

Informativo Especial
Avaliação da série histórica entre 2000 e 2018

Informativo dos parâmetros de qualidade das águas nos locais monitorados ao longo do Rio Paraopeba antes do desastre na barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho – Minas Gerais

Belo Horizonte, 12 de fevereiro de 2019



1. Introdução

No dia 25 de janeiro de 2019 rompeu-se a chamada barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho, espalhando uma espessa massa de rejeitos, com perdas humanas e materiais. Esse rejeito verteu pelos cursos hídricos mais próximos, atingindo o rio Paraopeba. Ao chegar nesse corpo de água, o material pode tê-lo afetado não só por seus contaminantes associados, mas também por materiais e produtos que com sua força ele tenha carreado.

Como responsável legal pelo monitoramento da qualidade da bacia do rio Paraopeba, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (Igam) atualmente tem em sua rede básica 12 pontos amostrais localizados na calha do rio principal, desde 1997, com frequência trimestral e análise de diversos parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Nessa esteira, acionada para realizar monitoramento do impacto dos rejeitos nos recursos hídricos, a autarquia implementou o programa emergencial de monitoramento no dia seguinte ao evento, emitindo, desde então, informativos diários sobre a qualidade das águas. A rede amostral selecionada aproveita 8 pontos da rede básica do monitoramento regular do Igam, sendo um logo a montante do trecho impactado e os 7 demais a jusante, totalizando ao menos 300 Km de extensão monitorada, tendo uma distância média em torno de 40 Km entre os pontos. Na Tabela 1 são apresentadas essas estações de monitoramento. As respectivas localizações geográficas podem ser visualizadas no mapa da Figura 1.

Figura 1: Localização Geográfica da Rede de Monitoramento Emergencial do rio Paraopeba.

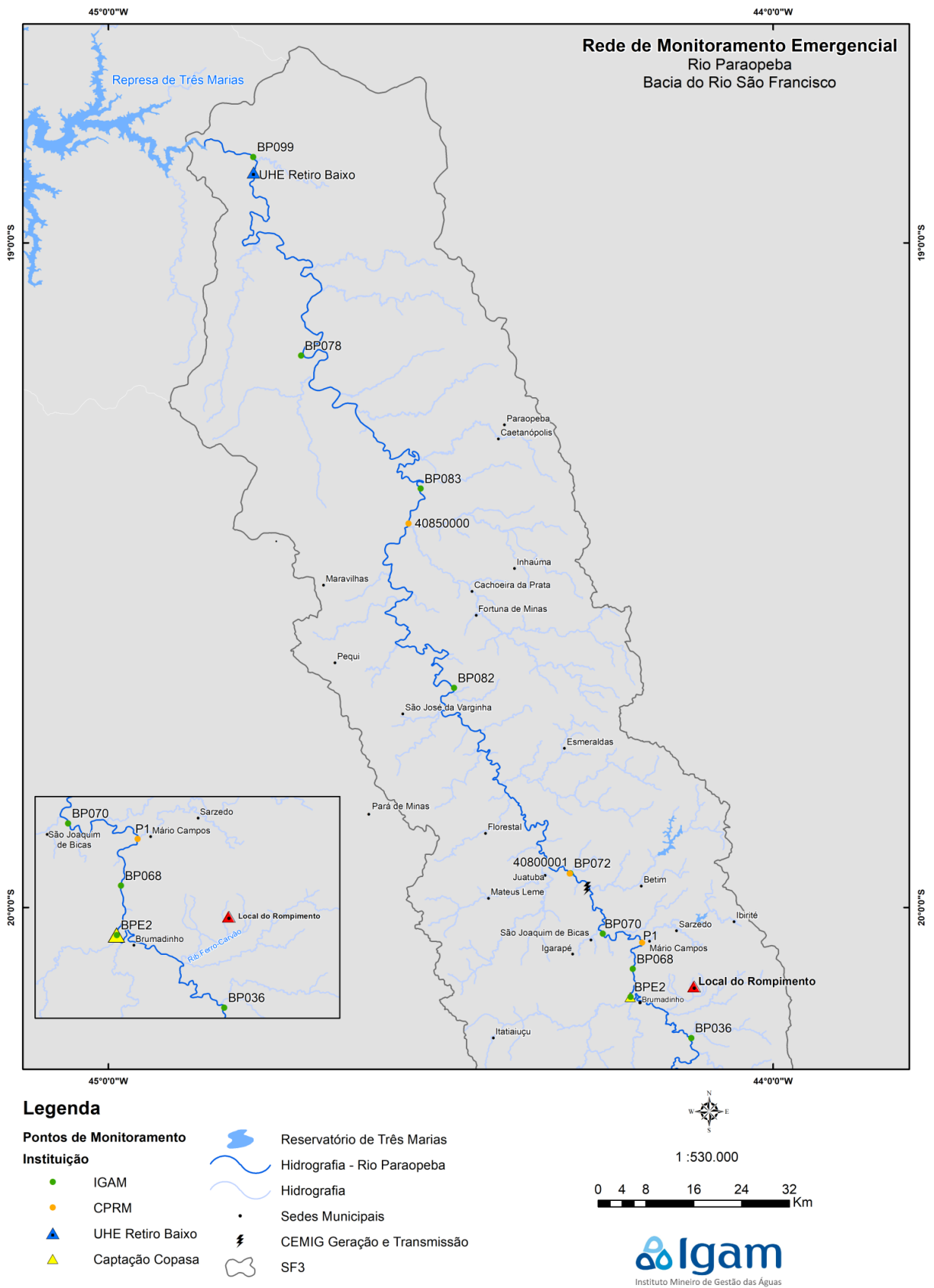


Tabela 1: Descrição das estações de monitoramento avaliadas no monitoramento emergencial do rio Paraopeba pelo IGAM.

Estação	LAT/LONG		Município	Distância até a Barragem B1	Descrição
BP036	-20,197	-44,123	Brumadinho	10 km (a montante)	Rio Paraopeba na localidade de Melo Franco
BP068	-20,093	-44,211	São Joaquim de Bicas	24,8 km	Rio Paraopeba 5 KM a jusante da captação da COPASA em Brumadinho
BP070	-20,04	-44,256	Betim, São Joaquim de Bicas	42 km	Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas
BP072	-19,949	-44,305	Betim	59 km	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba
BP082	-19,670	-44,480	Esmeraldas, São José da Varginha	123,1 km	Rio Paraopeba na localidade de São José, em Esmeraldas
BP083	-19,370	-44,530	Papagaios, Paraopeba	192,4 km	Rio Paraopeba logo após a foz do Ribeirão São João em Paraopeba
BP078	-19,170	-44,710	Pompéu	250,9 km	Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Pardo em Pompéu
BP099	-18,871	-44,787	Felixlândia, Pompéu	318,3 km	Rio Paraopeba a montante de sua foz na barragem de Três Marias e a jusante da UHE Retiro Baixo

A rede básica operada pelo IGAM, composta por 8 pontos de monitoramento conforme mencionado, ainda, conta com a análise de cerca de 50 parâmetros, dentre os quais são considerados os mais relevantes para avaliar o impacto causado no rio Paraopeba: turbidez, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, manganês total e os tóxicos: arsênio total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total, níquel total e zinco total.

Este informativo foi gerado com os dados da série histórica entre 2000 e 2018 do Programa de Monitoramento regular do IGAM, com objetivo de propiciar uma avaliação comparativa da qualidade das águas antes e após o rompimento da Barragem B1 da Mineradora Vale S.A. Serão expostas, desse modo, as estatísticas descritivas de todos os parâmetros anteriormente mencionados. Esses resumos estatísticos conterão, segundo cada ponto de coleta acima referido: número válido (N), mediana e percentis 10, 25, 75 e 90, sempre apresentando as unidades de medida correspondentes. Em complemento, as tabelas das estatísticas descritivas ainda

conterão o valor considerado limite pela atual regulação mineira da qualidade das águas (Deliberação Normativa Conjunta nº 1 de 2008) e o percentual de resultados em desacordo com esse limite ao longo da série histórica. O limite em questão refere-se sempre à Classe 2, que é o atual enquadramento do trecho de interesse do rio Paraopeba.

A seguir, será ilustrada graficamente a situação de 5 pontos selecionados (BP036, BP068, BP072, BP082 e BP099) para representar a qualidade da água ao longo do rio Paraopeba, baseada nas estatísticas descritivas, acrescida das quantidades de violações em períodos climáticos seco e chuvoso.

DADOS E ANÁLISE

As informações apresentadas a seguir se referem aos dados do monitoramento realizado pelo Igam entre 2000 e 2018, ou seja, referentes a todo o período anterior ao desastre na barragem B1 no complexo da Mina Córrego Feijão da Mineradora Vale/SA no município de Brumadinho, possibilitando, desta forma, verificar a variabilidade de cada parâmetro antes do impacto da chegada dos rejeitos.

Quanto ao parâmetro turbidez (Tabela 2), nota-se que os resultados variaram de 0,8 NTU, no Rio Paraopeba a montante de sua foz na barragem de Três Marias (BP099), até 1.856 NTU, no Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas (BP070), na série histórica. Esse valor máximo atinge mais de 18 vezes o limite estabelecido para esse corpo de água (100 NTU), e ocorreu no período chuvoso (fevereiro de 2000).

Na Figura 2 é apresentada a análise estatística dos resultados de turbidez do período analisado. Observa-se que em todas as estações de monitoramento, exceto a BP036, mais de 75% dos resultados estiveram em conformidade com o limite de classe. As medianas de turbidez oscilam ao longo de toda extensão avaliada do rio Paraopeba, mas encontram-se também abaixo do limite legal. Apenas a montante de sua foz na barragem de Três Marias (BP099), a mediana da turbidez mostra uma evidente redução em relação ao restante dos pontos. Além disso, esse também é o trecho com o menor percentual de violação do limite legal para turbidez (5%), em contraste com todos os demais, que apresentaram violação de pelo menos 20% dos resultados.

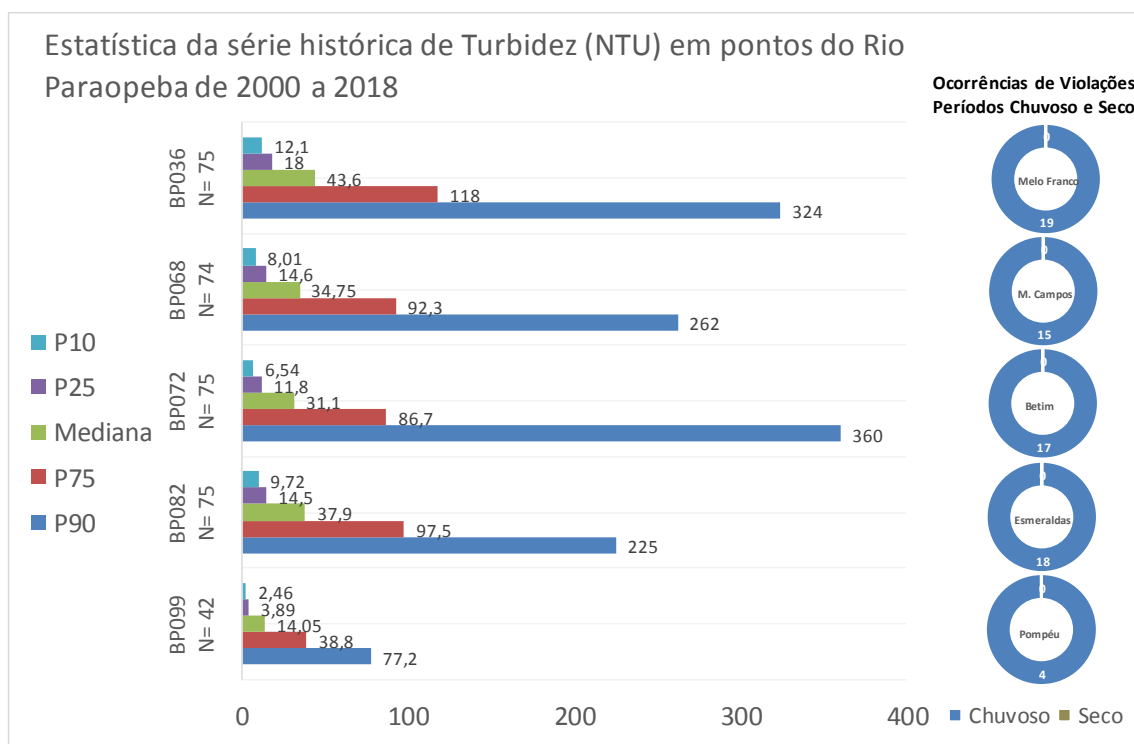
Vale ressaltar que todas as violações de turbidez nos pontos analisados por período climático ocorreram na estação chuvosa, sugerindo o aporte de sólidos de origem difusa da bacia. A estação BP036 foi a que apresentou o maior número de resultados acima do limite de classe (19 resultados) para a turbidez. Os desvios-padrão em todos os pontos indicam uma grande variação dos resultados, sendo comum que ocorram ora muito próximo do mínimo, ora muito próximo do máximo. Vale destacar que na parte alta da bacia do rio Paraopeba, a montante do rompimento, há presença de atividades minerárias, destacando-se a região de Congonhas.

Tabela 2: Análise estatística dos resultados de turbidez no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Turbidez - NTU	N Válido	Min	P10	P25	Mediana	P75	P90	Max	Média	Desvio Padrão	Violações
BP036 - Melo Franco	75	5,9	12,1	18	43,6	118	324	609	107,8	150,1	25%
BP068 - Mário Campos	74	1,1	8	14,6	34,8	92,3	262	596	86,4	123,1	20%
BP070 - S. J. de Bicas	75	4,1	6,9	13,4	41	89,5	260	1856	106,5	234,5	23%
BP072 - Betim	75	3,9	6,5	11,8	31,1	86,7	360	1268	113,8	220	23%
BP082 - Esmeraldas	75	3,7	9,7	14,5	37,9	97,5	225	1010	97,4	172,4	24%
BP083 - Paraopeba	75	0,8	14	23,2	46,5	107	218	775	92,7	121,1	28%
BP078 - Pompéu	75	2,5	10,2	15,8	42,3	127	296	766	100,9	143,9	29%
BP099 – jusante UHE Retiro Baixo	42	0,6	2,5	3,9	14,1	38,8	77,2	546	50,4	114,7	5%

Limite DN nº 1/2008: 100 NTU

Figura 2: Análise estatística dos resultados de turbidez no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.



Os dados de oxigênio dissolvido apresentam menor variabilidade, variando entre 3,7 mg/L no Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba (BP072) no dia 08/02/2011, e 10,9 mg/L, no Rio Paraopeba a montante de sua foz na barragem de Três Marias (BP099) no dia 30/10/14, com desvios-padrão entre 0,6 e 1,1, conforme apresentado na Tabela 3.

Na Figura 3 é apresentada a análise estatística dos resultados de oxigênio dissolvido do período analisado. Em todas as estações de monitoramento mais de 90% dos resultados estiveram em conformidade com o limite de classe, oscilando entre 5,9 mg/L e 6,9 mg/L.

Também chama atenção a baixa quantidade de violações do limite legal nos pontos, entre 0% e 3%, sendo que essas violações foram todas no período chuvoso indicando a influência do aporte de cargas difusas de poluição. Durante o período de análise, dos 75 resultados nenhum esteve abaixo do limite de classe (menor que 5 mg/L) nas estações localizadas em Mário Campos (BP068) e Pompéu (BP099).

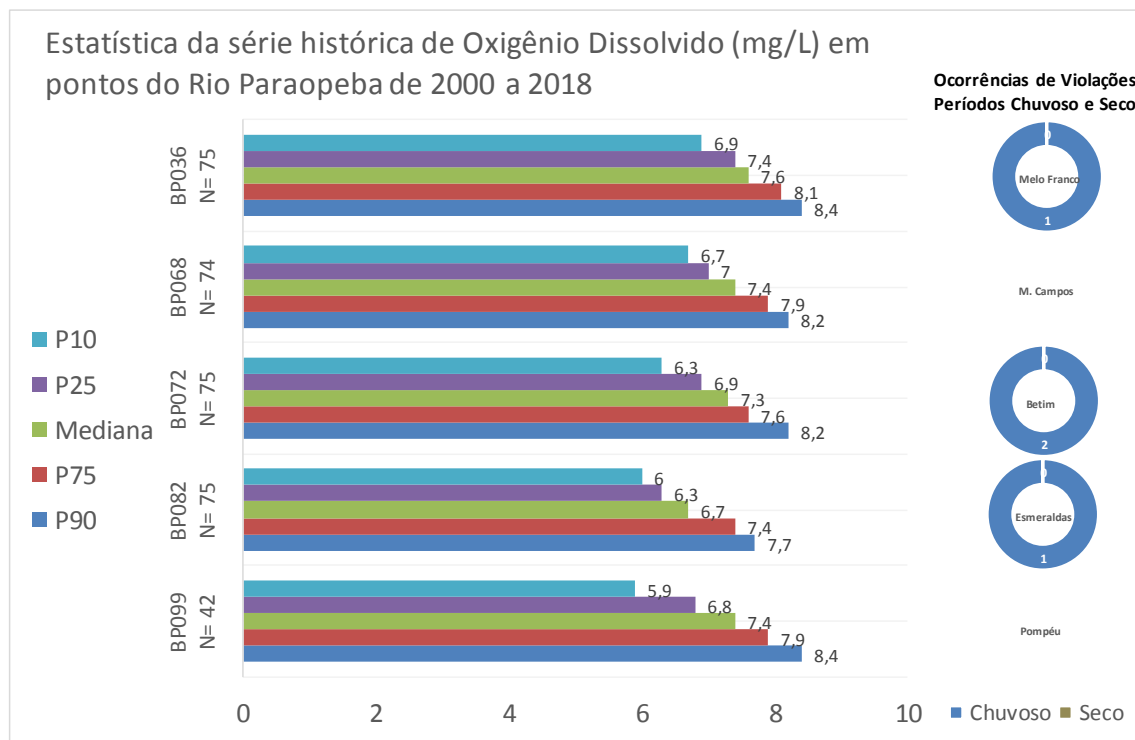
Vale ressaltar que o valor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) para a preservação da vida aquática, estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para rios de Classe 2, como é o Paraopeba, é de 5,0 mg/L.

Tabela 3: Análise estatística dos resultados de oxigênio dissolvido no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Oxigênio Dissolvido mg/L	N Válido	Mínimo	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máximo	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	75	4,9	6,9	7,4	7,6	8,1	8,4	9,2	7,7	0,6	1%
BP068 - Mário Campos	74	6	6,7	7	7,4	7,9	8,2	8,9	7,5	0,6	0%
BP070 - S. J. de Bicas	75	4,8	6,3	6,7	7,1	7,6	8	8,5	7,1	0,7	1%
BP072 - Betim	75	3,7	6,3	6,9	7,3	7,6	8,2	8,8	7,2	0,9	3%
BP082 - Esmeraldas	75	4,9	6	6,3	6,7	7,4	7,7	9,2	6,8	0,7	1%
BP083 - Paraopeba	75	5,3	6,1	6,6	7,1	7,7	8,1	9,6	7,2	0,8	0%
BP078 - Pompéu	75	4,9	6,1	6,6	7,2	8,1	8,8	10	7,4	1,1	1%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	42	5,3	5,9	6,8	7,4	7,9	8,4	10,9	7,4	1,1	0%

Limite DN nº 1/2008: Não inferior a 5 mg/L

Figura 3: Análise estatística dos resultados de oxigênio dissolvido no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.



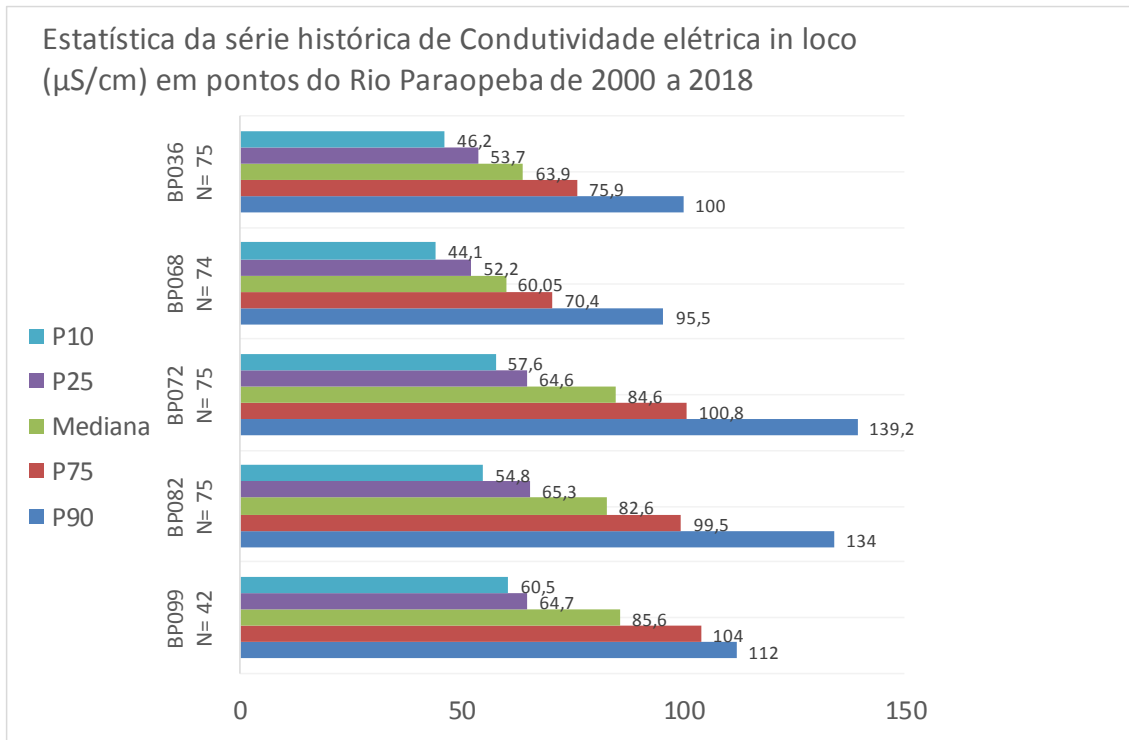
Na Figura 4 e na Tabela 4 é apresentada a análise estatística dos resultados de condutividade elétrica do período analisado. A condutividade elétrica *in loco* não possui limite na legislação, mas sua análise permite verificar indiretamente o comportamento dos eletrólitos na água, inclusive íons de metal. Seus resultados variam de 35,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no Rio Paraopeba a jusante da captação da COPASA em Brumadinho (BP068) até 214 $\mu\text{S}/\text{cm}$, no Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas (BP070). Os valores das medianas ao longo do rio aumentam a partir de Mário Campos (BP068) até Betim (BP072), estabilizando-se a partir daí. Vale destacar que estas duas estações já receberam a interferência do município de Brumadinho e Betim, respectivamente.

Tabela 4: Análise estatística dos resultados de condutividade elétrica no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Condutividade elétrica in loco - $\mu\text{S}/\text{cm}$	N Válido	Mínimo	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máximo	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	75	36,2	46,2	53,7	63,9	75,9	100	169	69	23,55	--
BP068 - Mário Campos	74	35,7	44,1	52,2	60,05	70,4	95,5	179	66,79	26,53	--
BP070 - S. J. de Bicas	75	40,1	51,4	58,3	70,6	92,4	116	214	78,66	29,78	--
BP072 - Betim	75	46,8	57,6	64,6	84,6	100,8	139,2	192	89,83	31,55	--
BP082 - Esmeraldas	75	39,4	54,8	65,3	82,6	99,5	134	187	87,22	30,26	--
BP083 - Paraopeba	75	45,9	62	72,1	83,8	97	125	163	86,81	24,6	--
BP078 - Pompéu	75	47,4	60,2	70,8	82,6	102	136	188	89,35	29	--
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	42	50,1	60,5	64,7	85,6	104	112	134	85,36	20,76	--

Limite DN nº1/2008: Não possui limite na legislação

Figura 4: Análise estatística dos resultados de condutividade elétrica no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.



Já com relação ao ferro dissolvido, os valores medianos de antes do rompimento são, em geral, mais altos nos pontos mais a montante do que nos pontos mais a jusante. No trecho compreendido entre as estações BP036 (montante da área afetada) e BP072 (Juatuba/Betim) a mediana variava entre 0,21 e 0,23 mg/L. A amplitude dos resultados de ferro dissolvido vai de 0,03 mg/L, nos dois pontos mais a jusante, até 1,57 mg/L, no Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas (BP070). Ressalta-se que esse valor máximo é superior a 5 vezes o valor do limite legal, de 0,3 mg/L (Tabela 5).

Na Figura 5 é apresentada a análise estatística dos resultados de ferro dissolvido do período analisado. No que se refere à violação ao limite de classe 2 (0,3 mg/L), observa-se um maior número de violações na estação BP072 onde das 74 análises realizadas, 25 apresentaram violação ao limite de classe, sendo 15 violações no período chuvoso e 10 no seco. Ainda, seguindo o padrão de todos os parâmetros, as violações ocorrem em sua maioria nas estações chuvosa, em todos os pontos.

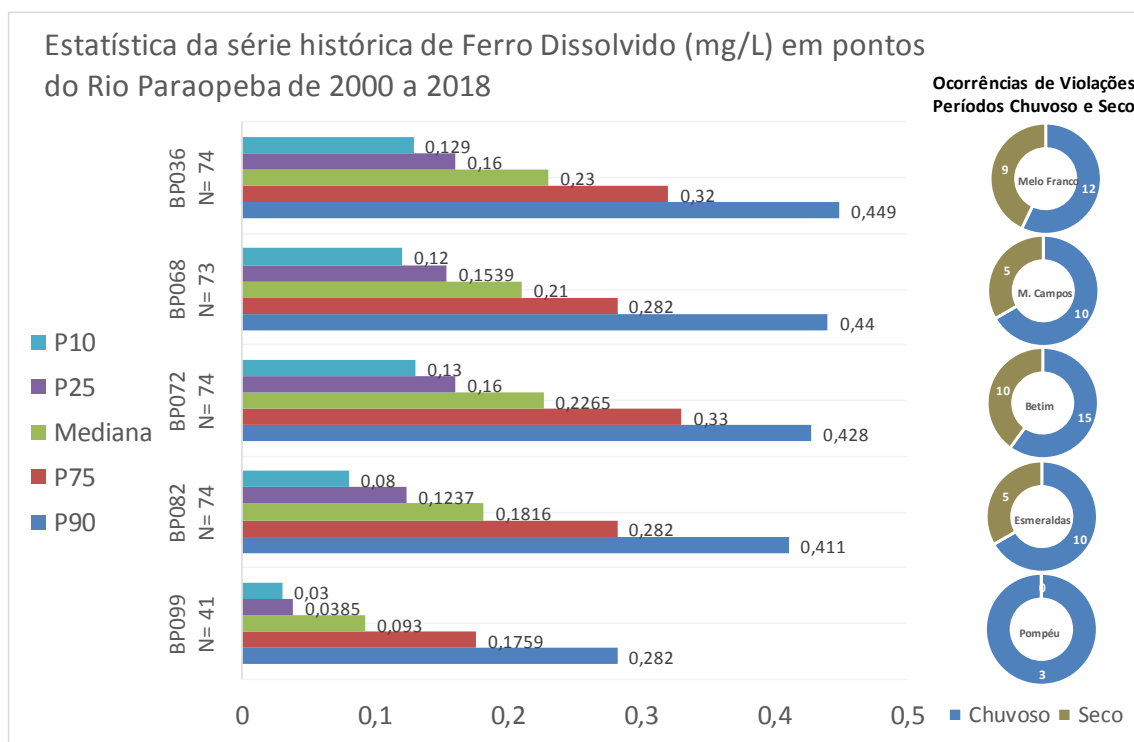
Os percentuais de violações de ferro dissolvido no trecho do rio Paraopeba são mostradas na Tabela 5. Observa-se nos pontos frequência de ocorrência de violações sempre abaixo de 35%, sendo que nas estações localizadas entre Paraopeba a Pompéu, ficaram abaixo de 10%.

Tabela 5: Análise estatística dos resultados de ferro dissolvido no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Ferro Dissolvido - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	74	0,06	0,13	0,16	0,23	0,32	0,45	0,98	0,26	0,15	28%
BP068 - Mário Campos	73	0,05	0,12	0,15	0,21	0,28	0,44	0,97	0,25	0,16	20%
BP070 - S. J. de Bicas	74	0,06	0,12	0,15	0,21	0,31	0,4	1,57	0,26	0,2	26%
BP072 - Betim	74	0,06	0,13	0,16	0,23	0,33	0,43	0,77	0,26	0,14	34%
BP082 - Esmeraldas	74	0,05	0,08	0,12	0,18	0,28	0,41	0,99	0,23	0,17	20%
BP083 - Paraopeba	74	0,04	0,07	0,09	0,14	0,22	0,29	0,56	0,17	0,1	8%
BP078 - Pompéu	74	0,03	0,06	0,07	0,15	0,21	0,3	1,19	0,18	0,17	9%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	41	0,03	0,03	0,04	0,09	0,18	0,28	0,44	0,13	0,11	4%

Limite DN nº 1/2008: 0,3 mg/L

Figura 5: Análise estatística dos resultados de ferro dissolvido no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.



A exemplo do parâmetro anterior, as medianas de manganês total também se reduzem ao longo do rio. Na Figura 6 é apresentada a análise estatística dos resultados de manganês total no período analisado. Verifica-se que valores elevados de manganês já eram observados no trecho localizado antes do rompimento, tendo sido verificado percentuais de violação superiores a 90% ao longo da série histórica, no rio Paraopeba na localidade de Melo Franco (BP036), trecho do rio Paraopeba localizado a montante do córrego Ferro e Carvão (das 73 análises realizadas, 67 apresentaram

violação do limite de classe). Esses resultados podem estar associados às atividades de mineração desenvolvidas a montante, no alto curso da bacia.

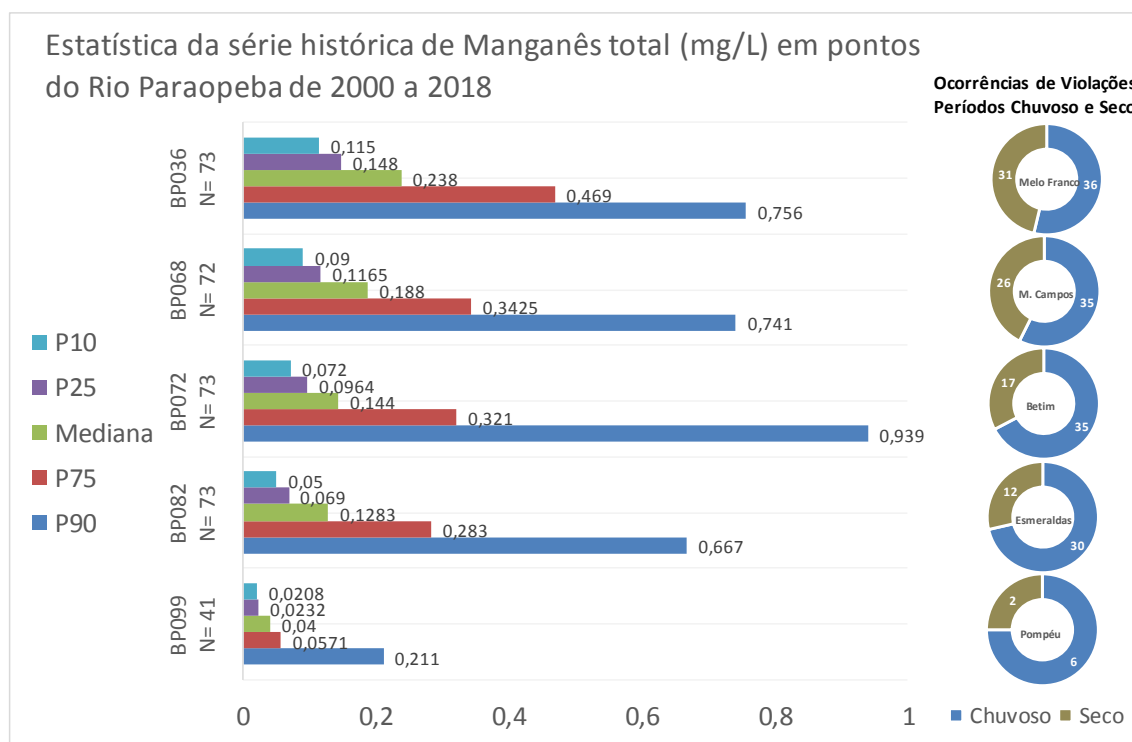
Todos os outros pontos apresentam violação acima de 50%, exceto aquele a montante da represa de Três Marias, em Pompéu (BP099). No mesmo sentido, o valor máximo registrado ocorreu no Rio Paraopeba a jusante da foz do Rio Betim, na divisa dos municípios de Betim e Juatuba (BP072), medindo 1,73 mg/L (Tabela 6). Isso representa quase 18 vezes o limite da DN Conjunta Copam-CERH nº 1 de 2008 para Classe 2. Novamente, quando se avaliam as violações por período climático, vê-se que a maioria delas acontece na estação chuvosa.

Tabela 6: Análise estatística dos resultados de manganês total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Manganês total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	73	0,05	0,12	0,15	0,24	0,47	0,76	1,39	0,35	0,28	92%
BP068 - Mário Campos	72	0,04	0,09	0,12	0,19	0,34	0,74	1,69	0,32	0,33	84%
BP070 - S. J. de Bicas	73	0,06	0,08	0,13	0,2	0,33	0,72	1,54	0,3	0,28	79%
BP072 - Betim	73	0,05	0,07	0,1	0,14	0,32	0,94	1,73	0,29	0,35	71%
BP082 - Esmeraldas	73	0,03	0,05	0,07	0,13	0,28	0,67	1,14	0,23	0,25	58%
BP083 - Paraopeba	73	0,02	0,04	0,07	0,13	0,28	0,58	0,88	0,22	0,21	60%
BP078 - Pompéu	73	0,01	0,03	0,06	0,12	0,3	0,71	1,3	0,23	0,27	58%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	41	0,01	0,02	0,02	0,04	0,06	0,21	0,72	0,1	0,16	11%

Limite DN nº 1/2008: 0,1 mg/L

Figura 6: Análise estatística dos resultados de manganês total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.



Arsênio total e demais metais

Para o arsênio total e os metais alumínio dissolvido, cádmio total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total, níquel total, chumbo total e zinco total os dados apresentaram uma pequena variabilidade, além da maior parte dos resultados estarem sempre iguais ao limite de quantificação¹ do método analítico (menor ou igual (\leq)). Portanto, os dados serão apresentados na forma de tabelas com informações estatísticas da série histórica em cada ponto.

Observa-se que os resultados médios de alumínio dissolvido (Tabela 7) variaram entre 0,11 mg/L e 0,15 mg/L, ao longo do rio Paraopeba. Os percentuais de violação para esse metal ficaram entre 23%, Rio Paraopeba a jusante da captação da COPASA em Brumadinho (BP068) e na localidade de São José, em Esmeraldas (BP083), e 41%, no Rio Paraopeba a jusante da foz do Ribeirão Sarzedo, próximo à cidade de São Joaquim de Bicas (BP070). Observa-se que as violações ao limite legal (0,1 mg/L) ocorreram ao longo de todo o curso de água, predominantemente no período chuvoso.

Tabela 7: Análise estatística dos resultados de alumínio dissolvido no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Alumínio Dissolvido - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	Desvio Padrão	Violações
BP036 - Melo Franco	22	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,21	0,35	0,13	0,06	32%
BP068 - Mário Campos	21	0,08	0,1	0,1	0,1	0,1	0,18	0,54	0,14	0,1	23%
BP070 - S. J. de Bicas	22	0,02	0,1	0,1	0,1	0,17	0,27	0,6	0,15	0,12	41%
BP072 - Betim	22	0,07	0,1	0,1	0,1	0,13	0,28	0,68	0,16	0,14	36%
BP082 - Esmeraldas	22	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1	0,19	0,36	0,12	0,06	27%
BP083 - Paraopeba	22	0,07	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15	0,18	0,11	0,03	23%
BP078 - Pompéu	22	0,07	0,1	0,1	0,1	0,13	0,22	0,39	0,14	0,08	36%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	22	0,04	0,1	0,1	0,1	0,1	0,13	0,26	0,11	0,04	27%

Limite DN nº 1/2008: 0,1 mg/L

Quanto aos elementos tóxicos arsênio total, cádmio total, chumbo total, cobre dissolvido, cromo total, mercúrio total, níquel total e zinco total, todos os pontos se comportaram semelhantemente, com violações aleatórias e pouco frequentes, com a maioria dos valores abaixo do limite de quantificação do método analítico. A exceção do chumbo total, todos os elementos considerados tóxicos apresentaram violações até de no máximo 5% nos pontos de monitoramento.

Para o parâmetro chumbo total (Tabela 8), foram verificadas violações em todos os pontos de monitoramento, predominantemente no período chuvoso, sendo a maior parte deles com violações acima de 10% até 16%.

¹ Limite de quantificação é a menor quantidade ou concentração do parâmetro, que pode ser determinada pelo método de análise empregado.

Tabela 8: Análise estatística dos resultados de chumbo total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Chumbo Total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	74	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,012	0,028	0,007	0,004	12%
BP068 - Mário Campos	58	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,011	0,035	0,007	0,005	8%
BP070 - S. J. de Bicas	74	0,005	0,005	0,005	0,005	0,007	0,011	0,04	0,007	0,005	11%
BP072 - Betim	74	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,012	0,044	0,007	0,006	16%
BP082 - Esmeraldas	74	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011	0,023	0,007	0,004	12%
BP083 - Paraopeba	74	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,011	0,02	0,006	0,003	11%
BP078 - Pompéu	74	0,005	0,005	0,005	0,005	0,006	0,01	0,027	0,007	0,004	9%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	41	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,012	0,005	0,002	4%

Limite DN nº 1/2008: 0,01 mg/L

Para o parâmetro arsênio total (Tabela 9), observam-se violações, não superiores a 5%, que ocorreram principalmente entre as estações BP036 (Melo Franco) e BP072 (Betim), onde as medianas foram iguais a 0,0004 e 0,001 mg/L, respectivamente.

Tabela 9: Análise estatística dos resultados de arsênio total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Arsênio total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	38	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0013	0,0061	0,0802	0,0036	0,013	3%
BP068 - Mário Campos	37	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0011	0,0063	0,0214	0,0022	0,0047	5%
BP070 - S. J. de Bicas	38	0,0003	0,0003	0,0003	0,0007	0,0012	0,0035	0,0103	0,0015	0,0023	3%
BP072 - Betim	38	0,0003	0,0003	0,0003	0,001	0,0023	0,0058	0,0142	0,0021	0,0033	5%
BP082 - Esmeraldas	38	0,0003	0,0003	0,0003	0,0007	0,0011	0,0029	0,0089	0,0012	0,0017	0%
BP083 - Paraopeba	38	0,0003	0,0003	0,0003	0,0005	0,001	0,0024	0,0041	0,0009	0,001	0%
BP078 - Pompéu	38	0,0003	0,0003	0,0003	0,0005	0,001	0,0031	0,012	0,0014	0,0023	3%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	22	0,0003	0,0003	0,0003	0,0007	0,001	0,001	0,0039	0,0008	0,0008	0%

Limite DN nº 1/2008: 0,01 mg/L

O cromo total apresentou violações, também, somente nas estações localizadas em Brumadinho (BP036), Mário Campos (BP068) e Betim (BP072), conforme apresentado na Tabela 10. As violações ocorreram nessas estações nos anos 2008 e 2009, sempre no mês de fevereiro.

Tabela 10: Análise estatística dos resultados de cromo total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Cromo total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	47	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,055	0,041	0,003	2%
BP068 - Mário Campos	46	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06	0,041	0,004	2%
BP070 - S. J. de Bicas	47	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,041	0,002	0%
BP072 - Betim	62	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,057	0,041	0,003	2%
BP082 - Esmeraldas	47	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,041	0,002	0%
BP083 - Paraopeba	47	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,002	0%
BP078 - Pompéu	47	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,002	0%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	30	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0	0%

Limite DN nº 1/2008: 0,05 mg/L

Comportamento oposto é observado para as violações do níquel total e zinco total em que as violações são predominantes no trecho mais a jusante, entre as estações BP072 (Betim) e BP099 (Pompéu) (Tabela 11 e Tabela 12). Contudo, as ocorrências dessas violações foram bem pontuais ao longo da série histórica, como é possível verificar pela baixa frequência de violações.

Tabela 11: Análise estatística dos resultados de níquel total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Níquel Total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	38	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,013	0,026	0,006	0,005	3%
BP068 - Mário Campos	37	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,009	0,022	0,006	0,005	0%
BP070 - S. J. de Bicas	38	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,013	0,019	0,006	0,004	0%
BP072 - Betim	74	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,011	0,03	0,006	0,005	3%
BP082 - Esmeraldas	38	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,011	0,022	0,006	0,004	0%
BP083 - Paraopeba	38	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006	0,013	0,087	0,007	0,014	3%
BP078 - Pompéu	38	0,004	0,004	0,004	0,004	0,007	0,012	0,035	0,006	0,006	3%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	22	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,023	0,005	0,004	0%

Limite DN nº 1/2008: 0,025 mg/L

Tabela 12: Análise estatística dos resultados de zinco total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Zinco Total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	38	0,01	0,02	0,02	0,02	0,039	0,07	0,1	0,032	0,021	0%
BP068 - Mário Campos	37	0,01	0,02	0,02	0,02	0,032	0,07	0,098	0,032	0,021	0%
BP070 - S. J. de Bicas	38	0,02	0,02	0,02	0,026	0,05	0,08	0,1	0,038	0,024	0%
BP072 - Betim	74	0,02	0,02	0,02	0,02	0,05	0,098	0,43	0,047	0,06	5%
BP082 - Esmeraldas	38	0,02	0,02	0,02	0,023	0,05	0,06	0,349	0,041	0,054	3%
BP083 - Paraopeba	74	0,02	0,02	0,02	0,022	0,04	0,06	0,325	0,039	0,048	5%
BP078 - Pompéu	38	0,02	0,02	0,02	0,031	0,06	0,07	0,337	0,047	0,052	3%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	33	0,02	0,02	0,02	0,02	0,031	0,06	0,375	0,038	0,062	3%

Limite DN nº 1/2008: 0,18 mg/L

Na Tabela 13 é apresentada a estatística descritiva dos resultados de cobre dissolvido. Ao avaliar os resultados da série histórica de cobre dissolvido verificaram-se violações apenas nas estações BP036 e BP083, mas também com baixa frequência de ocorrência de violações (4%).

Tabela 13: Análise estatística dos resultados de cobre dissolvido no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Cobre Dissolvido - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	27	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,015	0,004	0,002	4%
BP068 - Mário Campos	26	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0%
BP070 - S. J. de Bicas	27	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0%
BP072 - Betim	27	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0%
BP082 - Esmeraldas	27	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0%
BP083 - Paraopeba	52	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,01	0,004	0,001	4%
BP078 - Pompéu	52	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,008	0,004	0,001	0%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	41	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0	0%

Limite DN nº 1/2008: 0,009 mg/L

Em relação ao mercúrio total e ao cádmio total (Tabela 14 e Tabela 15), no trecho analisado do rio Paraopeba, nenhuma violação ao padrão legal foi observada na série histórica de dados, a exceção de uma amostra na estação BP068 para cádmio total (violação ocorrida em outubro de 2000).

Tabela 14: Análise estatística dos resultados de mercúrio total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Mercúrio Total - µg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	38	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP068 - Mário Campos	37	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP070 - S. J. de Bicas	38	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP072 - Betim	38	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP082 - Esmeraldas	38	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP083 - Paraopeba	38	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP078 - Pompéu	38	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	22	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0	0%

Limite DN nº 1/2008: 0,2 µg/L

Tabela 15: Análise estatística dos resultados de cádmio total no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Cádmio Total - mg/L	N Válido	Mín.	P10	P25	Mediana	P75	P90	Máx.	Média	DP	Violações
BP036 - Melo Franco	74	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0%
BP068 - Mário Campos	73	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0014	0,0005	0,0001	1%
BP070 - S. J. de Bicas	74	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0006	0,0005	0	0%
BP072 - Betim	74	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0%
BP082 - Esmeraldas	74	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0%
BP083 - Paraopeba	74	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0008	0,0005	0	0%
BP078 - Pompéu	74	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0%
BP099 - jusante UHE Retiro Baixo	41	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0,0005	0	0%

Limite DN nº 1/2008: 0,001 mg/L

Ressaltam-se as estações BP036 e BP072, localizadas em Melo Franco e Betim, respectivamente, que apresentaram violações para a maioria dos parâmetros analisados.

O comportamento geral de violações de todos os parâmetros, ao longo do rio Paraopeba, pode ser visualizado na Tabela 16.

Tabela 16: Tabela resumo das violações no período de 2000 a 2018, em estações de monitoramento do rio Paraopeba.

Estações	BP036 - Melo Franco	BP068 - Mário Campos	BP070 - S. J. de Bicas	BP072 - Betim	BP082 - Esmeraldas	BP083 - Paraopeba	BP078 - Pompéu	BP099 - jusante UHE Retiro Baixo
Turb.	25%	20%	23%	23%	24%	28%	29%	5%
OD	1%	0%	1%	3%	1%	0%	1%	0%
Fe_{dissolvido}	28%	20%	26%	34%	20%	8%	9%	4%
Mn_T	92%	84%	79%	71%	58%	60%	58%	11%
Al_{dissolvido}	32%	23%	41%	36%	27%	23%	36%	27%
Pb_T	12%	8%	11%	16%	12%	11%	9%	4%
As_T	3%	5%	3%	5%	0%	0%	3%	0%
Cr_T	2%	2%	0%	2%	0%	0%	0%	0%
Ni_T	3%	0%	0%	3%	0%	3%	3%	0%
Zn_T	0%	0%	0%	5%	3%	5%	3%	3%
Cu_{dissolvido}	4%	0%	0%	0%	0%	4%	0%	0%
Hg_T	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Cd_T	0%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Elaboração do Boletim:

GERÊNCIA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS
INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS