

**ANÁLISE TEMPORAL QUALI-QUANTITATIVA DA ÁGUA EM RELAÇÃO À
PROCESSO DE DESATIVAÇÃO DE BARRAMENTO DE ÁGUA NA
MICROBACIA DO IGARAPÉ PARARIQUARA, NO MUNICÍPIO DE
PARAGOMINAS-PA**

Mayra de Nazaré Barral das Neves¹, Bruno José da Costa Cunha², Thaise Daniele Paixão Teixeira³, Aurilene de Sales Pantoja⁴, Leonardo Martins Agripino⁵, Junior Hiroyuki Ishihara⁶

Resumo – Este estudo avaliou dados quali-quantitativos da água nos cenários antes, durante e após a desativação de barramento em afluente do igarapé Parariquara em Paragominas-PA. Para análise da qualidade da água considerou-se limites de referência estabelecidos para água classe 2 (Res. CONAMA 357/2005), em pontos de montante e jusante do ponto de desativação do barramento. A análise de vazões considerou pontos de monitoramento de montante e jusante do ponto de contribuição do afluente no igarapé principal da microbacia, com aplicação de equação de curva-chave para obtenção dos dados de vazão em m³/h. Resultados de qualidade da água apontam que os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, alumínio dissolvido e ferro dissolvido, apresentaram alterações correlatas às condições intrínsecas do ambiente local. A maioria dos resultados que estiveram em desacordo com a norma, assim estiveram tanto a montante quanto a jusante do açude desativado. Quanto à análise de vazões foi observado que tanto no período de estiagem quanto no período chuvoso nas medições realizadas antes da desativação do barramento, o ponto RA10 (jusante) apresentou vazões inferiores aos de pontos a montante do ponto de contribuição do afluente. Durante e após a desativação do barramento, observa-se mudança de comportamento da vazão. Assim, verifica-se que a desativação do barramento não exerceu influência significativa nos resultados da qualidade da água, em contrapartida, observa-se a correlação direta do reestabelecimento do fluxo natural do afluente, através da desativação do barramento, com aumento das vazões no ponto a jusante do ponto de contribuição para o igarapé principal da microbacia.

Abstract – This study assessed quali-quantitative water data obtained before, along, and after the process of deactivating a water dam at an affluent of Parariquara's river in Paragominas-PA, Brazil. The water quality analysis considered reference limits established for water class 2 (CONAMA's resolution #357/2005), at the upstream and downstream of the dam deactivation point. The water flow analysis considered upstream and downstream of the affluent contribution point to the main river in the watershed. The rating curve equation was applied to getting flow data in m³/h. Water quality results for parameters such as pH, dissolved oxygen, dissolved aluminum and dissolved iron presented alterations related to the local environment intrinsic conditions. Both upstream and downstream results conflicting with the norm, were mostly the same, regardless the location. Water flow analysis performed before the dam deactivation, showed lower flow in the downstream point than in the upstream point, for both dry and rainy season. During the deactivation process, and after it, a different flow behavior was noted. Therefore, these findings show that the dam deactivation process had no substantial influence over the water quality results. In contrast, based on the higher flow detected at the downstream point during and after the dam deactivation, it is noted the direct correlation between the affluent natural flow reestablishment and the dam deactivation process.

Palavras-Chave – qualidade da água; análise de vazão; desativação de barragem; açude; barramento de água.

¹ Eng., Universidade Federal do Pará / Mineração Paragominas S/A, (91) 3739-2032, mayra.neves@tucurui.ufpa.br

² Eng., MSc, Mineração Paragominas S/A, (91) 3739-2484, bruno.cunha@hydro.com

³ Eng., Universidade Federal do Pará, (91) 98217-8568, th.paixao.teixeira@gmail.com

⁴ Eng., Universidade Federal do Pará, (92) 98459-6002, aurilene.eng@gmail.com

⁵ Eng., Mineração Paragominas S/A, (91) 98899-5563, leonardo.agripino@hydro.com

⁶ Eng., Phd, Universidade Federal do Pará, (91) 99186-8358, jhi@ufpa.br

1. INTRODUÇÃO

A construção de barramentos em corpos hídricos tem sido aplicada para a gestão da disponibilidade da água em países de grande área territorial (LAI et. al, 2014; CHENG & HU, 2012; LI et. al, 2020). No Brasil existem atualmente 20.876 barragens de água cadastradas na base de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, cujos usos variam entre irrigação, dessedentação animal, abastecimento humano, aquicultura, regularização de vazão, hidrelétricas e outros (ANA, 2021).

Tanto a construção como a desativação de barramentos podem influenciar na dinâmica dos corpos d'água onde estão inseridas. O estudo de Slowik (2021) demonstra que além de outros usos do solo, o fechamento de barragens exerce influência no comportamento dos cursos d'água.

A Mineração Paragominas S.A. (MPSA) executou no ano de 2019 a desativação de barramento de acumulação de água denominado “Açude B7” aplicando medidas de controle e monitoramento geotécnico e ambiental (BRETAS et al, 2021). Tal processo ocorreu com base em Plano de Desativação aprovado pela Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do estado do Pará (SEMAS/PA), que contemplou o Programa de Monitoramento de Recursos Hídricos como parte das medidas de controle ambiental do processo de desativação (BARBOSA et al, 2018).

De acordo com Bretas et al (2021), o processo de desativação do açude se deu pelas seguintes etapas: redução do nível de água do açude através de bombeamento para jusante do barramento na calha do afluente, com utilização de mangotes e dissipadores de energia (processo acompanhado por equipes de resgate de fauna), corte do talude e revegetação. Os autores afirmam que tal procedimento pode ser replicado para barramentos de água com características semelhantes. Antes, durante e após o processo de desativação ocorreram campanhas de coleta de água superficial em pontos a montante e jusante do talude, bem como medições de vazões no igarapé principal da microbacia, em pontos a montante e a jusante do ponto de contribuição do afluente onde incidia o barramento.

Neste contexto, este estudo visa avaliar dados quali-quantitativos da água em diferentes períodos em relação ao processo de desativação do barramento, no sentido de analisar a influência do processo de desativação na dinâmica do afluente onde incidia o açude e no igarapé principal da microbacia.

1.1 Objetivos

- Realizar análise comparativa temporal da qualidade da água em pontos a montante e a jusante do local de desativação de barramento de água na microbacia do rio capim, no município de Paragominas/PA, tomando como parâmetros de referência os limites estabelecidos para corpos d'água classe II na Resolução CONAMA nº 357/2005.
- Realizar análise comparativa temporal das vazões em pontos localizados a montante e a jusante da confluência do afluente do desativado açude B7 com o igarapé Parariquara.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

A área do estudo, localizada no município de Paragominas/PA, incide entre dois platôs de minério de bauxita denominados platôs Miltônia 3 e Miltônia 5 (GOLDER, 2008). De acordo com MDGEO (2020), “A Província Bauxítica de Paragominas insere-se num arcabouço geológico mesozóico constituído pela porção noroeste da Bacia do Grajaú e a parte meridional da Plataforma Bragantina”. Quanto à hidrografia, a área incide na região hidrográfica Tocantins-Araguaia (ANA,

2021), e do ponto de vista local está inserida na bacia do rio Capim, microbacia do Igarapé Parariquara. Na Figura 1 apresenta-se mapa com a localização da área de estudo e dos pontos de monitoramento da qualidade da água (PS 07 e PS08) e de monitoramento da vazão do corpo hídrico principal da bacia (RA-03, RA-08 e RA-10).

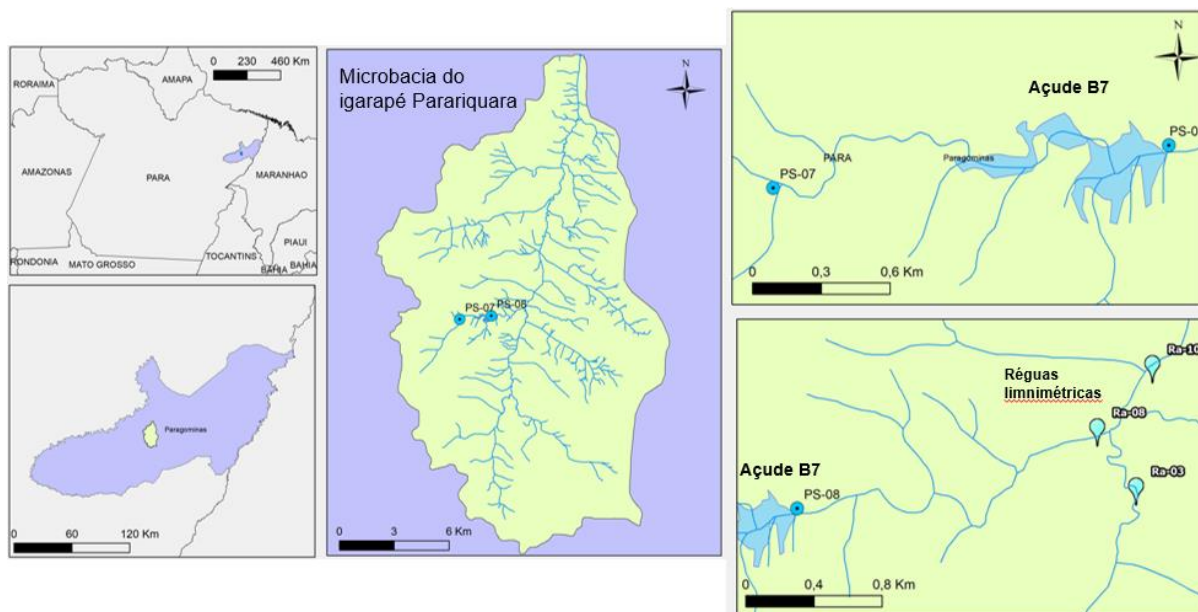


Figura 1. Localização da área de estudo e pontos de monitoramento.

A região pertencente ao município de Paragominas possui um clima quente e úmido, a umidade relativa é de aproximadamente 81% e temperatura com média anual de 26°C. O ciclo hidrológico chuvoso da região varia de dezembro a maio e de junho a novembro o período mais seco (PINTO et al., 2009). A Figura 2 apresenta os volumes acumulados nos períodos secos e chuvosos entre os anos de 2017 e 2021.

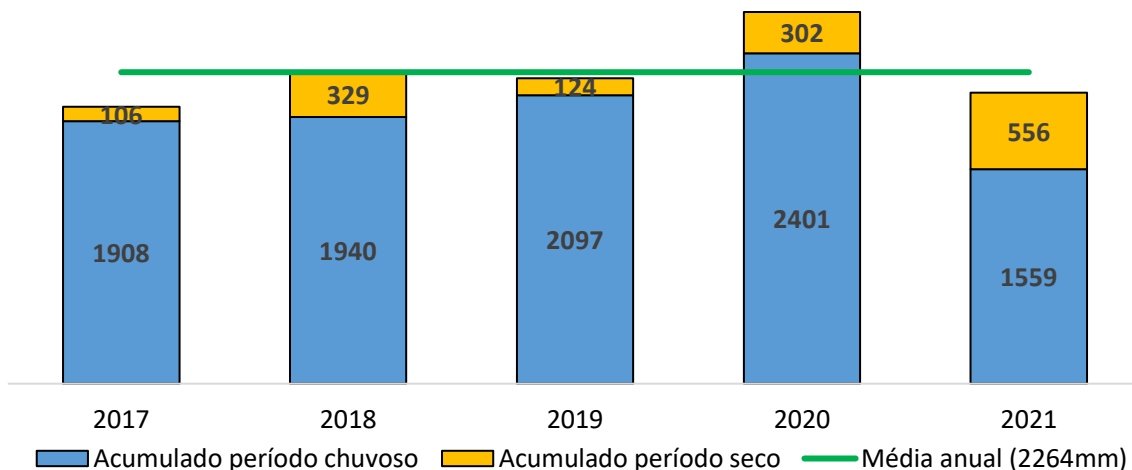


Figura 2. Volumes acumulados no período seco e chuvoso entre os anos de 2017 e 2021.

O gráfico da Figura 2 representa o comportamento anual do volume pluviométrico para a região estudada, nele observa-se que a média anual de chuva é 2264 mm, com amplitudes que variam de 2014 mm (2017) a 2703 mm (2020). No período chuvoso, o índice pluviométrico médio é de 1981 mm e no período seco de 283 mm, que correspondem a 87,5% e 12,5% do total anual, respectivamente. A variabilidade climática da região amazônica é afetada pelo aquecimento anômalo da Temperatura da Superfície do Mar – TSM no Oceano Pacífico tropical que tende a provocar déficits de chuva em eventos de El Niño e chuvas em excesso em eventos de La Niña.

Além disso, oceano Atlântico na parte tropical norte, também, é um grande influenciador na quantidade de chuvas na Amazônia, é o caso da cerca ocorrida em 2004/2005 (Borma & Nobre, 2013).

2.2. Base de dados consultada

Este estudo baseia-se na análise de dados secundários de monitoramento provenientes do Plano de Gestão de Recursos Hídricos, disponibilizados pela Mineração Paragominas S.A.

2.3. Análise da qualidade da água

Para análise da qualidade da água foram selecionados dois pontos de coleta, sendo: um (01) a montante e um (1) a jusante do açude B7, barramento de água localizado em afluente do igarapé Parariquara. Os dados foram obtidos durante campanhas trimestrais de monitoramento da qualidade da água nos pontos PS07 (montante) e PS08 (jusante), indicados no mapa da Figura 1.

Considerando que a etapa de remoção do talude ocorreu efetivamente durante o mês de outubro de 2019, foram selecionados dados de monitoramento da qualidade da água de 3 períodos:

- 5 campanhas realizadas antes do processo de desativação (entre os anos de 2017 a 2019);
- 1 campanha realizada durante o processo de desativação (outubro de 2019); e
- 5 campanhas realizadas após o processo de desativação (entre os anos de 2020 e 2021)

Para análise estatística dos dados foi realizada a média aritmética das campanhas executadas antes e depois do processo de desativação do barramento. O cálculo da média aritmética para cada parâmetro se deu através da identificação dos 5 últimos resultados obtidos para aquele parâmetro em relação ao período de referência, conforme equação 1.

$$M = (rp1 + rp2 + rp3 + rp4 + rp5) / 5 \quad (1)$$

Onde:

M: Média aritmética

rp"n": resultado do parâmetro obtido na campanha "n"

A coleta das amostras e a metodologia analítica da qualidade da água ocorreu de acordo com as diretrizes do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" da Associação americana de saúde pública – APHA (LIMNOS, 2021; LIMNOS, 2020; LIMNOS, 2019; MONITORA, 2018), os dados de referência utilizados foram os limites estabelecidos para água doce classe II conforme Resolução CONAMA nº 357/2005, considerando-se os usos da água na microbacia do igarapé Parariquara (MDGEO, 2019).

2.4. Análise de quantitativa da água

Para a avaliação da influência da execução da desativação do açude na quantidade da água na microbacia foram selecionados pontos de monitoramento de vazão localizados a montante (RA 03 e RA 08) e a jusante (RA 10) do ponto de contribuição do afluente onde incidia o açude B7 para o igarapé Parariquara, conforme pode ser visualizado na Figura 1 (acima). Importante pontuar que as 3 réguas limnimétricas selecionadas (RA03, RA08 e RA10) estão localizadas no igarapé

Parariquara, sendo a RA03 mais a montante, a RA 08 na sequência antes da contribuição do afluente do antigo açude B7 e a RA 10 a jusante do ponto de contribuição do afluente, além disso, entre as réguas RA08 e RA10 há um sistema de captação de água, cuja vazão média diária de captação é de 36.900 m³/d no mês de fevereiro e de 44.739 m³/d no mês outubro. O esquema de localização dos pontos pode ser observado no esquema da Figura 2.

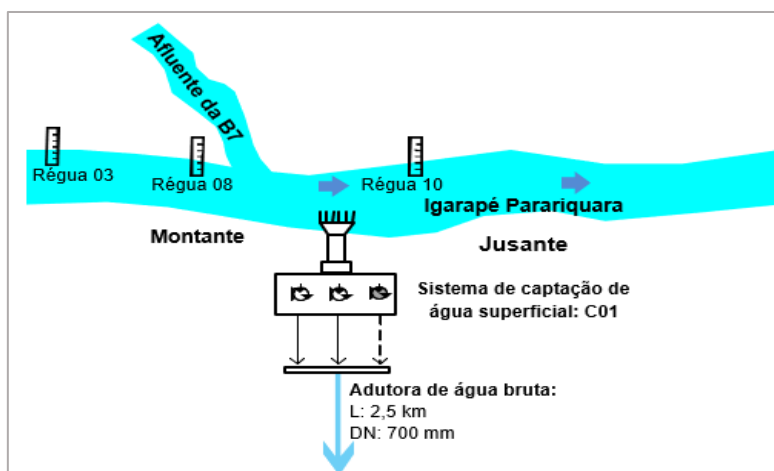


Figura 3. Esquemático da localização do afluente da B7 em relação ao igarapé Parariquara, réguas limnimétricas e ponto de captação de água. Fonte: adaptado de Cunha (2021).

Para obtenção dos dados de vazão no igarapé Parariquara são realizadas leituras diárias das réguas limnimétricas, com aplicação de equação de fórmula de curva-chave (equação 2) para obtenção do valor de vazão (m³/h), a partir disso são realizadas análises gráficas para confirmar a coerência dos dados (Construserv, 2020).

$$Q = a (h - h_0)^n \quad (2)$$

Onde:

“a”, “n” e “h₀” são parâmetros obtidos através do ajuste da equação às medições de descarga líquida;

“h” é a cota limnimétrica observada no posto fluviométrico expressa em metros;

Q é a vazão expressa em m³/h.

Para análise da influência da desativação do barramento na variação das vazões no igarapé principal da microbacia foram selecionados resultados dos últimos 5 anos (2017-2021), sendo considerados o mês de fevereiro para avaliação de dados do período chuvoso e o mês de outubro para avaliação de dados do período de estiagem. A escolha do mês de outubro também se dá pela execução da remoção do talude no referido mês, no ano de 2019.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos resultados das campanhas de monitoramento da qualidade da água disponibilizados por Cunha (2021), apresenta-se na Tabela 1 a média aritmética dos 5 últimos resultados obtidos por parâmetro durante campanhas que precederam o processo de desativação (2017 a 2019), da campanha retrato do período de desativação (outubro/2019) e a média aritmética dos 5 resultados subsequentes obtidos por parâmetro em campanhas executadas após a conclusão do processo de desativação do açude (2020 a 2021).

Tabela 1. Resultados dos Parâmetros de Qualidade da Água nos pontos PS07 e PS08.

Identificação do ponto	CONAMA 357/2005	PS07			PS08		
		2017 a 2019	10/2019	2020 a 2021	2017 a 2019	10/2019	2020 a 2021
Alumínio Dissolvido (mg/L)	0,1	0,05	0,04	0,24	0,05	0,05	0,37
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL)	1000	3,12	130	483	4,12	210	1692,2
Condutividade Elétrica (μ S/cm)	-	36,31	21,6	26,74	26,83	20,4	22,28
Cor Verdadeira (mg Pt/L)	75	186	10	9	22,6	15	9
DBO (mg/L)	<5	2,22	2	2	2,44	2	2
Fenóis (mg/L)	0,003	0,001	0,001	0,001	0,005	0,001	0,001
Ferro Dissolvido (mg/L)	0,3	2,38	0,64	1,16	0,43	0,07	1,41
Manganês Total (mg/L)	0,1	0,03	0,05	0,11	0,03	0,05	0,22
Óleos e Graxas (mg/L)	ausentes	3,2	5	9	3,2	5	9
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	>5	5,46	3,66	5,49	5,45	3,94	5,45
pH	6 a 9	5,17	5,62	5,84	5,15	5,2	5,49
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	500	16,26	10	15,46	13,86	10	14,08
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	-	9,8	4	10,72	7,4	3	7,40
Temperatura ($^{\circ}$ C)	-	27,38	29	27,22	27,68	26	29,26
Temperatura do Ar ($^{\circ}$ C)	-	28,76	26,9	30,36	29,08	26	31,44
Turbidez (UNT)	100	13,46	13,8	22,76	13,34	15,1	8,76

Considerando os limites estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005 para rios Classe 2, antes da desativação do barramento os resultados obtidos para o ponto à montante apresentaram valores incompatíveis com o limite de referência para os parâmetros cor verdadeira e ferro dissolvido. Já no ponto à jusante, no mesmo período, os dados de fenóis e ferro dissolvido se apresentaram incompatíveis com o limite de referência. Enquanto os demais parâmetros apresentaram valores em concordância com a referência.

Durante o mês de remoção do talude os resultados de oxigênio dissolvido estiveram em desacordo com o limite de referência a montante e a jusante do barramento. E o resultado de ferro dissolvido apresentou-se acima do limite de referência apenas no ponto a montante do açude. Já o parâmetro “coliformes termotolerantes” apresentou valores acima do estabelecido apenas no ponto a jusante do açude.

Após a conclusão da desativação os parâmetros Coliformes Termotolerantes, alumínio dissolvido, ferro dissolvido, e manganês total apresentaram valores em desacordo com o limite de referência a montante e a jusante do antigo açude.

Os resultados de pH apresentaram valores abaixo do intervalo de referência em todos os períodos nos dois pontos amostrais. Tal resultado reflete as características naturais dos corpos d’água da região, reforçando a afirmação de Limnos (2021) de que os “*corpos d’água amazônicos apresentam naturalmente pH ligeiramente ácido, devido a presença de grande quantidade de ácidos húmicos e flúvicos*”. Neste sentido, o parágrafo 2º do art. 38 da Res. CONAMA 357/2005 define que se excetua do enquadramento nos limites estabelecidos aqueles parâmetros que excedam os limites em decorrência das condições naturais.

A partir dos resultados obtidos para qualidade da água, observa-se que os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, alumínio dissolvido e ferro dissolvido, apresentam alterações correlatas às condições intrínsecas do ambiente local. A maioria dos resultados que estiveram em desacordo com a norma de referência, assim estiveram tanto a montante quanto a jusante do açude desativado. Isto posto, o resultado desta análise corrobora com a conclusão de Cunha *et al* (2020) que indica que a desativação do açude não implicou em alterações significativas nos dados de qualidade da água superficial no afluente do igarapé Parariquara.

Quanto à análise das vazões obtidas apresenta-se na sequência os dados de vazão nas régua limnimétricas RA03 e RA 08, localizadas a montante do ponto de contribuição do afluente da B7 para o igarapé Parariquara, e da régua RA 10 localizada a montante do referido ponto. Nas Figuras 4 a 8 apresenta-se os resultados referentes ao período chuvoso (coletas de fevereiro).

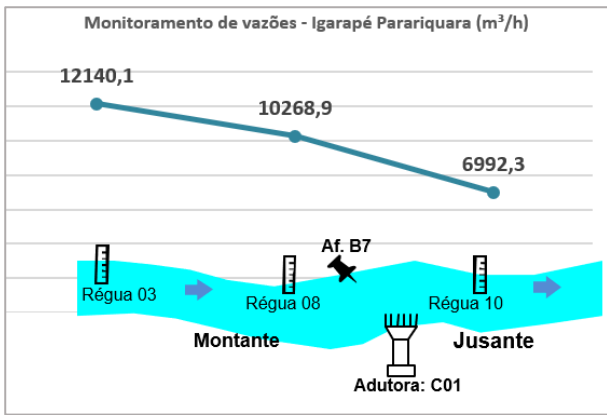


Figura 4. Resultados de Fevereiro/2017. Fonte: Cunha (2021).

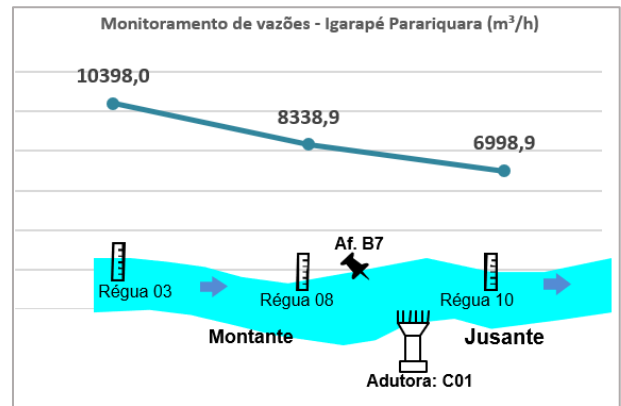


Figura 6. Resultados de Fevereiro/2019. Fonte: Cunha (2021).

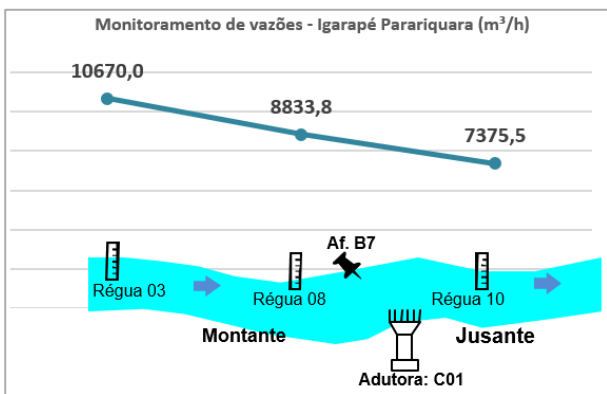


Figura 5. Resultados de Fevereiro/2018. Fonte: Cunha (2021).

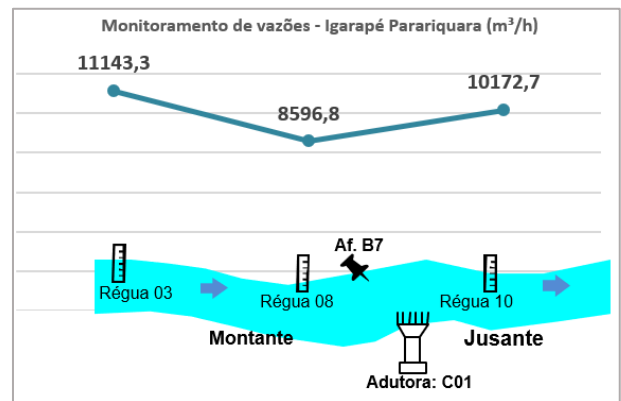


Figura 7. Resultados de Fevereiro/2020. Fonte: Cunha (2021).

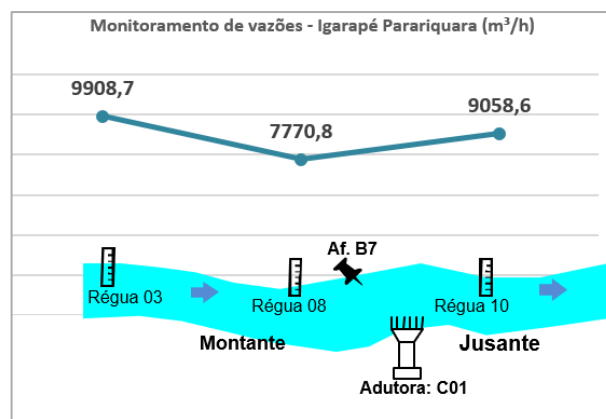


Figura 8. Resultados de Fevereiro/2021. Fonte: Cunha (2021).

A partir da análise dos resultados apresentados nos gráficos das figuras 4 a 8 referente ao período chuvoso dos últimos 5 anos, observa-se que nas medições dos anos de 2017, 2018 e 2019 (antes da desativação do barramento) o ponto da RA10 (jusante do ponto de contribuição do afluente da B7) apresenta vazões inferiores dos pontos a montante do ponto de contribuição do afluente da B7, este resultado pode estar atrelado a dois fatores, o primeiro pelo represamento da água no açude que ainda estava ativo, e o segundo pela captação de água no igarapé Parariquara entre a RA08 e a RA10.

Nos anos após a desativação do barramento (2020 e 2021), mesmo tendo sido continuada a captação no igarapé principal, observa-se a mudança de comportamento nos resultados de vazão,

de forma que a RA-10 apresentou vazões superiores do que à RA-08, o que reflete o fluxo contínuo de contribuição do afluente da B7 no igarapé Parariquara.

Nas Figuras 9 a 13 apresenta-se os resultados referentes ao período de estiagem (coletas de outubro).

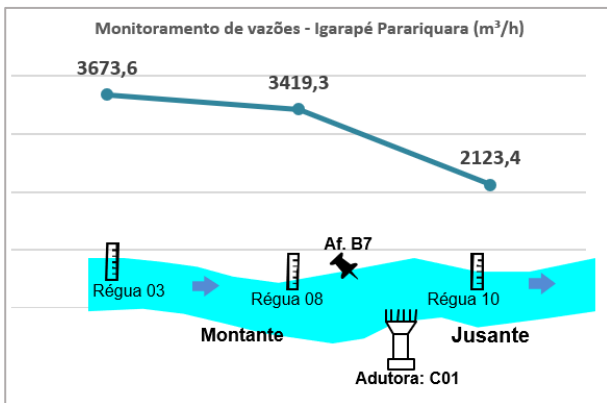


Figura 9. Resultados de Outubro/2017. Fonte: Cunha (2021).

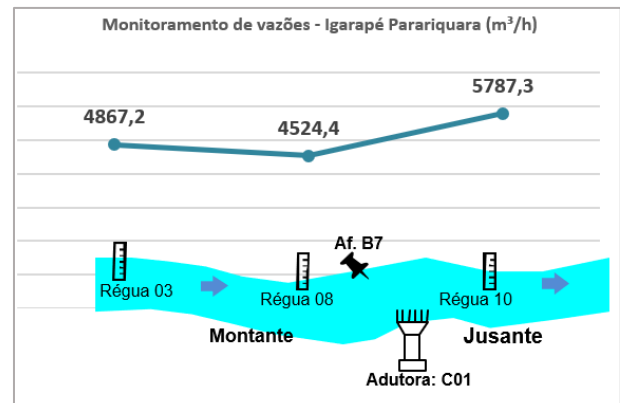


Figura 11. Resultados de Outubro/2019. Fonte: Cunha (2021).

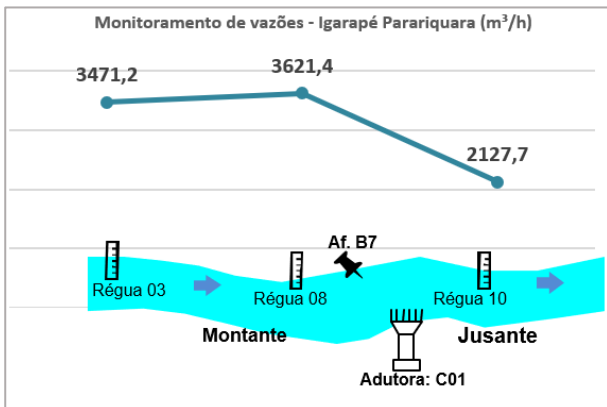


Figura 10. Resultados de Outubro/2018. Fonte: Cunha (2021).

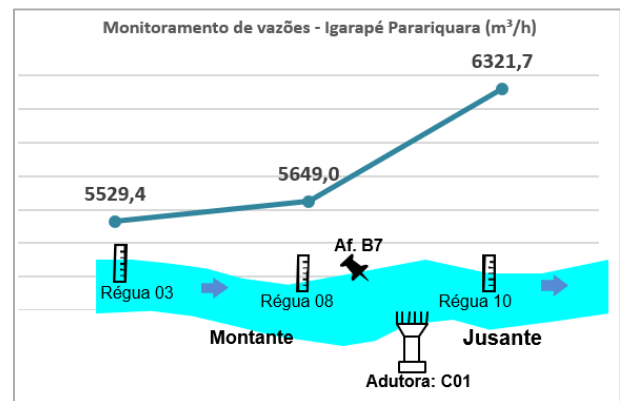


Figura 12. Resultados de Outubro/2020. Fonte: Cunha (2021).

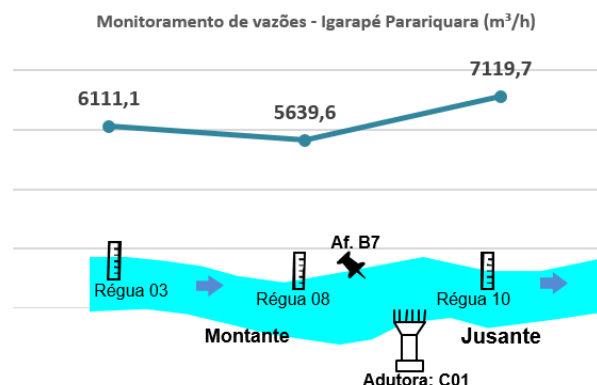


Figura 13. Resultados de Outubro/2021. Fonte: Cunha (2021).

Da mesma forma, referente aos resultados do período de estiagem dos últimos 5 anos, apresentados nos gráficos das Figuras 9 a 13, observa-se que nas medições nos anos de 2017 e 2018 (antes da desativação do barramento) o ponto RA10 apresenta vazões inferiores dos pontos a montante do ponto de contribuição do afluente da B7. Durante a desativação (outubro/2019) e nos anos após a desativação do barramento (2020 e 2021), observa-se a mudança de comportamento nos resultados de vazão, de forma que a RA10 apresentou vazões superiores a RA08, o que reflete o fluxo contínuo de contribuição do afluente da B7 no igarapé Parariquara,

independente do período hidrológico ser seco ou chuvoso. Cabe ressaltar que as médias das vazões de captação nos meses de fevereiro e outubro permaneceram as mesmas, sendo elas: 36.900 m³/d e 44.739 m³/d, respectivamente.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise da qualidade da água nos pontos a montante e a jusante do ponto de desativação do barramento, considerando que os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, alumínio dissolvido e ferro dissolvido, apresentam resultados relacionados às condições próprias do ambiente local, e que os demais parâmetros apresentaram resultados majoritariamente semelhantes tanto a montante quanto a jusante do açude desativado, para os 3 períodos de referência, é possível concluir que a desativação do açude não implicou em alterações significativas nos dados de qualidade da água superficial no afluente do igarapé Parariquera.

Quanto à análise de vazões, foi possível observar que há correlação direta da desativação do barramento de água, e conseqüente reestabelecimento do fluxo natural do afluente, com os resultados de vazões no ponto a jusante do ponto de contribuição para o igarapé principal da microbacia. De forma, que foi evidente o aumento da disponibilidade da água no ponto RA10 durante e após a conclusão do processo de desativação do açude.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Mineração Paragominas S/A pela disponibilização dos dados para elaboração deste estudo.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Portal de dados abertos para a Gestão de Recursos Hídricos**. Disponível em <<https://dadosabertos.ana.gov.br/>>. Acesso em 13/10/2021.

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens – SNISB. Cadastro de Barragens**. Disponível em <<https://www.snisb.gov.br/graficos>>. Acesso em 28/10/2021.

Barbosa, F. C., Souza, G. M. P., Barbosa, V. M., Barral das Neves, M. N., e Pereira, G. F. M. **Plano de Desativação do Açude B7**. Relatório técnico – Mineração Paragominas S.A. Paragominas/PA, Outubro de 2018.

Bretas, V. L., Barral das Neves, M. N., Barbosa, V. M., Cunha, B. J. C., Pereira, G. F. M., Agripino, L. M., e Pereira, V. C. **Desativação de barragem d'água com controle e monitoramento geotécnico e ambiental**. Revista Minérios e Mineraleis, Ano XLIII. – N°408 – Março/Abril 2021.

CHENG, H., HU, Y. **Improving China's water resources management for better adaptation to climate change**. *Climatic Change* 112, 253–282 (2012). Disponível em <<https://doi-org.ez3.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10584-011-0042-8>>. Acesso em 10/08/2021.

Construserv. **Relatório Técnico de Monitoramento Hidrométrico**. Mineração Paragominas. Paragominas – PA. Dezembro de 2019 a dezembro de 2020.

Cunha, B. J. C. **Planilhas de dados dos recursos hídricos**. Correio eletrônico enviado por <[Bruno.Jose.Cunha@hydro.com](mailto: Bruno.Jose.Cunha@hydro.com)> em 28/10/2021.

Cunha, B. J. C., Bretas, V. L., e Barbosa, V. M. **Relatório final de desativação do açude B7**. Relatório técnico – Mineração Paragominas S.A. Paragominas/PA, Janeiro de 2020.

Golder Associates Brasil Consultoria e Projetos Ltda. **Plano de Controle Ambiental – PCA da Ampliação da Mina de Bauxita de Paragominas (14,85 MTPA)**. Volume I. RT-069-5744-5150-0012-01-J. Março, 2008.

LAI, Xijun; LIANG, Qiuhua; JIANG, Jiahu; HUANG, Qun. **Impoundment Effects of the Three-Gorges-Dam on Flow Regimes in Two China's Largest Freshwater Lakes**. *Water Resource Manage* (2014) 28:5111–5124. Disponível em <10.1007/s11269-014-0797-6>. Acesso em 19/08/2021.

Li, D., Lu D., Moran, E., e Silva, R. F. B. **Examining Water Area Changes Accompanying Dam Construction in the Madeira River in the Brazilian Amazon**. *Water* 2020, 12, 1921. Disponível em <<https://doi.org/10.3390/w12071921>>. Acesso em 28/10/2021.

Limnos. **Monitoramento da Qualidade das águas superficiais, subterrâneas e efluentes na área de influência da Mineração Paragominas**. Janeiro a Dezembro de 2020. Documento 391296, Versão 02. Fevereiro/2021.

Limnos. **Monitoramento da Qualidade das águas superficiais, subterrâneas e efluentes na área de influência da Mineração Paragominas**. Janeiro a Dezembro de 2019. Documento 309128, Versão 01. Fevereiro/2020.

Limnos. **Monitoramento da Qualidade das águas superficiais, subterrâneas e efluentes na área de influência da Mineração Paragominas**. Janeiro a Dezembro de 2018. Documento 67324/18, Versão 00. Janeiro/2019.

MDGEO Hidrogeologia e Meio Ambiente. **Atualização e Compilação do Cadastro de usuários das Sub-Bacias dos igarapés Parariquara e Cachoeirinha**. Abril de 2019.

MDGEO Hidrogeologia e Meio Ambiente. **Modelo Numérico Hidrogeológico da Hydro Mineração Paragominas Sa. e Arredores Paragominas – PA**. Agosto de 2020.

Monitora Laboratórios. **Monitoramento semestral da qualidade de água superficial, subterrânea e de nascente, na área de influência direta e indireta da atividade da Mineração Paragominas**. Junho de 2018.

PINTO et al. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do município de Paragominas**. Relatório Técnico: Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia – Imazon, Belem – PA, 2009.

Secas na Amazônia: causas e consequências. Organizadores: Laura Borma e Carlos Nobre. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

Słowik, M., Kiss, K., Czigány, S. *et al.* **The influence of changes in flow regime caused by dam closure on channel planform evolution: insights from flume experiments**. *Environment Earth Science* **80**, 165 (2021). Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s12665-021-09437-5>>. Acesso em 28/10/2021.