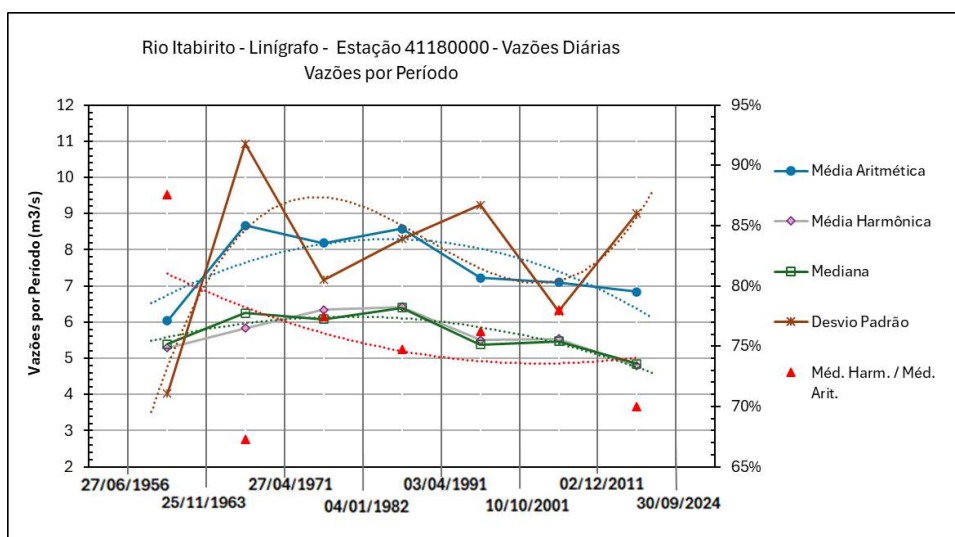


**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

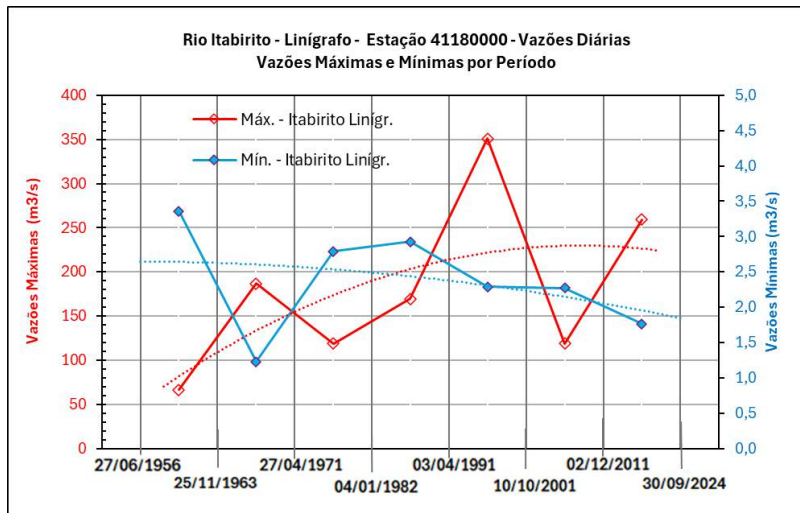
O gráfico a seguir apresenta a evolução de algumas das medidas estatísticas ao longo da duração da série. Pode-se visualizar, assim como no caso de Honório Bicalho, uma tendência de queda nos valores das médias e da mediana (denotada pela curva polinomial de regressão), o que indica que, de forma geral, as vazões têm se reduzido a começar da década de 1990, o que pode ser resultante de mudanças na disponibilidade de água ao longo do tempo, que tanto podem relacionadas a fatores climáticos, quando a alterações no uso das águas superficiais e subterrâneas. Observa-se uma leve tendência a redução do desvio padrão ao longo do tempo o que talvez esteja associado a uma alteração mais ou menos uniforme do padrão de vazões altas e baixas, padrão esse que se reflete também na tendência mostrada pela curva polinomial de regressão dos pontos da relação entre as médias harmônica e aritmética, pois há um decréscimo do valor dessa relação quando o valor do desvio padrão aumenta.

A tendência geral de redução da mediana e da média harmônica pode ser considerada um indicador da redução progressiva das baixas vazões do rio, o que impacta diretamente sobre a segurança hídrica da RMBH.



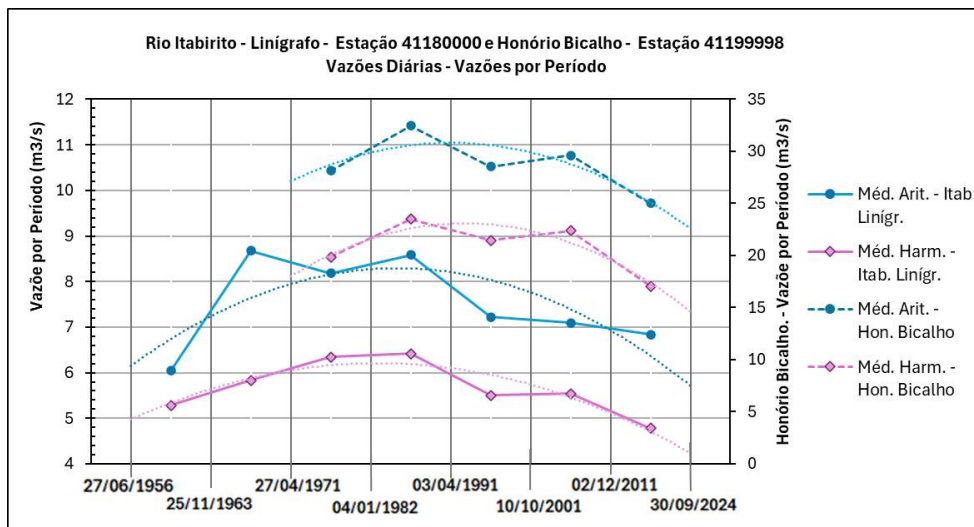
**Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação**

O gráfico a seguir pode ser considerado como confirmação das tendências, já citadas acima, de aumento na intensidade das cheias e de redução das baixas vazões.



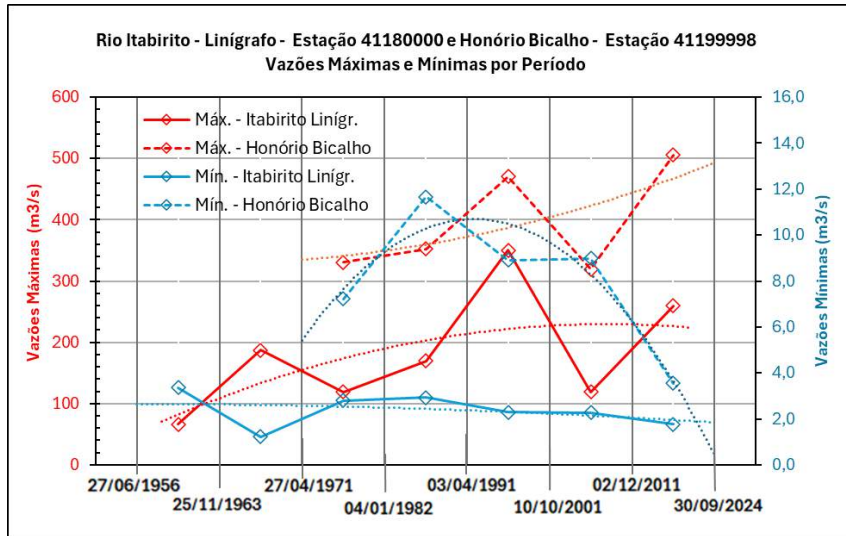
Vazões máximas e mínimas anuais na Estação – 1956 a 2024

O gráfico a seguir apresenta a comparação do comportamento das médias aritmética e harmônica nas estações de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo. A concordância de tendências entre as duas estações pode ser considerada um forte indicador tanto da redução geral das vazões no Rio das Velhas e no Rio Itabirito, no local onde as estações estão instaladas, quanto da redução das vazões mínimas e/ou aumento das máximas (indicada pela queda da média harmônica). Essa tendência, como se verá à frente, pode ser visualizada também na série da Estação Fazenda Água Limpa, situada no Rio das Velhas, a mais próxima da nascente do rio. Pode-se inferir disso que se trata de uma tendência de toda a bacia do Alto Rio das Velhas.



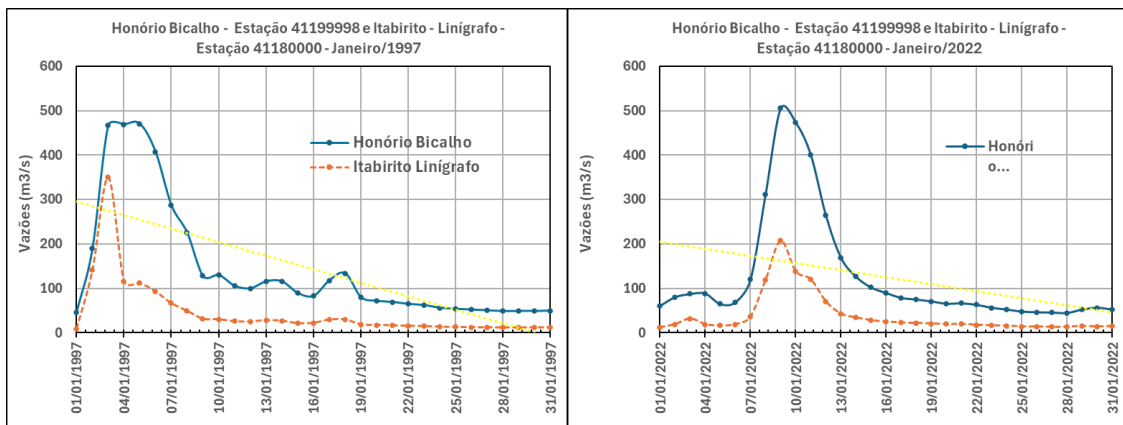
Comparação das médias aritmética e harmônica anuais nas Estações

A concordância de tendências dos registros das estações de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo também se evidencia na comparação entre as vazões máximas e mínimas dessas duas estações, mostrada no gráfico abaixo, embora a queda das vazões mínimas em Itabirito Linígrafo seja menos acentuada que em Honório Bicalho.



**Comparação das vazões máximas e mínimas anuais nas Estações**

Outro tipo de comparação que pode ser feita, com o objetivo de verificar a concordância comportamentos, diz respeito aos hidrogramas em períodos específicos das séries. A título de exemplo apresenta-se a seguir os hidrogramas dos meses de janeiro de 1997 e janeiro de 2022, em que ocorreram cheias excepcionais.



**Hidrogramas das cheias de 1997 e 2022 em Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo**

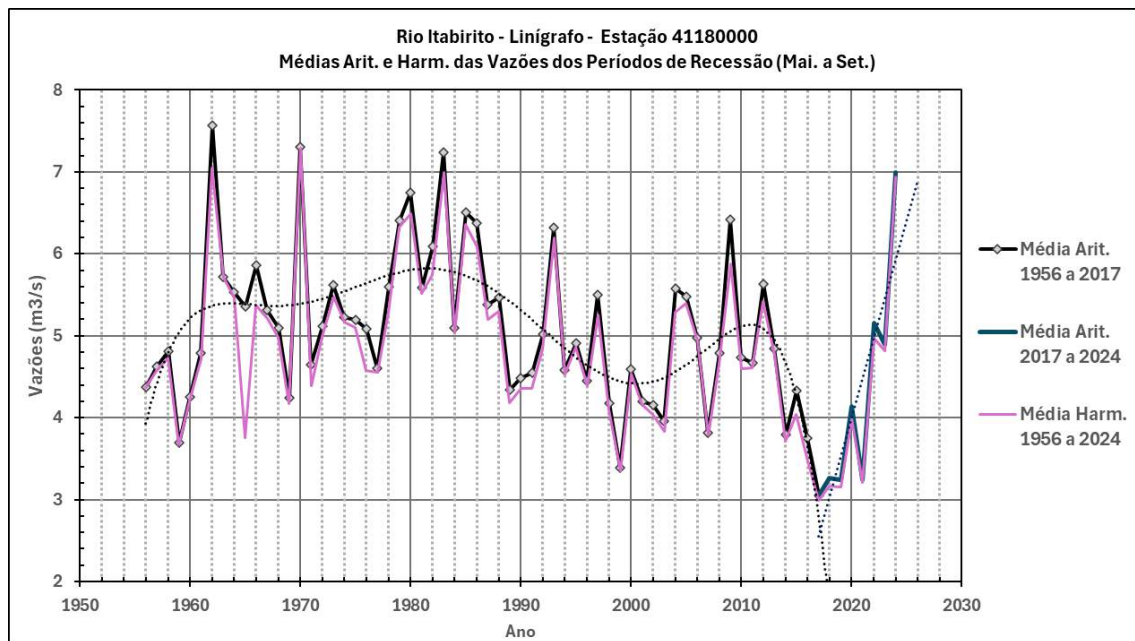
Em geral há concordância na forma geral dos dois hidrogramas, o que aponta para uma pluviosidade quase que igualmente distribuída em toda a bacia do Alto Velhas. No entanto, em 1997 há um pico de cheia em Itabirito no dia 3, seguido de uma redução acentuada das vazões, enquanto em Honório Bicalho as vazões permaneceram em um patamar de quase 500 m<sup>3</sup>/s durante alguns dias, caindo depois progressivamente. Isso sugere que a sub-bacia do Rio Itabirito recebeu maior volume de chuvas somente nos dois ou três primeiros dias daquele mês de janeiro, mas outras partes da bacia do Alto Velhas continuaram a receber altos volumes de precipitação, apesar de a bacia, como um todo, não ocupar uma área não tão extensa e de ser esperado uma distribuição de chuvas não muito diferente em toda ela.

Por outro lado, o aspecto dos hidrogramas das duas estações em janeiro de 2022 é bem mais parecido, sugerindo uma distribuição mais uniforme das chuvas na bacia. Outro ponto a notar com relação aos picos de vazão no princípio do mês, é que em 1997 a vazão máxima no Rio Itabirito chegou a 75% da vazão máxima em Honório Bicalho e em 2022, a 41% apenas. Essas diferenças de intensidade e de duração refletem a distribuição não totalmente uniforme das

chuvas na bacia como um todo, embora com características semelhantes em toda ela em um mesmo período.

#### 6.5.1.1 *Períodos Secos de 1956 a 2024*

Como feito para a Estação Honório Bicalho, apresenta-se, a seguir, uma análise preliminar do comportamento das **vazões médias durante o período de recessão** (período seco do ano: início de maio até o final de setembro, para o caso da bacia do Alto Velhas). Abaixo, o gráfico com as médias de cada período de recessão, de todos os anos da duração de série.



**Médias aritmética e harmônica dos períodos secos (1º/maio e 30/setembro)**

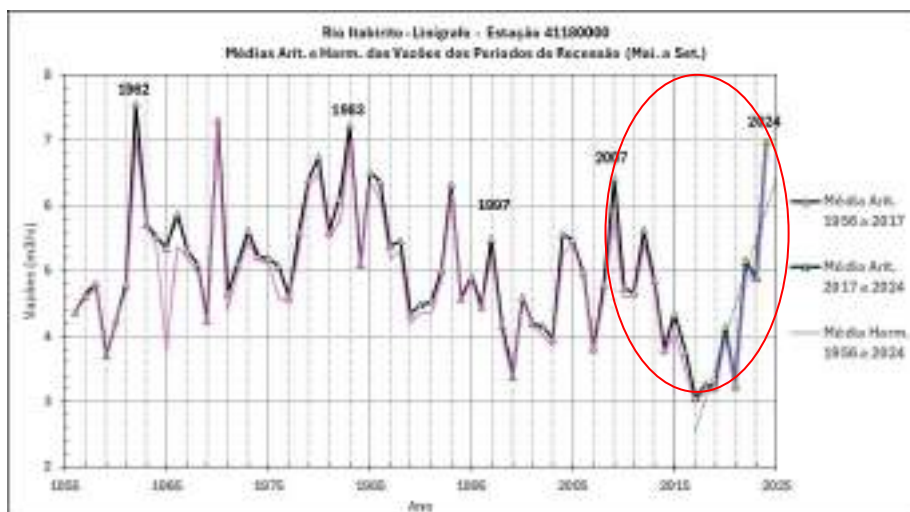
Como no caso de Honório Bicalho, a média aritmética e a harmônica têm valores praticamente coincidentes devido à pequena variabilidade das vazões durante o período de recessão (pequeno desvio padrão). O polinômio de interpolação também é utilizado aqui somente apontar um comportamento geral, com ênfase na queda acentuada das vazões de 2014 a 2017, seguida de uma recuperação a começar de 2018 e indicada pela reta inclinada.

A pior seca já registrada na RMBH foi a de 1961, com 198 dias sem chuva. Em 2024, a região ficou 153 dias sem chuva, a pior marca desde 1961. Os valores das vazões médias dos períodos secos de 1961 e de 2024, no entanto, foram influenciados não só pela duração dos períodos sem chuva, mas também pela pluviosidade dos dois ou três períodos úmidos anteriores. Quanto a 2024, é possível que seja necessário incluir na análise das influências, as de origem antrópica.

Visualmente, é possível identificar também aqui, mas agora para um período de quase 70 anos, tendência gerais e ciclos, como descrito a seguir.

O período de 2009 a 2024, destacado abaixo por meio de um círculo, com as curvas de vazão média do período seco formando um grande “V”, não encontra similar nos anos anteriores, desde o início da série. O início desse período pode ser considerado em 2009 devido ao aspecto das curvas, com o pico de 2012 inferior ao de 2009, o que não ocorreu, de forma tão evidente, em Honório Bicalho, em que o ciclo parece ter se iniciado em 2012. Como já comentado, esse ciclo, que pode ser efeito de sazonalidades, talvez tenha sido influenciado, em sua duração intensidade dos limites superior e inferior de vazões, pelas mudanças climáticas, não sendo possível prever se algo semelhante poderá ocorrer no futuro. As retas tracejadas inseridas no gráfico assinalam tendências de longo prazo, identificadas visualmente, de aumento e de

redução das vazões mínimas dos períodos secos em períodos de aproximadamente 25 e 40 anos respectivamente, com os menores valores mínimos sendo os de 2017 a 2019.

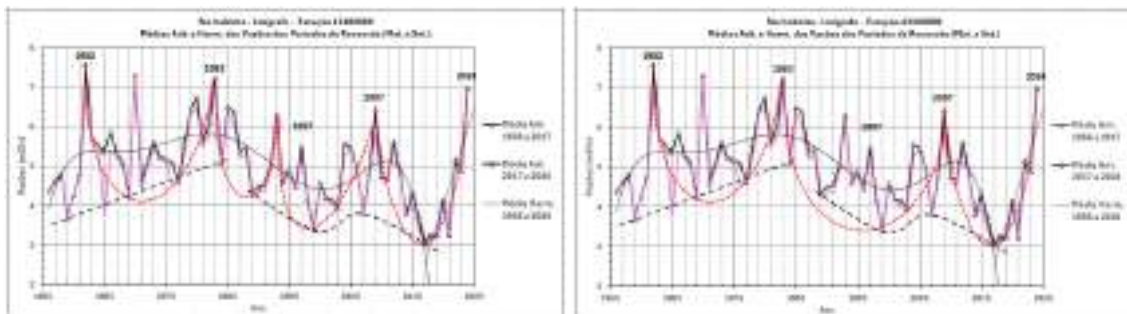
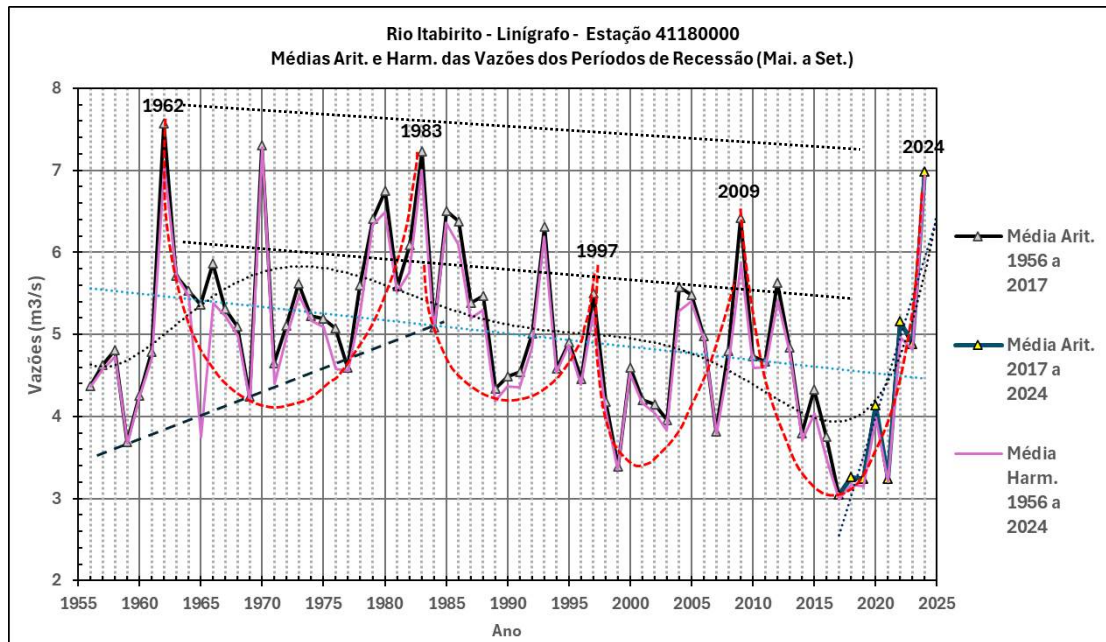


**Médias aritmética e harmônica dos períodos secos (1º/maio e 30/setembro)**

Visualmente, como exercício avaliação, pode-se observar ainda, nesse gráfico dos períodos de recessão dos últimos 70 anos, três ou quatro ciclos maiores, que sugerem, nos últimos 40 anos uma tendência de encurtamento da sua duração e do agravamento das secas, ou seja, da redução das médias das baixas vazões. Esses possíveis ciclos – com duração variada e estimada pelo aspecto das curvas – estão esboçados, a seguir, pelas linhas pontilhadas vermelhas em forma de “U”. O polinômio de interpolação que foi utilizado para o período que vai do início da série a 2017, sugere a existência desses ciclos, inclusive na década de 1950 (antes do início da série da estação). As retas pontilhadas, tanto a de regressão (da parte central do gráfico) quanto a traçada pelos pontos máximos (1962, 1983 e 2024) assinalam uma tendência geral de queda dos maiores valores das médias das vazões do período seco ao longo do tempo e as linhas tracejadas na parte inferior das curvas sugerem um crescimento dos valores dos menores valores das médias de 1956 a 1984 e queda nos últimos 40 anos.

**De qualquer forma, a tendência geral – que pode representar a tendência de toda a bacia do Alto Rio das Velhas – é de redução das vazões do período seco desde 1960 até o presente, o que é bastante significativo em termos de segurança hídrica. Essa redução pode estar relacionada a um declínio de chuvas, o que será avaliado ao longo dos estudos que estão sendo feitos, mas é um indicador robusto para a necessidade de evitar ações antrópicas, localizadas na região, que contribuam para agravar essa tendência.**

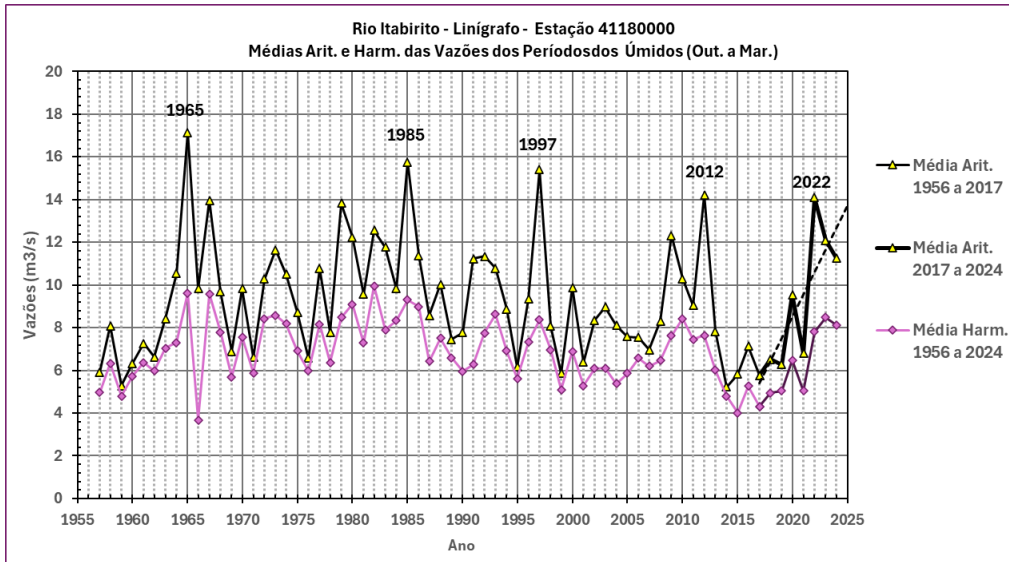
As análises estatísticas a serem feitas nas próximas etapas desse trabalho poderão corroborar ou não as hipóteses de ciclos aqui formuladas.



Médias aritmética e harmônica dos períodos secos (1º/maio e 30/setembro) e possíveis comportamentos cíclicos

### 6.5.1.2 Períodos Úmidos de 1956 a 2024

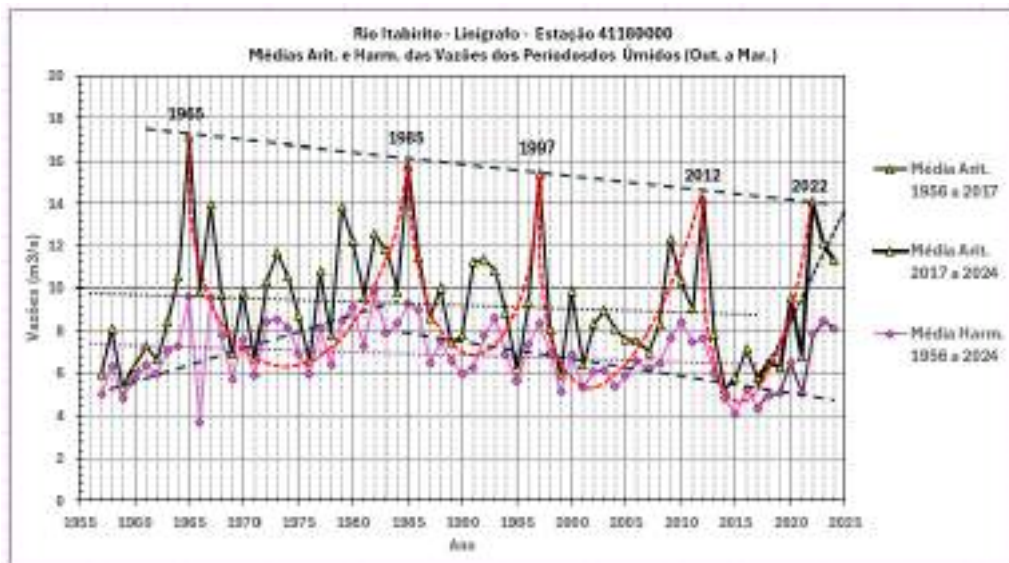
No gráfico abaixo, das **médias dos períodos úmidos**, pode-se ver a diferença entre as médias aritmética e harmônica, a qual se deve à grande variabilidade de vazões nesses períodos. Destacam-se, nos últimos anos da série, como em Honório Bicalho, as vazões muito baixas dos períodos úmidos 2013-2014 a 2018-2019, inclusive, e de 2020-2021, devido à baixa pluviosidade, que influenciaram muito nas vazões do Rio das Velhas nos períodos de estiagem. Os períodos úmidos de 2012-13 a 2018-19 tiveram vazões (pluviosidade) mais baixas que as dos períodos de baixas vazões de 1997-98 a 2007-08.



**Médias aritmética e harmônica dos períodos úmidos (1º/outubro e 30/abril)**

De maneira similar ao que foi apresentado no item anterior, na parte central do gráfico mais completo, mostrado abaixo, a declividade negativa das retas (pontilhadas) de regressão do período que vai do início da série a 2017 mostra, tanto para a média aritmética quanto para a geométrica, uma tendência geral de redução das vazões durante o período chuvoso. Destacado da série, mostra-se o período de 2017 até o presente ano com forte tendência de aumento das vazões até 2022. As retas apresentam declividade menor, mas ainda negativa, se a regressão incluir a série completa.

A existência de quatro ciclos nesse gráfico parece ser mais nítida visualmente que no caso dos períodos secos, conforme se mostra a seguir. **Como no caso anterior, o ciclo mais recente é o de menor duração, o que tem menores vazões, e não apresenta, como os outros, picos de vazão pronunciados entre os dois maiores que marcam seu início e seu fim.** As análises estatísticas a serem feitas nas próximas etapas desse trabalho poderão corroborar ou não as hipóteses de ciclos aqui formuladas.



**Médias aritmética e harmônica dos períodos úmidos (1º/outubro e 30/abril) e possíveis comportamentos cíclicos**

No gráfico acima reta tracejada dos maiores valores das médias das vazões dos períodos úmidos, que passa pelos picos dos anos de 1965, 1985, 1997, 2012 e 2022, mostra a tendência de declínio contínuo dessas médias desde 1965. Os intervalos de tempo decorridos entre esses picos são de 20, 12, 15 e 10 anos respectivamente, podendo significar uma redução na duração dos ciclos identificados visualmente (o que precisará ser confirmado por análises estatísticas apropriadas a serem feitas, como já comentado). As retas tracejadas na parte inferior das curvas sugerem um crescimento dos valores dos menores valores das médias de 1956 a 1984 e queda nos últimos 40 anos, como no caso dos períodos secos.

**A redução das vazões médias dos períodos úmidos nos últimos 60 anos corrobora a tendência similar já identificada para os períodos secos e representa risco acentuado para a segurança hídrica da RMBH.**

O que foi observado em Honório Bicalho, em um período de 40 anos, estende-se aqui para o dos últimos 70 anos: em toda a série mostrada no gráfico dos períodos úmidos, desde 1956, o único período úmido similar ao de 2013-14 a 2019-20 (6 anos, vazão média de 6,12 m<sup>3</sup>/s), foi o de 1956-1957 a 1962-1963 (6 anos, vazão média de 6,59 m<sup>3</sup>/s).

A tabela a seguir inclui os **11 períodos úmidos** com menor vazão média (aritmética) dos 68 anos da série analisada. O período de menor vazão média de toda a série foi o de 2013-14 e dos onze períodos mais secos da série, cinco ocorreram nos últimos 11 anos

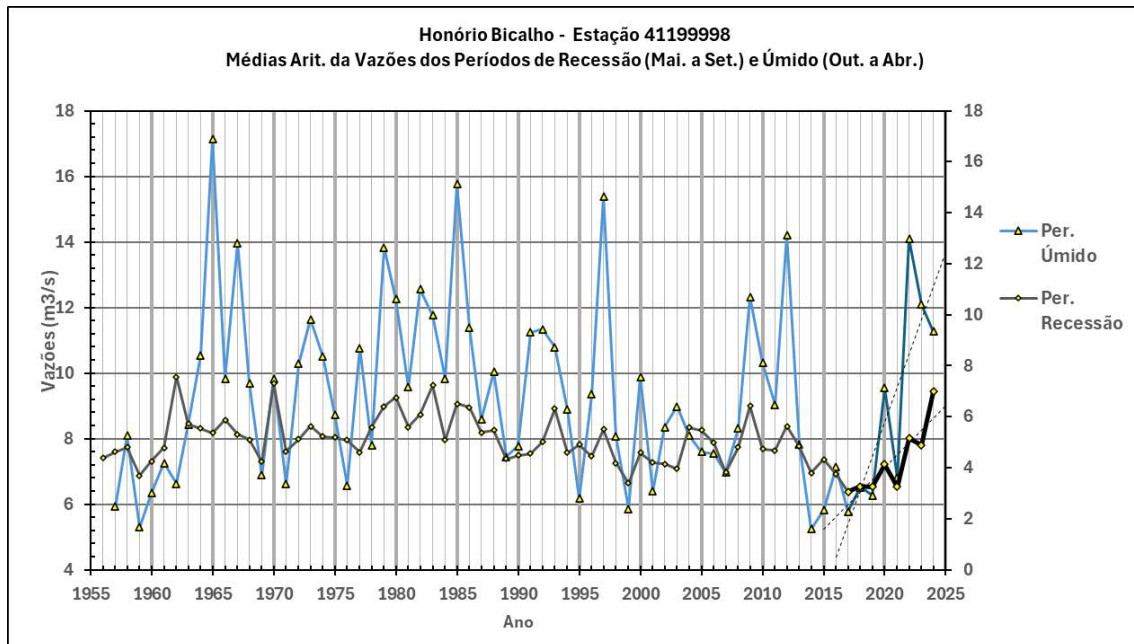
Classif.	Per. Úmido	Média Arit.	Classif	Per. Úmido	Média Ar
1	2013-14	5,23	6	1956-57	5,92
2	1958-59	5,29	2	1958-59	5,29
3	2016-17	5,77	9	1959-60	6,33
4	2014-15	5,82	7	1994-95	6,17
5	1998-99	5,86	5	1998-99	5,86
6	1956-57	5,92	10	2000-01	6,39
7	1994-95	6,17	1	2013-14	5,23
8	2018-19	6,27	4	2014-15	5,82
9	1959-60	6,33	3	2016-17	5,77
10	2000-01	6,39	11	2017-18	6,52
11	2017-18	6,52	8	2018-19	6,27

**Períodos úmidos com menores vazões em toda a série**

### 6.5.1.3 Períodos Úmidos e Períodos Secos de 1956 a 2024

Como feito para Honório Bicalho, a seguir se sobrepõe as curvas de médias aritméticas do período de recessão e do período úmido imediatamente anterior a ele, ou seja, que engloba os meses de outubro a dezembro do ano anterior e de janeiro a abril do ano a que se refere o período de recessão. As vazões do período úmido representam a pluviosidade desse período, o que permite avaliar a influência das chuvas do período úmido no comportamento das vazões do período seco a ele subsequente. Para melhor representar a evolução e a proporção das vazões, utiliza-se nos dois eixos (direito e esquerdo) a mesma escala, porém com um deslocamento de valores para resultar em uma sobreposição de curvas que facilite a comparação dos picos e vales.

Nota-se que os picos de vazão (chuvas) dos períodos 2019-2020 (ponto do ano 2020 no gráfico) e 2021-2022 (ponto do ano 2022) refletiram-se na recuperação das vazões da época de seca.



Como já comentado no item referente a Honório Bicalho, em geral, um aumento da média das vazões durante a recessão corresponde ao aumento da média do período úmido anterior e vice-versa (picos e vales das duas curvas), porém a resposta do aumento ou redução das vazões durante a recessão se faz em proporção bem menor que do que as das correspondentes alterações do período úmido anterior, ou seja, as vazões durante a estiagem são sensíveis, porém não na mesma proporção, aos índices de pluviosidade do período anterior e, em alguns pontos, se nota até mesmo a influência dos dois últimos períodos úmidos anteriores.

No entanto, sempre que há quedas sucessivas na vazão média (pluviosidade) em dois períodos úmidos, sempre há queda na vazão do período seco a eles posterior. A única exceção é a do ano de 2024: a média do período úmido de 2022-23 foi menor que a de 2021-22 e a de 2023-24 foi menor que a de 2022-23 (duas quedas sucessivas). O período seco de 2023 teve vazão menor que o de 2022 em resposta à queda de 2021-23, mas o período seco de 2024 – ano de seca histórica – teve sua vazão média aumentada, o que não se verifica ao longo de toda a série.

A média de 2023 foi de 4,9 m<sup>3</sup>/s e a de 2024 foi de 7,0 m<sup>3</sup>/s, um aumento de 143% em um ano de seca intensa e depois de dois períodos úmidos com vazões sucessivamente menores. Esse fato permite cogitar que esteja sendo feito aumento do aporte contínuo, em córregos e ribeirões, de águas bombeadas de cavas de mineração, hipótese que será abordada novamente no próximo item.

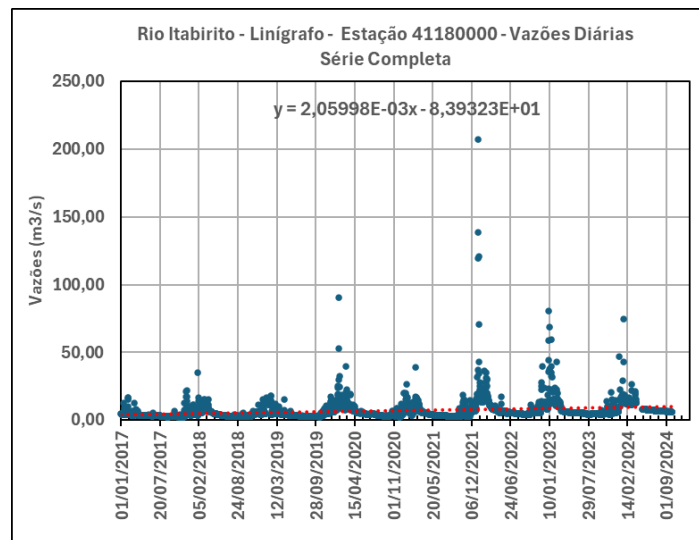
### 6.5.2 Período de 2017 a 2024 em Itabirito Linígrafo

Conforme já descrito no item anterior, na série de pouco mais de 68 anos da Estação Itabirito – Linígrafo disponível no portal HidroWeb faltam apenas os dados relativos aos dias 1º e 2 de janeiro de 2024 e aos trinta dias do mês de abril de 2024, ou seja, faltam somente 32 valores em um total de 24.963 se a série estivesse completa. Dessa forma, a análise dos dados dos anos de 2017 a 2024 pode resultar em uma base mais confiável para comparação com os resultados das análises do mesmo período em outras estações da bacia do Alto Rio das Velhas, principalmente daquelas estações cujas séries estão incompletas.

A análise preliminar dos dados da série disponíveis resultou nos seguintes parâmetros característicos:

	Série Completa	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Data do início do período	01/01/2017	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020	01/01/2021	01/01/2022	01/01/2023	01/01/2024	-
Data do final do período	30/09/2024	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022	31/12/2023	30/09/2024	-
Quantidade de dias da série	2830	365	365	365	366	365	365	365	274	-
Abrangência dos dados no período	98,87%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	88,32%	-
Total de dados	2798	365	365	365	366	365	365	365	242	
Média Aritmética	6,99	4,17	5,01	5,33	7,03	5,82	10,93	8,37	10,38	m <sup>3</sup> /s
Mediana	4,99	3,48	3,99	4,13	4,88	4,29	6,30	5,62	7,65	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	4,82	3,54	4,08	4,14	4,88	4,40	6,87	6,01	8,60	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	68,97%	84,99%	81,44%	77,59%	69,43%	75,64%	62,81%	71,81%	82,89%	%
Desvio padrão	8,18	2,58	3,09	3,35	7,04	4,10	16,56	8,66	6,76	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	1.688,82	131,09	157,92	168,20	222,45	183,63	344,72	263,82	216,98	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	7,8%	9,4%	10,0%	13,2%	10,9%	20,4%	15,6%	12,8%	%
Vazão diária máxima do período	207,35	21,78	35,38	18,22	90,78	39,29	207,35	80,45	74,57	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	2,21	2,21	2,48	2,36	2,30	2,66	4,01	3,76	6,12	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	93,63	9,84	14,29	7,72	39,53	14,77	51,74	21,39	12,18	m <sup>3</sup> /s

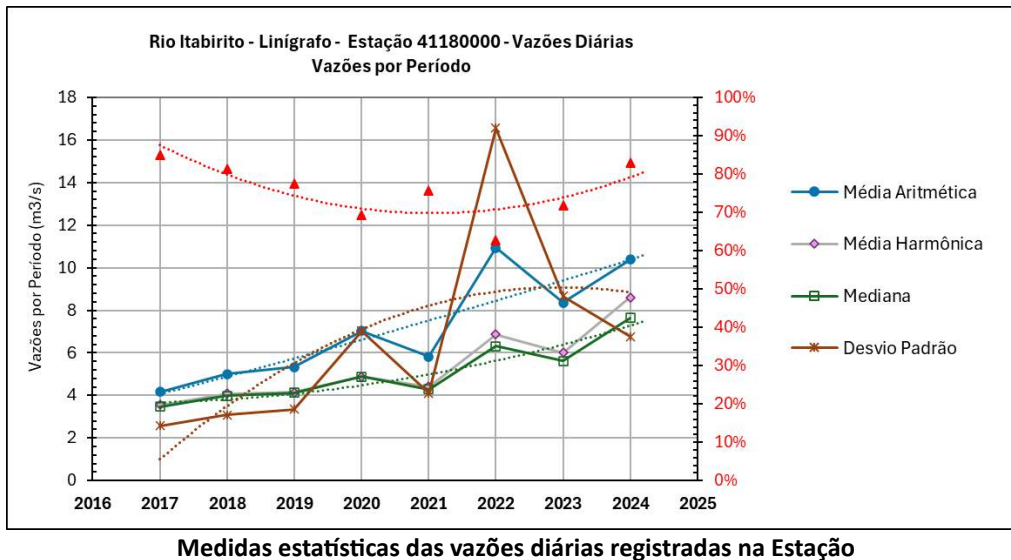
O gráfico abaixo apresenta a distribuição dos pontos de vazões horárias durante todo o período abrangido pela série disponível:



**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

A equação da reta obtida por regressão linear, incluída no gráfico, tem coeficiente da variável positivo, o que indica uma tendência de aumento da vazão ao longo dos oito anos do período, embora a tendência da série, como um todo, seja de redução das vazões. É possível que essa diferença seja devida a sazonalidades.

As médias, o desvio padrão e a relação entre a média harmônica e a média aritmética da tabela estão representados no gráfico a seguir.



Os polinômios de regressão (linhas pontilhadas) podem ser considerados uma indicação preliminar de tendências:

- aumento nas médias aritmética e harmônica das vazões, bem como na mediana principalmente a partir de 2021, o que indica não apenas um incremento geral nas vazões, mas também um aumento dos valores das baixas vazões e/ou redução dos valores das vazões mais altas; essa tendência pode ser atribuída a sazonalidades, uma vez que a tendência da série completa é a de redução das vazões menores; no entanto, outras possibilidades devem ser investigadas, principalmente tendo em conta o significativo aumento das vazões mínimas em 2024 (ver abaixo).
- o pico de vazões e do desvio padrão em 2022, como nos demais casos, se deve principalmente ao evento extremo de chuvas de janeiro daquele ano;
- a relação entre os dois tipos de média, visualizada pelos pontos marcados com triângulos vermelhos, corresponde às diferenças entre vazões maiores e menores, tal como o desvio padrão; a tendência geral desse desvio, assim como a das duas médias e da mediana, é a de crescimento, embora o seu valor tenha decrescido em 2023 e 2024, indicando menor diferença entre os valores máximos e mínimos de vazões;

O gráfico a seguir apresenta a evolução das vazões máximas e das mínimas de cada ano do período selecionado. Pode-se ver que há uma tendência geral de crescimento das vazões máximas até 2022 e das mínimas, principalmente a partir de 2021.

A vazão mínima de 2023 foi de 3,76 m<sup>3</sup>/s e a de 2024 foi de 6,12 m<sup>3</sup>/s, um aumento de 163% (2,36 m<sup>3</sup>/s) em um ano de seca intensa e depois de dois períodos úmidos com vazões sucessivamente menores. A tabela a seguir apresenta as vazões mínimas registradas em 2023 e 2024 nas estações consideradas no presente estudo. A de Itabirito Linígrafo foi a única que registrou aumento dentre as quatro que têm dados referentes a 2024.

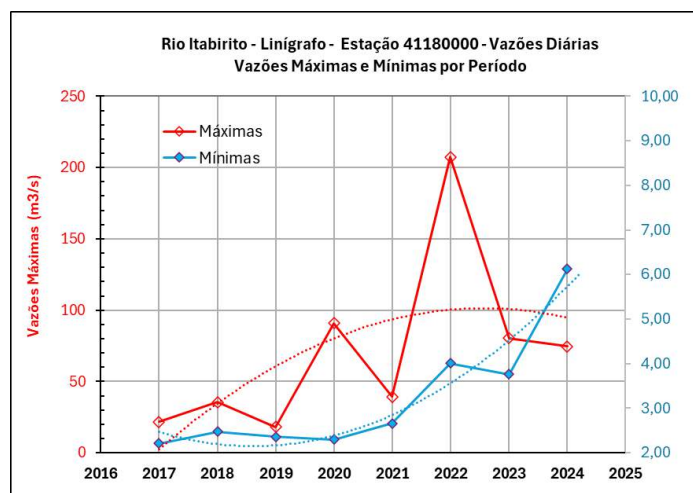
Estação	Vazão Mín. em 2023 (m <sup>3</sup> /s)	Vazão Mín. em 2024 (m <sup>3</sup> /s)	
Raposos	6,00	3,80	↓
Honório Bicalho	11,77	-	
Rio Acima	10,74	9,67	↓
PCH R. de Pedras - Rio Itabirito	-	-	
Itabirito Linígrafo	3,76	6,12	↑
PCH R. de Pedras - Barramento	2,49	-	
PCH R. de Pedras - Montante	0,35	-	

PCH R. de Pedras - Rio Maracujá	0,36	-	
Fazenda Água Limpa - Jusante	1,18	0,94	↓

Algumas possibilidades podem ser preliminarmente listadas para explicar esse aumento sem similar em toda a série analisada:

- erros de medição, o que é pouco provável pelo fato de que a seção de réguas linimétricas é recalibrada periodicamente pelo operador da estação; durante a visita técnica à estação (realizada no dia 17/09/24), pudemos constatar que os equipamentos e a seção de réguas linimétricas são novos e estão em perfeito estado;
- aumento das vazões mínimas proveniente de rebaixamento dos aquíferos e direcionamento da água bombeada para os cursos d'água, tal como feito em cavas de mineração; essa parece ser a hipótese mais provável e sua comprovação depende da obtenção de dados sobre os bombeamentos em toda a bacia do Rio Itabirito; o aumento do bombeamento, para aprofundamento e aumento das áreas das cavas, implica em aceleração da redução dos níveis das águas subterrâneas e pode estar associado à produção nas minas da sub-bacia do Rio Itabirito<sup>8</sup>.

O aumento da vazão mínima na estação Itabirito Linígrafo teve influência direta nas vazões mínimas medidas em Rio Acima e Raposos em 2024. Sem os 2,4 m<sup>3</sup>/s adicionais (com relação a 2023) do Rio Itabirito a situação, a jusante, seria bem mais grave do que foi em agosto e setembro de 2024, com **possibilidade real de ter sido necessária a declaração de situação de escassez hídrica por parte do IGAM e consequente necessidade de racionamento no abastecimento da RMBH**. A se confirmar a hipótese de ser a vazão adicional proveniente de rebaixamento de níveis de aquíferos, que diminui, ou mesmo leva a zero a vazão de nascentes no período de estiagem, **pode-se estar a reduzir problemas do presente ao custo do agravamento dos futuros**.

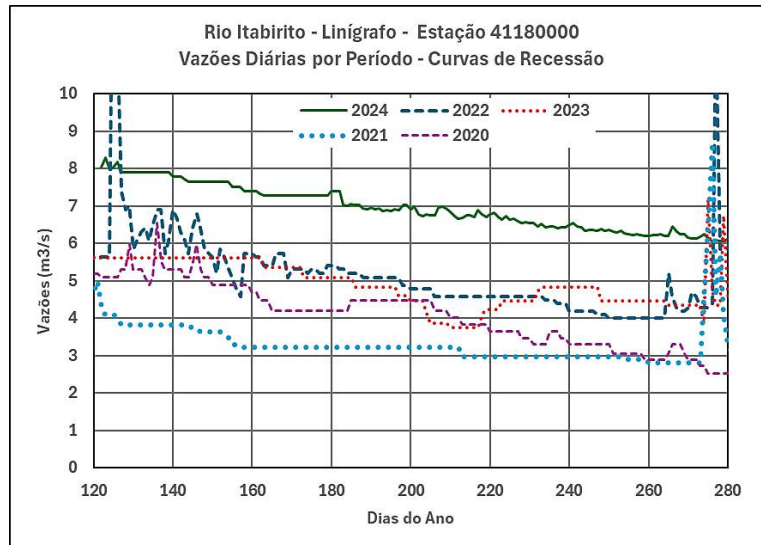


Vazões máximas e mínimas anuais na Estação – 2017 a 2022

Como exemplo de estudos investigativos que poderão ser realizados, apresenta-se a seguir os hidrogramas do período de recessão (estiagem) do Rio Itabirito, entre 1º/maio e 30/setembro

<sup>8</sup> Os principais afluentes do Rio Itabirito são o Ribeirão Mata Porcos, o Ribeirão do Silva, o Córrego do Mango e o Ribeirão Bação, em cujas bacias estão em operação as seguintes minas: Gerdau em Miguel Burnier (Barragem dos Alemães); Várzea do Lopes; Complexo de Fábrica, da Vale; Herculano; Aredes; SAFM (South American Ferro Metals); cavas da Mina do Pico e do Complexo Vargem Grande, da Vale; MSM (Mineração Serra da Moeda). A mina de Miguel Burnier é parte na bacia dos Velhas e parte na do Páraopeba, mas a barragem maior verte para o córrego dos Alemães, afluente do Sardinha.

dos anos de 2020 a 2024. A curva de recessão de 2024 apresenta vazões da ordem de 2,0 a 2,5 m<sup>3</sup>/s superiores às dos anos anteriores.



**Hidrogramas dos períodos de recessão (1º/maio e 30/setembro) de 2020 a 2024**

## 6.6 PCH RIO DE PEDRAS - BARRAMENTO – CÓD. FLUV.: 41140080

O reservatório da PCH Rio de Pedras, a jusante do qual estava situada essa estação, recebe águas do Rio das Velhas, por sua margem esquerda, provenientes da cidade de Ouro Preto, e águas do Rio de Pedras, pela margem direita, oriundas de vertentes da Serra do Gandarela. Assim, as vazões medidas nessa estação são o somatório das dos dois rios e são influenciadas pelas características de cada um deles.

As médias diárias foram calculadas com base no arquivo dos dados telemétricos (vazões registradas de hora em hora) recebidos da ANA em 04/11/2024, cobrindo o período de 04/02/2010 21:00 h até 04/11/2024 04:00 h. No entanto, foram considerados os dados somente até o dia 30/09/2024, data limite da análise de dados do presente documento.

A Estação foi desativada pela CEMIG em abril do presente ano e o último dado de vazão da série foi o registrado no dia 03/04/2024 às 10:00 h. A Estação instalada pela MANG (atual operadora) começou a ter seus dados registrados no portal HidroTelemetria às 17:00 h do dia 09/07/2024, mas somente dados de níveis estão informados a partir desse ponto, faltando os dados de vazões a eles correspondentes. Embora a data limite para análise de dados considerada no presente documento seja o dia 30/09/2024, para o caso dessa Estação o período realmente analisado vai de 04/02/2010 até 03/04/2024.

Para o cálculo das médias diárias foi necessário:

- eliminar 33.638 dados de vazão nulos (células preenchidas com a palavra “NULL”);
- eliminar 105 dados com valor zero;
- eliminar 144 valores de vazão iguais ou menores a 0,3 m<sup>3</sup>/s, por ser considerados outliers; possivelmente valores de vazão um pouco superiores também possam ser considerados outliers, pois a Estação situava-se a jusante do corpo da barragem da PCH Rio de Pedras e por ela passavam as águas provenientes tanto do Rio das Velhas quando do Rio de Pedras; ambos os rios desaguam no reservatório da PCH e a soma de suas



vazões, mesmo em períodos severos de estiagem, possivelmente não são inferiores a 0,3 m<sup>3</sup>/s.

Assim, das 118.055 horas do período, para as quais deveriam ter dados de vazões caso a série estivesse completa, somente 84.168 dados (71,30%) foram considerados válidos para a análise efetuada.

O arquivo fornecido pela ANA, abarca o período de 04/02/2010 a 03/04/2024, um total de 5.173 dias (pouco mais 14 anos). Para efeitos de comparação com os dados das outras estações telemétricas que abrangem períodos menores, foram analisados – por meio do cálculo da média dos 24 valores de vazão registrados a cada dia – os dados disponíveis entre 01º/01/2017 e 03/04/2024 (2650 dias). No entanto, é necessário observar que, devido a falhas no sistema de medição e/ou de transmissão, vários dos dias para os quais foi calculada a média não possuem os 24 registros horários de vazão por terem sido eliminados alguns, conforme exposto acima. Para esses casos, a média do dia considera somente os valores registrados.

A análise preliminar dos dados da série disponível resultou nos seguintes parâmetros característicos, referentes à série completa (2010 a 2024) e aos anos de 2010 a 2016 e 2017 a 2024:

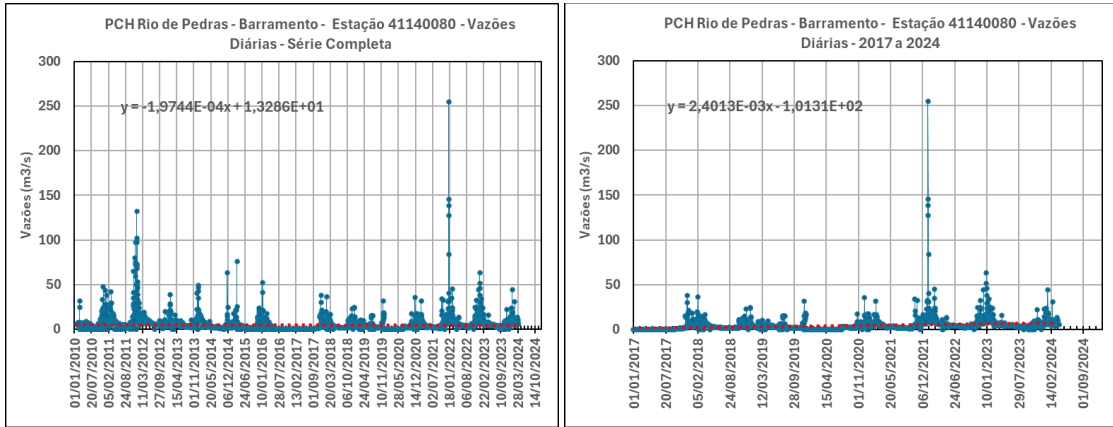
	Série Completa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Data do início do período	05/02/2010	05/02/2010	01/01/2011	01/01/2012	01/01/2013	01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	-
Data do final do período	04/04/2024	31/12/2010	31/12/2011	31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	-
Quantidade de dias da série	5173	330	365	366	365	365	365	366	-
Abrangência dos dados no período	78,19%	51,21%	95,07%	99,45%	94,79%	99,18%	80,27%	21,86%	-
Total de dados	4045	169	347	364	346	362	293	80	
Média Aritmética	6,18	7,19	9,72	9,34	5,98	3,83	4,04	6,13	m <sup>3</sup> /s
Mediana	4,10	5,90	4,99	6,50	4,30	2,24	2,53	3,86	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	3,11	5,29	5,17	5,96	4,08	1,76	2,07	3,86	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	50,29%	73,51%	53,17%	63,85%	68,29%	46,04%	51,11%	63,04%	%
Desvio padrão	9,27	6,12	12,58	12,46	6,28	4,80	5,83	7,62	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	2.160,72	104,49	291,38	293,67	178,79	119,87	102,34	42,37	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	4,8%	13,5%	13,6%	8,3%	5,5%	4,7%	2,0%	%
Vazão diária máxima do período	254,77	47,04	97,23	132,22	48,78	63,30	75,75	52,52	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,31	2,10	1,41	0,31	1,40	0,31	0,68	1,80	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	821,82	22,40	68,75	426,50	34,95	204,20	111,95	29,18	m <sup>3</sup> /s

	Série Completa	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Data do início do período	05/02/2010	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020	01/01/2021	01/01/2022	01/01/2023	01/01/2024	-
Data do final do período	04/04/2024	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022	31/12/2023	04/04/2024	-
Quantidade de dias da série	5173	365	365	365	366	365	365	365	95	-
Abrangência dos dados no período	78,19%	30,14%	96,16%	86,30%	43,17%	98,63%	99,18%	91,23%	100,00%	-
Total de dados	4045	110	351	315	158	360	362	333	95	
Média Aritmética	6,18	3,79	4,46	4,00	3,78	4,73	9,12	6,69	8,69	m <sup>3</sup> /s
Mediana	4,10	1,80	2,89	2,38	2,53	3,40	5,01	4,24	6,75	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	3,11	1,34	2,88	2,52	2,65	2,62	4,68	4,66	7,19	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	50,29%	35,43%	64,52%	63,11%	69,99%	55,31%	51,34%	69,59%	82,78%	%
Desvio padrão	9,27	5,83	3,98	3,84	3,82	4,46	19,09	6,84	5,68	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	2.160,72	35,98	135,23	108,78	51,65	147,11	285,23	192,54	71,30	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	1,7%	6,3%	5,0%	2,4%	6,8%	13,2%	8,9%	3,3%	%
Vazão diária máxima do período	254,77	37,75	35,95	31,39	35,85	34,02	254,77	63,34	44,28	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,31	0,68	1,63	1,30	1,44	0,68	1,75	2,49	4,06	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	821,82	55,13	22,07	24,15	24,91	49,85	145,96	25,47	10,90	m <sup>3</sup> /s

Destaca-se a carência de dados na série completa (apenas 78,2% do total) e nos dados referentes aos anos de 2010, 2015, 2016, 2017 e 2020 o que, como em outros casos, prejudica bastante a análise do período, fato que se soma à curta duração da série disponível (14 anos). Ainda que existam essas limitações, uma análise geral dos dados permite verificar, pela distribuição dos pontos de vazões nos gráficos abaixo, que há uma tendência de redução das vazões nos dados da série completa (coeficiente da variável da reta de regressão negativo) e uma tendência de aumento das vazões no período de 2017 a 2024, a qual talvez possa ser

atribuída também, como no caso de Itabirito Linígrafo, a vazões bombeadas de cavas de mineração, entre outras causas, embora a presença de minas a montante do ponto da estação não seja tão expressiva quando no caso do Rio Itabirito.

Selecionou-se para análise mais detalhada somente os anos de 2017 a 2024 para permitir uma comparação de dados dessa estação com os das outras da bacia.

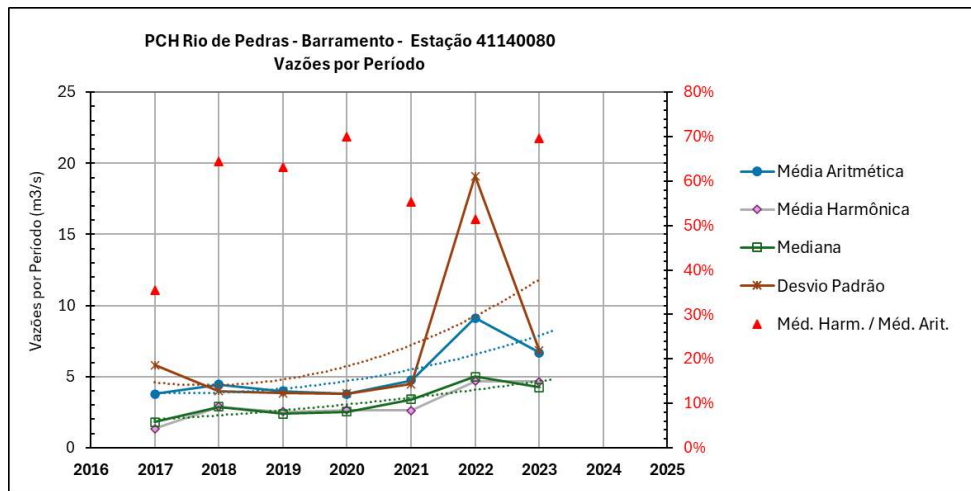


**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

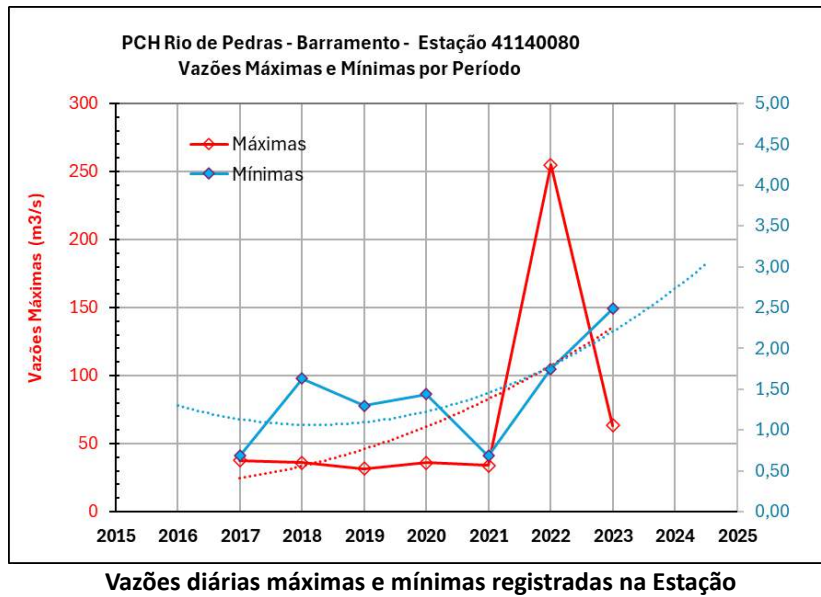
Destacam-se, nos gráficos acima, os picos de vazão da cheia recorde do dia 09/01/2022.

Como a estação foi desativada no início de abril de 2024, não foram considerados na presente análise os dados referentes a esse ano, pois faltam, na série disponível, as vazões do período de estiagem e as dos meses finais do ano.

Observa-se, nos gráficos a seguir, uma tendência de crescimento das médias, da mediana e das vazões mínimas, bem como uma certa estabilidade nos valores das máximas (exceto pelo pico do evento extremo de chuvas de 08-09/01/2022).. Trata-se, no entanto, de um período de apenas 8 anos. Como já comentado, avaliações baseadas em dados hidrológicos de séries de curta duração não podem ser conclusivas a respeito de tendências a médio e longo prazos e, assim, tendências gerais que possam ser identificadas em séries mais longas prevalecem sobre as de segmentos dessa série.



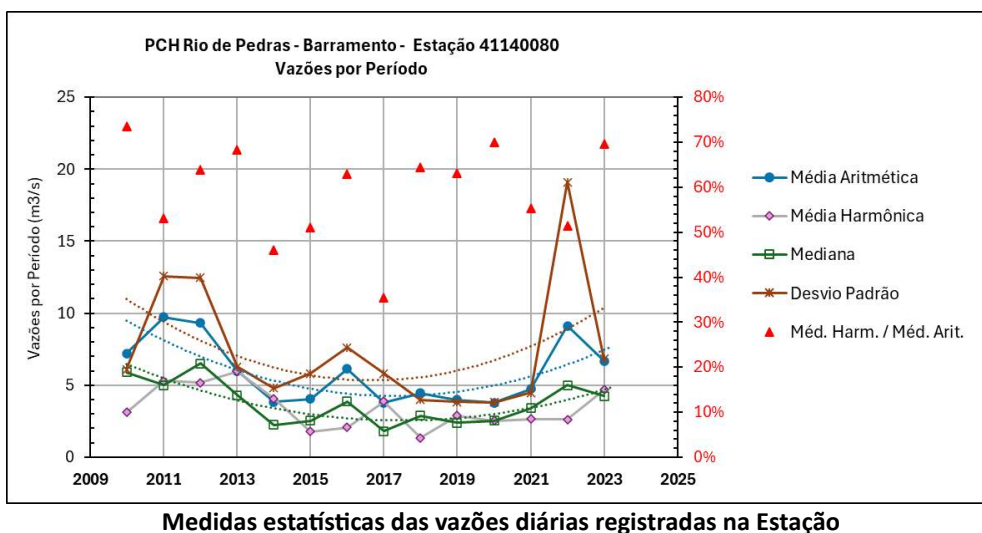
**Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação**



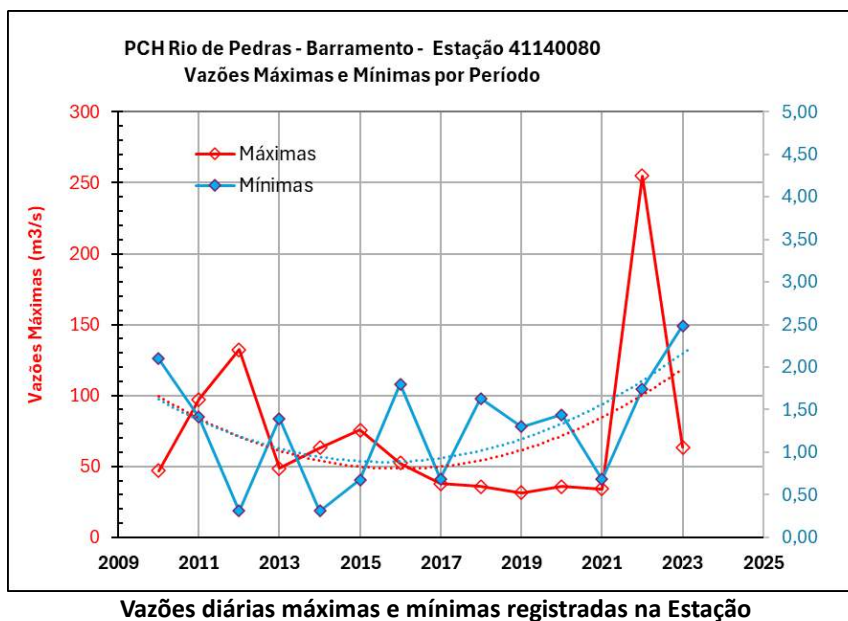
No gráfico acima destaca-se um acentuado aumento das vazões mínimas a começar em 2022, que está relacionado à pluviometria dos períodos chuvosos desde 2020, mas podem conter, também, outros componentes, conforme comentado no item referente à Estação Itabirito Linígrafo.

Com o objetivo de tentar visualizar melhor as tendências de médio prazo, apresentam-se a seguir os gráficos referentes à duração completa da série (15 anos aprox.), embora as tendências gerais observadas estejam condicionadas à quantidade de dados faltantes.

Os valores das médias e da mediana, assim como do desvio padrão, apresentam-se maiores nos anos do início e do final da série, passando por mínimos de 2013 a 2021, o que sugere um comportamento sazonal.



O expressivo aumento das vazões mínimas a partir de 2021 pode ser mais bem visualizado a seguir, quando se toma com referência as vazões anteriores a esse ano, o que chama a atenção e demanda uma análise mais detalhada de suas causas, principalmente pelo fato de a vazão mínima de 2023 ter sido a maior desde o início da série em 2010.



## 6.7 PCH RIO DE PEDRAS - MONTANTE – CÓD. FLUV.: 41152000

Essa estação situa-se no Rio das Velhas, a montante do reservatório da PCH Rio de Pedras, e mede vazões apenas desse rio, o que pode permitir uma análise mais detalhada da bacia do Velhas até sua nascente, bem como a comparação de suas medições com a da estação Água Limpa, mais a montante, também localizada no Rio das Velhas.

As médias diárias foram calculadas com base no arquivo dos dados telemétricos (vazões registradas de hora em hora) recebidos da ANA em 04/11/2024, cobrindo o período de 04/02/2010 21:00 h até 04/11/2024 04:00 h. No entanto, foram considerados os dados somente até o dia 30/09/2024, data limite da análise de dados do presente documento.

A Estação foi desativada pela CEMIG em abril do presente ano e o último dado de vazão da série foi o registrado no dia 03/04/2024 às 16:00 h. A Estação instalada pela MANG (atual operadora) começou a ter seus dados registrados no portal HidroTelemetria às 15:00 h do dia 11/07/2024, mas somente dados de níveis estão informados a partir desse ponto, faltando os dados de vazões a eles correspondentes.

Como no caso da estação do Barramento da PCH, a Estação PCH Rio de Pedras - Montante foi desativada no início de abril de 2024 e, por esse motivo, não foram considerados na presente análise os dados referentes a esse ano, pois faltam, na série disponível, as vazões do período de estiagem e as dos meses finais do ano.

Para o cálculo das médias diárias foi necessário:

- eliminar 9.279 dados de vazão nulos (células preenchidas com a palavra “NULL”);
- eliminar 79 dados com valor zero;
- eliminar 487 valores de vazão iguais ou menores a 0,3 m<sup>3</sup>/s, por ser considerados outliers; possivelmente valores de vazão um pouco superiores também possam ser considerados outliers; a Estação situa-se no Rio das Velhas, a montante do reservatório da PCH Rio de Pedras; embora registre as vazões de um rio apenas (e não de dois, como no caso da Estação denominada PCH Rio de Pedras - Barramento, considerou-se que



mesmo em períodos severos de estiagem, possivelmente a vazão do Rio das Velhas não seja inferior a 0,3 m<sup>3</sup>/s.

Assim, das 113.537 horas do período, para as quais deveriam ter dados de vazões caso a série estivesse completa, somente 103.692 dados (91,33%) foram considerados válidos para a análise efetuada.

O arquivo fornecido pela ANA, abarca o período de 05/02/2010 a 03/04/2024, um total de 5.172 dias (pouco mais 14 anos). Para efeitos de comparação com os dados das outras estações telemétricas que abrangem períodos menores, foram analisados – por meio do cálculo da média dos 24 valores de vazão registrados a cada dia – os dados disponíveis entre 1º/01/2017 e 03/04/2024 (2650 dias). No entanto, é necessário observar que, devido a falhas no sistema de medição e/ou de transmissão, vários dos dias para os quais foi calculada a média não possuem os 24 registros horários de vazão por terem sido eliminados alguns, conforme exposto acima. Para esses casos, a média do dia considera somente os valores registrados.

A análise preliminar dos dados da série disponível resultou nos seguintes parâmetros característicos, referentes à série completa (2010 a 2024) e aos anos de 2010 a 2016 e 2017 a 2024:

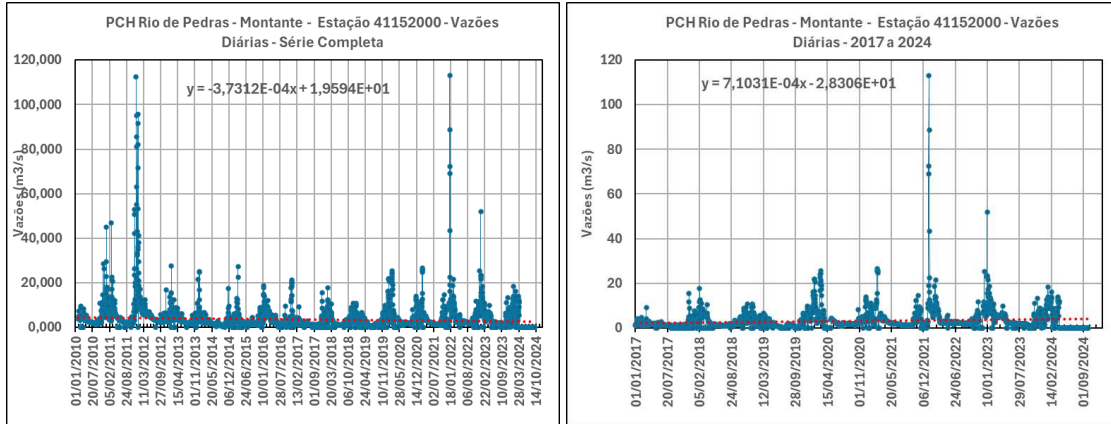
	Série Completa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Data do início do período	05/02/2010	05/02/2010	01/01/2011	01/01/2012	01/01/2013	01/01/2014	01/01/2015	01/01/2016	-
Data do final do período	03/04/2024	31/12/2010	31/12/2011	31/12/2012	31/12/2013	31/12/2014	31/12/2015	31/12/2016	-
Quantidade de dias da série	5172	330	365	366	365	365	365	366	-
Abrangência dos dados no período	89,31%	91,52%	93,97%	99,45%	96,71%	99,73%	87,67%	90,71%	-
Total de dados	4619	302	343	364	353	364	320	332	
Média Aritmética	4,16	3,94	7,73	6,63	3,90	1,96	2,72	4,09	m <sup>3</sup> /s
Mediana	2,54	2,90	3,60	4,24	2,93	1,79	1,99	2,52	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	2,22	2,79	3,68	4,20	2,85	1,29	2,00	2,29	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	53,47%	70,77%	47,59%	63,32%	72,94%	65,80%	73,57%	56,06%	%
Desvio padrão	6,19	3,57	12,61	10,02	3,29	1,49	2,51	3,86	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	1.659,89	102,37	229,00	208,56	119,07	61,59	75,31	117,20	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	6,2%	13,8%	12,6%	7,2%	3,7%	4,5%	7,1%	%
Vazão diária máxima do período	113,19	29,63	112,53	95,63	27,66	17,40	27,16	21,23	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,35	1,30	1,72	2,12	1,43	0,40	0,96	0,90	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	323,02	22,79	65,39	45,18	19,34	43,50	28,39	23,59	m <sup>3</sup> /s

	Série Completa	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Data do início do período	05/02/2010	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020	01/01/2021	01/01/2022	01/01/2023	01/01/2024	-
Data do final do período	03/04/2024	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022	31/12/2023	03/04/2024	-
Quantidade de dias da série	5172	365	365	365	366	365	365	365	94	-
Abrangência dos dados no período	89,31%	72,33%	86,58%	68,22%	87,16%	95,62%	91,51%	87,95%	94,68%	-
Total de dados	4619	264	316	249	319	349	334	321	89	
Média Aritmética	4,16	1,86	2,91	2,49	4,40	3,55	5,40	4,57	7,85	m <sup>3</sup> /s
Mediana	2,54	1,50	1,90	1,64	2,60	2,20	2,49	2,70	8,47	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	2,22	1,54	1,86	1,59	2,45	1,87	2,89	2,60	3,89	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	53,47%	82,91%	63,89%	63,61%	55,73%	52,59%	53,42%	56,96%	49,53%	%
Desvio padrão	6,19	1,45	2,42	1,99	4,73	3,85	10,02	4,60	4,19	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	1.659,89	42,35	79,43	53,63	121,32	107,06	155,87	126,67	60,35	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	2,6%	4,8%	3,2%	7,3%	6,4%	9,4%	7,6%	3,6%	%
Vazão diária máxima do período	113,19	15,60	17,66	10,85	25,52	26,63	113,19	51,92	18,46	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,35	1,00	0,90	0,50	0,70	0,40	1,46	0,35	0,37	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	323,02	15,60	19,62	21,70	36,45	66,56	77,53	148,18	49,88	m <sup>3</sup> /s

Destaca-se a falta de dados na série completa (quantidade disponível = 89,3% do total, praticamente no limite de 10% de dados faltantes adotado como premissa nos presentes estudos) e nos dados referentes aos anos de 2015 e 2017 a 2020 o que, como em outros casos, prejudica a análise do período e se soma, como fator restritivo, à curta duração da série disponível (15 anos).

Ainda que existam essas limitações, uma análise geral dos dados permite verificar, pela distribuição dos pontos de vazões nos gráficos abaixo, que, como no caso da série do

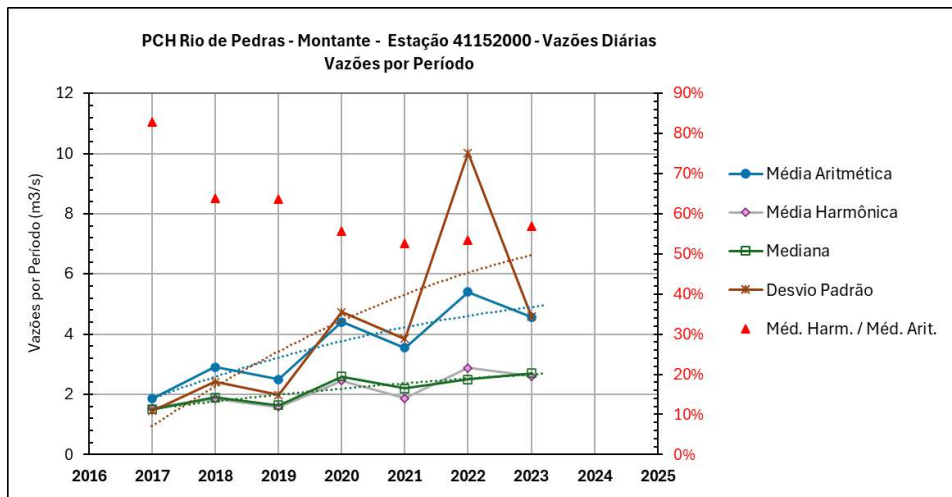
Barramento, há uma tendência geral de redução das vazões nos dados da série completa (coeficiente da variável da reta de regressão negativo) e uma tendência de aumento, aparentemente sazonal, das vazões no período de 2017 a 2024 talvez influenciadas pelas vazões bombeadas de cavas de mineração, entre outras causas, embora a presença de minas a montante do ponto da estação não seja tão expressiva quando no caso do Rio Itabirito.



**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

Destacam-se, nos gráficos acima, os picos de vazão das cheias recordes dos dias 15/11/2012 e 09/01/2022.

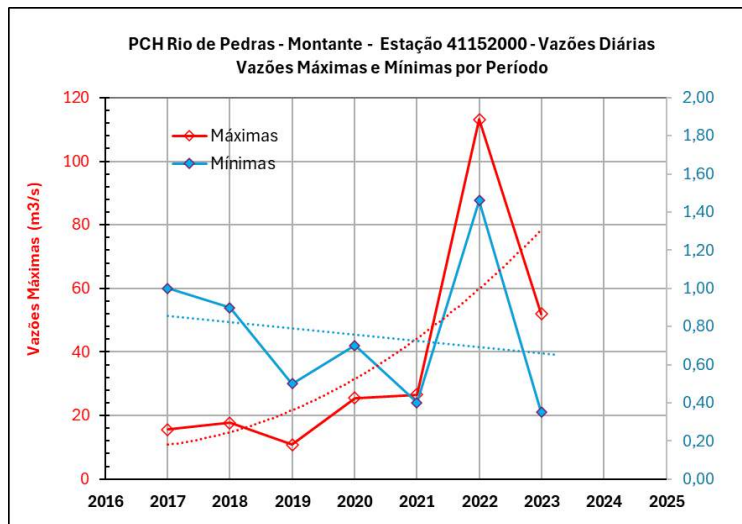
Selecionou-se para análise mais detalhada somente os anos de 2017 a 2024 para permitir uma comparação de dados dessa estação com os das outras da bacia. Observa-se nesse período, nos gráficos a seguir, uma tendência de crescimento das médias e da mediana, bem como uma certa estabilidade nos valores das máximas. Trata-se, no entanto, de um período de apenas 8 anos, o que impede a obtenção de resultados conclusivos a respeito de tendências a médio e longo prazos.



**Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação**

Entretanto, no gráfico abaixo observa-se uma redução gradual das vazões mínimas (exceto pelo pico de 2022, ano atípico) – e não um aumento como no caso da estação do Barramento e nas demais analisadas. Essa constatação pode indicar que o Rio das Velhas, no trecho a montante da estação está situado em área de diferentes condições pluviométricas e/ou não está sob efeito de fenômenos que resultam em aumento de vazões mínimas – tais como os de incremento de vazões por águas provenientes de bombeamento de cavas de mineração. Esse fato permite supor que o aumento das vazões mínimas registrado pela estação do Barramento se deve a

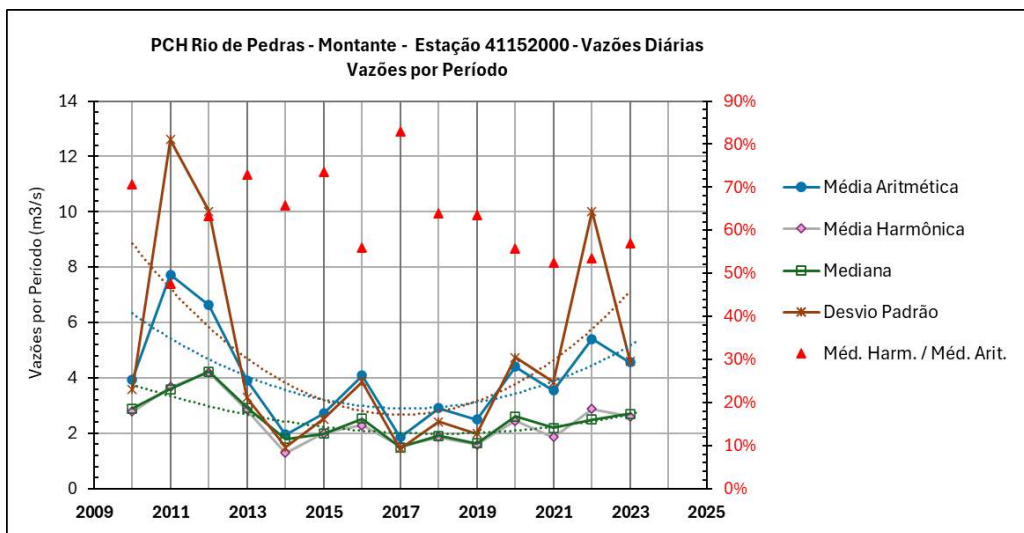
aumentos dessas vazões no Rio das Pedras, que provém da Serra do Gandarela e drena algumas áreas de mineração.



Vazões diárias máximas e mínimas registradas na Estação

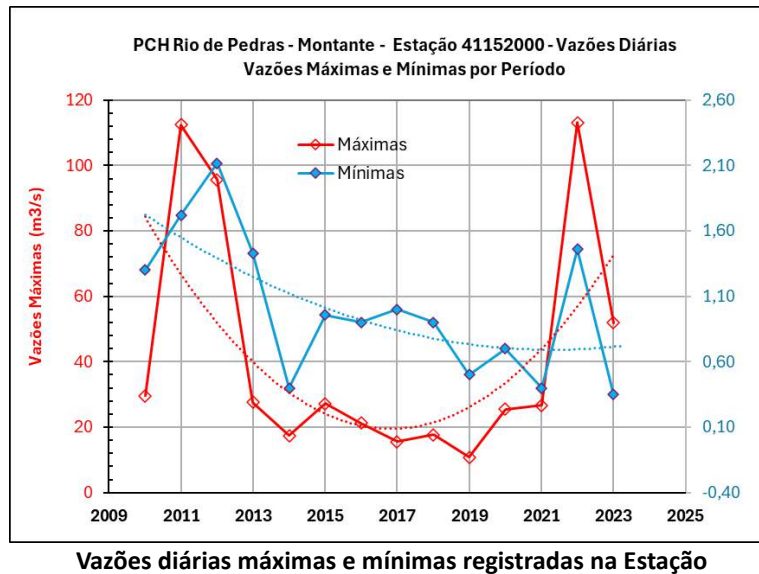
Com o objetivo de tentar visualizar melhor as tendências de médio prazo, apresentam-se a seguir os gráficos referentes à duração completa da série (15 anos aprox.), embora as tendências gerais observadas estejam condicionadas à quantidade de dados faltantes.

Como no caso da estação do Barramento, os valores das médias e da mediana, assim como do desvio padrão, apresentam-se maiores nos anos do início e do final da série, passando por mínimos de 2013 a 2019, o que reflete a seca desse período já comentada nos itens referentes às estações Itabirito Linígrafo e Honório Bicalho, ou seja, o gráfico, apesar dos dados faltantes na série, permite visualizar o comportamento sazonal das vazões.



Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação

No gráfico a seguir, chama a atenção a tendência geral de redução progressiva das vazões mínimas, mesmo tendo em conta alguns anos com vazões maiores e o pico de 2022. Esse comportamento difere totalmente do que foi verificado nas demais estações analisadas no presente estudo e aponta, como já referido, para características pluviométricas distintas da bacia a montante da Estação, em que se situa a nascente do rio e a cidade de Ouro Preto e ações antrópicas (como captações, outorgadas ou não, de águas superficiais ou subterrâneas), que seriam responsáveis pela redução do valor das mínimas.



## 6.8 PCH RIO DE PEDRAS - RIO MARACUJÁ – CÓD. FLUVIOMÉTRICO: 41153050

As médias diárias foram calculadas com base no arquivo dos dados telemétricos (vazões registradas de hora em hora) recebidos da ANA em 04/11/2024, cobrindo o período de 15/05/2015 06:00 h até 09/09/2024 14:00 h.

A Estação foi desativada pela CEMIG em março do presente ano e o último dado de vazão da série foi o registrado no dia 26/03/2024 às 17:00 h. Embora uma nova Estação não tenha sido instalada no local pela MANG, os dados de nível continuaram a ser registrados no portal HidroTelemetria, o que se deve a erros de atribuição. Embora a data limite para análise de dados considerada no presente documento seja o dia 30/09/2024, para o caso dessa estação o período realmente analisado vai de 04/02/2010 até 26/03/2024.

Para o cálculo das médias diárias foi necessário:

- eliminar 5.822 dados de vazão nulos (células preenchidas com a palavra “NULL”);
- eliminar 93 dados com valor zero;
- eliminar 916 valores de vazão iguais ou menores a 0,2 m<sup>3</sup>/s, por serem considerados outliers; possivelmente valores de vazão um pouco superiores também possam ser considerados outliers; dessa forma, considerou-se que mesmo em períodos severos de estiagem, possivelmente a vazão do Rio Maracujá não seja inferior a 0,2 m<sup>3</sup>/s.
- Eliminar os valores de vazão de 117,90 m<sup>3</sup>/s do dia 01<sup>o</sup>/12/2017, de 54,6 m<sup>3</sup>/s do dia 05/12/2017 e de 27,50 m<sup>3</sup>/s do dia 06/12/2017, considerados outliers. Esses valores foram registrados apenas uma vez durante aqueles dias, correspondendo, assim, a uma leitura horária em meio a falhas das demais horas do dia, tendo sido o único dado registrado naquele dia. A Estação apresentou uma grande quantidade de falhas de registro desde 05/08/2017 até 19/12/2017 e valores semelhantes, que pudessem indicar um aumento de pluviosidade na bacia nesses dias, não foram localizados nos registros das estações PCH Rio de Pedras Montante e Barragem, a jusante da Estação do Rio Maracujá.

Assim, das 65.678 horas do período, para as quais deveriam ter dados de vazões caso a série estivesse completa, somente 58.847 dados (89,60%) foram considerados válidos para a análise efetuada.



Como nos casos das estações de Montante e do Barramento da PCH, a Estação PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá foi desativada no início de abril de 2024 e, por esse motivo, não foram considerados na presente análise os dados referentes a esse ano, pois faltam, na série disponível, as vazões do período de estiagem e as dos meses finais do ano.

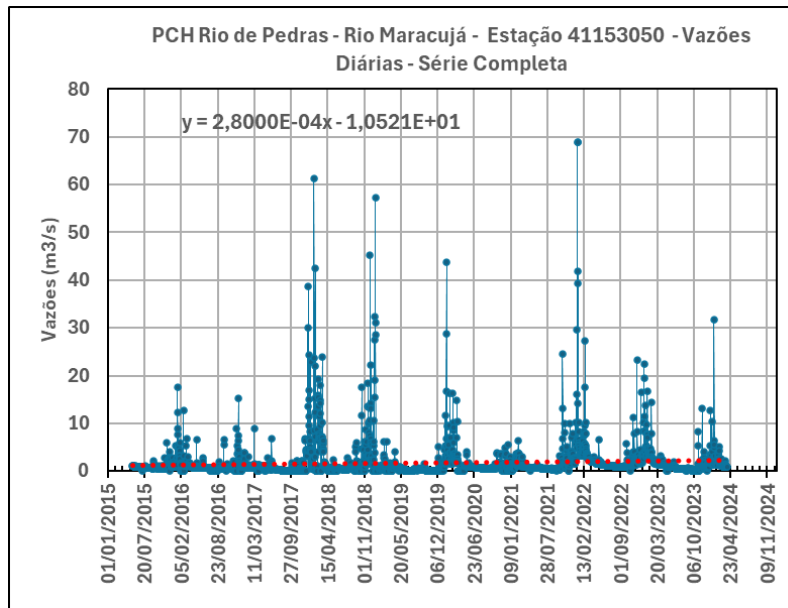
O arquivo fornecido pela ANA, abarca o período de 15/05/2015 a 03/04/2024, um total de 3.247 dias (quase 9 anos). Para efeitos de comparação com os dados das outras estações telemétricas que abrangem períodos menores, foram analisados – por meio do cálculo da média dos 24 valores de vazão registrados a cada dia – os dados disponíveis entre 1º/01/2017 e 31/12/2023). No entanto, é necessário observar que, devido a falhas no sistema de medição e/ou de transmissão, vários dos dias para os quais foi calculada a média não possuem os 24 registros horários de vazão por terem sido eliminados alguns, conforme exposto acima. Para esses casos, a média do dia considera somente os valores registrados.

A análise preliminar dos dados diários calculados a partir dos dados da série telemétrica resultou nos seguintes parâmetros característicos:

	Série Completa	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Data do início do período	15/05/2015	15/05/2015	01/01/2016	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020	01/01/2021	01/01/2022	01/01/2023	01/01/2024	-
Data do final do período	03/04/2024	31/12/2015	31/12/2016	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022	31/12/2023	03/04/2024	-
Quantidade de dias da série	3247	231	366	365	365	365	366	365	365	365	94	-
Abrangência dos dados no período	85,25%	99,13%	86,34%	66,58%	82,74%	58,08%	88,52%	96,99%	99,73%	90,41%	100,00%	-
Total de dados	2768	229	316	243	302	212	324	354	364	330	94	
Média Aritmética	2,03	0,91	1,40	1,40	4,28	1,11	1,97	1,38	3,12	1,84	2,46	m <sup>3</sup> /s
Mediana	0,93	0,77	0,71	0,74	1,00	0,62	0,93	0,72	1,50	1,01	1,57	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	0,83	0,76	0,77	0,65	0,82	0,57	0,90	0,73	1,52	0,87	1,56	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	40,68%	83,68%	54,92%	46,31%	19,07%	51,75%	45,38%	52,66%	48,92%	47,38%	63,43%	%
Desvio padrão	4,32	0,58	2,05	3,35	7,81	2,92	3,69	1,99	6,49	2,65	3,55	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	485,54	17,98	38,22	29,30	111,55	20,27	55,25	42,26	98,03	52,55	19,98	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	3,7%	7,9%	6,0%	23,0%	4,2%	11,4%	8,7%	20,2%	10,8%	4,1%	%
Vazão diária máxima do período	68,90	5,87	17,55	38,69	61,25	31,07	43,77	24,53	68,90	22,34	31,67	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,30	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	0,40	0,30	0,78	0,36	0,79	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	229,67	14,67	43,88	128,98	204,16	103,56	110,23	81,78	88,00	62,05	40,24	m <sup>3</sup> /s

Destaca-se a falta de dados diário na série completa (quantidade disponível = 85,3% do total, acima do limite de 10% de dados faltantes adotado como premissa nos presentes estudos) e nos dados referentes aos anos de 2016 a 2020 o que, como em outros casos, prejudica a análise do período, o que se soma à curta duração da série disponível (10 anos).

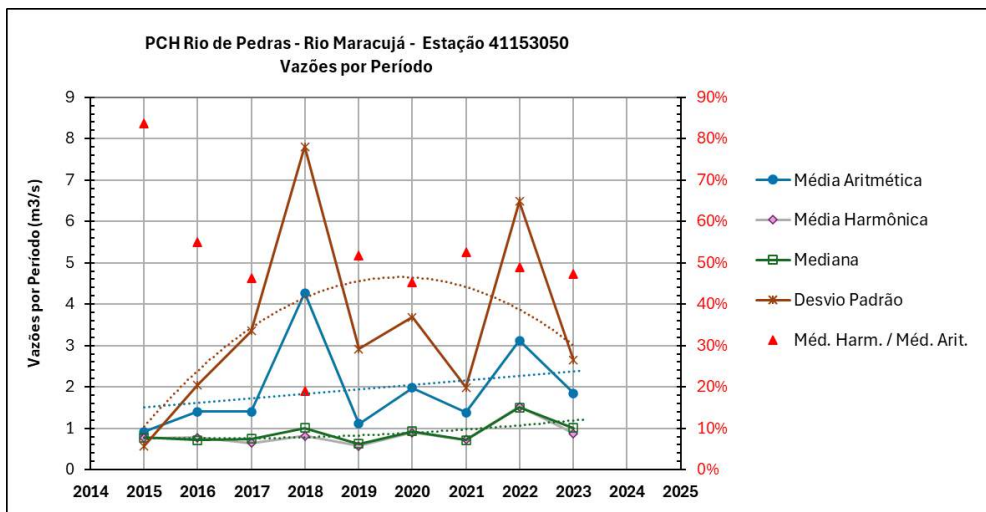
Tendo-se em conta essas limitações, uma análise geral dos dados permite verificar, pela distribuição dos pontos de vazões nos gráficos abaixo, que, como no caso das séries do Barramento, Montante e outras, há uma ligeira tendência geral de aumento das vazões nos dados no período (coeficiente da variável da reta de regressão positivo).



**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

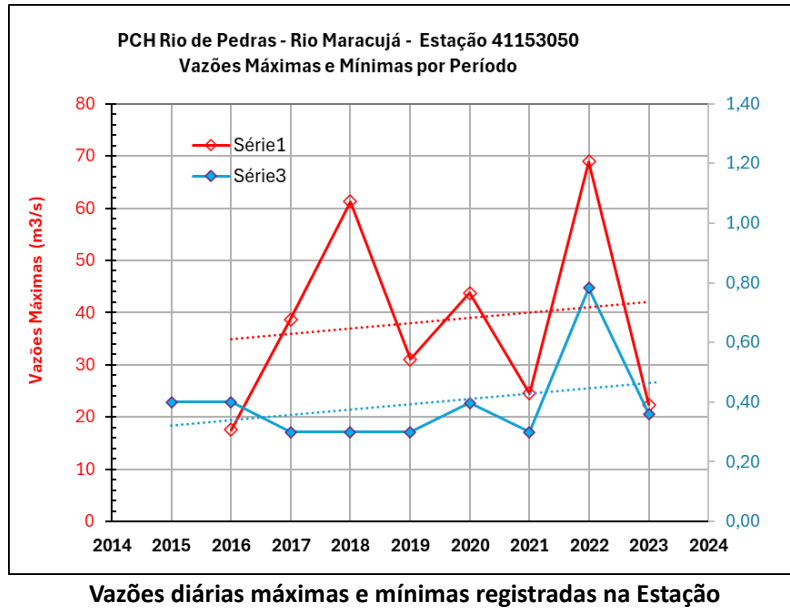
Destacam-se, nos gráficos acima, os picos de vazão das cheias dos dias 31/01/2018, 31/12/2018, 24/01/2020 e 08/01/2022.

Observa-se nos gráficos a seguir, de 2015 a 2023, período abrangido pela série disponível, uma ligeira tendência de crescimento das médias e da mediana, bem como uma certa estabilidade nos valores das máximas. Trata-se, no entanto, de um período de apenas 10 anos, o que impede a obtenção de resultados conclusivos a respeito de tendências a médio e longo prazos.



**Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação**

No gráfico a seguir observa-se uma estabilidade (exceto pelo pico de 2022) dos valores das vazões mínimas, comportamento próximo do verificado na Estação PCH Rio de Pedras – Montante. Essa constatação remete aos possíveis efeitos, já aventados, de diferenças de pluviosidade e de possíveis ações antrópicas. Como as vazões que passam pelo local da estação do Barramento são a soma das vazões que passam pelas estações de Montante e do Rio Maracujá, bem como das provenientes do Rio de Pedras (região do Gandarela), em que não há estação fluviométrica, o aumento das mínimas constatado no Barramento deve ser atribuído, portanto, às águas do Gandarela, já que houve redução das vazões do Velhas no local da estação de Montante e estabilidade no local do Rio Maracujá.



### 6.9 FAZENDA ÁGUA LIMPA – JUSANTE - CÓD. FLUV.: 41151001

A série da Estação Fazenda Água Limpa disponível no portal HidroWeb abrange 31 anos de dados diários (desde o dia 28/05/1994 até o dia 30/09/2024) com praticamente nenhuma falha. Faltam somente os dados relativos aos trinta dias do mês de abril de 2024, ou seja, faltam apenas 30 valores em um total de 11.084 se a série estivesse completa. Portanto, é uma série de longa duração, sendo superada apenas pelas de Itabirito Linígrafo e Honório Bicalho, o que permite uma avaliação mais confiável das tendências e a comparação entre as séries dessas estações.

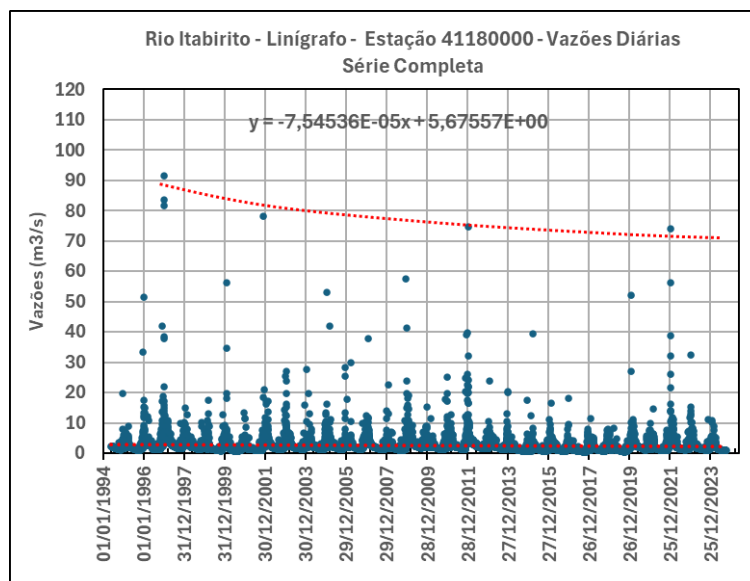
No portal HidroWeb, na data da consulta para obtenção dos dados para análise (02/10/2024) a série disponível para a Estação Fazenda Água Limpa abrangia o período de 28/05/1994 até o dia 30/06/2024. Para a análise objeto do presente documento, a complementação da série até o dia 30/09/2024 foi feita com os valores médios diários dos dados dessa estação, medidos a cada 15 minutos, disponíveis no portal HidroTelemetria.

Para a Estação Fazenda Água Limpa, que tem duração de pouco mais de 31 anos de dados diários, para permitir a comparação do comportamento de suas vazões com o das vazões da série de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo, adotou-se 3 períodos com datas de início e de fim iguais às de Honório Bicalho, exceto para o primeiro deles, pois, enquanto para essas duas últimas o período inicia-se no dia 03/04/1991, para Água Limpa adotou-se o dia 28/05/1994, data de início da série.

#### 6.9.1 Série Completa

Adotando-se essa premissa, a análise preliminar dos dados da série disponíveis resultou nos seguintes parâmetros característicos:

	Série Completa	5	6	7	
Data do início do período	28/05/1994	28/05/1994	10/10/2001	02/12/2011	-
Data do final do período	30/09/2024	09/10/2001	01/12/2011	30/09/2024	-
Quantidade de dias da série	11084	2692	3705	4687	-
Abrangência dos dados no período	99,73%	100,00%	100,00%	99,36%	-
Total de dados	11054	2692	3705	4657	
Média Aritmética	2,66	2,77	2,94	2,36	m <sup>3</sup> /s
Mediana	1,94	1,94	2,12	1,68	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	1,81	1,89	2,18	1,56	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	68,08%	68,25%	74,04%	65,95%	%
Desvio padrão	3,37	4,01	3,18	3,08	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	2.537,37	644,88	940,78	951,50	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	25,4%	37,1%	37,5%	%
Vazão diária máxima do período	91,60	91,60	78,16	74,77	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,45	0,66	1,02	0,45	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	201,75	137,76	76,33	164,69	m <sup>3</sup> /s



**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

O gráfico acima mostra a distribuição temporal das vazões diárias da Estação fluviométrica Fazenda Água Limpa entre 28/05/1994 e 30/09/2024. A envoltória constituída pela linha tracejada vermelha procura destacar uma possível tendência de redução das vazões máximas no período, o que parece se opor à tendência constatada na série de Honório Bicalho e pode estar associada a particularidades da região a montante da Estação, próxima à nascente do Rio das Velhas.

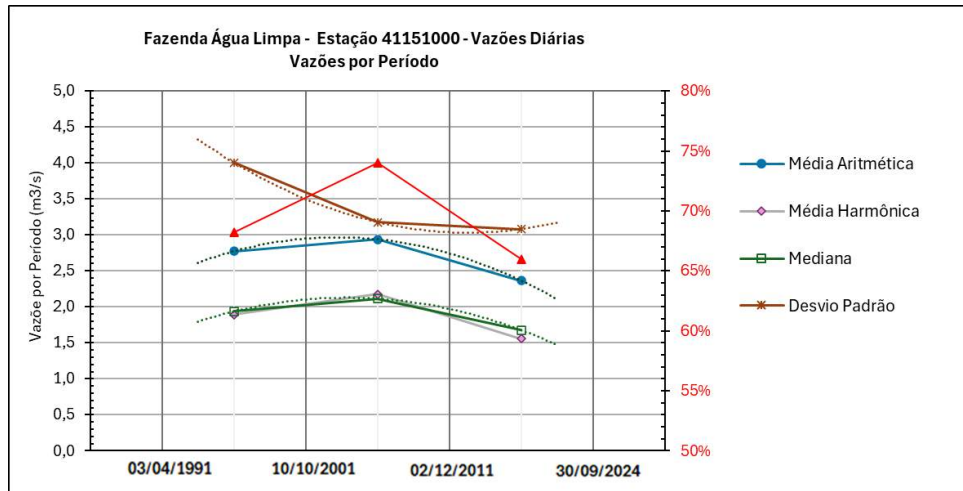
A equação da reta de regressão linear, com coeficiente da variável negativo, aponta para uma tendência geral de redução das vazões ao longo do tempo, ou seja, das vazões intermediárias e das baixas vazões. Essas constatações, similares às permitidas pela série de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo, são de grande importância para a gestão de recursos hídricos.

Nota-se, ainda, que a maior parte das vazões diárias está concentrada em valores abaixo de 10 m<sup>3</sup>/s, indicando que, em geral, o rio mantém uma vazão relativamente baixa na maior parte do tempo, com picos esporádicos.

O gráfico a seguir apresenta a evolução de algumas das medidas estatísticas ao longo da duração da série. Pode-se visualizar, assim como no caso de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo, uma tendência de queda nos valores das médias e da mediana (denotada pela curva polinomial de regressão), o que indica que, de forma geral, as vazões têm se reduzido a começar da década de 2000, o que pode ser resultante de mudanças na disponibilidade de água ao longo do tempo, que tanto podem relacionadas a fatores climáticos, quando a alterações no uso das águas

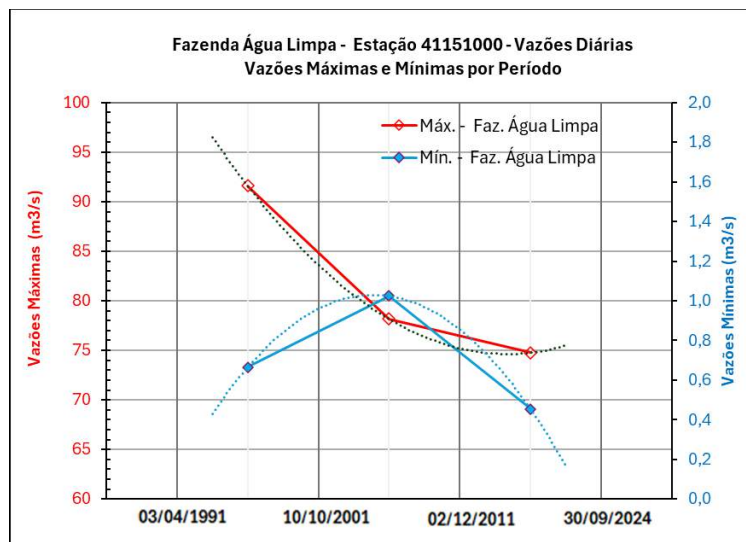
superficiais e subterrâneas. Observa-se uma leve tendência a redução do desvio padrão ao longo do tempo, o que talvez esteja associado a uma alteração mais ou menos uniforme do padrão de vazões altas e baixas, padrão esse que se reflete também na tendência mostrada pela curva polinomial de regressão dos pontos da relação entre as médias harmônica e aritmética, pois há um decréscimo do valor dessa relação quando o valor do desvio padrão aumenta.

A tendência geral de redução da mediana e da média harmônica pode ser considerada um indicador da redução progressiva das baixas vazões do Rio das Velhas, mesmo em seu trecho inicial, o que impacta diretamente sobre a segurança hídrica da RMBH.



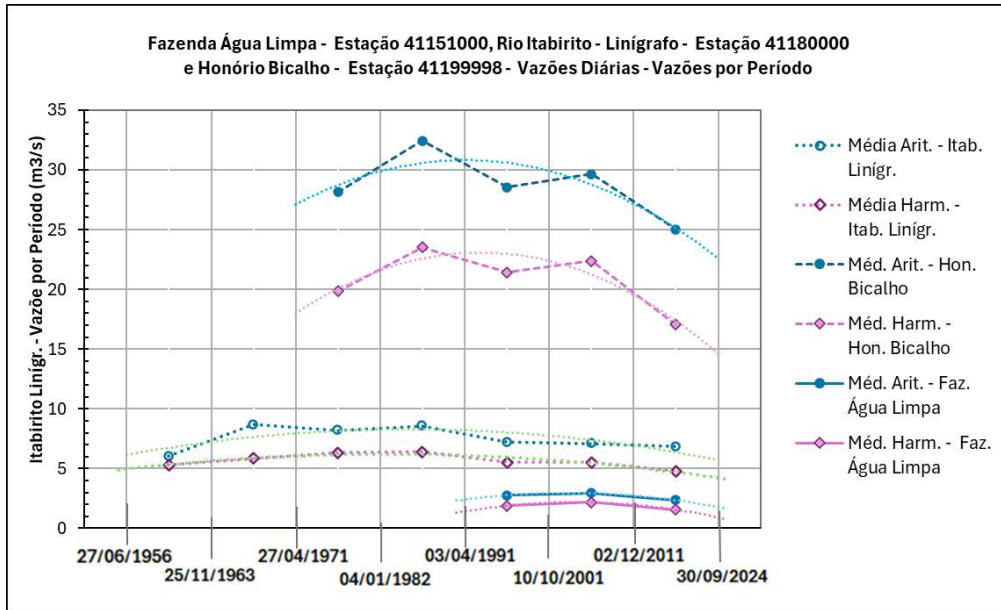
Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação

O gráfico a seguir pode ser considerado como confirmação das tendências já citadas acima, mostrando uma redução das vazões máximas e das mínimas ao longo do tempo.



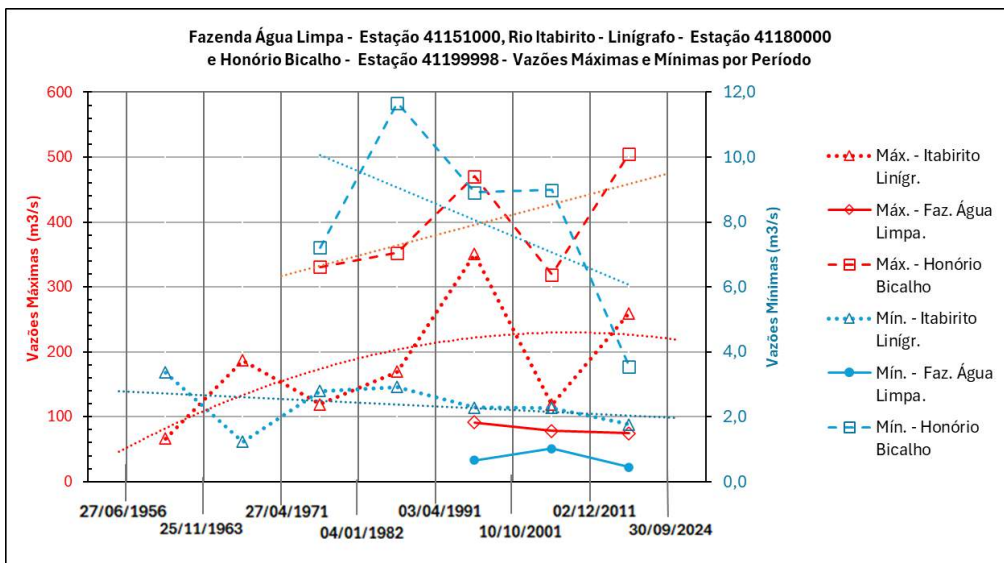
Vazões diárias máximas e mínimas registradas na Estação

O gráfico a seguir apresenta a comparação do comportamento das médias aritmética e harmônica nas estações de Honório Bicalho, Itabirito Linígrafo e Fazenda Água Limpa, as três de maior duração dentre as nove estudadas. **A concordância de tendências entre as três estações pode ser considerada um forte indicador tanto da redução geral das vazões no Rio das Velhas (trecho próximo à nascente e trecho próximo a Nova Lima) e no Rio Itabirito, no local onde as estações estão instaladas, quanto da redução das vazões mínimas e/ou aumento das máximas (indicada pela queda da média harmônica).** Pode-se inferir disso que **se trata de uma tendência a médio e longo prazos de toda a bacia do Alto Rio das Velhas.**



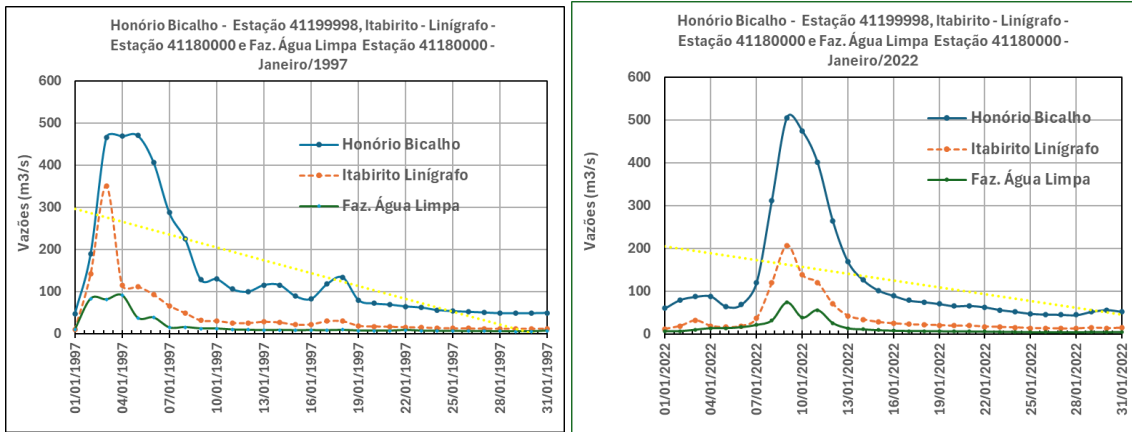
**Comparação das médias aritmética e harmônica nas Estações**

A concordância de tendências dos registros das estações de Honório Bicalho, Itabirito Linígrafo e Fazenda Água Limpa também se evidencia na comparação entre as vazões máximas e mínimas dessas três estações, mostrada no gráfico abaixo, embora a queda das vazões mínimas em Fazenda Água Limpa seja menos acentuada que em Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo.



**Comparação das vazões máximas e mínimas anuais nas Estações**

Com o objetivo de verificar a concordância comportamentos, apresenta-se aqui também os hidrogramas em dos meses de janeiro de 1997 e janeiro de 2022, em que ocorreram cheias excepcionais.



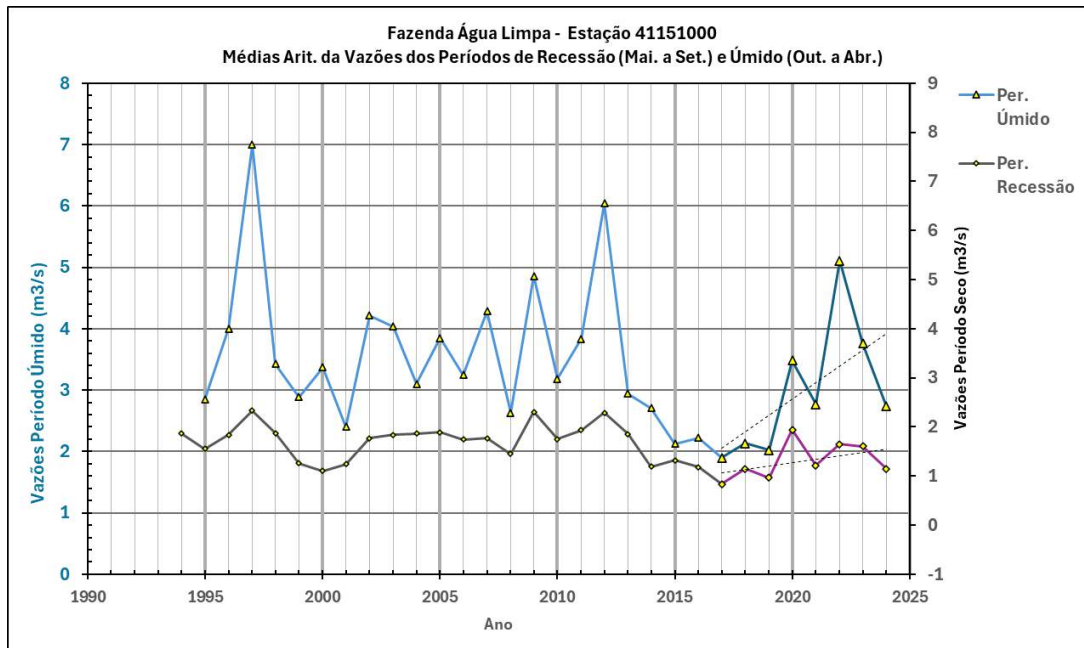
**Hidrogramas das cheias de 1997 e 2022 em Honório Bicalho, Itabirito Linígrafo e Fazenda Água Limpa**

Valem aqui, com respeito a esses hidrogramas, as observações feitas com respeito aos hidrogramas apresentados no item referente à Estação Itabirito Linígrafo.

#### 6.9.1.1 Médias dos Períodos Úmido e Seco

Como feito para Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo, a seguir são sobrepostas as curvas de médias aritméticas do período de recessão e do período úmido imediatamente anterior a ele, ou seja, que engloba os meses de outubro a dezembro do ano anterior e de janeiro a abril do ano a que se refere o período de recessão. As vazões do período úmido representam a pluviosidade desse período, o que permite avaliar a influência das chuvas do período úmido no comportamento das vazões do período seco a ele subsequente. Para melhor representar a evolução e a proporção das vazões, utiliza-se nos dois eixos (direito e esquerdo) a mesma escala, porém com um deslocamento de valores para resultar em uma aproximação de curvas que facilite a comparação dos picos e vales.

Nota-se que os picos de vazão (chuvas) dos períodos 2019-2020 (ponto do ano 2020 no gráfico) e 2021-2022 (ponto do ano 2022) refletiram-se na recuperação das vazões da época de seca, porém com menor efeito em 2022, ano de chuvas muito concentradas em janeiro. Um mesmo volume de chuvas mais uniformemente distribuído em um período permite maior recarga do nível das águas subterrâneas que se concentrado em alguns dias ou semanas do período.



Médias aritméticas dos períodos úmidos e dos secos

Como já comentado nos itens referentes a Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo, em geral, um aumento da média das vazões durante a recessão corresponde ao aumento da média do período úmido anterior e vice-versa (picos e vales das duas curvas), porém a resposta do aumento ou redução das vazões durante a recessão se faz em proporção bem menor que do que as das correspondentes alterações do período úmido anterior, ou seja, as vazões durante a estiagem são sensíveis, porém não na mesma proporção, aos índices de pluviosidade do período anterior e, em alguns pontos, se nota até mesmo a influência dos dois últimos períodos úmidos anteriores. A menor duração da série (31 anos) permite um gráfico em que se torna mais fácil visualizar a interrelação entre as vazões dos dois períodos.

Confirma-se aqui que, sempre que há quedas sucessivas na vazão média (pluviosidade) em dois períodos úmidos, há também queda na vazão do período seco a eles posterior, sem nenhuma exceção, ao contrário da exceção de 2024 visualizada no gráfico correspondente de Itabirito Linígrafo. Como não existem áreas de mineração a montante da Estação Fazenda Água Limpa, não podem existir vazões bombeadas de cavas de mineração que possam aumentar as do Rio das Velhas nesse trecho durante os períodos secos. Portanto, a exceção de 2024 na Estação Itabirito Linígrafo, que constitui a única em todo o conjunto de dados analisado, pode realmente ter sido causado por ações antrópicas.

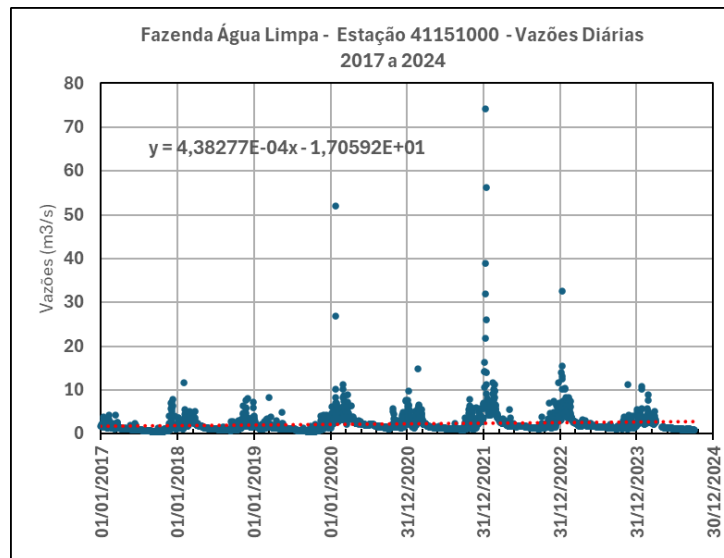
### 6.9.2 Período de 2017 a 2024 em Fazenda Água Limpa

Conforme já descrito no item anterior, na série de pouco mais de 31 anos da Estação Fazenda Água Limpa disponível no portal HidroWeb faltam apenas os dados relativos aos trinta dias do mês de abril de 2024, ou seja, faltam somente 30 valores em um total de 24.963 se a série estivesse completa. Dessa forma, a análise dos dados dos anos de 2017 a 2024 pode resultar, tal como no caso da Estação Itabirito Linígrafo, em uma base mais confiável para comparação com os resultados das análises do mesmo período em outras estações da bacia do Alto Rio das Velhas, principalmente daquelas estações cujas séries estão incompletas.

A análise preliminar dos dados da série disponíveis resultou nos seguintes parâmetros característicos:

	Série Completa	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
Data do início do período	28/05/1994	01/01/2017	01/01/2018	01/01/2019	01/01/2020	01/01/2021	01/01/2022	01/01/2023	01/01/2024	-
Data do final do período	30/09/2024	31/12/2017	31/12/2018	31/12/2019	31/12/2020	31/12/2021	31/12/2022	31/12/2023	30/09/2024	-
Quantidade de dias da série	11084	365	365	365	366	365	365	365	274	-
Abrangência dos dados no período	99,73%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	89,05%	-
Total de dados	11054	365	365	365	366	365	365	365	244	
Média Aritmética	2,66	1,32	1,90	1,38	3,04	2,24	3,64	2,65	2,02	m <sup>3</sup> /s
Mediana	1,94	1,02	1,45	1,19	2,28	1,54	2,03	1,85	1,26	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica	1,81	0,97	1,46	1,09	2,29	1,66	2,15	1,94	1,48	m <sup>3</sup> /s
Média Harmônica/Média Aritmética	68,08%	73,57%	77,17%	78,53%	75,40%	74,05%	59,00%	73,27%	73,35%	%
Desvio padrão	3,37	1,02	1,26	0,84	3,29	1,61	5,95	2,60	1,48	m <sup>3</sup> /s
Volume total escoado no período	2.537,37	41,36	59,81	43,65	96,17	70,78	114,71	83,59	42,58	Mm <sup>3</sup>
Vol. do período / Vol. total da série hist.	100,00%	1,6%	2,4%	1,7%	3,8%	2,8%	4,5%	3,3%	1,7%	%
Vazão diária máxima do período	91,60	7,88	11,62	8,36	52,04	14,82	74,21	32,52	10,87	m <sup>3</sup> /s
Vazão diária mínima do período	0,45	0,45	0,76	0,51	1,19	0,95	1,18	1,18	0,94	m <sup>3</sup> /s
Amplitude	201,75	17,37	15,30	16,37	43,63	15,59	62,91	27,57	11,61	m <sup>3</sup> /s

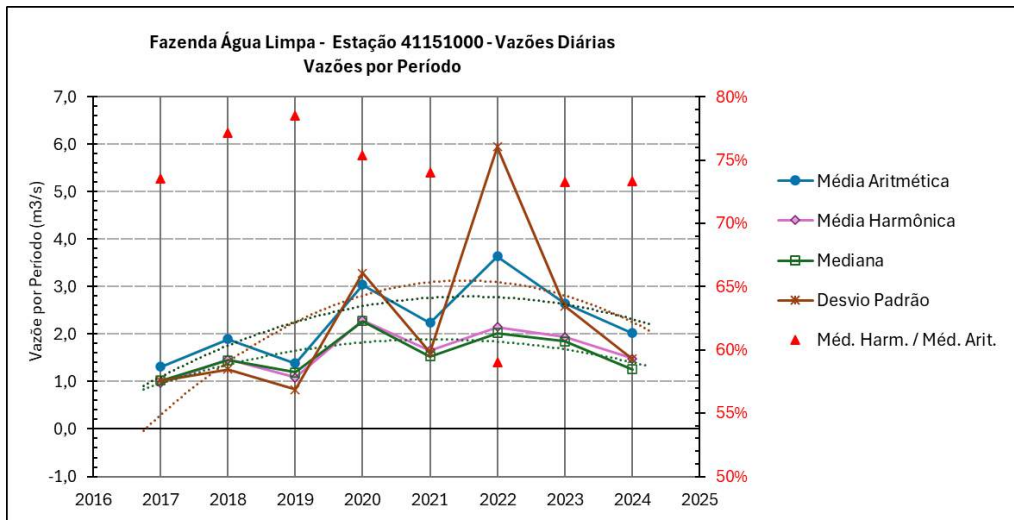
O gráfico abaixo apresenta a distribuição dos pontos de vazões horárias durante todo o período de 2017 a 2024:



**Distribuição temporal das vazões diárias registradas na Estação**

A equação da reta obtida por regressão linear, incluída no gráfico, tem coeficiente da variável positivo, o que indica uma tendência de aumento da vazão ao longo dos nove anos do período, embora a tendência da série, como um todo, seja de redução das vazões. É possível que essa diferença seja devida a sazonalidades ou, como já comentado, a ações entrópicas nos últimos anos. Com relação a essa última hipótese, é necessário reiterar que não existem áreas de mineração na bacia do Velhas a montante da Estação Fazenda Água Limpa e, assim, não se pode atribuir essa tendência geral dos últimos 8 anos a bombeamento de águas para rebaixamento de cavas. Adicionalmente, como visto no item anterior, as médias dos períodos de recessão de todos os anos da duração de série apresentam tendência a longo prazo de redução das vazões.

As médias, o desvio padrão e a relação entre a média harmônica e a média aritmética da tabela estão representados no gráfico a seguir. Nota-se que a tendência geral de aumento das vazões sugerida pela reta de regressão do gráfico anterior apresenta-se, abaixo, somente até 2022, invertendo-se nos últimos dois anos.

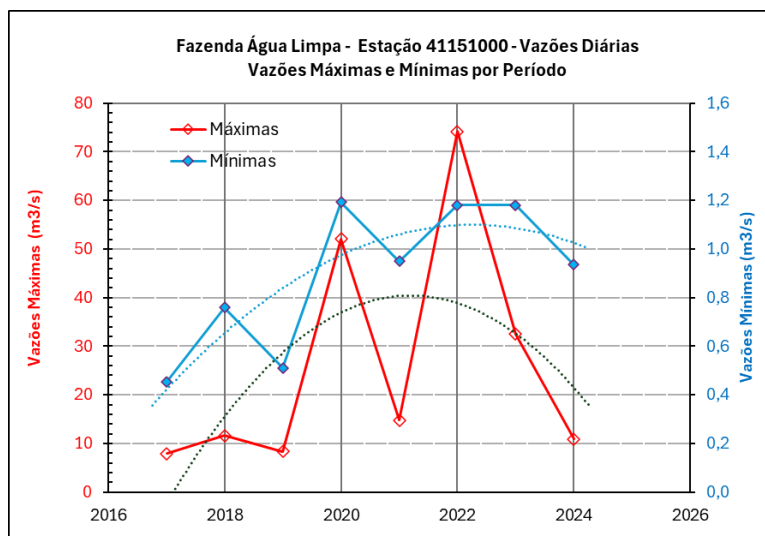


**Medidas estatísticas das vazões diárias registradas na Estação**

Os polinômios de regressão (linhas pontilhadas) podem ser considerados como indicação preliminar de tendências:

- aumento nas médias aritmética e harmônica das vazões, bem como na mediana principalmente até 2021 e redução a partir desse ano, o que aponta para um comportamento sazonal, uma vez que a tendência dos dados dos 8 anos é de aumento das vazões; como já assinalado, o período é muito curto para que se possa ter conclusões mais seguras;
- o pico de vazões e do desvio padrão em 2022, como nos demais casos, se deve principalmente ao evento extremo de chuvas de janeiro daquele ano;
- a relação entre os dois tipos de média, visualizada pelos pontos marcados com triângulos vermelhos, corresponde às diferenças entre vazões maiores e menores, tal como o desvio padrão; a tendência geral desse desvio é a de crescimento até 2019 e redução a partir desse ano, indicando menor diferença entre os valores máximos e mínimos de vazões;

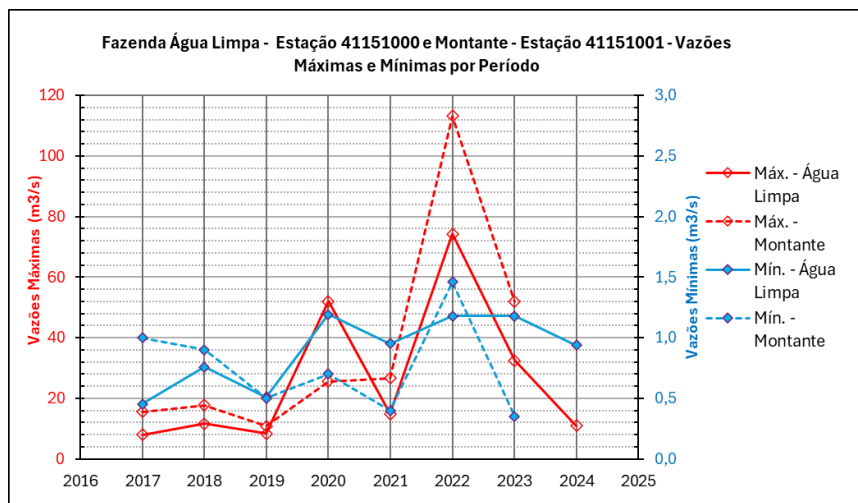
O gráfico a seguir apresenta a evolução das vazões máximas e das mínimas diárias de cada ano do período selecionado. Pode-se ver que há uma tendência geral de crescimento das vazões máximas e das mínimas até 2022, com redução em 2023 e 2024.



**Vazões diárias máximas e mínimas registradas na Estação**

As águas que passam pela estação Fazenda Água Limpa são as que passam pela Estação Montante e, por esse motivo, seria de se esperar um comportamento similar das vazões nessas estações, a não ser por contribuição de afluentes menores do Velhas que existem entre os dois pontos. As vazões máximas e mínimas da Estação Montante, situada a jusante de Água Limpa, deveriam ser, portanto superiores ou, pelo menos iguais, às de Água Limpa. No gráfico a seguir se pode ver que isso ocorre para as vazões máximas, exceto pela inversão de pontos em 2020, certamente uma falha de medição durante a cheia de janeiro daquele ano na Estação Montante.

As mínimas da Estação Montante somente estão acima das mínimas de Água Limpa em 2017, 2018 e 2020. A princípio, pode-se pensar que, pode ter existido alguma captação no rio das Velhas entre as duas estações nos demais anos. Entretanto, a causa da incoerência de medições mostrada no gráfico deve ser atribuída à elevada quantidade de dados faltantes na série da Estação Montante.



Vazões diárias máximas e mínimas registradas nas Estações

Devido ao fato de a série de Água Limpa ser completa e de longa duração, será ela a utilizada nos estudos que se seguirão, juntamente com as séries de Honório Bicalho e Itabirito Linígrafo. A série da Estação Montante, assim como as das outras estações que dispõem somente de dados de curta duração, poderão ser utilizadas para comparações pontuais e específicas, pois não podem ser utilizadas para estudos de tendências de médio e longo prazos.

## 7 CONCLUSÕES - FLUVIOMETRIA

### 7.1 Observações Principais

Ao se traçar os gráficos de parâmetros estatísticos podemos visualizar a ocorrência, nos últimos anos, de fortes chuvas pontuais com volumes muito maiores do que a maioria registrada nas séries históricas, o que indica **o aumento da frequência e da intensidade de eventos extremos de chuva**, os quais constituem grave ameaça à estabilidade e integridade das barragens de rejeitos e das encostas de toda a região do Alto Rio das Velhas. Um rompimento de barragem certamente inviabilizará a captação de água para abastecimento público da RMBH, com **consequências sabidamente catastróficas sob os pontos de vista social, econômico e ambiental**.

Outra tendência identificada nas análises é que, em geral, as vazões mínimas, na época da recessão (período seco) estão diminuindo em volume, mas nos últimos sete anos houve um

aumento dessas vazões mesmo com redução da pluviosidade dos períodos secos. Esse aumento anômalo das vazões constitui uma intervenção antrópica no regime natural do rio, para evitar vazões menores que a Q7,10, e é resultado do aporte de volumes adicionais de água provenientes das lagoas do Miguelão, Ingleses e Codornas, vem como do reservatório da PCH Rio de Pedras, além de possíveis aportes de águas retiradas das cavas de mineração para rebaixamento do lençol freático.

Em geral, pode-se visualizar uma tendência de queda nos valores das médias e da mediana das vazões, o que indica que, de forma geral, as vazões têm se reduzido nos períodos mais recentes na bacia do Alto Rio das Velhas enquanto, na mesma região e ao mesmo tempo, observa-se, pela análise dos dados pluviométricos, uma redução da pluviosidade nas últimas décadas. Essas tendências indicam que a **redução da disponibilidade de água ao longo do tempo** pode estar relacionada tanto a fatores climáticos específicos (como distribuição das chuvas e efeitos das mudanças climáticas) quanto a **alterações no uso das águas superficiais e subterrâneas, tais como rebaixamento do nível dos lençóis freáticos devido à captação em poços, tanto de núcleos urbanos e imobiliários quando de cavas de mineração, existentes em grande quantidade na região.**

A série do Portal HidroWeb para Honório Bicalho informa uma vazão de 311,52 m<sup>3</sup>/s no dia 08/01/2022 e uma de 505,43 m<sup>3</sup>/s no dia 09/01/2024, porém estimamos que os valores corretos devem ser próximos de 435,00 e 700,00 m<sup>3</sup>/s. **É necessário que a ANA revise as vazões dos dois dias citados, assim como as dos 2 ou 3 dias imediatamente anteriores e posteriores a essas datas, pois esses números, por serem os maiores de toda a série histórica de Honório Bicalho, são de crucial importância para a estimativa dos tempos de retorno das vazões do rio** (tema a ser abordado em outro Relatório), assim como para os estudos aqui apresentados

## 7.2 Conclusões da Análise Fluviométrica – Ref.: Estação Honório Bicalho

### 1. Tendências Gerais das Vazões

- Aumento da frequência e magnitude das cheias, especialmente a partir de 2012, tendo atingido a vazão máxima história de 715 m<sup>3</sup>/s em 09/01/2022, de acordo com os valores do Portal HidroWeb corrigidos e atualizados pela ANA em jul./2025.
- Maior variabilidade: O desvio padrão das vazões tem aumentado, evidenciando um maior contraste entre períodos de seca e cheias, além de indicar um ambiente hidrológico mais instável.
- Maior frequência de chuvas intensas e concentradas, mas com menor recarga de aquíferos.

### 2. Redução das vazões médias e baixas:

- Nos últimos 26,3 anos (1997-2023), comparando-se com os 26,3 anos anteriores a eles (1971-1997), houve perda de 655 Mm<sup>3</sup> na faixa entre 20 e 30 m<sup>3</sup>/s, perda de 643 Mm<sup>3</sup> na faixa entre 30 e 40 m<sup>3</sup>/s e perda de 2915 Mm<sup>3</sup> com vazões superiores a 40 m<sup>3</sup>/s. As vazões somente aumentaram na faixa de 0 a 20 m<sup>3</sup>/s, evidenciando o aumento da quantidade de vazões baixas, ou seja, aumento do tempo em que o rio está mais seco.
- Nos últimos 26,3 anos, houve um **déficit total** de 3.364,4 Mm<sup>3</sup> em comparação com o período anterior. Esse valor representa 13,26% do volume escoado nos primeiros 26,3 anos.
- Considerando que a ETA Bela Fama retira em média 7,0 m<sup>3</sup>/s do Rio das Velhas para abastecer a RMBH, o **déficit total de volume de 3.363,4 Mm<sup>3</sup> dos últimos 26,3 anos, em**

**comparação com os 26,3 anos anteriores, seria suficiente para abastecer a RMBH por 5.563 dias (aproximadamente 15,2 anos).**

- Esses valores devem ser analisados à luz dos seguintes dados referentes à análise de dois períodos mais recentes de 20,2 anos (18/01/1984 a 30/06/2024 da Estação Lagoa Grande (MMV):
  - houve uma redução de 195 dias e de 1.896 mm (4,44% do total precipitado nos primeiros 26,3 anos) nas faixas de precipitação de 3,5 a 35 mm.
  - houve um aumento de 16 dias e 1.087 mm (2,54% do total precipitado nos primeiros 26,3 anos) de precipitações superiores a 35 mm/dia.
  - no total, houve uma redução de 101 dias e de 513 mm (1,20% do total precipitado nos primeiros 26,3 anos).
- Na estação Fazenda Água Limpa, a análise de dois períodos de 20,2 anos (18/01/1984 a 30/06/2024, resultou em:
  - houve um aumento de 13 dias e de 90 mm (0,34% do total precipitado nos primeiros 29,2 anos) nas faixas de precipitação de 3,5 a 35 mm.
  - houve uma redução de 15 dias e 753 mm (2,88% do total precipitado nos primeiros 20,2 anos) de precipitações superiores a 35 mm/dia.
  - no total, houve uma redução de 62 dias e de 725 mm (2,77% do total precipitado nos primeiros 20,2 anos).
- Na estação Itabirito Linígrafo, a análise de dois períodos de 20,2 anos (27/01/1984 a 30/06/2024, resultou em:
  - houve um aumento de 26 dias e de 409 mm (1,42% do total precipitado nos primeiros 29,2 anos) nas faixas de precipitação de 3,5 a 35 mm.
  - houve uma redução de 20 dias e 859 mm (2,98% do total precipitado nos primeiros 20,2 anos) de precipitações superiores a 35 mm/dia.
  - no total, não houve alteração na quantidade de dias de chuva, mas houve uma redução e de 437 mm (1,52% do total precipitado nos primeiros 20,2 anos).
- Dessa forma, pode-se considerar que nos últimos 25 anos, em comparação com igual período anterior, houve, nas áreas do vale (Fazenda Água Limpa e Itabirito Linígrafo), aumento do volume das chuvas fortes, moderadas e fracas e redução das mais fortes e intensas, o contrário do que ocorreu na área da serra (Lagoa Grande), mas houve redução do volume total precipitado em todas as áreas. Essa redução geral está coerente com a redução geral das vazões do Rio das Velhas registradas em Honório Bicalho.
- Considerando que a ETA Bela Fama retira em média 7,0 m<sup>3</sup>/s do Rio das Velhas para abastecer a RMBH, **houve um déficit de volume de 837,71 Mm<sup>3</sup> nos últimos 26,3 anos (12,7% do volume total dos períodos secos dos primeiros 26,3 anos). Esse volume perdido seria suficiente para abastecer a RMBH por 1.385 dias (aproximadamente 3,8 anos).**
- Considerando que a ETA Bela Fama retira em média 7,0 m<sup>3</sup>/s do Rio das Velhas para abastecer a RMBH, **o houve um déficit de volume de 2.514,69 Mm<sup>3</sup> nos últimos 26,3 anos (13,4% do volume total dos períodos úmidos dos últimos 26,3 anos. Esse volume perdido seria suficiente para abastecer a RMBH por 4.158 dias (aproximadamente 11,4 anos).**

Alterações Totais dos Volumes Precipitados entre os Dois Períodos Analisados ( 2 x 20,2 anos) para Lagoa Grande (MMV), Fazenda Água Limpa e Itabirito Linígrafo). (27/01/1984 a 31/03/2004) x (01/04/2004 a 30/06/2024)			
	Valores Anuais	Períodos Secos	Períodos Úmidos
Lagoa Grande (MMV)	-2,06%	-20,20%	-0,24%
Itabirito Linígrafo	-1,52%	-19,03%	0,24%
Fazenda Água Limpa	-2,96%	-9,13%	-2,37%

Alterações Totais dos Volumes Escoados pelo Rio das Velhas em Honório Bicalho entre os Dois Períodos Analisados ( 2 x 19,9 anos) e ( 2 x 26,3 anos)			
<b>Honório Bicalho (2 x 19,9 anos)</b> 18/01/1984 a 24/12/2003 (7.281 dias) x 25/12/2003 a 30/11/2023 (7.281 dias)	<b>-6,62%</b> (-1.207,5 Mm <sup>3</sup> = 5,47 TA*)	<b>-8,27%</b> (-400,93 Mm <sup>3</sup> = 1,81 TA*)	<b>-6,03%</b> (-806,6 Mm <sup>3</sup> = 3,65 TA*)
<b>Honório Bicalho (2 x 26,3 anos)</b> 27/04/1971 a 12/08/1997 (9.605 dias) x 13/08/1977 a 30/11/2023 (9.606 dias)	<b>-13,26%</b> (3.364,4 Mm <sup>3</sup> = 15,23 TA*)	<b>-12,72%</b> (837,7 Mm <sup>3</sup> = 3,79 TA*)	<b>-13,45%</b> (4.178,0 Mm <sup>3</sup> = 11,44 TA*)

TA-RMBH (Tempo de Abastecimento da RMBH – q = 7,0 m<sup>3</sup>/s)

- No período mais recente houve uma redução no número de dias em todas as faixas de vazões superiores a 20 m<sup>3</sup>/s. Isso indica uma diminuição da pluviosidade em faixas que resultam nessas vazões, bem como uma menor capacidade dos aquíferos de manter o fluxo de base no início dos períodos de recessão.
- Em termos percentuais, a redução geral das precipitações entre os dois períodos esteve entre 1 e 3% nos recortes referentes aos anos civis e aos períodos úmidos e entre 9 e 20% nos períodos secos (em que o total precipitado é bem inferior ao dos períodos úmidos) enquanto a redução geral dos volumes escoados pelo Rio das Velhas entre os mesmos períodos foi de 13%. Como a maior parte dos volumes escoados nos períodos úmidos, a maior redução percentual das chuvas dos períodos secos aparentemente não seria responsável pela redução geral dos volumes escoados pelo rio. Ademais, no presente estudo, considerou-se a duração dos períodos secos de 5 meses e a dos úmidos, de 7 meses.
- A redistribuição das chuvas em faixas de intensidade, bem como a extensão das áreas representadas pelas 3 estações, assim como as características originais e as alterações das superfícies dessas áreas (o que altera a sua permeabilidade) nas últimas décadas são alguns dos fatores que devem ser levados em conta para a avaliação da influência das precipitações nas vazões.
- Sobretudo, é necessário considerar que, de acordo com dissertações da UFMG, datadas de 2023, desde 2005 a 2009 as vazões outorgada pelo IGAM para bombeamento em cavas de mineração e outros locais do Sinclinal Moeda ultrapassaram a capacidade de recarga dos aquíferos pelas chuvas. Como não há medição nem fiscalização assíduas das atividades de bombeamento não se pode afirmar que as vazões realmente bombeadas não superam as outorgadas. Adicionalmente, existe em toda a área do Sinclinal, bem como nas áreas do vale, além dos poços das áreas de mineração, inúmeros outros poços de captação de água, outorgados ou não, para suprimento de indústrias, de núcleos habitacionais e de particulares.
- A análise dos volumes escoados pelo rio das Velhas em Honório Bicalho, por diversos métodos estatísticos, foi realizada e os resultados detalhados, apresentados no presente documento, confirmam todas as tendências acima descritas. A tabela a seguir constitui um extrato da tabela-resumo completa constante desse relatório. As estimativas feitas pelos métodos de regressão linear (paramétrico) e Sen's Slope (não paramétrico) indicam reduções percentuais acentuadas nos últimos 40 anos, valores que devem ser

tomados como indicadores das tendências gerais: **redução de 2 milhões de metros cúbicos de volume escoado por ano no período seco e redução de 4,5 a 5,5 milhões de metros cúbicos por ano nos períodos úmidos.**

**Tabela-Resumo da Análise da Série de 1984 a 2022 de Honório Bicalho – Volumes Escoados Anualmente (Milhões de m<sup>3</sup>)**

Indicador	Volumes Anuais (1984–2022)	Períodos Secos (1984–2022)	Períodos Úmidos (1984–2022)
Valor mínimo	468,954 (em 2017)	134,72 (em 2017)	367,23 (em 2015)
Média	881,42	232,57	653,30
Valor Máximo	1505,42 (em 1985)	350,58 (em 1985)	1098,92 (em 1997)
Regressão Linear – Coef. angular (variação por ano)	(–5,4829 Mm <sup>3</sup> /ano)	(–1,9046 Mm <sup>3</sup> /ano)	(–4,4272 Mm <sup>3</sup> /ano)
<b>Variação percentual com relação à média total do segmento analisado</b>	<b>(–24,26%)</b>	<b>(–31,94%)</b>	<b>(–26,43%)</b>
Sen's Slope	(–4,8111 Mm <sup>3</sup> /ano)   Sem inclinação estatisticamente significativa (IC95% inclui zero)	(–2,0330 Mm <sup>3</sup> /ano)   IC95% = (–3,0768 ; –0,4042)   p < 0,05   <b>HÁ REDUÇÃO ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA</b>	(–5,5510 Mm <sup>3</sup> /ano)   IC95% = (–10,262 ; –0,8874)   p < 0,05   <b>HÁ REDUÇÃO ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA</b>
<b>Variação percentual com relação à média total do segmento analisado</b>	<b>(–21,29%)</b>	<b>(–34,10%)</b>	<b>(–33,15%)</b>

Indicador	Volumes Anuais (1984–2022)	Períodos Secos (1984–2022)	Períodos Úmidos (1984–2022)
Mann–Kendall	Sem tendência significativa	<b>HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO</b>	<b>HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO</b>
Teste de Pettitt	Nenhum ponto de mudança significativo detectado	<b>Ponto de mudança significativo em 2013</b>	Nenhum ponto de mudança significativo detectado
Spearman	Sem correlação significativa	<b>HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO</b>	<b>HÁ TENDÊNCIA ESTATISTICAMENTE SIGNIFICATIVA DE REDUÇÃO</b>
Changepoint – Mudança na Média	1985, 1997, 2008, 2012, 2019; médias variando entre 672,82 e 1152,62 Mm <sup>3</sup>	1996, 1997, 2003, 2008, 2013; médias variando entre 182,94 e 275,45 Mm <sup>3</sup>	1985, 2008, 2011, 2012, 2019; médias variando entre 506,99 e 912,98 Mm <sup>3</sup>
Changepoint – Média + Variância	<b>Mudança mais significativa em 2021</b> – (nova média: 1198,01 Mm <sup>3</sup> )	<b>Mudança mais significativa em 2021</b> – (nova média: 243,27 Mm <sup>3</sup> )	<b>Mudança mais significativa em 2021</b> – (nova média: 958,70 Mm <sup>3</sup> )

- A análise realizada revelou uma forte acentuação da tendência de redução das vazões a partir de 2010-2012.

### 3. Anomalia identificada nos períodos secos

- Para completar a avaliação, aplicamos o metodologia dos índices de anomalias de chuvas às vazões anuais do Rio das Velhas. O estudo evidenciou, ao longo de 53 anos da série, uma tendência clara de redução dos volumes escoados, marcada pelo aumento das anomalias negativas (anos secos) e pela diminuição das anomalias positivas (anos úmidos). O períodos mais úmidos ocorreram entre 1979 e 1989, enquanto os mais secos se concentraram entre 2014 e 2019, destacando-se 2014 e 2017 como os anos de menor vazão da série histórica.
- A partir de 2010 houve intensificação das anomalias negativas, especialmente nos períodos secos, e maior variabilidade nas cheias e estiagens dos períodos úmidos. Apesar de sinais de recuperação entre 2020 e 2023, a predominância de anos secos (29 em 53) e o maior acúmulo de índices negativos indicam tendência de agravamento da escassez hídrica, com aumento da frequência e duração dos períodos secos e maior instabilidade entre eventos extremos
- No período de **2017 a 2023** aumento anômalo das vazões do Rio das Velhas no período seco ao mesmo tempo em que houve redução acentuada da pluviosidade desses períodos, comportamento sem similaridade nos demais anos da série.
- Esse aumento anômalo está associado ao aporte adicional de água que tem sido feito a montante de Honório Bicalho, proveniente das lagoas do Miguelão, Ingleses e Codornas e do reservatório da PCH Rio de Pedras, com o intuito de impedir que o rio atinja vazões menores que a  $Q_{7,10}$  e entre em estado de restrição hídrica, bem como ao aporte de água proveniente de bombeamentos de cavas de mineração para rebaixamento de lençóis freático. O aumento evidencia a severidade das secas (que demanda ações emergências, como o aporte extra), da redução das vazões naturais e mascara a resposta natural do rio às chuvas, principalmente nos períodos secos.

#### 4. Padrões Sazonais e Variabilidade

- Concentração das chuvas e das cheias:
  - O período úmido (outubro a abril) concentra os maiores volumes de precipitação e, conseqüentemente, os maiores escoamentos fluviais.
  - O período seco (maio a setembro) apresenta vazões mais estáveis e reduzidas.
- Janela de risco para cheias: As cheias mais severas ocorrem predominantemente, de acordo com os registros históricos em janeiro, com picos críticos entre 2 e 11 de janeiro e entre 24 e 28 de janeiro. O pico mais provável de vazões se dá no dia 3 de janeiro.
- Metade do volume anual escoado entre 16 de janeiro e 30 de junho (165 dias) e a outra metade entre 1º de julho e 15 de janeiro (199 dias), mostrando a desigualdade na distribuição da vazão ao longo do ano. O dia 15 de janeiro pode ser considerado o centro do ano hidrológico.

#### 5. Eventos Extremos e Impactos

- Período anômalo entre 2012 e 2024: observou-se um padrão em "V" nas curvas de vazões mínimas, com seca extrema (2013–2019) seguida de cheias (2020–2022 – incluindo a cheia recorde da série) sugerindo uma mudança significativa nos regimes hidrológicos possivelmente influenciada por variabilidade climática e fatores antrópicos.
- 2014 e 2017 foram os anos mais secos da série histórica.
- Influência das mudanças climáticas: O aumento da irregularidade entre anos extremamente chuvosos e anos mais secos pode estar relacionado a padrões climáticos globais e regionais, afetando a previsibilidade hídrica.

- Efeitos de interferências humanas: A presença de barragens e atividades de mineração na bacia, com bombeamento de água das cavas para rebaixamento dos lençóis freáticos, pode alterar artificialmente os padrões de vazão, mascarando a resposta natural do rio às chuvas, principalmente nos períodos secos.

#### 6. Relação Entre Chuvas e Vazões

- Correlação positiva, mas não linear: Embora chuvas intensas resultem em elevação das vazões, a relação nem sempre é direta, principalmente nos períodos secos, onde a recuperação da vazão pode ser limitada pela infiltração, evapotranspiração e regulação antrópica.

Os resultados indicam uma **redução progressiva das vazões médias e mínimas**, acompanhada de um **aumento na frequência e intensidade dos eventos extremos**. Essa mudança representa desafios para a gestão dos recursos hídricos, especialmente na **Região Metropolitana de Belo Horizonte**, com as cheias aumentando o risco de inundações e os períodos secos comprometendo o abastecimento. A adaptação a esse novo regime hidrológico exigirá ações voltadas para a **monitorização contínua, otimização da gestão de barragens e estratégias para mitigar impactos climáticos e antrópicos**.

## 8 Disponibilidade e Confiabilidade dos Dados - Recomendações

A comparação dos registros provenientes das estações convencionais com os das estações automáticas mostra que a quantidade de falhas (períodos sem registros) dessas últimas é notoriamente maior que a das primeiras, permitindo concluir que a metodologia tradicional de coleta de dados, manual, duas vezes por dia, é mais consistente e confiável que a que adota aparelhagem automática. A **disponibilidade da instrumentação que tem sido utilizada nas estações automáticas pode ser considerada insatisfatória**, resultando em lacunas na coleta de dados por períodos relativamente extensos e/ou de forma intermitente, o que resulta em falta de dados para uma análise consistente da série temporal gerada por essas estações. É comum, ainda, que parte significativa dos registros apresente valores inconsistentes, tais como vazões nulas ou com valores notoriamente abaixo dos mínimos históricos. **Ao que parece, a qualidade da instrumentação instalada está aquém do necessário e recomendável para que se tenha uma coleta de dados confiável e contínua.**

A coleta manual de dados fluviométricos duas vezes (estações convencionais) pode não permitir o registro dos picos de cheias e outras variações diárias das vazões, os quais podem ocorrer entre duas medições. A leitura manual dos pluviômetros resulta apenas no valor da precipitação diária, fundamento da maior parte dos estudos hidrológicos, mas não é suficiente para os estudos de erosividade, cada vez mais necessários em razão das mudanças climáticas. Tais estudos demandam valores de precipitação tomados a cada 10 minutos ou, no máximo, a cada 15 minutos, o que somente pode ser obtido por estações automáticas.

**Recomenda-se tanto a readequação da instrumentação das estações automáticas, com instalação de equipamentos robustos e de desempenho garantido, quanto a instalação de equipamentos com redundância**, ou seja, duas estações independentes em cada local, pelo menos naqueles locais em que a coleta de dados pluviométricos e fluviométricos é de maior importância:

- Estações de Honório Bicalho, Itabirito Linígrafo e Fazenda Água Limpa, por já terem séries (obtidas por método manual de coleta de dados) com longa duração. A

continuidade dos registros dessas séries – e destaca-se aqui a Estação de Honório Bicalho - é de crucial importância para a avaliação da segurança hídrica da RMBH.

- Estações de Rio Acima e Raposos, por estarem a montante e jusante da Estação Honório Bicalho e da ETA Bela Fama, importantes para complementar a Estação de Honório Bicalho e servir de referência para ela;
- Estações da PCH Rio de Pedras, no Rio das Velhas, a montante e a jusante do reservatório da Usina.

A **inspeção, a aferição e a manutenção preventiva da instrumentação devem ser feitas assiduamente** com vistas a evitar, ao máximo, a degradação da qualidade dos dados e a interrupção da coleta e do envio de informações aos sistemas da ANA. A detecção da interrupção do envio dos dados ou a verificação do registro de dados inconsistentes devem ocasionar a imediata manutenção corretiva para restabelecimento das plenas condições operativas da estação danificada.

**Recomenda-se**, com ênfase, a instalação de uma **estação fluviométrica no Rio das Velhas imediatamente a jusante da ETA Bela Fama**, ou seja, a poucos metros da saída da ETA Bela Fama, para permitir o balanço hídrico do rio depois da captação realizada pela COPASA, antes do aporte ao rio das contribuições dos 4 ribeirões que a ele afluem entre Bela Fama e a Estação de Raposos. Da mesma forma, recomenda-se a instalação de uma estação plu/fluviométrica no Rio de Pedras, a montante do reservatório da Usina, para registrar as vazões provenientes da região da Serra do Gandarela, vazões essas que se somam às do Rio das Velhas; os dois rios desaguam no reservatório da PCH Rio de Pedras.

**Recomenda-se** ainda, com igual ênfase, **que se torne obrigatório que as empresas que possuem estações pluviométricas e/ou fluviométricas, convencionais ou automáticas disponibilizem os dados dessas estações publicamente**, incorporando-os aos sistemas HidroTelemetria e HidroWeb, da ANA. Tais empresas, a maior parte delas mineradoras, dispõe de estações próprias cujos dados são de importância capital para compor uma malha que permitiria o estudo mais detalhado e o monitoramento da evolução dos sistemas hidrológicos do Alto Rio das Velhas nos próximos anos e décadas, que serão marcados por forte influência das mudanças climáticas.

Deve-se destacar que quatro estações pluviométricas que eram da Mina de Morro Velho (MMV), atual da AngloGold Ashanti, são operadas hoje pelo SGB-CPRM e fazem parte dos sistemas da ANA. Os dados de duas delas foram utilizados no presente relatório para complementar dados faltantes de outras estações, o que demonstra a importância de se ter uma rede maior de monitoramento de dados hidrológicos. As quatro estações são:

- 2043042- Barragem das Codornas (MMV)
- 2043004 - Rio do Peixe (MMV)
- 2043002 - Lagoa Grande (MMV) [Lagoa dos Ingleses]
- 2043043 – Represa do Miguelão (MMV)

A Estação pluviométrica 2043079 e a fluviométrica 41193000 – PCH E Nova Jusante, pertencentes e operadas pela AngloGold Ashanti, tem seus dados disponíveis no portal Hidro-Telemetria.

Destaca-se ainda que a Estação Pluviométrica Mineração Morro Velho - Código: 1943000, dispõe de dados de medições mensais de janeiro de 1855 a julho de 2018, com falhas em vários meses. Essa é a estação mais antiga do Brasil e foi descontinuada devido ao fechamento da Mina. Um importante trabalho de Cruz *et al.* (2022) inclui a complementação de vários dados faltantes

nessa série, permitindo o preenchimento das lacunas todas desde o ano de 1944 até o final de 2019. Os autores do trabalho usaram o método Dupla Massa para essa complementação e cederam gentilmente o arquivo Excel com os dados para o FPSF. Os dados dessa estação já foram analisados em alguns artigos técnicos, além do mencionado, e caso se mostre necessário, a análise dos dados mensais poderá ser realizada em relatório futuro do Projeto De Olho no Velhas.

As estações da Mina de Morro Velho constituem, portanto, exemplos da importância de se disponibilizar publicamente os dados coletados por empresas.

Euler de Carvalho Cruz

Belo Horizonte, 30 de Agosto de 2025

## 9 Referências Bibliográficas

AGNEW, C., CHAPPELL, A. Drought in the Sahel. *GeoJournal* 48, 299–311. 1999. <https://doi.org/10.1023/A:1007059403077>

ALATISE, M. O; IKUMAWOYI, O. B. Evaluation of drought from rainfall data for Lokoja. A confluence of two major rivers. *Agricultural Engineering*, v. 10, n.1, p. 90-95. 2007.

ALEXANDRE, G. R.; BAPTISTA, M. B.; NAGUETTINI, M. Estudo para Identificação de Tendências do Regime Pluvial na Região Metropolitana de Belo Horizonte a Partir de Métodos Estatísticos. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 15 n.2 Abr./Jun. 2010, 115-126

ALVES, E.; SILVA, S. T. Análise climática da precipitação em Israelândia-GO e Piranhas-GO utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso. *ENCICLOPEDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, vol.6, N.11; 2010.

ARAUJO, L. E. de.; MORAES NETO, J. M. de.; SOUSA, F. de A. S. de. Análise climática da bacia do rio Paraíba - Índice de Anomalia de Chuva (IAC). *Engenharia Ambiental. Espírito Santo do Pinhal*: v. 6, n. 3, p. 508-523. set/dez. 2009.

ARAUJO, L. E. de.; SILVA, D. F da.; MORAES NETO, J. M. de.; SOUSA, F. de A. S. de. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. *Revista de Geografia. Recife*: v. 24, n. 1, p. 47-59. jan./abr. 2007.

BARBOSA, S. E. d. S.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVA, G. Q. d.; CAMPOS, E. N. B. (2005). Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a Bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 10, n. 1, p. 64-71.

CAMPOS, Luanna Beatriz Kuster. Avaliação das Precipitações Causadoras de Cheias para a Cidade de Itabirito (MG). Monografia. UFOP. Ouro Preto. 2024.

CRUZ, C. E.; CAETANO, I. S. H.; MOTA, A. C. V.; FERREIRA, J. J.; SOUZA, J. V. F.; VELÁSQUEZ, L. N. M.; DE PAULA, R. S. (2022). Caracterização pluviométrica do Quadrilátero Ferrífero na região do Sinclinal Moeda – Minas Gerais. *Alemur*, v. 7, n. 1, p. 17-35.

DANTAS, C. E. O. ; PINTO, E. J. A. . Análise de Frequência Regional das Precipitações Máximas Diárias da Bacia do Rio São Francisco no Estado de Minas Gerais-Brasil. In: XIV World Water Congress, 2011, Porot de Galinhas-PE. Anais do XIV World Water Congress, 2011.

DE OLIVEIRA, L. F.; FIOREZE, A. P.; MEDEIROS, A. M.; SILVA, M. A. (2010). Comparação de metodologias de preenchimento de falhas de séries históricas de precipitação pluvial anual. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, ed. 14, n. 11, p. 1186-1192.

FRAGA, M. de S.; RIBAS, L. P. R. Análise do comportamento das vazões nas bacias dos rios Paraopeba e Velhas. *Revista Mineira de Recursos Hídricos*, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, 2021. DOI: 10.59824/rmrh.v1i2.202. Disponível em:

<https://periodicos.meioambiente.mg.gov.br/NM/article/view/202>. Acesso em: 27 mar. 2025.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidro-energética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: *Anais do Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses*. Puerto Iguazu: CACIER, v. 1. p. 1-1. 2004.

FREITAS, M. A. S. Um Sistema de Suporte a Decisão para o Monitoramento de Secas Meteorológicas em Regiões Semi-Áridas. *Revista Tecnologia*, Fortaleza, p. 84-95, 2005.

HÄNSEL, S.; SCHUCKNECHT, A.; MATSCHULLAT, J. The modified Rainfall Anomaly Index (mRAI)—Is this an alternative to the Standardized Precipitation Index (SPI) in evaluating future extreme precipitation characteristics? Is the mRAI an alternative to the SPI? *Theoretical and Applied Climatology*, Volume 123, Issue 3-4, pp. 827-844. 2016. DOI: 10.1007/s00704-015-1389-y. <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00704-015-1389-y>

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: *X Congresso Brasileiro de Meteorologia e VIII Congresso da FLISMET*, 1998, Brasília -DF.

ROOY, M.P. VAN. A Rainfall Anomaly Index Independent of Time and Space, *Notes*, 14-,43, 1965.

TUCCI, C. E. (2001). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS: ABRH.

TUCCI, C. E. (2012). *Hidrologia: ciência e aplicação*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS: ABRH.

VIDAL, T. A. V.; PENA, M. A. C.; DE LIMA, M. F. ; FUCHS, Y. M.; PEREIRA, F. A. A.; DE PAULA, R.S.; DE MELO, M. C.; CASAGRANDE, P. B. (2023). Caracterização pluviométrica e influência na vazão do Rio das Velhas na região de Nova Lima – Minas Gerais.

WATER SERVICES AND TECHNOLOGIES LTDA. Análise Mensal dos Dados de Monitoramento da Unidade de Tratamento de Água (UTA) do SAAE – Itabirito. Relatório Semestral. Belo Horizonte. 15/07/2024.

WOLDEAMLAK, B. AND CONWAY, D. A note on temporal and spatial variability of rainfall in drought prone Amhara regions of Ethiopia. *Int. J. Climatolo.*, 27: 1467-1477. 2007.

## ANEXO 2 – Atualização dos Dados – Out./2024 até Fev./2025

### 1. Introdução

O 1º Relatório de Análise de Dados considerou os dados disponíveis desde o começo de cada uma das séries históricas das diversas estações até o dia 30 de setembro de 2024. A seguir são apresentados os gráficos e informações relativos aos dados de vazões e de precipitações que foram disponibilizados pela ANA nos portais HidroWeb e HidroTelemetria até os primeiros dias de março de 2025.

Este 2º Relatório não incorpora em suas análises esses dados mais recentes, pois faltam ainda os dados de março e abril de 2025 (não disponíveis ainda nos portais da ANA) para que se completem os valores referentes ao período úmido de 2024 – 2025. O próximo relatório irá atualizar a análise utilizando os dados disponíveis até o final de abril de 2025.

De qualquer forma, os dados mais recentes não alteram as tendências de médio e longo prazos, embora sejam importantes para compreensão da situação atual da região do Alto Velhas.

### 2. Atualização do Banco de Dados

#### 2.1 Dados Disponibilizados

Ao realizarmos a pesquisa de dados de vazão e de precipitação para o período estipulado, nos portais HidroWeb e Hidro-Telemetria, identificamos uma disponibilidade limitada de dados devido a diversos fatores.

Algumas das estações selecionadas no escopo deste projeto foram permanentemente desativadas, como as estações de Honório Bicalho e PCH Rio de Pedras – Rio Maracujá. Outras permaneceram inoperantes por longos períodos em decorrência da mudança de proprietários durante a transação e venda realizada pela CEMIG da PCH Rio de Pedras.

Além disso, determinadas estações cujos dados são disponibilizados pelo portal HidroWeb ainda não apresentavam atualização até o momento da elaboração deste relatório. Esse atraso decorre da ausência de envio das informações mais recentes pela empresa responsável pelo gerenciamento dessas estações, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), para a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

A tabela a seguir apresenta uma síntese dos dados de vazão e precipitação obtidos no portal HidroWeb até o início de março de 2025.



Data de consulta <b>10/03/2025</b>						
Estação	Código Fluviométrico	Código Pluviométrico	Munic.	Fonte	Ultima data de dados chuvas	Ultima data de dados vazoes
Rio Acima	41195050	2043016	Rio Acima	HIDROWEB SNIRH	01/10/1957 Igual ao relatório anterior Sem dados novos	01/09/2024 No relatório anterior a data final era 02/2024 6 meses de dados novos
Água Limpa - jusante	41151001	2043056	Raposos	HIDROWEB SNIRH	01/10/2024 No relatório anterior a data final era abril/24 6 meses de dados novos	01/10/2024 No relatório anterior a data final era 03/2024 6 meses de dados novos
Honório Bicalho	41199998	2043128	Nova Lima	HIDROWEB SNIRH	No relatório anterior já não tinha dados de chuvas	01/11/2023 Igual ao relatório anterior Sem dados novos
Itabirito Linígrafo	41180000	2043060	Itabirito	HIDROWEB SNIRH	01/10/2024 No relatório anterior a data final era abril/24 6 meses de dados novos	01/10/2024 No relatório anterior a data final era 03/2024 7 meses de dados novos

As séries históricas utilizadas na análise anterior abrangeram os seguintes intervalos de dados:

estação	codigo	data inicial	data final	dias	anos
Raposos	41200430	13/03/2017	31/05/2024	2.636	7
Rio Acima	41195050	23/02/2017	30/06/2024	2.684	7
Honorio Bicalho	41199998	27/04/1971	30/11/2023	19.210	53
PCH Rio de Pedas - Rio Itabirito	41180500	15/05/2015	03/04/2024	3.246	9
PCH Rio de Pedas - Linígrafo	41180000	27/06/1956	30/09/2024	24.932	68
PCH Rio de Pedas - Barramento	41180080	04/02/2010	04/11/2024	5.387	15
PCH Rio de Pedas - Montante	41152000	04/02/2010	11/07/2024	5.271	14
PCH Rio de Pedas - Rio Maracujá	41153050	15/05/2015	09/09/2024	3.405	9
Fazenda Agua Limpa - Jusante	41151001	28/05/1994	30/09/2024	11.083	30

## 2.2 Períodos dos Novos Dados Disponibilizados

Conforme observado, a nova coleta de dados das estações não telemétricas acrescentou, em média, apenas seis meses de informações a séries históricas que abrangem várias décadas. Um

exemplo é a estação Itabirito Linígrafo, cuja série de dados previamente analisada abrangia 68 anos, tendo sido incrementada com apenas sete meses adicionais nesta atualização.

As estações telemétricas, cujos dados são disponibilizados pelo portal Hidro-Telemetria, apresentaram registros atualizados<sup>9</sup> para esse período de seis meses devido ao envio automatizado de informações, com algumas falhas em pequenos períodos.

Com relação aos dados das estações telemétricas, ressaltamos as seguintes observações:

3. **Estação: 41195050 - Rio Acima:** Período de 04/09/2024 a 04/03/2025 - De um total de 17.373 dados que deveriam existir para o período, faltam 282 dados de precipitações, 280 dados de níveis e 281 dados de vazões.
4. **Estação: 41180500 - PCH Rio de Pedras - Rio Itabirito:** Período de 04/09/2024 a 04/03/2025 - De um total de 4343 dados que deveriam existir para o período, faltam todos os dados de precipitações e de vazões e faltam apenas 41 dados de níveis.
5. **Estação: 41192900 - PCH Codorna - Barramento:** Período de 06-09-2024 a 06-03-25 – De um total de 4.343 dados que deveriam existir para o período, faltam 7 dados de precipitações e 7 dados de níveis. Como essa Estação está instalada no barramento, ela não inclui medição de vazões.
6. **Estação: 41193000 - PCH E Nova Jusante:** Período de 06/09/2024 a 06/03/2025 - De um total de 4343 dados que deveriam existir para o período, faltam 6 dados de precipitações, 6 dados de níveis e 6 dados de vazões.
7. **Estação: 41151001 - Fazenda Água Limpa:** Níveis do rio de 06-09-2024 a 06-03-2025 - De um total de 17.373 dados que deveriam existir para o período, não há nenhum dado de vazão, faltam 7368 dados de precipitação e 7368 dados de níveis.
8. **Estação: 41180001 - Itabirito - Linígrafo:** Período de 04/09/2024 a 04/03/2025 - De um total de 17.375 dados que deveriam existir para o período, faltam 191 dados de precipitações, 209 dados de níveis e 191 dados de vazões.
9. **Estação: 41200430 - Raposos:** Período de 04/09/2024 a 04/03/2025 - De um total de 17.374 dados que deveriam existir para o período, faltam 5000 dados de precipitações, 141 dados de níveis e 141 dados de vazões.
10. **Estação: 41153050 - PCH Rio de Pedras - Rio Maracujá:** Período de 17/02/2024 a 09/09/2024 - De um total de 4917 dados que deveriam existir para o período, faltam 2354 dados de precipitações, 2624 dados de níveis e 3820 dados de vazões. Os últimos dados válidos dessa Estação são os de 03/04/2024 16:00:00 h, hora que essa Estação foi desativada por seu operador, com aprovação da ANA. Os dados de níveis que foram atribuídos a essa estação entre 10/07/2024 14:00:00 h e 09/09/2024 14:00:00 h são, na verdade, dados da Estação PCH Rio de Pedras - Rio Itabirito. Por atuação do Fórum Permanente São Francisco, que identificou esse erro, o operador da Estação passou, a partir de 09/09/2024, a carregar os dados corretamente na planilha do Rio Itabirito, interrompendo a sequência que erroneamente estava sendo carregada na planilha do Rio Maracujá.
11. **Estação: 41140080 - PCH Rio de Pedras - Barramento:** Período de 04/09/2024 a 04/03/2025 - De um total de 4344 dados que deveriam existir para o período, não falta

---

<sup>9</sup> Link para os dados: <https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/ultimosDados.aspx>

nenhum dado de precipitação, faltam 41 dados de níveis e faltam todos dados de vazões. No entanto, os valores de níveis apresentam queda a partir de 28/10/2024 até atingir o nível zero em 05/11/2024 e um aumento súbito e fortes oscilações entre os dias 15 e 20/11/2024, seguindo-se valores nulos e oscilações em níveis muito baixos até o final do período de coleta dos dados. Esse comportamento anômalo indica falha da Estação e perda total de sua confiabilidade. Os valores de precipitações se anulam a partir das 15:00 h do dia 09/11/2024 até às 12:00 h do dia 19/12/2024, o que também indica falha da Estação, visto que ocorreram precipitações intensas depois dessa dada, conforme registrado por outras estações da região. A CEMIG, ao vender a PCH, desativou a aparelhagem dessa Estação, que era instalada a jusante do barramento e registrava a vazão do Rio das Velhas naquele ponto. A nova proprietária instalou outra aparelhagem no topo do barramento, onde somente se pode medir nível do reservatório (e não do rio) e precipitações.

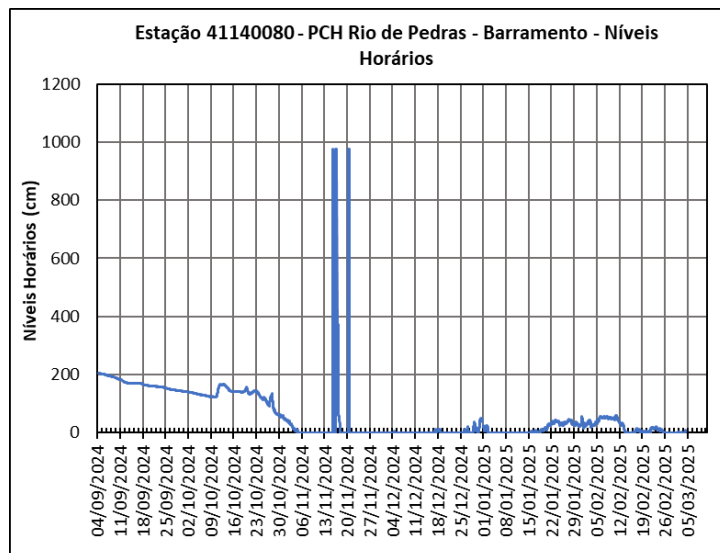
- Estação: 41199998 - Honório Bicalho Montante:** Existem dados telemétricos dessa estação somente para o período de 01-06-2021 a 30-11-2021.

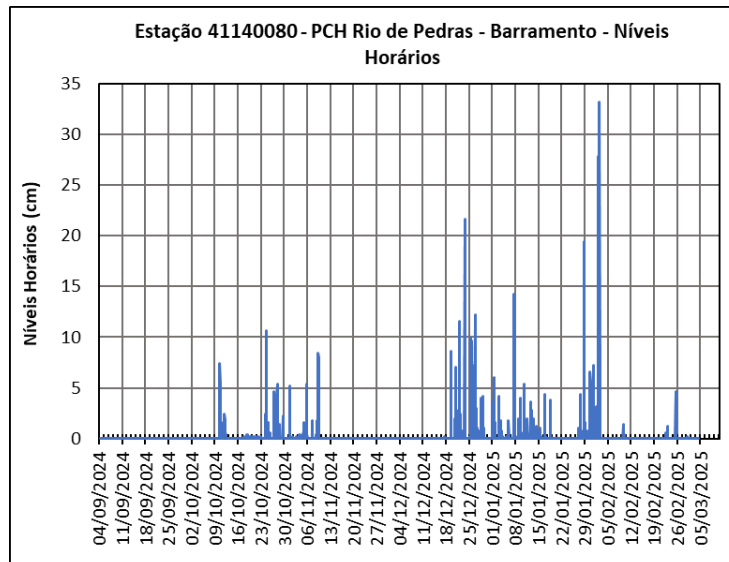
Entretanto, a adição de dados referentes a um intervalo curto de tempo possibilita apenas análises pontuais do período recente, sem impacto significativo sobre os resultados de séries de longa duração.

### 3. Análise Expedita dos Dados do Período de Outubro De 2024 a Fevereiro de 2025

Embora o período de dados disponível tenha resultado em um banco de dados de relevância limitada para os objetivos do projeto, os dados foram analisados e os gráficos representativos do período foram gerados para fins de avaliação em etapas posteriores.

#### 3.1 Estação: 41140080 - PCH Rio de Pedras – Barramento

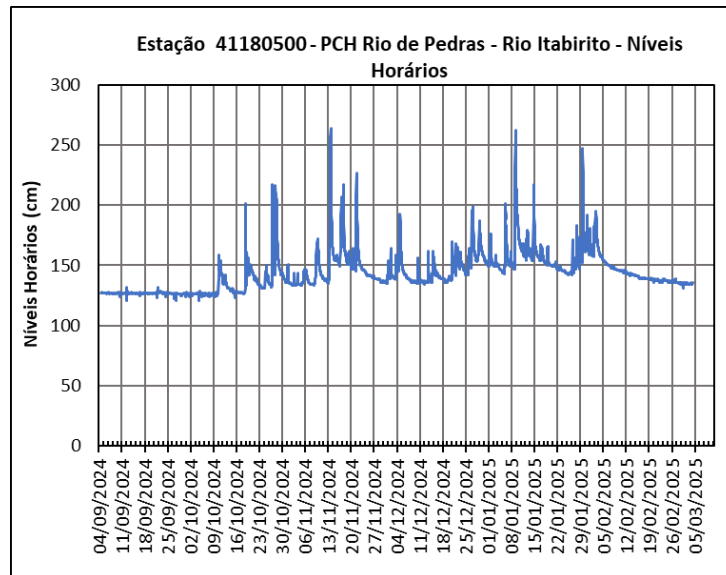




**Resumo dos dados:**

	Série Completa	
Data do início do período	04/09/2024	-
Data do final do período	04/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,96	-
Total de dados de precipitações	4344	-
Total de dados de níveis	4303	-
Total de dados de vazões	0	-
Total de dados que o período deveria ter	4344	-
Abrangência dos dados de precipitações no	100,00%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	99,06%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	0,00%	-
Média Aritmética - Precipitações	1,92	mm/h
Média Aritmética - Níveis	96,14	cm
Média Aritmética - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,6	mm/h
Mediana - Níveis	107,0	cm
Mediana - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	3,47	mm/h
Desvio padrão - Níveis	90,98	cm
Desvio padrão - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	33,2	mm/h
Nível máximo do período	976,0	cm
Vazão máxima do período	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,2	mm/h
Nível mínimo do período	1,0	cm
Vazão mínima do período	-	mm/h

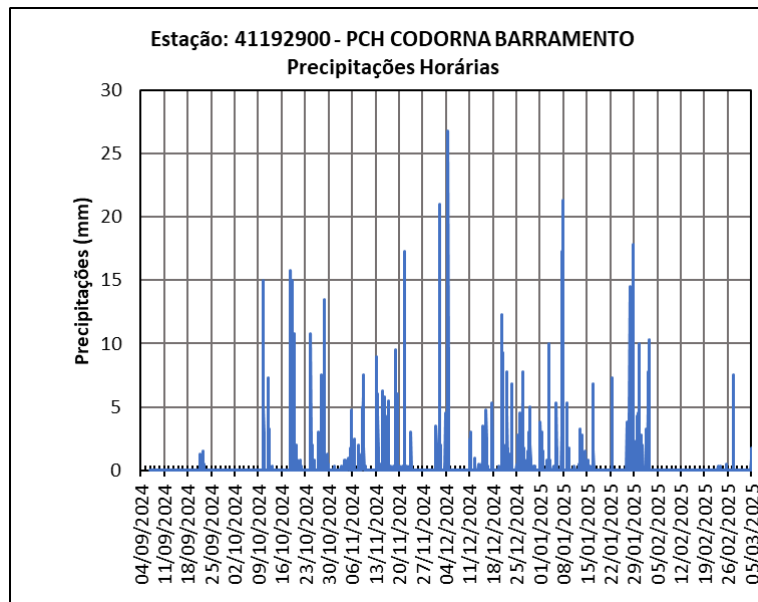
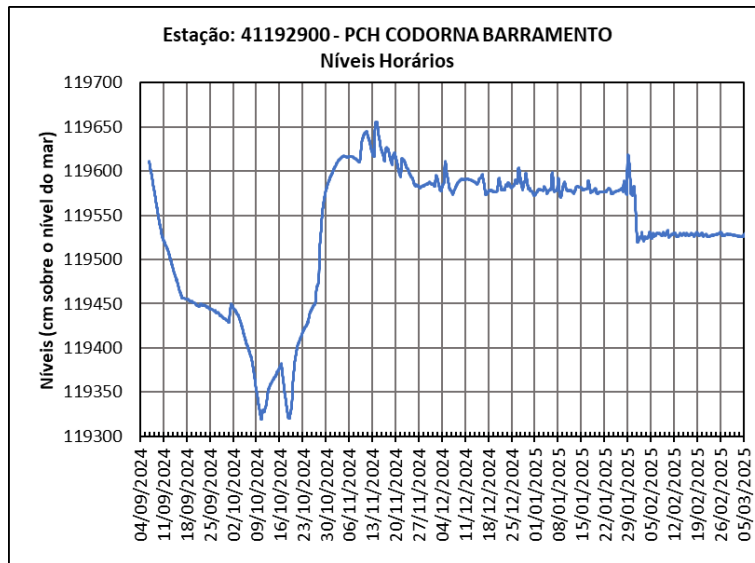
### 3.2 Estação: 41180500 - PCH Rio de Pedras - Rio Itabirito



#### Resumo dos dados:

	Série Completa	
Data do início do período	04/09/2024	-
Data do final do período	04/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,96	-
Total de dados de precipitações	0	-
Total de dados de níveis	4302	-
Total de dados de vazões	0	-
Total de dados que o período deveria ter	4343	-
Abrangência dos dados de precipitações no período	0,00%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	99,06%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	0,00%	-
Média Aritmética - Precipitações	-	mm/h
Média Aritmética - Níveis	143,50	cm
Média Aritmética - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	-	mm/h
Mediana - Níveis	140,0	cm
Mediana - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	-	mm/h
Desvio padrão - Níveis	16,17	cm
Desvio padrão - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	-	mm/h
Nível máximo do período	264,0	cm
Vazão máxima do período	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	-	mm/h
Nível mínimo do período	121,0	cm
Vazão mínima do período	-	mm/h

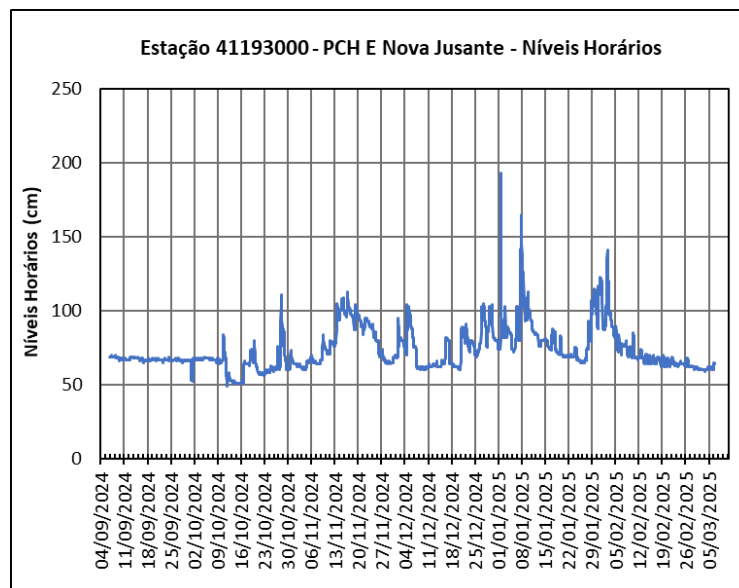
### 3.3 Estação: 41192900 - PCH Codorna – Barramento

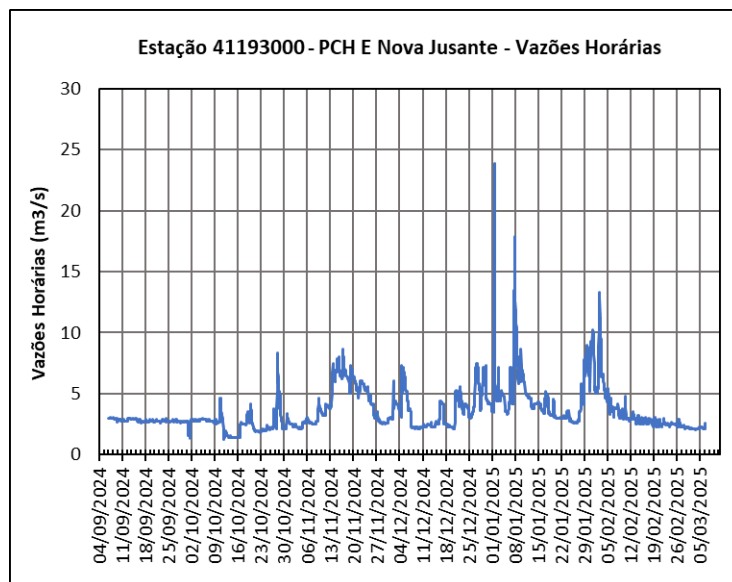
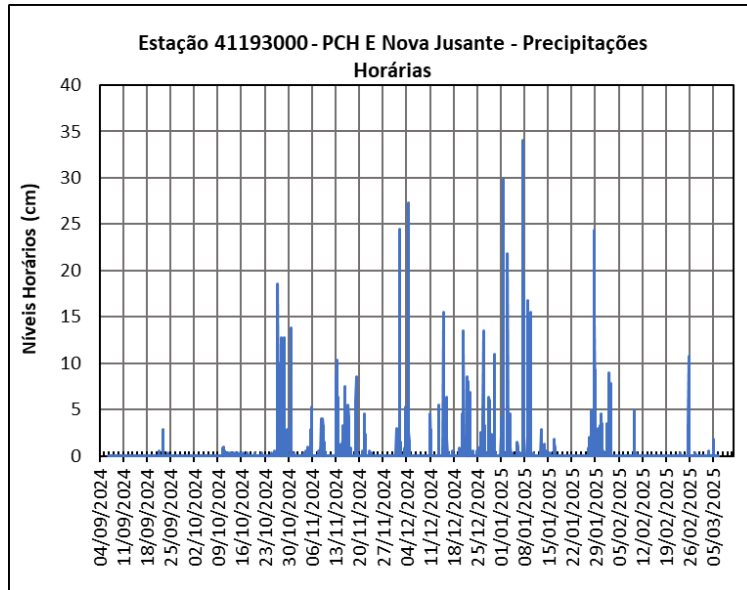


Resumo dos dados:

	Série Completa	
Data do início do período	06/09/2024	-
Data do final do período	06/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,96	-
Total de dados de precipitações	4336	-
Total de dados de níveis	4336	-
Total de dados de vazões	0	-
Total de dados que o período deveria ter	4343	-
Abrangência dos dados de precipitações no pe	99,84%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	99,84%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	0,00%	-
Média Aritmética - Precipitações	2,21	mm/h
Média Aritmética - Níveis	119533,86	cm anm
Média Aritmética - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,8	mm/h
Mediana - Níveis	119575,0	cm anm
Mediana - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	3,31	mm/h
Desvio padrão - Níveis	77,48	cm anm
Desvio padrão - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	26,8	mm/h
Nível máximo do período	119656,0	cm anm
Vazão máxima do período	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,3	mm/h
Nível mínimo do período	119319,0	cm anm
Vazão mínima do período	-	mm/h

### 3.4 Estação: 41193000 - PCH E Nova Jusante

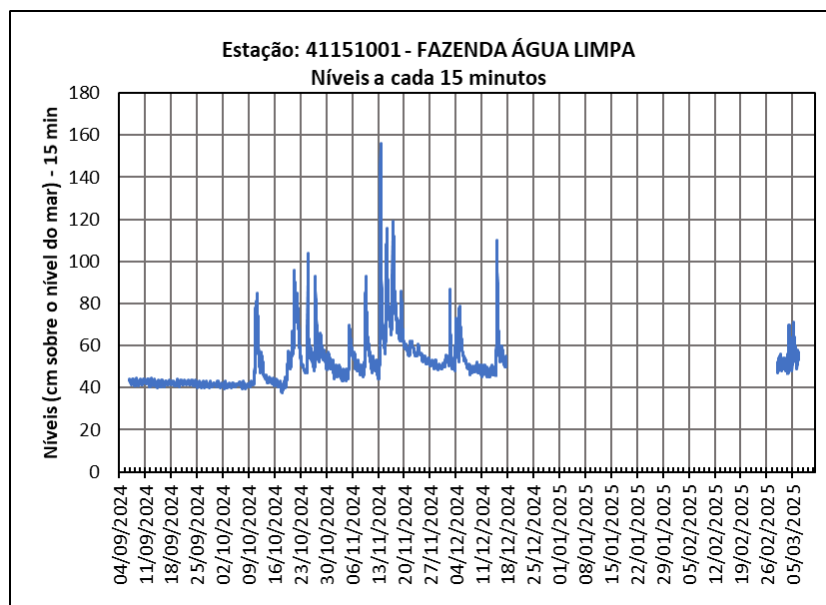


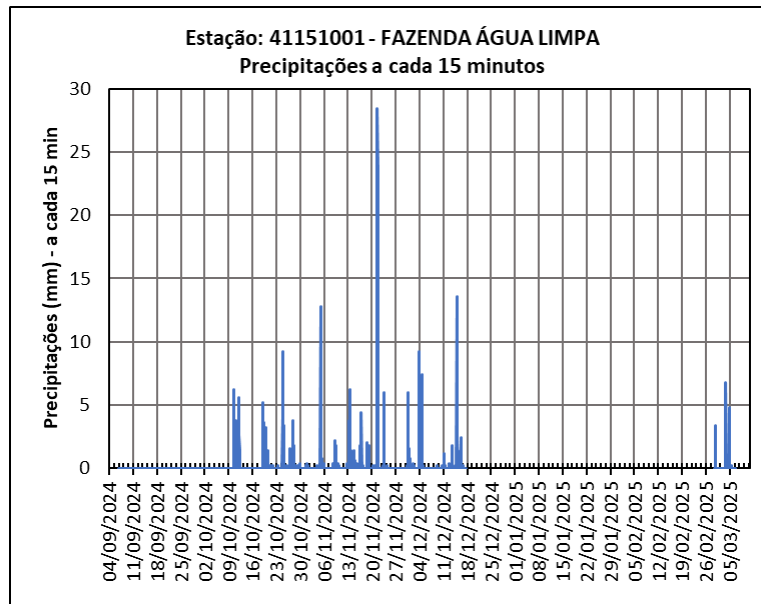


Resumo dos dados:

	Série Completa	
Data do início do período	06/09/2024	-
Data do final do período	06/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,96	-
Total de dados de precipitações	4337	-
Total de dados de níveis	4337	-
Total de dados de vazões	4337	-
Total de dados que o período deveria ter	4343	-
Abrangência dos dados de precipitações no	99,86%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	99,86%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	99,86%	-
Média Aritmética - Precipitações	2,54	mm/h
Média Aritmética - Níveis	73,27	cm
Média Aritmética - Vazões	3,54	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,8	mm/h
Mediana - Níveis	68,0	cm
Mediana - Vazões	2,87	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	4,53	mm/h
Desvio padrão - Níveis	13,92	cm
Desvio padrão - Vazões	1,69	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	34,0	mm/h
Nível máximo do período	193,0	cm
Vazão máxima do período	23,8	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,3	mm/h
Nível mínimo do período	49,0	cm
Vazão mínima do período	1,2	mm/h

### 3.5 Estação: 41151001 - Fazenda Água Limpa

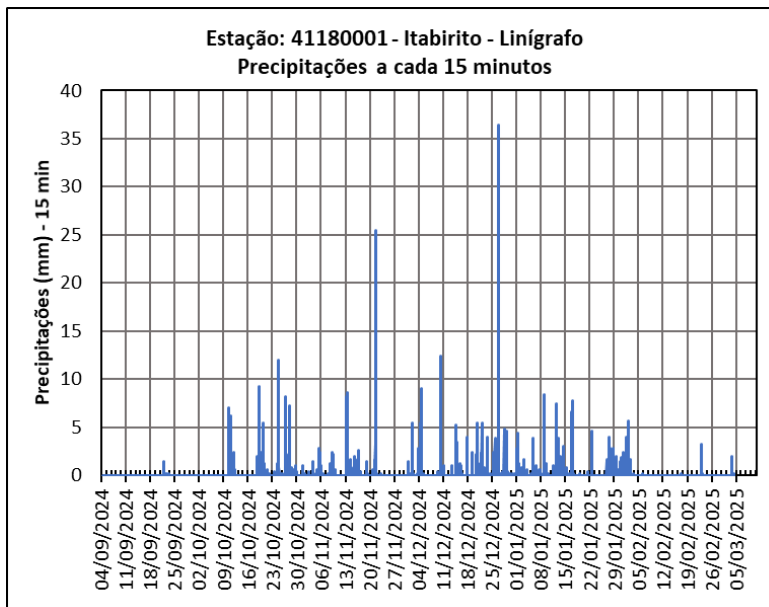
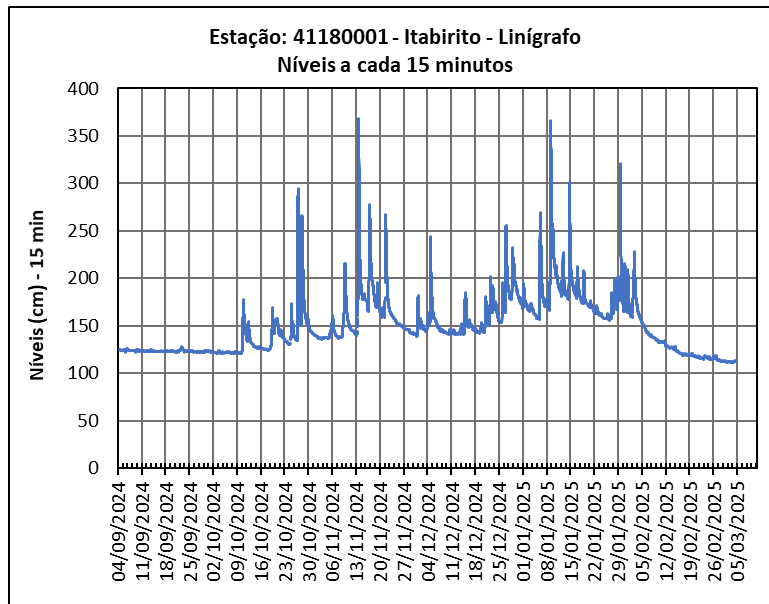


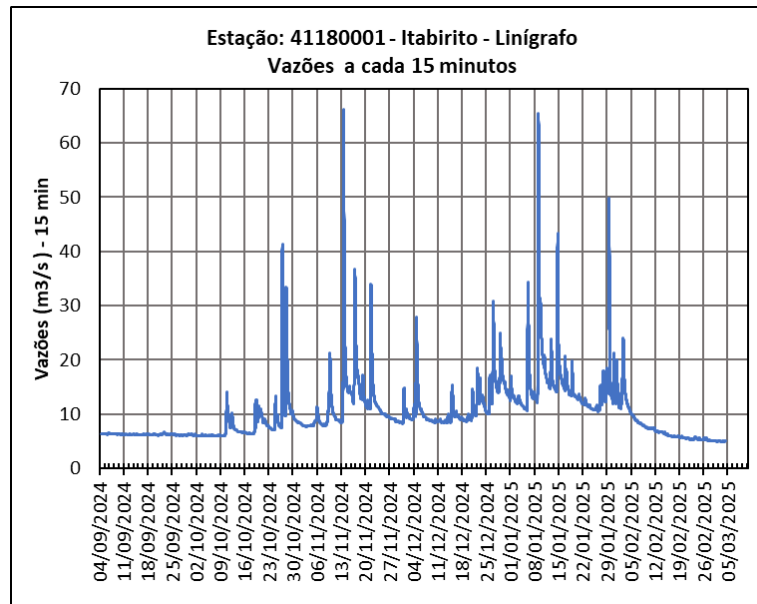


**Resumo dos dados:**

	<b>Série Completa</b>	
Data do início do período	06/09/2024	-
Data do final do período	06/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,97	-
Total de dados de precipitações	10005	-
Total de dados de níveis	10005	-
Total de dados de vazões	0	-
Total de dados que o período deveria ter	17373	-
Abrangência dos dados de precipitações no pe	57,59%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	57,59%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	0,00%	-
Média Aritmética - Precipitações	1,00	mm/15min
Média Aritmética - Níveis	51,40	cm anm
Média Aritmética - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,4	mm/15min
Mediana - Níveis	49,0	cm anm
Mediana - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	2,16	mm/15min
Desvio padrão - Níveis	11,96	cm anm
Desvio padrão - Vazões	-	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	28,4	mm/15min
Nível máximo do período	156,0	cm anm
Vazão máxima do período	0,0	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,2	mm/15min
Nível mínimo do período	37,6	cm anm
Vazão mínima do período	-	mm/15min

### 3.6 Estação: 41180001 - Itabirito Linígrafo

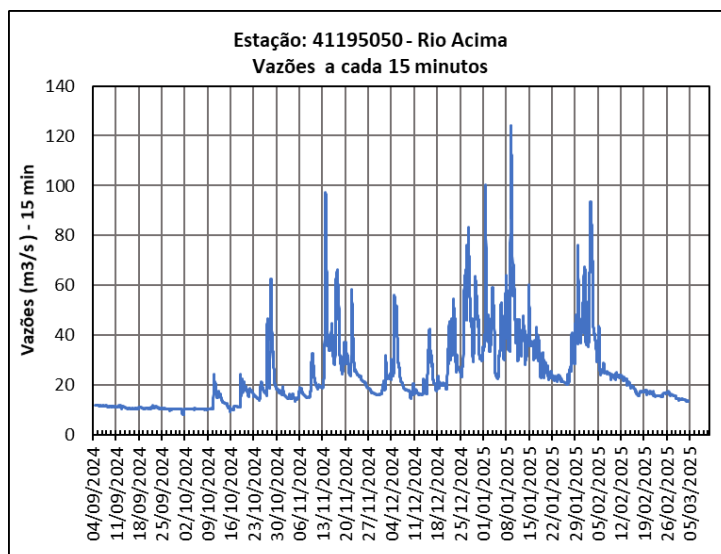
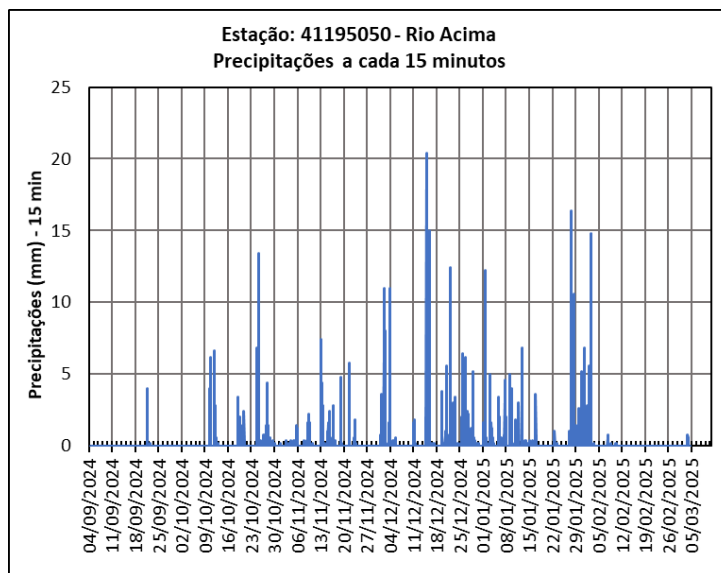
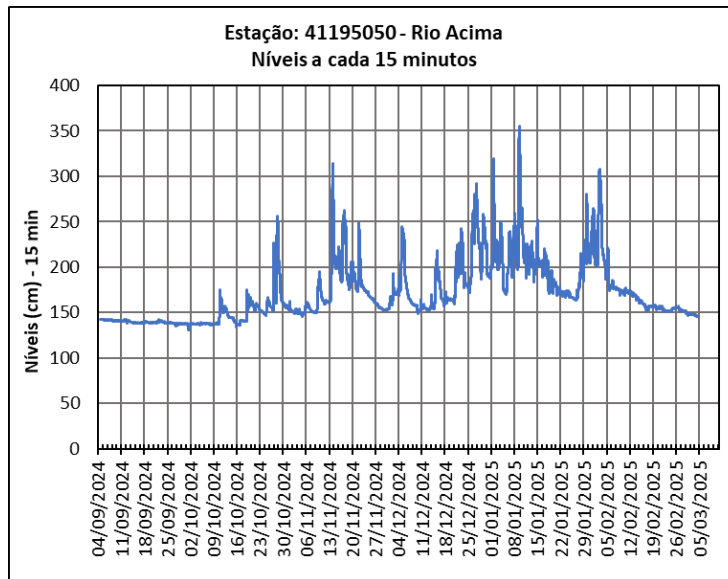




**Resumo dos dados:**

	<b>Série Completa</b>	
Data do início do período	04/09/2024	-
Data do final do período	04/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,99	-
Total de dados de precipitações	17184	-
Total de dados de níveis	17166	-
Total de dados de vazões	17184	-
Total de dados que o período deveria ter	17375	-
Abrangência dos dados de precipitações no período	98,90%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	98,80%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	98,90%	-
Média Aritmética - Precipitações	1,00	mm/15min
Média Aritmética - Níveis	149,47	cm
Média Aritmética - Vazões	10,12	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,4	mm/15min
Mediana - Níveis	143,0	cm
Mediana - Vazões	8,70	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	1,94	mm/15min
Desvio padrão - Níveis	30,95	cm
Desvio padrão - Vazões	5,47	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	36,4	mm/15min
Nível máximo do período	368,0	cm
Vazão máxima do período	66,1	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,2	mm/15min
Nível mínimo do período	111,0	cm
Vazão mínima do período	4,9	mm/15min

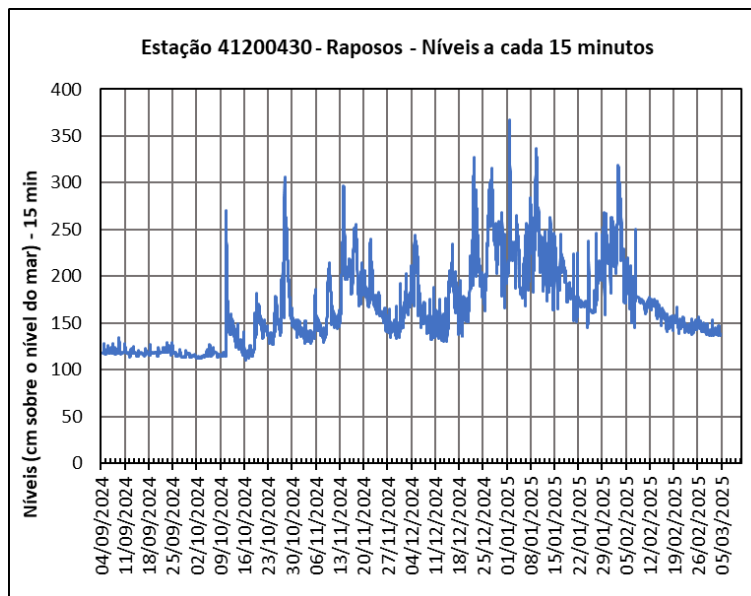
### 3.7 Estação: 41195050 - Rio Acima

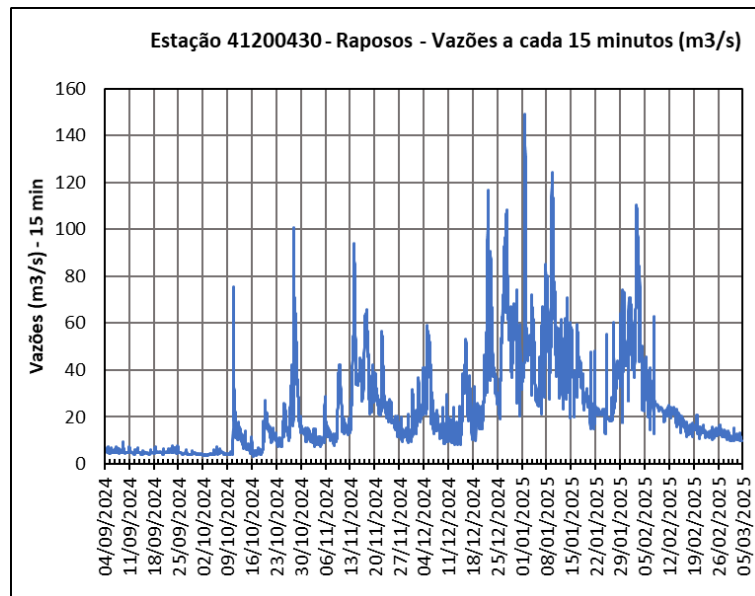
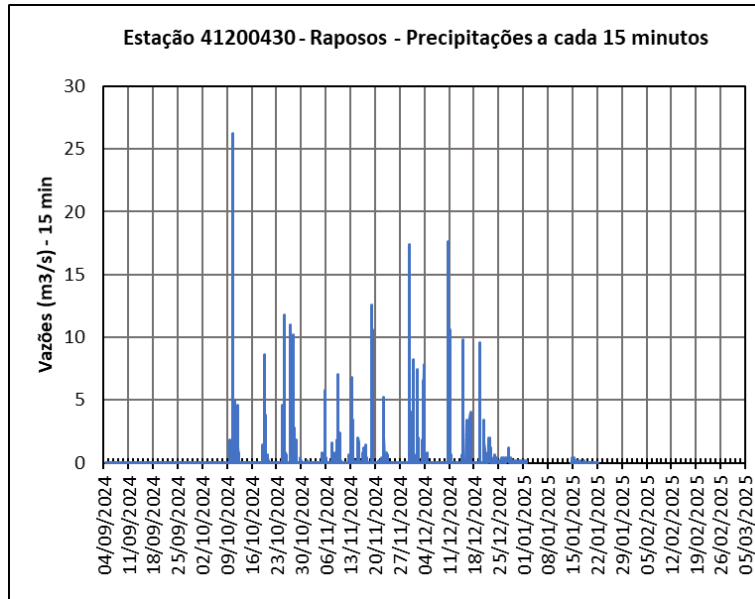


**Resumo dos dados:**

	Série Completa	
Data do início do período	04/09/2024	-
Data do final do período	04/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,97	-
Total de dados de precipitações	17091	-
Total de dados de níveis	17093	-
Total de dados de vazões	17092	-
Total de dados que o período deveria ter	17373	-
Abrangência dos dados de precipitações no	98,38%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	98,39%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	98,38%	-
Média Aritmética - Precipitações	1,10	mm/15min
Média Aritmética - Níveis	171,08	cm
Média Aritmética - Vazões	23,52	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,4	mm/15min
Mediana - Níveis	160,0	cm
Mediana - Vazões	18,45	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	1,86	mm/15min
Desvio padrão - Níveis	33,08	cm
Desvio padrão - Vazões	14,44	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	20,4	mm/15min
Nível máximo do período	355,0	cm
Vazão máxima do período	124,1	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,2	mm/15min
Nível mínimo do período	131,0	cm
Vazão mínima do período	8,0	mm/15min

3.8 Estação: 41200430 - Raposos





**Resumo dos dados:**



	<b>Série Completa</b>	
Data do início do período	04/09/2024	-
Data do final do período	04/03/2025	-
Quantidade de dias do período	181,98	-
Total de dados de precipitações	12374	-
Total de dados de níveis	17233	-
Total de dados de vazões	17233	-
Total de dados que o período deveria ter	17374	-
Abrangência dos dados de precipitações no período	71,22%	-
Abrangência dos dados de níveis no período	99,19%	-
Abrangência dos dados de vazões no período	99,19%	-
Média Aritmética - Precipitações	0,94	mm/15min
Média Aritmética - Níveis	166,28	cm anm
Média Aritmética - Vazões	23,09	m <sup>3</sup> /s
Mediana - Precipitações	0,2	mm/15min
Mediana - Níveis	155,0	cm anm
Mediana - Vazões	16,16	m <sup>3</sup> /s
Desvio padrão - Precipitações	1,91	mm/15min
Desvio padrão - Níveis	43,67	cm anm
Desvio padrão - Vazões	19,82	m <sup>3</sup> /s
Precipitação máxima do período	26,2	mm/15min
Nível máximo do período	367,0	cm anm
Vazão máxima do período	149,0	m <sup>3</sup> /s
Precipitação mínima do período	0,2	mm/15min
Nível mínimo do período	110,0	cm anm
Vazão mínima do período	3,2	mm/15min