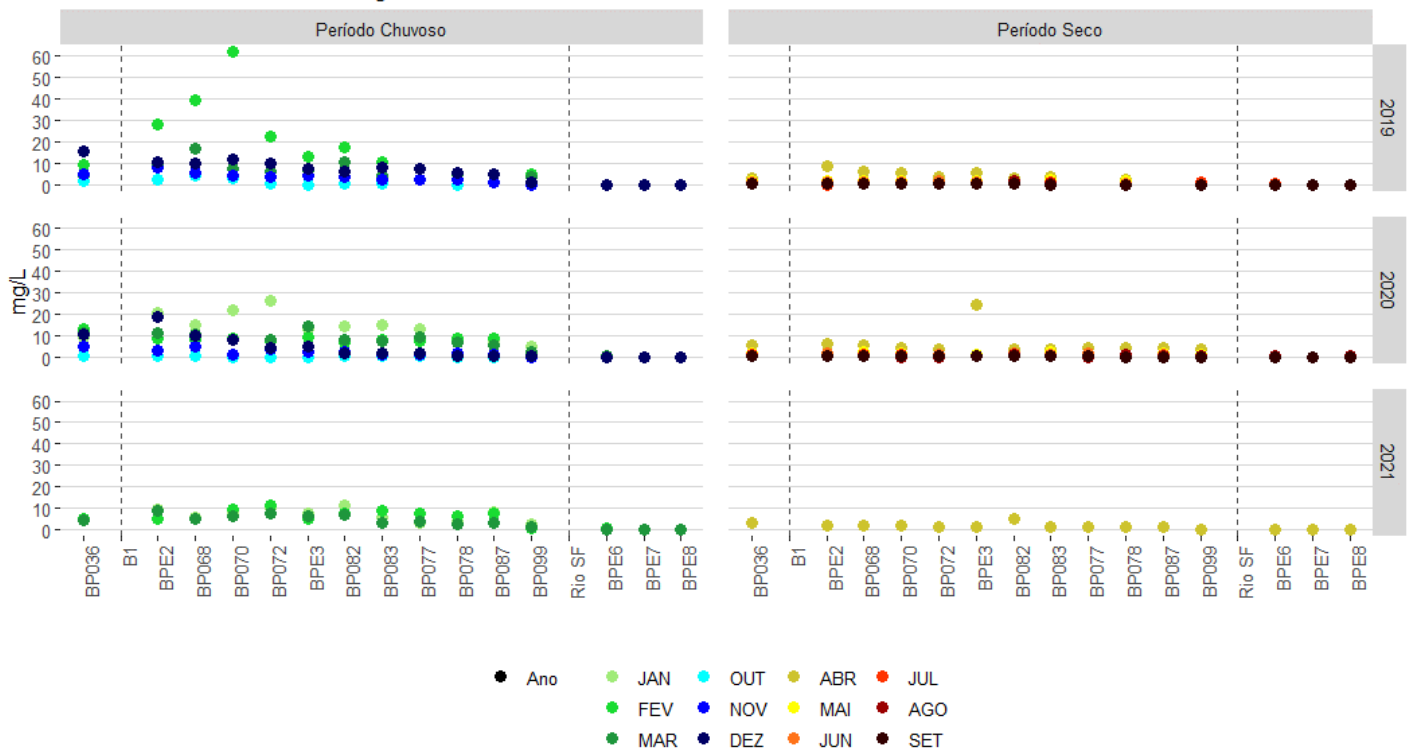
Observa-se que os resultados de ferro total acompanham o mesmo comportamento da turbidez e do manganês total, apresentando uma elevação bastante evidente, a partir da confluência com o ribeirão Ferro Carvão nos meses seguintes ao rompimento da barragem, apresentando redução bastante significativa no período seco de 2019 (meses de abril a setembro), e novamente uma elevação no período chuvoso de 2020. Isso demonstra que a elevação das concentrações de ferro total ocorre especialmente no período chuvoso, ocasionado pelo revolimento e arraste dos rejeitos depositados no leito do rio Paraopeba. Apesar da elevação observada especialmente no período chuvoso de 2020, nos três últimos períodos sazonais avaliados (Período Seco de 2020 e Períodos Chuvoso e Seco de 2021) registra-se que os valores obtidos ao longo do rio Paraopeba se aproximam dos valores obtidos no trecho a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, que não recebeu o impacto dos rejeitos.

Na represa de Três Marias o maior nível registrado de ferro total foi de 0,84 mg/L, no ponto BPE6, em janeiro e fevereiro de 2021, estando os valores sempre inferiores aos obtidos na estação de amostragem localizada a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão.

**Figura 16** – Dispersão dos valores máximos mensais de ferro total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Ferro Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



### Alumínio dissolvido

Na **Figura 17** são apresentados os valores de alumínio dissolvido, e pode-se observar que os mesmos não demonstram uma relação da influência direta dos impactos causados pelo rompimento das barragens da Vale S.A. Observa-se que ao longo de toda a calha do rio Paraopeba, desde a montante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão (BP036) até a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) os resultados foram superiores ao limite de classe 2 (0,1 mg/L) em praticamente todo o ano de 2019 (períodos chuvoso e seco) e no período chuvoso de 2020.

O parâmetro alumínio dissolvido apresentou-se de forma inconsistente com o comportamento geral de manganês, ferro total e turbidez, ao revés, com valores próximos da normalidade histórica justamente nos primeiros 40 km a jusante da barragem, aumentando muito além dessa normalidade em todos os outros pontos ao longo da calha do rio Paraopeba, inclusive no trecho de montante (BP036).

Contudo, assim como observado para o ferro dissolvido, os registros acima do máximo da série histórica foram observados tanto nos períodos de chuva, quanto no início da estação seca (mês de abril de 2019 e 2020). Porém, os registros já se aproximam do padrão da série histórica durante os últimos meses avaliados – janeiro a abril de 2021.

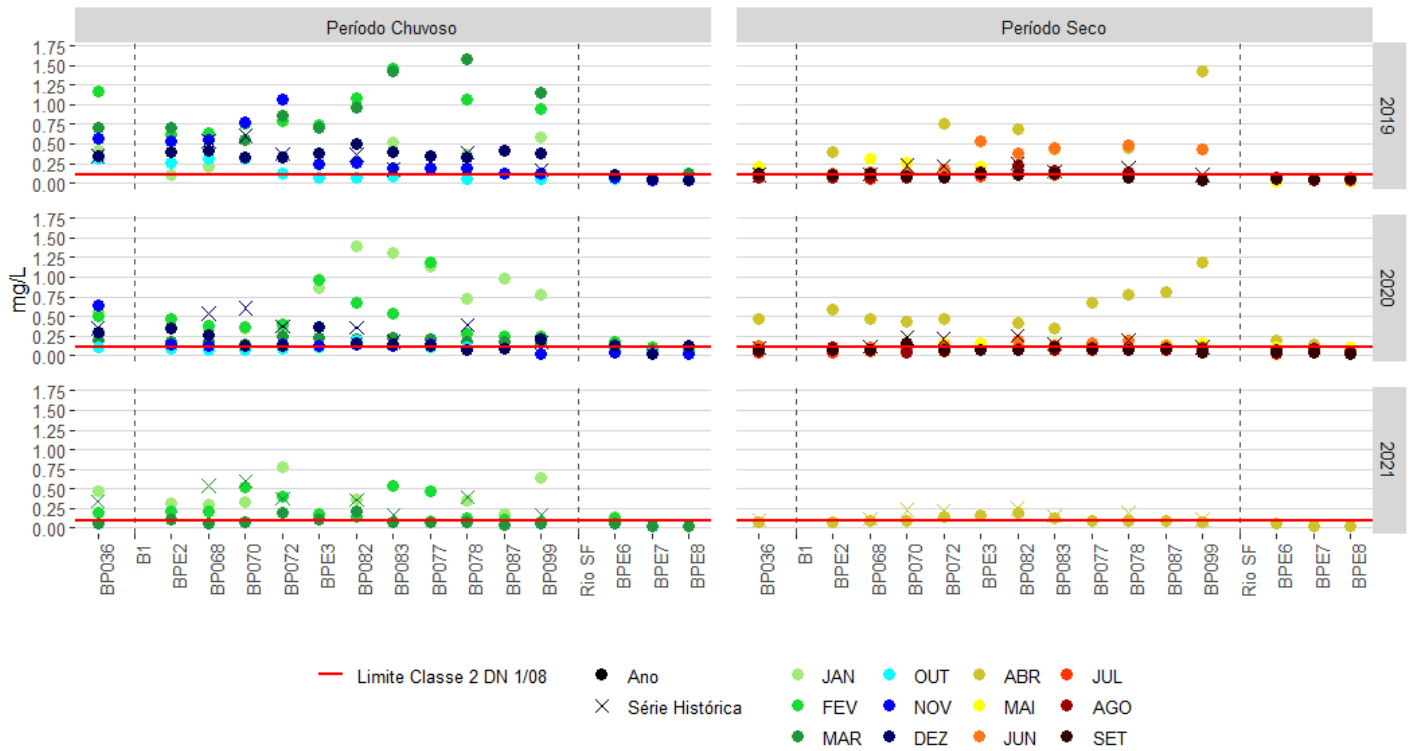
No reservatório de Três Marias, o alumínio dissolvido não extrapolou o limite permitido na maior parte do período seco monitorado, com exceção de abril de 2020, nos pontos BPE6 e BPE7 (0,20 e 0,14 mg/L). No entanto, no período chuvoso, este parâmetro se mostrou acima do valor normativo em alguns pontos como segue: BPE6 em janeiro, fevereiro, março e dezembro de 2020 (0,16; 0,18; 0,15 e 0,12 mg/L), janeiro e fevereiro de 2021 (0,15 e 0,12 mg/L) e no BPE7 em fevereiro 2020 (0,11 mg/L). No ponto BPE8 em março e dezembro de 2020 (0,11 e 0,12 mg/L).

De acordo com Trindade, Horn e Ribeiro (2012), a Formação geológica de Três Marias é composta predominantemente por siltitos e arenitos arcoseanos, ricos em alumínio. Portanto, as concentrações altas observadas principalmente durante os períodos chuvosos se devem, provavelmente, à lixiviação dos feldspatos presentes no solo ou na rocha da região, além do fator ressuspensão do sedimento característico desta época do ano.

**Figura 17** – Dispersão dos valores máximos mensais de alumínio dissolvido no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

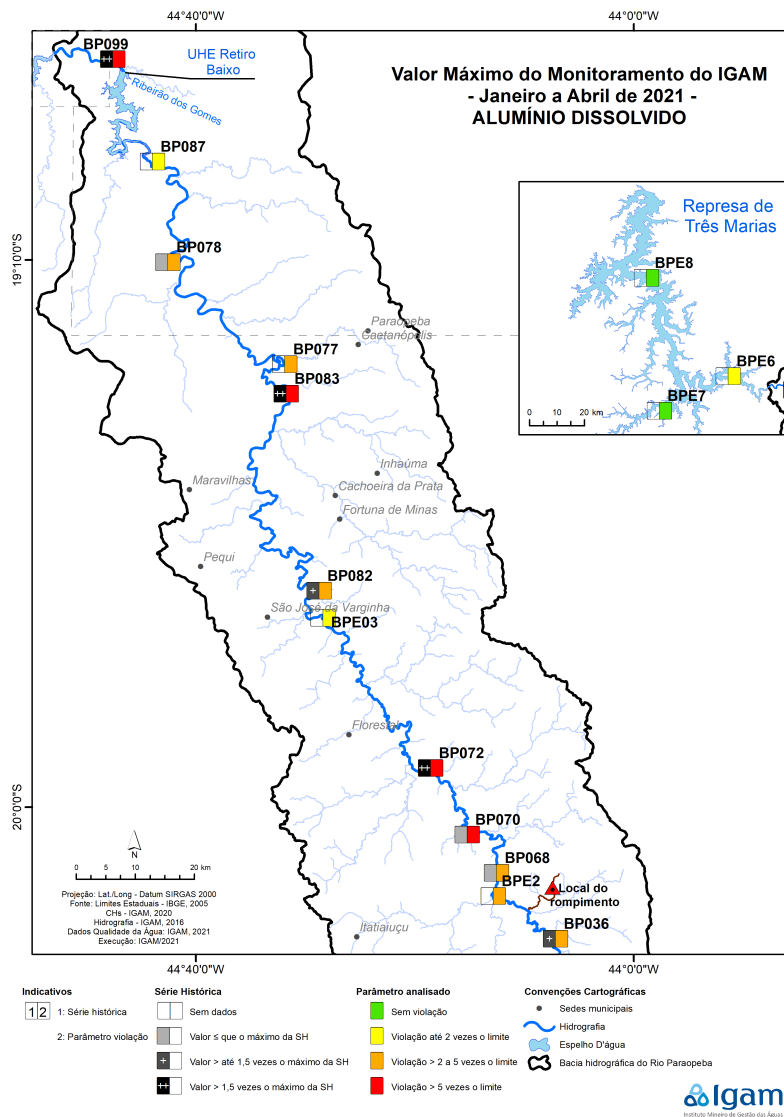
## Presença de Alumínio Dissolvido em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



Na **Figura 18** é apresentada a distribuição dos valores máximos de alumínio dissolvido registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021). Na análise espacial do parâmetro alumínio dissolvido, observou-se que as concentrações se apresentaram de forma inconsistente com o comportamento geral para os demais parâmetros já discutidos, ocorrendo oscilações ao logo da calha do rio Paraopeba tanto em comparação ao limite legal para classe 2 (0,1 mg/L) quanto para a série histórica do Igam.

**Figura 18** – Distribuição dos valores máximos de alumínio dissolvido registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021.



### Chumbo total

As concentrações de chumbo total (**Figura 19**), na calha do rio Paraopeba, a jusante da confluência com o ribeirão Ferro Carvão, se apresentaram acima dos máximos históricos logo após o desastre. Apesar de não fazer parte da composição do rejeito, a presença de chumbo na água está associada ao arraste de materiais que se misturaram à lama durante a passagem da frente de rejeito e propiciaram o aumento das concentrações de alguns contaminantes no período pós-desastre.

Análogo aos resultados de turbidez, ferro total e manganês total, o chumbo total também apresentou elevação expressiva nas estações de amostragem localizadas logo após a confluência com o ribeirão Ferro Carvão, nos meses seguintes ao rompimento das barragens BI, BIV e BIV-A, seguida de uma redução na estiagem de 2019, e novamente uma elevação dos valores com a chegada do período chuvoso de 2020.

Observa-se que nos últimos meses avaliados (janeiro a abril de 2021), os valores de chumbo ainda permanecem acima do limite de Classe 2 (0,01 mg/L Pb), especialmente no mês de fevereiro de 2021. Contudo, apesar de registros acima do máximo da série histórica, observa-se na **Figura 19** que os registros de chumbo estiveram próximos do esperado para a série histórica do monitoramento realizado pelo Igam.

Na estação de amostragem localizada a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) não foi observada extrapolação do limite de Classe 2 para o chumbo total durante o monitoramento especial após o desastre.

No reservatório de Três Marias, com exceção do mês de fevereiro de 2020 (0,011 mg/L – BPE8), o chumbo total se apresentou constante e abaixo do limite de quantificação o método analítico (0,0005 mg/L) e abaixo do limite de Classe 2 (0,01 mg/L). O único registro da presença de chumbo total no BPE8 sugere relação com fatores externos ao rompimento das Barragens BI, BIV e BIV-A, podendo ter origem, inclusive, de outras fontes presentes na bacia drenam para o reservatório.

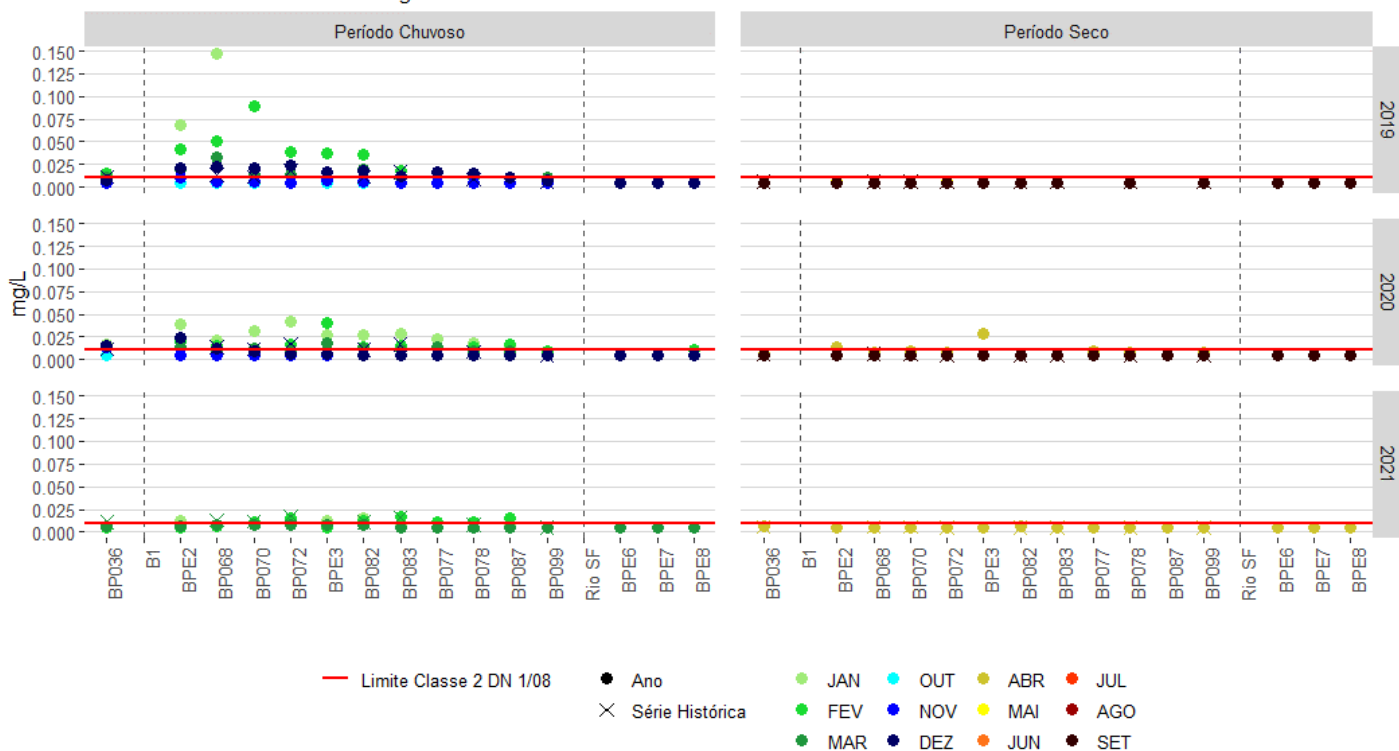
No intuito de melhorar a visualização do gráfico, os valores de chumbo total acima de 0,05 mg/L (limite superior do gráfico, no eixo Y) foram detalhados na **Tabela 3**. Observa-se que foram registrados 3 valores nessa condição, todos nos meses seguintes ao rompimento (janeiro e fevereiro de 2019), nas estações de amostragem localizadas mais próximas ao rompimento (BPE2, BP068 e BP070).

**Figura 19** – Dispersão dos valores máximos mensais de chumbo total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.



## Presença de Chumbo Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



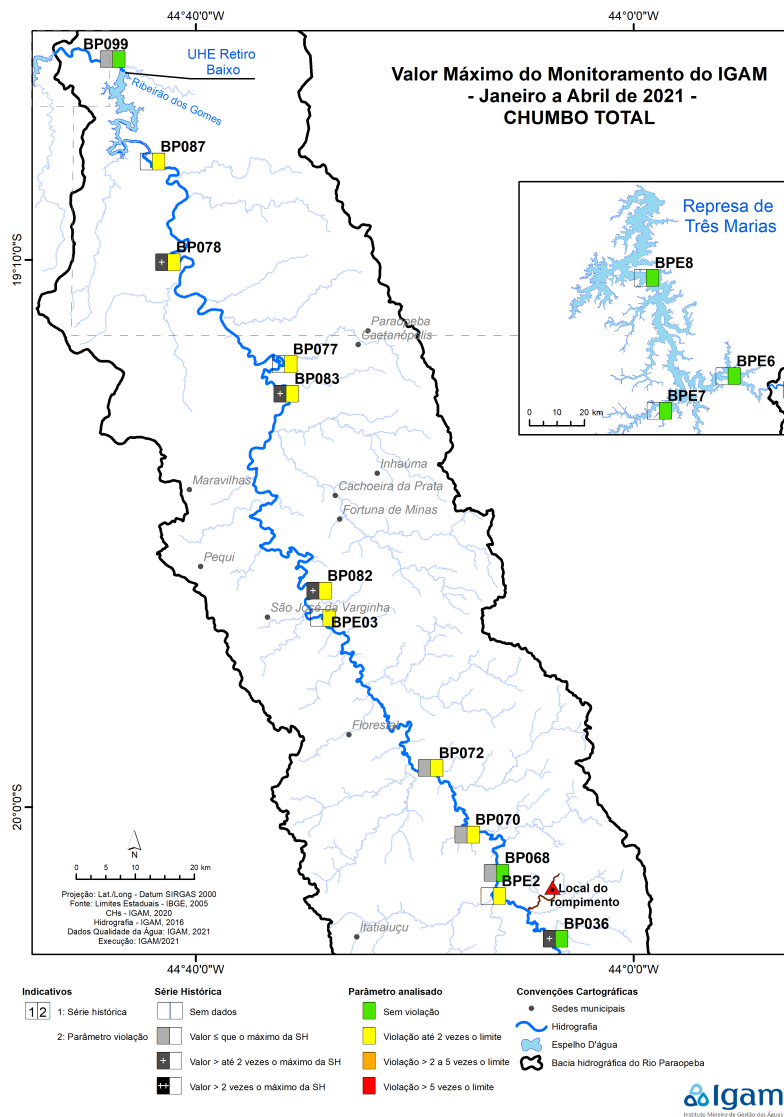
**Tabela 3** – Resultados de chumbo total que ultrapassaram o limite da escala do gráfico - registros superiores a 0,05 mg/L Pb.

Chumbo Total - µg/g				
ESTACAO	MÊS	ANO	PERIODO	MAX
BP070	Fevereiro	2019	Período Chuvoso	0,09
BP068	Janeiro	2019	Período Chuvoso	0,15
BPE2	Janeiro	2019	Período Chuvoso	0,07

Na **Figura 20** é apresentada a distribuição dos valores máximos de chumbo total registrados nos últimos meses avaliados no monitoramento especial do rio Paraopeba (janeiro a abril de 2021). As concentrações de chumbo total violaram em até 2 vezes o limite legal (0,01 mg/L Pb), sendo que nos pontos de monitoramento BP036 (montante do rompimento), BP068 (município de São Joaquim de Bicas), BP099 (jusante da UHE Retiro Baixo) e os pontos localizados na represa de Três Marias (BPE6, BPE7 e BPE8) as concentrações ficaram abaixo do limite legal (**Figura 20**).

Na comparação com a série histórica verificou-se que concentrações máximas para os últimos meses em análise (janeiro a abril de 2021) superaram, em até 2 vezes, os valores máximos da série, nos pontos de monitoramento localizados nos municípios de Esmeraldas (BP082), Paraopeba (BP083) e Pompéu (BP078). Os dados apresentados nas tabelas do **Apêndice A**, indicam que as extrapolações de chumbo são mais recorrentes durante os períodos de chuva. Além disto, as extrapolações observadas nos últimos meses foram próximas dos máximos encontrados na série histórica do monitoramento do Igam. A título de exemplo, destaca-se que o maior valor registrado entre janeiro e abril de 2021 foi de 0,024 mg/L Pb na estação BPE2, e o valor da série histórica do ponto mais próximo (BP068) foi de 0,013 mg/L Pb.

**Figura 20** – Distribuição dos valores máximos de chumbo total registrados no monitoramento especial do rio Paraopeba nos meses de janeiro a abril de 2021.



### Mercúrio total

O mercúrio total, apresentado na **Figura 21**, que não tinha sido detectado historicamente na bacia do Rio Paraopeba, passou a ser identificado em valores acima do permitido pela legislação, logo após o rompimento das barragens. Assim como ocorre com o chumbo total, a disponibilização do mercúrio para o corpo d'água não têm relação direta com o rejeito das barragens, uma vez que não faz parte da composição do rejeito. Contudo, a presença do mercúrio na água está associada ao arraste de materiais que se misturaram à lama durante a passagem da frente de rejeito e que propiciaram a ressuspensão de sedimentos depositados na calha do rio e elevando as concentrações desse contaminante no período pós-desastre.

Apesar do estudo geoquímico da CPRM [2] indicar que a bacia do rio Paraopeba já mostrava, antes do rompimento da barragem, a existência de valores anômalos de mercúrio, principalmente nas cabeceiras, registra-se que todos os valores da série histórica de monitoramento do Igam estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,2 µg/L).

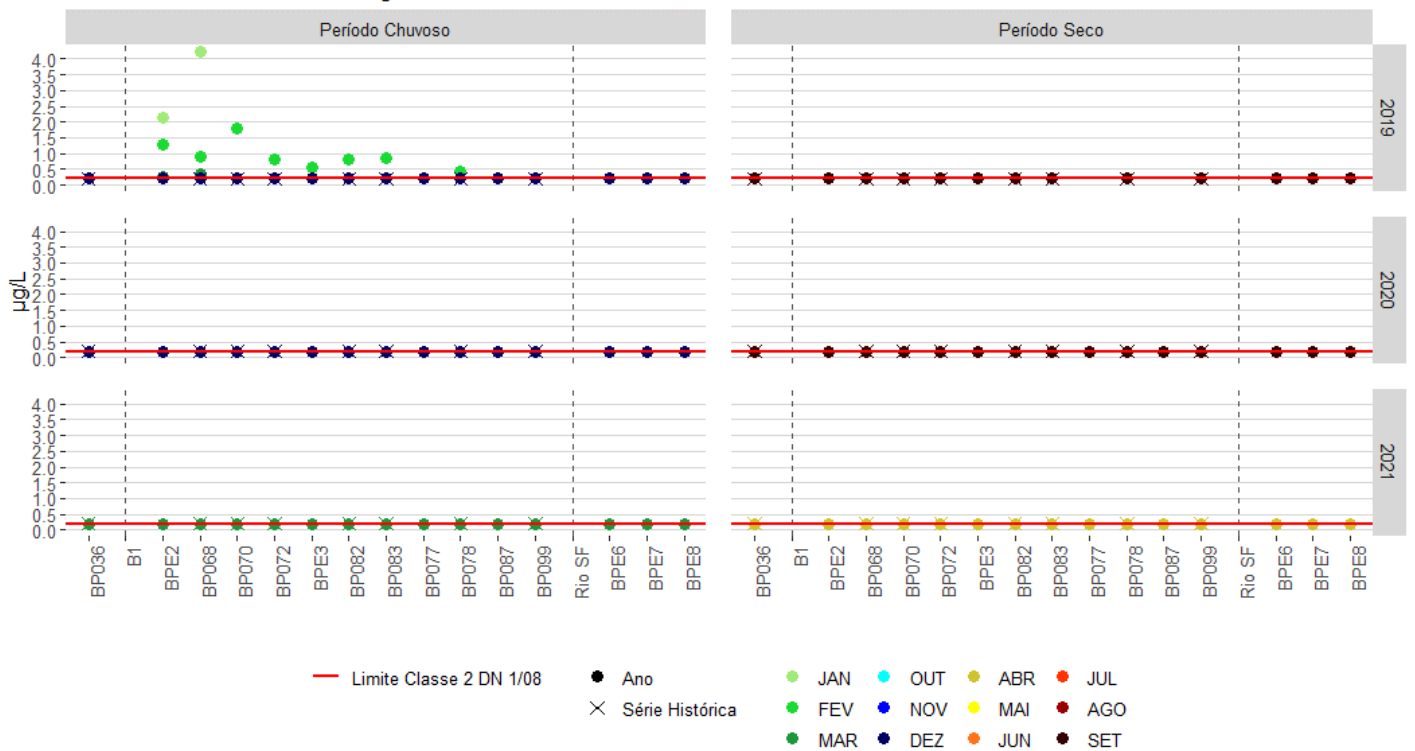
Observa-se que as extrapolações do limite de classe para o parâmetro mercúrio total foram identificadas somente nos três primeiros meses logo após o rompimento das barragens da Vale S.A. A partir de abril de 2019 todos os registros de mercúrio estiveram inferiores ao limite de quantificação do método analítico.

Nas estações de amostragem localizadas a jusante do reservatório de Retiro Baixo (BP099) e no corpo do reservatório de Três Marias o mercúrio total não foi quantificado em nenhuma das amostras coletadas em todo o monitoramento realizado após o desastre, ou seja, todos os valores foram inferiores ao limite de quantificação do método analítico. Os máximos mensais de mercúrio total do monitoramento especial do rio Paraopeba podem ser visualizados no **Apêndice A**.

**Figura 21** – Dispersão dos valores máximos mensais de mercúrio total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Mercúrio Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



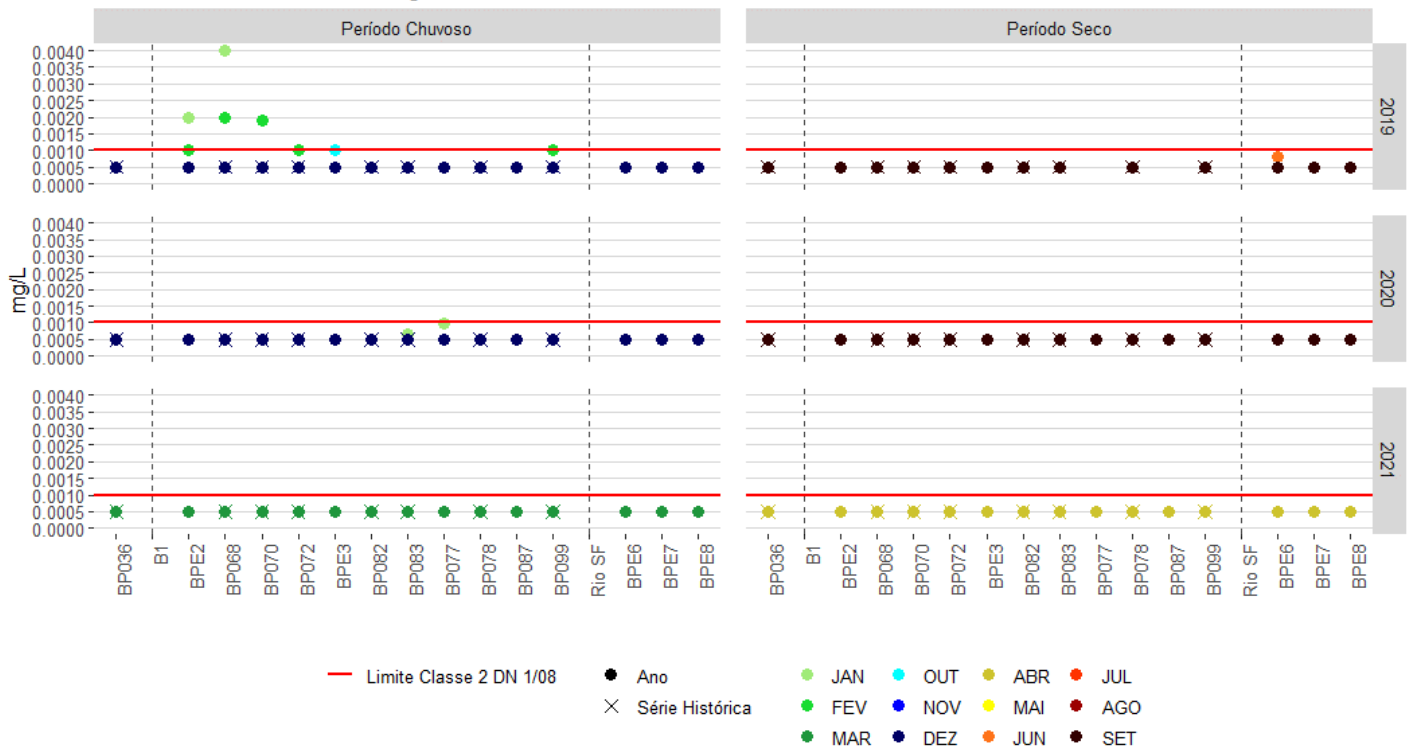
### Cádmio total

Na **Figura 22** são apresentados os valores para cádmio total. Assim como para o mercúrio, o cádmio nunca havia sido quantificado nas águas do rio Paraopeba no trecho avaliado no presente estudo, ou seja, todos os valores da série histórica de monitoramento do Igam estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico (0,5 µg/L). Contudo, nos meses de janeiro e fevereiro de 2019, logo após o rompimento das barragens B1, BIV e BIV-A, observaram-se extrapolações do limite de classe, especialmente no trecho localizado nos primeiros 40 km, a jusante das barragens. A partir de fevereiro de 2020 todos os registros de cádmio estiveram inferiores ao limite de Classe 2 (1 µg/L Cd). Os máximos mensais de cádmio total do monitoramento especial do rio Paraopeba podem ser visualizados no **Apêndice A**.

**Figura 22** – Dispersão dos valores máximos mensais de cádmio total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Cádmio Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



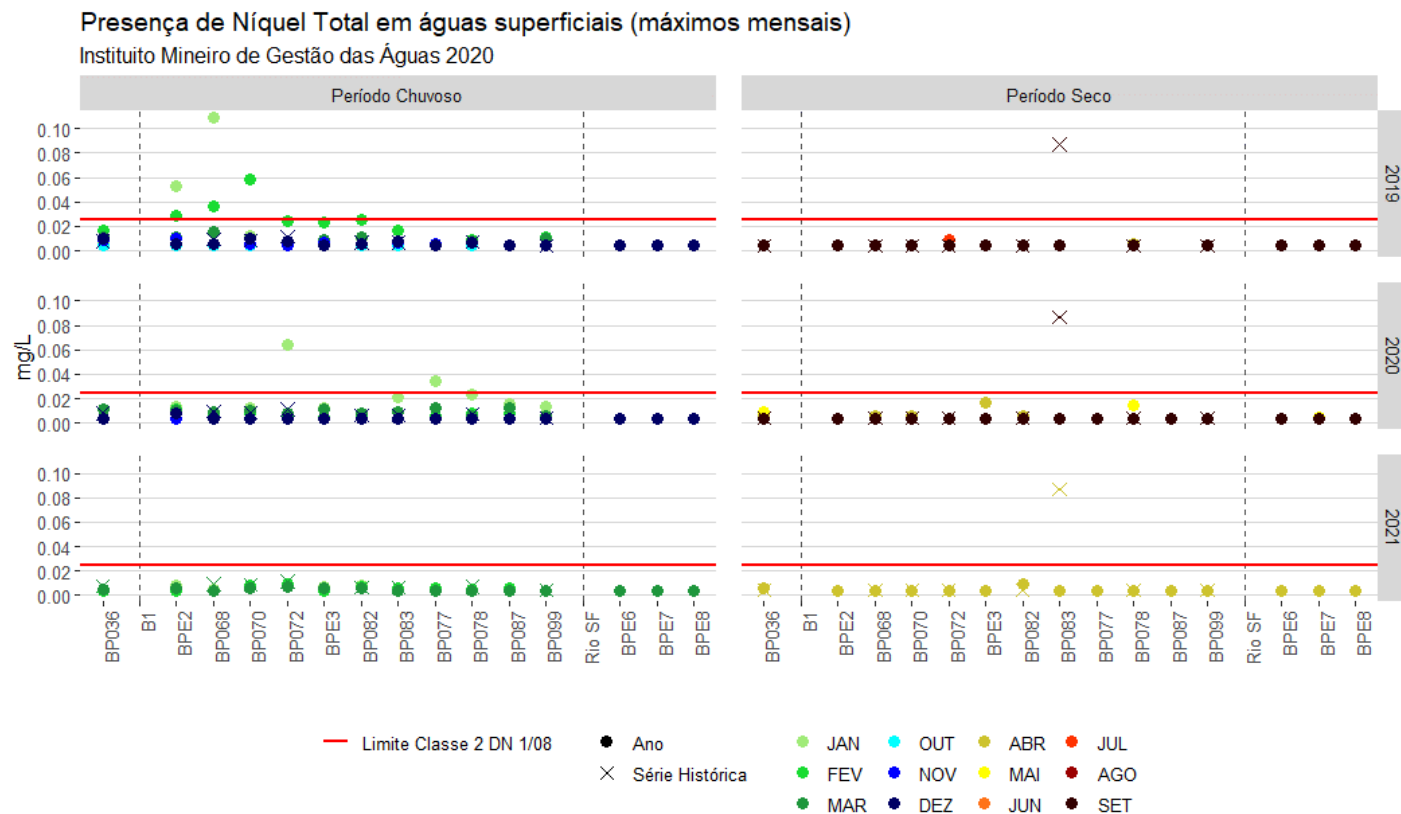
### Níquel total

Os valores de níquel total, apresentados na **Figura 23**, seguiram o mesmo comportamento observado para os metais mercúrio e cádmio, registrando violações ao limite de classe 2 (0,025 mg/L) no primeiro trimestre de 2019, no trecho localizado mais próximo ao rompimento das barragens, entre Brumadinho a São Joaquim de Bicas (primeiros 40 km), e atingiram valores superiores aos máximos registrados para a série histórica. Nas estações localizadas a jusante da termelétrica de Igarapé até o município de Paraopeba (BP072, BPE3, BP082 e BP083) observou-se elevação dos teores de níquel acima dos valores

da série histórica do monitoramento do Igam, contudo inferiores ao limite de Classe 2. Na estação de amostragem localizada a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099) as concentrações de níquel estiveram em conformidade com o limite de classe e dentro do esperado para a série histórica de monitoramento do Igam durante todo o período avaliado. No corpo do reservatório de Três Marias os registros estiveram abaixo do limite de quantificação do método analítico.

Em 2020, o níquel total, que não era mais detectado desde o mês de fevereiro de 2019, na medição realizada em janeiro, registrou valores acima do limite legal nas estações localizadas em Betim (BP072) e Paraopeba (BP077). Ressalta-se que o intenso período chuvoso no primeiro trimestre de 2020 possa ter contribuído para o aumento das concentrações de níquel. Para os demais trechos não foram registrados resultados de níquel total acima do limite legal em toda a calha do rio Paraopeba em 2020 e nos quatro primeiros meses de 2021. Os máximos mensais de níquel total do monitoramento especial do rio Paraopeba podem ser visualizados no **Apêndice A**.

**Figura 23** – Dispersão dos valores máximos mensais de níquel total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.



**Cobre dissolvido**

Em relação aos valores de cobre dissolvido apresentados na **Figura 24**, observa-se que o trecho entre Brumadinho a São Joaquim de Bicas, considerado como o mais impactado, não sofreu variações expressivas que pudessem estar relacionadas diretamente com o rejeito proveniente do rompimento das barragens Bi, BIV e BIV-A, visto que o cobre não faz parte da composição do rejeito.

No período chuvoso de 2019, logo após o rompimento das barragens da Vale S.A, as violações de cobre dissolvido ao limite de Classe 2 (0,009 mg/L) ocorreram apenas nas estações de amostragem localizadas em Esmeraldas (BPE3) e em Felixlândia (BP099), sendo que a maior concentração foi verificada nessa última estação de amostragem, onde, até o momento, os resultados não indicam alterações provocadas pelos rejeitos provenientes das barragens Bi, BIV e BIV-A.

No período seco de 2019, foram registradas violações do limite de classe para esse parâmetro nas estações de amostragem localizadas a montante da confluência com o ribeirão Ferro-Carvão e em Felixlândia (vide **Tabela 4**), trechos que não foram impactados pelos rejeitos provenientes das barragens.

Em 2020, as violações de cobre dissolvido ocorreram no mês de abril (período seco – 2020) nas estações de amostragem localizadas em Brumadinho (BPE2) e Esmeraldas (BP082). Todos os demais registros de cobre dissolvido estiveram abaixo do limite de quantificação do método de análise (0,004 mg/L) no ano de 2020.

No ano de 2021 foram registradas 4 violações do limite de classe 2 nas águas do rio Paraopeba, todas no mês de fevereiro, nas estações localizadas em Brumadinho (BPE2), São Joaquim de Bicas (BP068), Paraopeba (BP077) e Pompéu (BP078). Os demais registros de cobre dissolvido em 2021 estiveram em conformidade com o limite para rios de classe 2.

Em todos os pontos monitorados da represa de Três Marias, este parâmetro se apresentou constante e abaixo (0,004 mg/L) do limite de quantificação do método analítico.

No intuito de melhorar a visualização do gráfico, os valores de cobre acima de 0,04 mg/L (limite superior do gráfico) foram detalhados na **Tabela 4**. Observa-se que foram registrados 2 valores nessas condições, ambos no período seco de 2019, conforme detalhado anteriormente. Os máximos mensais de cobre dissolvido do monitoramento especial do rio Paraopeba podem ser visualizados no **Apêndice A**.

**Figura 24** – Dispersão dos valores máximos mensais de cobre dissolvido no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Cobre Dissolvido em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020

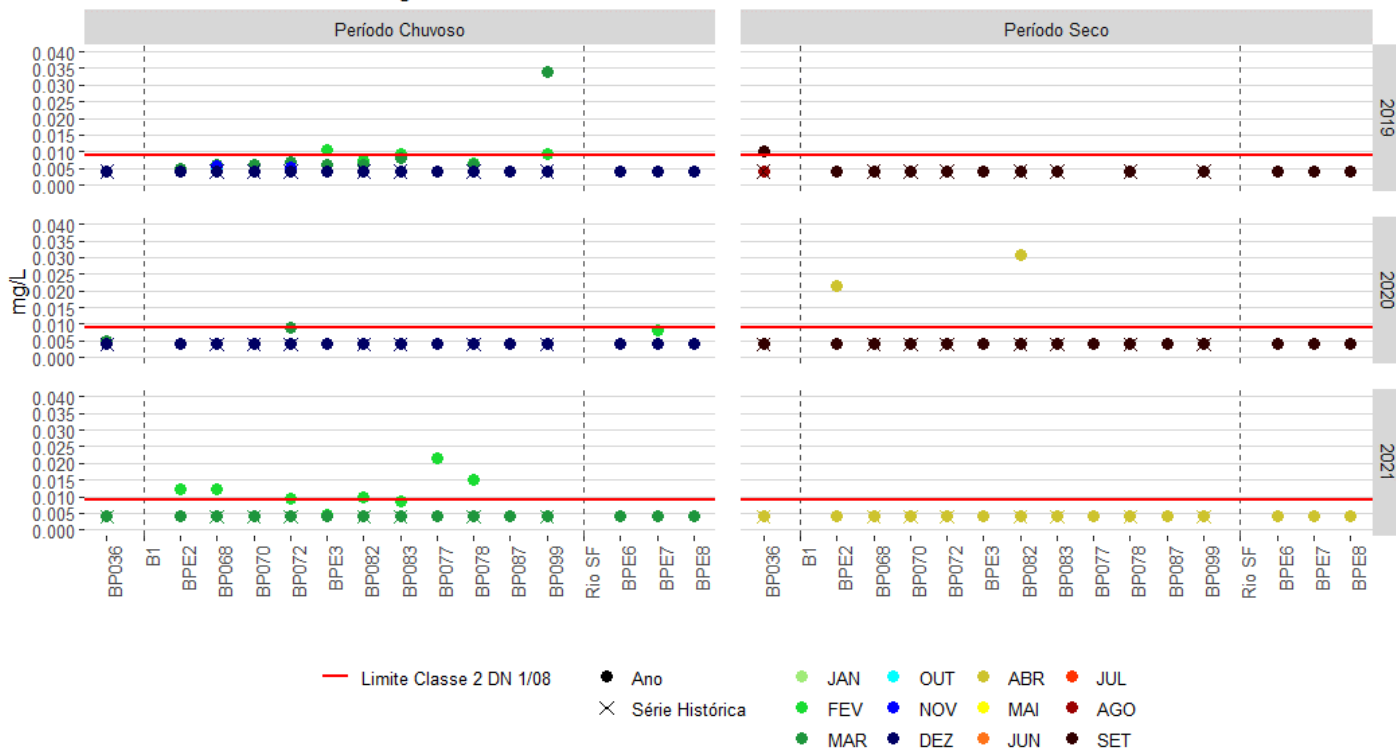


Tabela 4 – Resultados de cobre dissolvido que ultrapassaram o limite da escala do gráfico, registros superiores a 0,04 mg/L Cu.

Cobre Dissolvido - µg/g				
ESTACAO	MÊS	ANO	PERIODO	MAX
BP036	Junho	2019	Período Seco	0,06
BP099	Abril	2019	Período Seco	0,11

### Zinco total

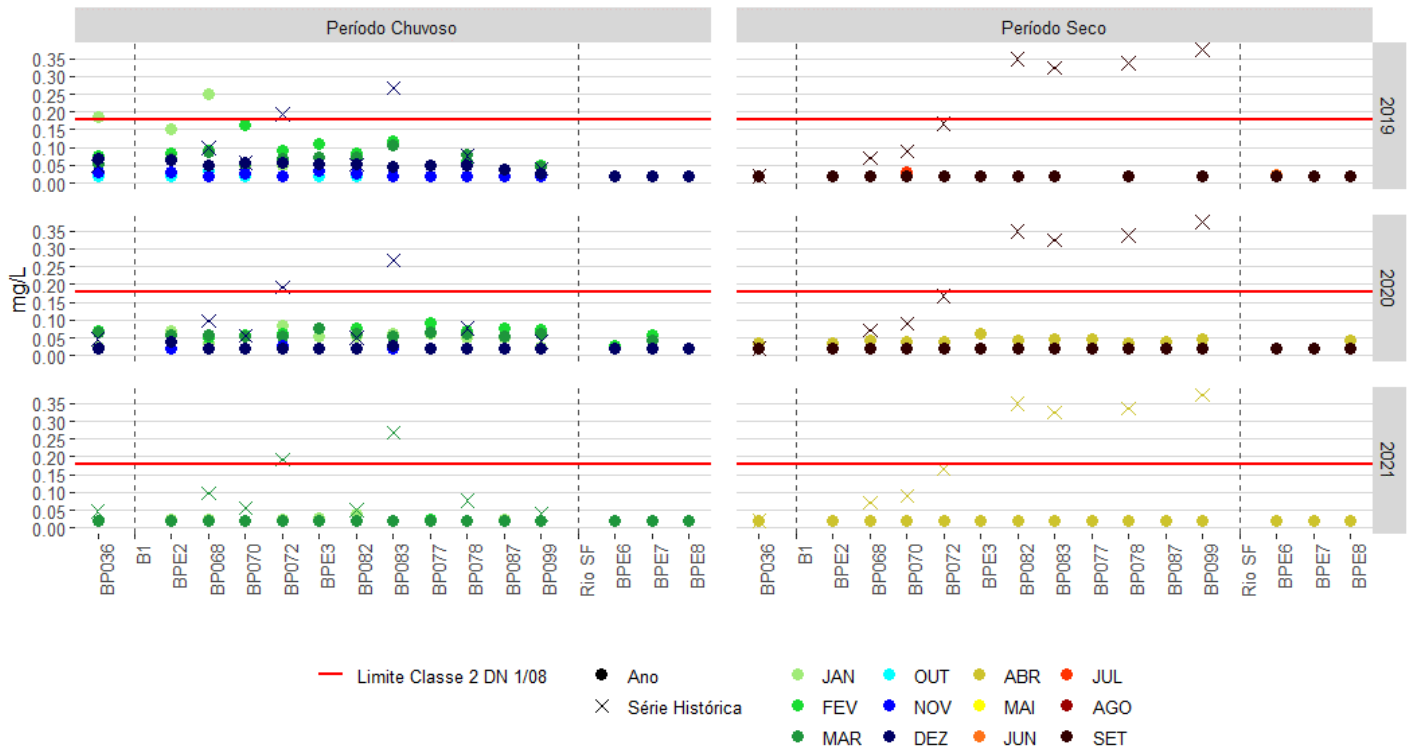
No que se refere ao zinco (Figura 25), assim como para o cobre, também não foi possível identificar um padrão no comportamento dos resultados que pudesse indicar relação com o rompimento das barragens da Vale S.A. Durante todo o período avaliado foi registrado apenas um único valor acima do limite de Classe 2 (0,18 mg/L Zn) e acima do máximo da série histórica do monitoramento do Igam, verificado na estação de amostragem localizada em São Joaquim de Bicas (BP068) em janeiro de 2019. Para os demais trechos da calha do rio Paraopeba não foram identificados valores de zinco total em desconformidade com o limite legal. Durante os períodos chuvosos de 2019 e 2020, observa-se que os valores de zinco total apresentaram uma elevação dos valores registrados, porém todos os resultados indicam proximidade ou estão abaixo dos valores máximos da série histórica (2014-2018).

Como no caso do cobre, na represa de Três Marias, o zinco também se apresentou abaixo do limite de Classe 2 com pequenas variações de 0,02 a 0,04 mg/L. Os máximos mensais de zinco total do monitoramento especial do rio Paraopeba podem ser visualizados no Apêndice A.

Figura 25 – Dispersão dos valores máximos mensais de zinco total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Zinco Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



### Arsênio total

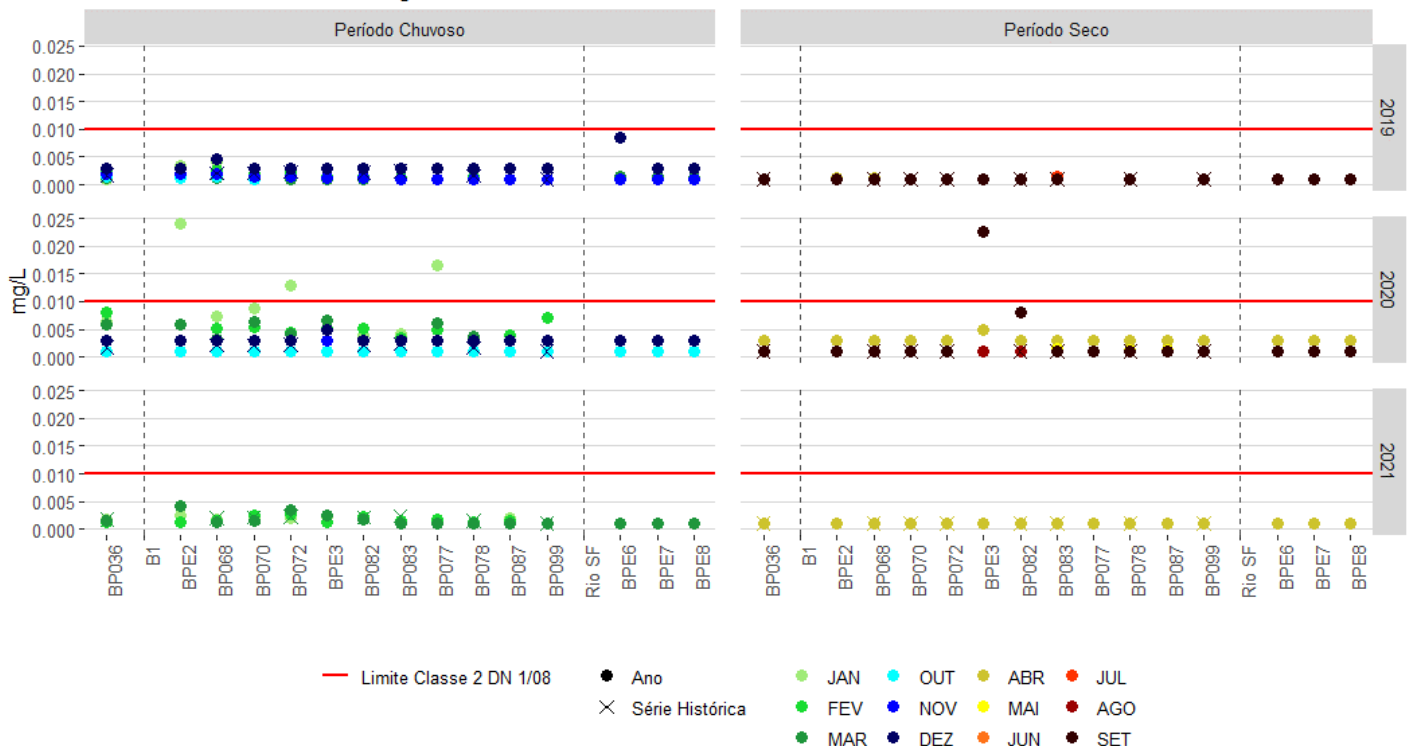
Ao avaliar os resultados de arsênio no rio Paraopeba, por meio da **Figura 26**, observa-se que assim como para os metais cobre e zinco, não foi possível identificar relação direta com o rejeito proveniente das barragens B1, BIV e BIV-A. Ao longo do monitoramento especial do rio Paraopeba após o rompimento das barragens foram registradas 4 violações do limite de classe (0,01 mg/L As), sendo 3 registros no mês de janeiro de 2020 (BPE2, BP072 e BP077) e 1 em setembro de 2020 (BPE3). Todos os demais registros estiveram em conformidade com o limite de classe 2, assim como para todo o período monitorado na represa de Três Marias.

Nas medições realizadas entre janeiro e abril de 2021, os valores de arsênio estiveram dentro do esperado para a série histórica de monitoramento do Igam e abaixo do limite de Classe 2. Os máximos mensais de arsênio total do monitoramento especial do rio Paraopeba podem ser visualizados no **Apêndice A**.

**Figura 26** – Dispersão dos valores máximos mensais de arsênio total no período de janeiro de 2019 a abril de 2021, nas estações de monitoramento da calha do rio Paraopeba.

## Presença de Arsênio Total em águas superficiais (máximos mensais)

Instituto Mineiro de Gestão das Águas 2020



Para os demais metais avaliados no monitoramento do Igam: bário total, boro total, cromo total, selênio total, vanádio total, além dos parâmetros cianeto livre, fenóis totais, nitrato, nitrito e nitrogênio amoniacal não foram registradas violações do limite de classe, segundo a Deliberação Normativa Conjunta Copam/CERH nº 1 de 2008, de Minas Gerais.

## 6. RESTRIÇÃO DE USOS NA BACIA DO RIO PARAPEBA

A primeira recomendação de suspensão do uso da água do Rio Paraopeba ocorreu em 31/01/2019, conforme a Nota Técnica Conjunta Igam/SES nº01 das Secretarias de Estado de Saúde (SES), de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (Semad) e de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Seapa) que recomendaram a população que não fizesse uso da água bruta do rio Paraopeba, para qualquer finalidade: humana, animal e atividades agrícolas e determinou ainda que a empresa responsável pela barragem suprisse a população com água em condições seguras para os mais diversos usos. O Governo do Estado de Minas Gerais determinou os detentores dos direitos de captação afetados a solicitação junto ao Igam de autorização prévia para intervenção emergencial, em corpo hídrico, de nova captação, em alternativa à intervenção regularizada impactada. Neste primeiro momento esta orientação era válida desde a confluência do Rio Paraopeba com o Córrego Ferro-Carvão até Pará de Minas.

A segunda Nota Técnica Conjunta da SES, Semad e Seapa, de 22 de fevereiro de 2019, decidem, como medida de prevenção ampliar a abrangência da recomendação, para que a água bruta não seja usada pela população desde a confluência do Rio Paraopeba com o Córrego Ferro-Carvão até o município de Pompéu, cujas restrições se estendem até os dias atuais.

Dessa forma, com o comprometimento da captação de água no rio Paraopeba no trecho sujeito à restrição de uso de água, o Igam, mediante solicitação dos usuários impactados, realizou a emissão de outorgas emergenciais para captação visando garantir o abastecimento público, consumo humano, dessedentação animal e minimização do impacto ambiental. Atualmente tem-se 90 autorizações emergenciais referente a diversos modos de uso, sendo 73% delas se referem à água subterrânea, nas quais houve uma predominância do modo de uso captação em poço tubular, com 65 autorizações (**Tabela 5**). Os municípios que demandaram um maior número de autorizações emergenciais foram Brumadinho (19 autorizações), seguido de Paraopeba (16 autorizações), conforme **Tabela 6**.

**Tabela 5:** Autorizações Emergenciais – Modos de Uso

<i>Modo de Uso</i>	<i>Quantidade de Autorizações</i>
Barramento sem captação	6
Captação em barramento – sem regularização de vazão	1
Captação em corpos de água (rios, lagoas naturais, etc.)	9
Captação em poço tubular já existente (poço artesiano)	65
Captação de água subterrânea para fins de rebaixamento de nível de água em mineração	1
Canalização e/ou retificação de curso de água	4
Dragagem de curso para retirada de materiais diversos dos corpos hídricos, exceto para fins de extração mineral	0
Perfuração de poço tubular (poço artesiano)	4
<b>Total</b>	<b>90</b>

**Tabela 6:** Autorizações emergenciais por município.

<b>Município</b>	<b>Quantidade de Autorizações</b>
Barão de Cocais	2
Betim	3
Brumadinho	19
Caetanópolis	4
Contagem	2
Conceição do Pará	0
Curvelo	1
Esmeraldas	3
Fortuna de Minas	4
Juatuba	1
Maravilhas	3
Mário Campos	6
Papagaios	6
Pará de Minas	7
Paraopeba	15
Pequi	2
Pompéu	5
São Gonçalo do Pará	1
São Joaquim de Bicas	3
São José da Varginha	3
<b>Total</b>	<b>90</b>

No que se refere às finalidades de uso (**Tabela 7**), destacam-se abastecimento público/consumo humano (22 autorizações), seguida de dessedentação animal /irrigação (20 autorizações) e recuperação ambiental/outros (19 autorizações).

**Tabela7:** Autorizações Emergenciais – Finalidade de uso.

<i>Finalidade</i>	<i>Quantidade de Autorizações</i>
Abastecimento público / Consumo humano	22
Dessedentação animal	10
Irrigação	09
Dessedentação Animal e consumo humano	2
Dessedentação animal e Irrigação	20
Dessedentação Animal, irrigação e consumo humano	04
Consumo humano e irrigação	01
Recuperação ambiental/outros	19
Indeferidos	01
Não encontrado	02
<b>Total</b>	<b>90</b>

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O rompimento das barragens B1, BIV e BIV-A operadas pela Vale S.A., no dia 25/01/19, causou impactos na qualidade hídrica do rio Paraopeba em diferentes graus de intensidade. Nos 60 dias subsequentes ao rompimento (final de janeiro a abril de 2019) aconteceram os maiores impactos sobre o rio Paraopeba, especialmente no trecho de aproximadamente 40 km de extensão (distância medida desde as barragens que romperam), localizado entre os municípios de Brumadinho e São Joaquim de Bicas. Os resultados do monitoramento mostraram que esse trecho ficou totalmente impactado, inviabilizando o uso da água para as mais diversas finalidades, pois encontrava-se com valores significativos de turbidez, ferro, manganês, alumínio e presença de metais pesados como chumbo e mercúrio.

Nas semanas subsequentes ao rompimento foi detectada oscilação na qualidade da água do rio Paraopeba devido às ocorrências de chuvas, que contribuíram com a remobilização do material depositado no leito do rio ou aporte de rejeito oriundo das barragens que romperam. Essa oscilação foi verificada nos arredores dos municípios de Betim, Esmeraldas, São José da Varginha, Papagaios, Paraopeba, Curvelo e Pompéu. Com base nesse acompanhamento, em 22/02/2019, a orientação para suspensão do uso da água bruta do rio Paraopeba foi ampliada para desde a confluência com o ribeirão Ferro-Carvão até o município de Pompéu, nos limites da UHE Retiro Baixo.

No período chuvoso 2019-2020 (principalmente nos meses de dezembro/2019 e janeiro/2020) foram observados períodos prolongados de anomalias positivas de precipitação, o que contribuiu com os acumulados expressivos de chuva na bacia do rio Paraopeba. Consequentemente, os resultados medidos pelo Igam mostraram um aumento expressivo das concentrações de turbidez, ferro, manganês e alumínio no rio Paraopeba, comparativamente ao período de estiagem de 2019. Além disso, o chumbo, que durante os meses de abril a novembro de 2019 esteve abaixo do limite de classe, a partir do mês de dezembro, passou a registrar violações do limite de classe em todos os pontos monitorados ao longo da calha do rio Paraopeba, desde o município de Brumadinho até na estação de monitoramento localizada a montante da UHE Retiro Baixo. O comportamento desses parâmetros já era esperado do período chuvoso, que em janeiro de 2020 apresentou valores elevados de precipitação, e do revolvimento do material que ainda se encontra depositado no leito do rio, sobretudo nas áreas próximas ao rompimento. Com relação aos demais metais, os valores de mercúrio, cádmio, níquel, cobre, zinco e arsênio estiveram em sua maioria abaixo do limite estabelecido para rios de Classe 2.

No que se refere aos últimos 13 meses avaliados (abril de 2020 a abril de 2021), que correspondem aos três últimos períodos sazonais (período seco/20, período chuvoso/21 e período seco-2021), observa-se que os valores de turbidez, manganês, ferro, alumínio e chumbo ainda permanecem acima dos limites de Classe 2. Contudo os registros desses parâmetros já se aproximam dos seus respectivos valores da série histórica do Igam, do período pré-rompimento ao longo de toda a calha do rio Paraopeba.

Ao avaliar os dados mais recentes do monitoramento (janeiro a abril de 2021) observa-se que, apesar da redução das concentrações, registros acima da série histórica foram notados para os seguintes parâmetros: alumínio, ferro, cobre e manganês. O alumínio e o ferro dissolvidos, foram observados desde o trecho a montante da confluência com o Ferro-Carvão (BP036) até a estação a jusante da UHE Retiro Baixo (BP099), no mês de janeiro de 2021. Dessa forma, esses registros não estão associados exclusivamente ao desastre do rompimento das barragens.

O cobre que apresentou registros esporádicos durante o monitoramento, também extrapolou os valores da série histórica no mês de fevereiro de 2021, em todo o trecho impactado pelo rompimento das barragens da Vale S.A, desde o município de Brumadinho até a montante do reservatório de Retiro Baixo. O manganês total apresentou forte relação com a presença dos rejeitos, com valores acima da série histórica no trecho mais afastado da foz do ribeirão Ferro-Carvão, nos municípios de Esmeraldas, Paraopeba e Pompéu (BP082, BP083 e BP078), no mês de fevereiro de 2021.

Assim, com base nos resultados ora apresentados percebe-se uma redução das concentrações dos parâmetros avaliados nos trechos analisados no rio Paraopeba em virtude do rompimento da barragem da Vale, em 2019. No que se refere aos últimos 4 meses avaliados (abril a janeiro de 2021) observa-se que os registros se aproximam das condições pretéritas ao rompimento, embora ainda haja registro de parâmetros que excedem o limite legal, como turbidez, manganês total, chumbo e ferro dissolvido. Algumas concentrações de substâncias como mercúrio, cádmio e zinco não são verificadas em desconformidade com os respectivos limites de classe desde o ano de 2019 (primeiro ano pós rompimento).

Observa-se também grande influência das chuvas na qualidade das águas do rio Paraopeba, especialmente para os parâmetros turbidez, manganês, ferro e chumbo, representando uma oscilação esperada para o comportamento da qualidade das águas desse corpo hídrico, especialmente em períodos de chuva, além da presença dos rejeitos ainda na calha do rio. Destaca-se que as oscilações verificadas foram inferiores a duas vezes ao valor já observado na série histórica do monitoramento do Igam, e que variações nessa proporção também foram registradas na estação de monitoramento que não recebeu o impacto dos rejeitos das barragens que se romperam.

Há que se ressaltar que a qualidade das águas do rio Paraopeba é fortemente alterada durante os períodos chuvosos, sobretudo na região próxima da foz do ribeirão Ferro-Carvão. O aumento das vazões e a velocidade do fluxo do rio, nesse período, tem como consequência o revolvimento do material que ainda se encontra depositado no leito do rio. A piora da qualidade da água do rio Paraopeba no trecho mais impactado (entre Brumadinho e Esmeraldas) também pode estar relacionada às atividades de dragagem realizadas pela Vale S.A no leito do rio, que ainda se encontram em andamento, como parte das medidas de reparação dos danos causados.

As atividades de dragagem no rio Paraopeba, em um primeiro momento, estão concentradas em um trecho de 2 km, desde aproximadamente 450 m a montante à 1,7 km a jusante da confluência do ribeirão Ferro-Carvão. Essas atividades envolvem o uso de escavadeiras e dragas para a sucção e recalque do material sedimentado. Posteriormente a mistura removida é encaminhada para o pátio de disposição e confinamento. No entanto, a operação das máquinas é responsável pelo revolvimento de sedimentos e pode impactar negativamente na qualidade da água superficial, disponibilizando para a coluna d'água parte do material que está sendo remobilizado. Nesse sentido, a melhora da qualidade das águas do rio Paraopeba deve ser continuamente avaliada por meio do monitoramento sistemático dos diversos parâmetros físico-químicos.

Destaca-se também, que a bacia do rio Paraopeba está inserida na região minerária conhecida como Quadrilátero Ferrífero, sendo natural a concentração de ferro e manganês e havendo a possibilidade de ser impactada por outros empreendimentos a ela adjacentes, como os localizados no alto curso da bacia. Dessa maneira, alguma alteração já era percebida nesse corpo de água antes do rompimento das barragens B1, BIV e BIV-A.



O rio Paraopeba é um dos principais afluentes do reservatório de Três Marias, que atualmente é amplamente utilizado para a agricultura, pastagem, silvicultura, pesca, piscicultura, navegação e turismo (PRADO; POMPEU, 2014). Por ser uma área de grande importância econômica, o rompimento das barragens B1, BIV e BIV-A trouxe bastante preocupação pela possibilidade de poder afetar direta ou indiretamente o reservatório e interferir nos usos múltiplos da água neste local. No entanto, é importante salientar que até o momento não foram encontradas anomalias nos perfis dos parâmetros monitorados que pudessem estar relacionados com o rejeito nos pontos de monitoramento localizados dentro reservatório de Três Marias.

No **Apêndice B** é possível visualizar no mapa síntese os números de parâmetros que estiveram acima da Série Histórica e do limite de classe entre os meses de janeiro e abril de 2021.

---

#### Notas:

[1] AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO PARAOPEBA Informativo Nº 61.

[2] VIGLIO, Eduardo Paim; CUNHA, Fernanda Gonçalves da. Atlas geoquímico da bacia do rio São Francisco: Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2018.

#### REFERÊNCIAS

ABU SHMEIS, R. M. **Water Chemistry and Microbiology**. 1. ed. [s.l.]: Elsevier B.V., 2018. v. 81. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/bs.coac.2018.02.001>.

ALI, H.; KHAN, E.; ILAHI, I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. **Journal of Chemistry**, v. 2019, n. Cd, 2019. DOI 10.1155/2019/6730305.

BENTO, C. *et al.* Avaliação de qualidade das águas superficiais no lago da barragem de Três Marias-MG. **Geochimica Brasiliensis**, v. 33, n. 4, p. 341–357, 2020. DOI 10.21715/gb2358-2812.2019334341.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais). Deliberação Normativa COPAM nº 14, de 28 de dezembro de 1995. Dispõe sobre o enquadramento das águas da Bacia do rio Paraopeba. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 29 dez. 1995.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (Minas Gerais); CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (Minas Gerais). Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 01, de 05 de maio de 2008. 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. **Minas Gerais**, Belo Horizonte, 13 maio 2008.

PRADO, I. G.; POMPEU, P. S. Vertical and seasonal distribution of fish in Três Marias reservoir. **Lake and Reservoir Management**, v. 30, n. 4, p. 393–404, 2014. DOI 10.1080/10402381.2014.955221.

ZHANG, L. *et al.* Characterizing fluvial heavy metal pollutions under different rainfall conditions: Implication for aquatic environment protection. **Science of the Total Environment**, v. 635, p. 1495–1506, 2018. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.04.211. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.211>.

#### APÊNDICE A - TABELAS COM OS VALORES MÁXIMOS DOS PARÂMETROS AVALIADOS NO MONITORAMENTO ESPECIAL DO RIO PARAOPEBA

Valores Máximos de Turbidez (NTU)																
Data		Trecho a montante	Trecho 1				Trecho 2			Trecho 3			Trecho 4	Trecho 5		
Mês	Ano	BP036	BPE2	BP068	BP070	BP072	BPE3	BP082	BP083	BP077	BP078	BP087	BP099	BPE6	BPE7	BPE8
Jan	2019	134,0	30240,0	34500,0	1597,0	88,6	-	59,5	42,7	-	20,7	-	29,0	-	-	-
Fev		439,0	9964,0	10216,0	18588,0	17148,0	3487,0	4854,0	1545,0	-	818,0	-	1140,0	-	-	-
Mar		193,0	1904,0	3407,0	1217,0	940,0	834,0	882,0	522,0	-	454,0	-	739,0	12,4	4,4	6,5
Abr		70,7	472,0	527,0	520,0	149,0	131,0	154,0	107,0	-	204,0	-	42,1	4,1	3,3	3,0
Mai		44,4	91,4	70,4	67,4	63,4	67,9	74,4	77,4	-	68,4	-	47,4	2,2	2,0	1,7
Jun		23,1	36,9	34,7	37,9	38,2	21,3	21,7	20,7	-	20,4	-	5,8	3,5	3,6	4,2
Jul		10,1	20,4	17,4	13,4	9,9	14,7	61,7	17,7	-	5,9	-	2,3	3,5	1,8	1,9
Ago		5,7	13,4	13,8	9,0	8,0	24,4	64,7	11,4	-	5,3	-	1,3	3,7	1,7	2,7
Set		18,7	35,4	39,4	17,4	13,7	23,1	23,4	6,3	-	4,0	-	1,6	5,2	10,0	4,8
Out		74,4	127,0	243,0	179,0	12,3	5,4	8,3	7,4	-	2,3	-	1,1	5,0	6,4	5,1
Nov		147,0	317,0	273,0	219,0	175,0	192,0	200,0	137,0	134,0	-	87,4	6,2	9,7	6,8	4,7
Dez		426,0	530,0	544,0	576,0	675,0	427,0	494,0	479,0	421,0	331,0	345,0	104,0	12,3	6,7	4,4
Jan	2020	369,0	718,0	737,0	1856,0	2498,0	439,0	479,0	791,0	505,0	580,0	478,0	410,0	27,3	5,8	4,6
Fev		586,0	538,0	523,0	570,0	468,0	608,0	413,0	399,0	398,0	431,0	553,0	237,0	25,7	8,4	29,8
Mar		727,0	798,0	642,0	556,0	535,0	550,0	497,0	340,0	374,0	355,0	268,0	182,0	17,0	21,6	21,5
Abr		242,0	268,0	227,0	153,0	128,0	444,0	179,0	145,0	191,0	184,0	177,0	426,0	13,8	27,7	17,6
Mai		30,8	34,1	39,9	34,4	28,1	46,8	42,2	78,8	43,4	40,5	48,0	33,2	15,7	10,3	8,1
Jun		24,6	25,8	30,2	25,4	21,0	-	34,4	31,9	44,3	49,0	32,0	12,4	5,2	6,4	3,5
Jul		17,5	21,0	25,5	32,6	14,6	15,2	15,3	16,2	12,5	13,6	9,4	3,6	1,8	15,1	6,3
Ago		14,1	13,5	14,5	10,8	9,0	9,5	16,4	11,2	14,5	11,7	8,7	2,5	2,6	3,5	3,9
Set		13,2	12,8	12,1	8,4	6,2	13,4	9,9	11,2	10,3	5,4	4,2	1,7	1,7	3,3	1,6
Out		15,7	14,2	18,5	9,7	8,8	12,8	35,8	22,1	15,9	12,8	5,7	2,7	3,4	5,0	5,0
Nov		448,0	80,6	108,0	53,6	51,1	66,0	56,8	30,7	32,4	41,5	23,8	5,4	9,9	6,1	2,5
Dez		450,0	849,0	480,0	200,0	160,0	442,0	47,5	39,2	34,0	20,4	17,4	21,3	7,8	7,1	9,4
Jan	2021	225,0	289,0	291,0	209,0	677,0	789,0	577,0	293,0	101,0	318,0	439,0	125,0	87,1	11,2	10,8
Fev		126,0	189,0	243,0	340,0	540,0	103,0	413,0	490,0	552,0	481,0	579,0	41,7	40,1	8,0	5,8
Mar		150,0	230,0	200,0	277,0	415,0	316,0	330,0	115,0	145,0	126,0	129,0	99,8	18,0	4,0	2,8
Abr		70,1	38,5	34,8	18,2	24,6	28,9	42,2	38,1	46,0	47,7	34,2	7,8	9,5	3,3	2,4
Série Histórica por Período																
SH - Chuvoso		447,0	-	432,0	458,0	502,0	-	501,0	344,0	-	350,0	-	64,2	-	-	-
SH - Seco		45,9	-	30,5	61,4	35,7	-	32,7	31,0	-	29,9	-	18,5	-	-	-

Legenda: ● Valor < que a Série Histórica (verde) ● Valor < que 2 vezes a Série Histórica (amarelo) ● Valor > que 2 vezes a Série Histórica (vermelho) - Dado ausente (cinza) \*Valores em vermelho são maiores que o Limite Legal

Valores Máximos de Manganês Total (mg/L)																
Data		Trecho a montante	Trecho 1				Trecho 2			Trecho 3			Trecho 4	Trecho 5		
Mês	Ano	BP036	BPE2	BP068	BP070	BP072	BPE3	BP082	BP083	BP077	BP078	BP087	BP099	BPE6	BPE7	BPE8
Jan	2019	0,310	19,060	46,270	1,690	0,300	-	0,104	0,051	-	0,060	-	0,080	-	-	-
Fev		1,172	10,501	15,709	24,771	10,305	5,846	7,446	3,907	-	1,754	-	0,236	-	-	-
Mar		0,560	3,524	6,383	2,070	2,154	1,920	2,540	1,310	-	1,130	-	0,420	0,017	0,040	0,008
Abr		0,254	1,588	1,382	1,404	0,649	0,546	0,440	0,358	-	0,426	-	0,055	0,011	0,020	0,005
Mai		0,176	0,372	0,268	0,346	0,276	0,232	0,269	0,160	-	0,231	-	0,046	0,006	0,032	0,004
Jun		0,133	0,159	0,149	0,220	0,258	0,053	0,065	0,057	-	0,053	-	0,391	0,042	0,047	0,049
Jul		0,090	0,165	0,166	0,120	0,146	0,068	0,169	0,064	-	0,015	-	0,014	0,014	0,015	0,004
Ago		0,067	0,171	0,202	0,145	0,165	0,097	0,145	0,042	-	0,015	-	0,023	0,010	0,015	0,004
Set		0,098	0,206	0,200	0,281	0,214	0,063	0,076	0,027	-	0,013	-	0,012	0,011	0,018	0,005
Out		0,156	0,514	1,142	0,659	0,232	0,053	0,077	0,046	-	0,027	-	0,024	0,014	0,036	0,005
Nov		0,683	2,584	1,383	1,342	0,935	0,758	0,545	0,337	0,260	0,209	0,143	0,063	0,041	0,035	0,007
Dez		1,132	2,978	2,855	3,940	3,313	2,011	1,959	2,339	2,598	1,466	1,180	0,118	0,015	0,023	0,003
Jan	2020	1,347	7,557	2,800	7,024	12,262	3,152	2,959	3,375	2,776	1,646	1,121	0,537	0,030	0,011	0,012
Fev		2,826	1,757	1,727	2,084	1,999	1,712	1,489	1,655	1,444	1,607	1,415	0,208	0,020	0,026	0,016
Mar		1,479	2,552	2,471	2,143	2,448	3,410	1,325	1,254	2,639	1,308	1,051	0,161	0,023	0,021	0,017
Abr		0,442	0,631	0,522	0,573	0,474	4,565	0,581	0,485	0,663	0,551	0,568	0,284	0,012	0,036	0,008
Mai		0,173	0,197	0,269	0,226	0,196	0,169	0,227	0,660	0,257	0,139	0,160	0,056	0,018	0,039	0,006
Jun		0,139	0,233	0,210	0,231	0,141	-	0,151	0,181	0,172	0,134	0,089	0,025	0,005	0,023	0,006
Jul		0,142	0,133	0,172	0,238	0,161	0,085	0,076	0,059	0,029	0,038	0,023	0,013	0,005	0,014	0,003
Ago		0,116	0,041	0,084	0,009	0,014	0,086	0,098	0,128	0,006	0,026	0,136	0,043	0,053	0,026	0,143
Set		0,078	0,108	0,120	0,108	0,111	0,061	0,081	0,045	0,045	0,022	0,018	0,016	0,008	0,013	0,004
Out		0,049	0,160	0,154	0,133	0,157	0,043	0,045	0,047	0,033	0,012	0,012	0,004	0,003	0,003	0,003
Nov		0,205	0,735	1,243	0,285	0,770	0,394	0,366	0,089	0,072	0,088	0,067	0,025	0,016	0,021	0,005
Dez		1,360	2,996	1,730	1,757	0,996	0,475	0,165	0,168	0,097	0,035	0,034	0,019	0,009	0,019	0,005
Jan	2021	0,495	1,496	0,724	0,986	0,896	1,109	1,113	0,398	0,295	0,257	0,709	0,075	0,025	0,023	0,004
Fev		0,644	0,579	0,586	1,093	1,670	0,656	1,081	0,630	0,654	0,546	0,616	0,070	0,007	0,028	0,003
Mar		0,509	0,658	0,516	0,643	0,576	0,620	0,607	0,345	0,438	0,327	0,314	0,043	0,003	0,015	0,003
Abr		0,333	0,206	0,261	0,250	0,117	0,163	0,413	0,124	0,140	0,136	0,075	0,017	0,009	0,034	0,005
Série Histórica por Período																
SH - Chuvoso		1,392	-	1,293	1,137	1,727	-	0,707	0,506	-	0,331	-	0,138	-	-	-
SH - Seco		0,547	-	0,471	0,331	0,145	-	0,127	0,081	-	0,107	-	0,211	-	-	-

Legenda: ● Valor < que a Série Histórica (verde) ● Valor < que 2 vezes a Série Histórica (amarelo) ● Valor > que 2 vezes a Série Histórica (vermelho) - Dado ausente (cinza) \*Valores em vermelho são maiores que o Limite Legal

Valores Máximos de Ferro Dissolvido (mg/L)																Igam, 2021	
Data		Trecho a montante	Trecho 1				Trecho 2			Trecho 3				Trecho 4	Trecho 5		
Mês	Ano	BP036	BPE2	BP068	BP070	BP072	BPE3	BP082	BP083	BP077	BP078	BP087	BP099	BPE6	BPE7	BPE8	
Jan	2019	0,7700	0,4500	0,4700	0,6900	0,6000	-	0,5000	0,6400	-	0,4000	-	0,5000	-	-	-	
Fev		1,2180	0,9030	1,0350	0,9770	0,9739	1,2180	1,2250	1,3910	-	1,3550	-	0,5960	-	-	-	
Mar		0,8760	1,1100	1,2400	1,1550	1,2700	1,6780	1,2700	1,4200	-	1,8170	-	1,1400	0,0300	0,0300	0,0740	
Abr		0,2750	0,9080	0,2920	0,2020	1,2700	0,6160	1,1520	0,7100	-	0,7160	-	0,7160	0,0300	0,0306	0,0300	
Mai		0,3770	1,4190	0,7580	0,7610	0,9400	0,3140	0,9390	0,3670	-	1,7670	-	0,6360	0,0300	0,0300	0,0300	
Jun		0,3450	0,4110	0,4560	0,4060	0,4410	0,5980	0,5400	0,6140	-	0,5800	-	0,3990	0,0680	0,0438	0,0327	
Jul		0,0879	0,1642	0,1662	0,1887	0,1580	0,1690	0,1321	0,1401	-	0,1215	-	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	
Ago		0,1924	0,1519	0,1559	0,1756	0,4645	0,0983	0,1374	0,1087	-	0,0664	-	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	
Set		0,2207	0,2760	0,3056	0,2679	0,1435	0,0961	0,0867	0,0766	-	0,0384	-	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	
Out		0,4480	0,5769	0,6002	0,6514	0,2670	0,0755	0,0705	0,0763	-	0,0350	-	0,0300	0,0300	0,0300	0,0300	
Nov		0,5510	0,6220	0,9000	0,7840	1,0040	0,3950	0,5080	0,3340	0,2900	0,2960	0,1198	0,0950	0,0300	0,0300	0,0300	
Dez		0,6010	0,6650	0,5770	0,5720	0,6190	0,5380	0,6910	0,6290	0,6020	0,8940	0,6060	0,5600	0,0450	0,0300	0,0300	
Jan	2020	0,7071	0,6789	0,5696	0,5317	0,6178	0,7220	1,1160	0,9900	0,7730	1,0830	0,7280	0,2800	0,0400	0,0400	0,0400	
Fev		0,6859	0,6450	0,6430	0,8346	0,9170	0,7474	1,0604	0,7030	1,0598	0,5296	0,4500	0,5540	0,1364	0,0660	0,0390	
Mar		0,8390	0,7808	0,5678	0,5557	0,7787	0,5274	0,6722	0,6792	0,5875	0,3763	0,4246	0,4094	0,1957	0,0835	0,0998	
Abr		0,7887	0,7650	0,9989	0,7370	0,6883	0,2860	0,7090	0,7680	0,6512	0,8438	0,8185	0,7636	0,1790	0,0946	0,0607	
Mai		0,4460	0,3410	0,4230	0,7050	0,6680	0,4680	0,5140	0,4610	0,3740	0,3730	0,3220	0,4450	0,1120	0,0578	0,0492	
Jun		0,3844	0,3622	0,3769	0,4728	0,3946	-	0,4263	0,3957	0,3528	0,2863	0,3157	0,2178	0,0300	0,0355	0,0300	
Jul		0,3130	0,2810	0,2430	0,2920	0,3910	0,2100	0,2490	0,2210	0,1859	0,1764	0,1623	0,1625	0,0300	0,0384	0,0300	
Ago		0,2300	0,1665	0,1844	0,0300	0,0300	0,1793	0,3240	0,3280	0,0854	0,6750	0,2670	0,1737	0,1978	0,2220	0,0830	
Set		0,2750	0,3210	0,3190	0,4150	0,3000	0,1799	0,1966	0,2040	0,1493	0,1504	0,1562	0,0926	0,0326	0,0300	0,0300	
Out		0,2060	0,2320	0,2300	0,2180	0,2470	0,1447	0,2150	0,2780	0,1448	0,1370	0,0749	0,0300	0,0742	0,0300	0,0300	
Nov		0,4600	0,4350	0,4460	0,4210	0,4540	0,3420	0,3800	0,3450	0,3490	0,1593	0,2130	0,1316	0,0300	0,0300	0,0300	
Dez		0,3700	0,2450	0,2610	0,3400	0,3770	0,4220	0,4240	0,4590	0,3220	0,1935	1,1820	0,2510	0,0373	0,0300	0,0818	
Jan	2021	0,8730	0,5750	0,5180	0,6030	0,8710	0,1675	0,4240	1,1270	0,4100	0,4110	0,2130	0,9070	0,1014	0,0300	0,0300	
Fev		0,7030	0,4750	0,5030	0,6360	0,5770	0,4450	0,2940	0,7070	0,8590	0,2670	0,1707	0,1738	0,2230	0,0300	0,0300	
Mar		0,2574	0,2114	0,2054	0,2505	0,2024	0,1407	0,3997	0,3122	0,2658	0,2984	0,1927	0,1133	0,0837	0,0300	0,0300	
Abr		0,2990	0,2970	0,3010	0,3370	0,3390	0,2800	0,3180	0,2900	0,1813	0,2030	0,1813	0,1573	0,0300	0,0300	0,0300	
Série Histórica por Período																	
SH - Chuvoso		0,6390	-	0,5000	0,6990	0,7450	-	0,8800	0,4080	-	1,1890	-	0,3890	-	-	-	
SH - Seco		0,4490	-	0,4290	0,4260	0,4250	-	0,3380	0,2810	-	0,2420	-	0,2820	-	-	-	
Legenda																	
● Valor ≤ que a Série Histórica																	
● Valor ≤ que 2 vezes a Série Histórica																	
● Valor > que 2 vezes a Série Histórica																	
- Dado ausente																	
*Valores em vermelho são maiores que o Limite Legal																	

Valores Máximos de Ferro Total (mg/L)																Igam, 2021	
Data		Trecho a montante	Trecho 1				Trecho 2			Trecho 3				Trecho 4	Trecho 5		
Mês	Ano	BP036	BPE2	BP068	BP070	BP072	BPE3	BP082	BP083	BP077	BP078	BP087	BP099	BPE6	BPE7	BPE8	
Jan	2019	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fev		9,22	28,52	39,35	62,00	22,52	12,97	17,78	10,92	-	5,62	-	4,76	-	-	-	
Mar		4,60	10,30	16,80	7,70	6,30	7,20	10,40	4,60	-	5,20	-	4,10	0,15	0,14	0,08	
Abr		3,04	8,69	6,50	5,53	3,71	5,67	3,44	3,57	-	2,43	-	1,57	0,12	0,14	0,10	
Mai		1,93	2,20	2,06	1,97	1,72	1,70	2,18	2,29	-	2,22	-	1,17	0,06	0,08	0,04	
Jun		1,44	1,50	1,35	1,39	1,74	1,11	1,05	1,06	-	0,99	-	0,31	0,14	0,14	0,16	
Jul		0,63	0,12	0,67	0,59	0,63	0,57	1,39	1,40	-	0,27	-	1,04	0,61	0,06	0,08	
Ago		0,57	0,57	0,53	0,44	0,44	0,67	1,90	0,57	-	0,15	-	0,06	0,09	0,05	0,04	
Set		0,71	0,80	0,75	0,55	0,39	0,49	0,63	0,28	-	0,11	-	0,06	0,08	0,12	0,07	
Out		2,07	2,42	4,16	3,27	0,49	0,29	0,58	0,38	-	0,12	-	0,10	0,08	0,14	0,10	
Nov		4,81	8,33	5,39	4,18	3,75	4,31	3,63	2,64	2,53	2,34	1,23	0,14	0,34	0,11	0,06	
Dez		15,43	10,93	9,86	12,05	9,95	7,28	6,44	8,11	7,27	5,69	4,83	1,44	0,18	0,05	0,03	
Jan	2020	9,54	21,00	14,89	22,04	26,24	13,51	14,52	15,35	13,38	7,60	6,84	5,27	0,67	0,10	0,12	
Fev		13,54	9,19	8,14	8,65	7,96	9,63	7,18	8,07	7,40	9,04	8,86	2,93	0,41	0,26	0,16	
Mar		11,57	11,29	10,96	8,21	8,21	14,74	8,46	7,59	9,68	7,10	6,01	2,47	0,59	0,29	0,28	
Abr		5,91	6,37	5,70	4,41	3,97	24,30	3,71	3,92	4,74	4,51	4,37	3,90	0,35	0,24	0,17	
Mai		2,00	2,19	2,40	1,99	1,50	1,52	1,80	2,59	2,09	1,62	2,09	1,46	0,44	0,22	0,11	
Jun		1,63	1,74	1,66	1,68	1,25	-	1,76	1,42	1,91	1,56	1,20	0,58	0,14	0,14	0,12	
Jul		1,37	1,08	1,27	1,24	0,87	0,86	0,91	0,75	0,59	0,55	0,43	0,29	0,06	0,14	0,10	
Ago		0,92	0,71	0,75	0,10	0,08	0,92	1,10	0,99	0,08	1,35	0,78	0,70	0,65	0,44	0,51	
Set		0,83	0,72	0,74	0,54	0,56	0,48	0,72	0,53	0,49	0,35	0,28	0,16	0,07	0,09	0,06	
Out		0,87	0,54	0,53	0,36	0,41	0,39	1,03	0,67	0,48	0,27	0,19	0,05	0,08	0,06	0,05	
Nov		5,26	3,26	5,06	1,51	3,75	2,35	2,48	1,37	1,37	1,78	1,14	0,27	0,10	0,07	0,03	
Dez		10,86	19,06	10,20	8,46	4,26	5,04	1,71	1,85	1,90	0,91	0,69	0,54	0,11	0,05	0,11	
Jan	2021	4,79	9,79	5,72	8,06	10,10	7,91	11,63	5,77	3,23	3,82	8,45	2,66	0,84	0,06	0,04	
Fev		5,42	5,44	5,51	9,34	11,30	4,95	7,86	8,68	7,88	6,46	7,97	0,94	0,81	0,12	0,10	
Mar		4,80	8,87	5,01	6,42	7,65	6,71	6,88	3,53	3,69	2,96	3,04	1,74	0,35	0,05	0,04	
Abr		3,14	1,83	2,26	1,93	1,19	1,63	5,30	1,67	1,77	1,65	1,20	0,34	0,10	0,04	0,03	
Série Histórica por Período																	
SH - Chuvoso		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
SH - Seco		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Legenda																	
● Valor ≤ que a Série Histórica																	
● Valor ≤ que 2 vezes a Série Histórica																	
● Valor > que 2 vezes a Série Histórica																	
- Dado ausente																	
*Valores em vermelho são maiores que o Limite Legal																	

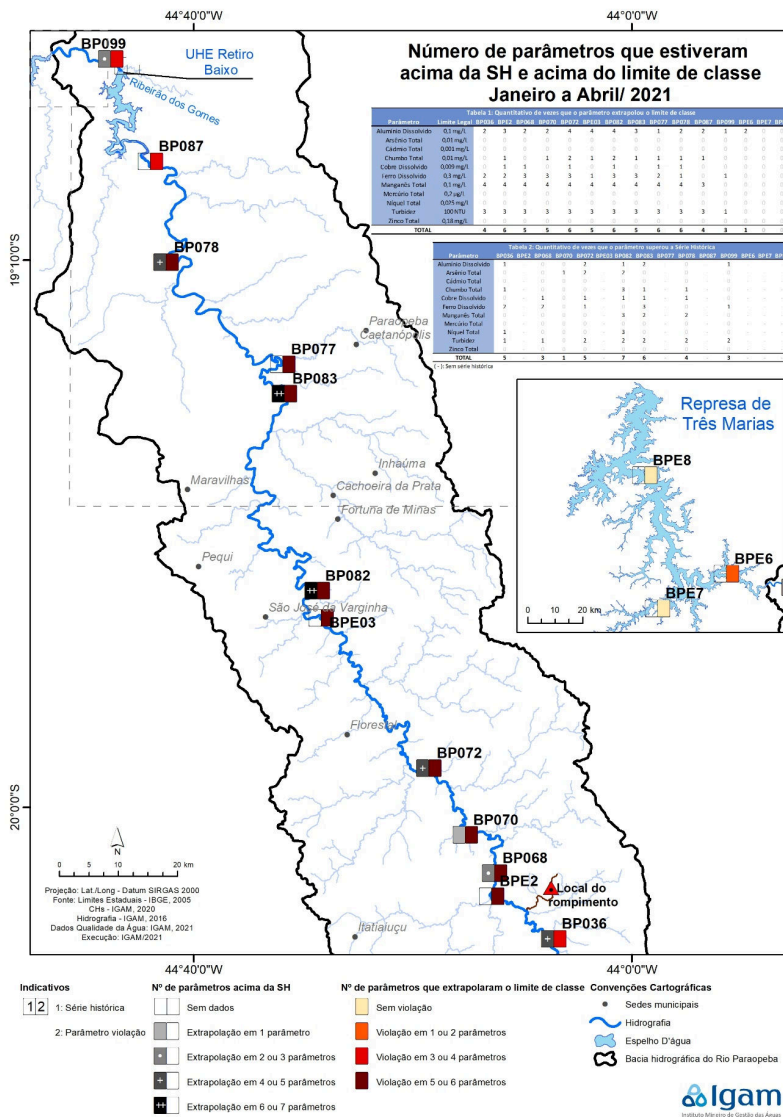




Valores Máximos de Zinco Total (mg/L)																Igam, 2021	
Data		Trecho a montante	Trecho 1				Trecho 2			Trecho 3			Trecho 4	Trecho 5			
Mês	Ano	BP036	BPE2	BP068	BP070	BP072	BPE3	BP082	BP083	BP077	BP078	BP087	BP099	BPE6	BPE7	BPE8	
Jan	2019	0,186	0,150	0,250	0,050	0,050	-	0,054	0,020	-	0,020	-	0,020	-	-	-	
Fev		0,077	0,085	0,091	0,163	0,092	0,112	0,083	0,116	-	0,062	-	0,051	-	-	-	
Mar		0,052	0,070	0,087	0,053	0,069	0,071	0,072	0,106	-	0,078	-	0,045	0,020	0,020	0,020	
Abr		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Mai		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Jun		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Jul		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Ago		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Set		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Out		0,020	0,020	0,033	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	-	0,020	-	0,020	0,020	0,020	0,020	
Nov		0,031	0,031	0,020	0,025	0,020	0,033	0,026	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Dez		0,069	0,064	0,051	0,059	0,057	0,053	0,053	0,045	0,051	0,049	0,037	0,028	0,020	0,020	0,020	
Jan	2020	0,025	0,067	0,034	0,056	0,083	0,053	0,054	0,063	0,062	0,050	0,049	0,024	0,020	0,020	0,020	
Fev		0,070	0,056	0,049	0,058	0,063	0,078	0,077	0,053	0,093	0,069	0,077	0,075	0,029	0,059	0,020	
Mar		0,063	0,059	0,059	0,055	0,052	0,075	0,060	0,054	0,065	0,061	0,054	0,060	0,020	0,042	0,020	
Abr		0,036	0,034	0,041	0,040	0,039	0,060	0,041	0,046	0,045	0,034	0,039	0,046	0,020	0,020	0,041	
Mai		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Jun		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Jul		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Ago		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Set		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Out		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Nov		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Dez		0,020	0,039	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Jan	2021	0,020	0,023	0,025	0,020	0,024	0,029	0,039	0,020	0,020	0,020	0,025	0,020	0,020	0,020	0,020	
Fev		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,025	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Mar		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Abr		0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020	
Série Histórica por Período																	
SH - Chuvoso		0,047	-	0,098	0,056	0,193	-	0,051	0,268	-	0,077	-	0,039	-	-	-	
SH - Seco		0,020	-	0,071	0,090	0,166	-	0,349	0,325	-	0,337	-	0,375	-	-	-	

Valores Máximos de Arsênio Total (mg/L)																Igam, 2021	
Data		Trecho a montante	Trecho 1				Trecho 2			Trecho 3			Trecho 4	Trecho 5			
Mês	Ano	BP036	BPE2	BP068	BP070	BP072	BPE3	BP082	BP083	BP077	BP078	BP087	BP099	BPE6	BPE7	BPE8	
Jan	2019	0,001	0,004	0,004	0,001	0,001	-	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	-	-	-	
Fev		0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	-	-	-	
Mar		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Abr		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Mai		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Jun		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Jul		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Ago		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Set		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	
Out		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Nov		0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Dez		0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,009	0,003	0,003	
Jan	2020	0,006	0,024	0,007	0,009	0,013	0,007	0,004	0,004	0,017	0,003	0,003	0,003	-	-	-	
Fev		0,008	0,006	0,005	0,005	0,004	0,005	0,005	0,003	0,005	0,003	0,004	0,007	0,003	0,003	0,003	
Mar		0,006	0,006	0,003	0,006	0,004	0,007	0,003	0,003	0,006	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	
Abr		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	
Mai		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Jun		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	-	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Jul		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Ago		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Set		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,023	0,008	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Out		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Nov		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	
Dez		0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	
Jan	2021	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fev		0,001	0,001	0,001	0,002	0,003	0,001	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	
Mar		0,002	0,004	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Abr		0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Série Histórica por Período																	
SH - Chuvoso		0,002	-	0,002	0,002	0,002	-	0,002	0,002	-	0,002	-	0,001	-	-	-	
SH - Seco		0,001	-	0,001	0,001	0,001	-	0,001	0,001	-	0,001	-	0,001	-	-	-	

APÊNDICE B - MAPA SÍNTESE DO NÚMERO DE PARÂMETROS QUE ESTIVERAM ACIMA DA SÉRIE HISTÓRICA DO IGAM E ACIMA DO LIMITE DE CLASSE NO MONITORAMENTO ESPECIAL DO RIO PARAPEBA, NOS MESES DE JANEIRO A ABRIL DE 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Antoniél Silva Fernandes, Analista**, em 24/08/2021, às 14:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Kelly Saraiva, Analista**, em 24/08/2021, às 14:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Patrícia Franklin Mayrink Nogueira, Analista**, em 24/08/2021, às 15:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vitor Faria de Carvalho Oliveira, Analista**, em 24/08/2021, às 16:11, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Katiane Cristina de Brito Almeida, Gerente**, em 24/08/2021, às 16:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Wanderlene Ferreira Nacif, Diretor(a)**, em 24/08/2021, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Jeane Dantas de Carvalho, Diretor(a)**, em 25/08/2021, às 09:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo da Fonseca, Diretor(a) Geral**, em 27/08/2021, às 14:59, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).

Documento assinado eletronicamente por **Rafael Batista Gontijo, Coordenador Regional**, em 31/08/2021, às 12:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marceli Bonfante Visentin, Analista**, em 31/08/2021, às 13:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Micael de Souza Fraga, Analista**, em 03/09/2021, às 14:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fabrizia Rezende Araujo, Gerente**, em 03/09/2021, às 15:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.mg.gov.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **34068101** e o código CRC **BAF7E163**.