

IV-1157 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUPERFICIAL EM UMA MICROBACIA PERIURBANA AMAZÔNICA

Louisiane Farias Batista⁽¹⁾

Técnica em Meio Ambiente pela Escola e Ensino Técnico do Estado do Pará (EETEP/Santarém). Gestora Ambiental pela Universidade Paulista (UNIP/Santarém). Bacharela em Ciências e Tecnologia das Águas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Graduanda em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Graduanda em Licenciatura em Química pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER).

Christiano do Nascimento Monte⁽²⁾

Docente do Curso de Geologia do Instituto de Engenharia e Geociências (IEG/UFOPA). Geógrafa pela Universidade Federal do Fluminense (UFF). Mestre e PhD em Geociências – Geoquímica pela Universidade Federal do Fluminense (UFF).

Edinelson Saldanha Correa⁽³⁾

Docente do Curso de Engenharia Costeira e Oceânica da Faculdade de Engenharia da Universidade Federal do Pará – Campus Salinópolis. Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Doutor em Ciências Ambientais pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Thiago Shinaigger Rocha do Nascimento⁽⁴⁾

Bacharel em Ciências e Tecnologia das Águas pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Graduando em Licenciatura em Matemática pela Centro Universitário FAEL (UNIFAE).

Igor Costa⁽⁴⁾

Bacharel em Ciências Terra pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Graduando em Geologia pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA). Pós Graduando em Saneamento e Recursos Hídricos pela Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA).

Endereço⁽¹⁾: Avenida Bartolomeu de Gusmão, 1161 – Jardim Santarém - Santarém - Pará - CEP: 68005-400 - Brasil - Tel: +55 (93) 99106-5311 - e-mail: louis.farias15@gmail.com

RESUMO

As águas superficiais quase que raramente estão livres de poluições e contaminações, mesmo que com pouca interação antrópica. São ambientes mais susceptíveis, devido a sua própria condição. A ocupação desordenada em torno de cursos d'água geram impactos negativos significativos nos ecossistemas aquáticos. Nesse pressuposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água da microbacia hidrográfica do Juá, situada em áreas periurbanas do município de Santarém no oeste do Pará. Foram selecionados seis pontos amostrais divididos ao longo da microbacia, considerando o curso principal e seus afluentes. As campanhas foram realizadas em diferentes períodos do ano, no regime chuvoso (fevereiro/2020 e janeiro/2021) e regime menos chuvoso (novembro/2020 e setembro/2021), possibilitando visualizar a influência das variações sazonais na qualidade do corpo hídrico. Foi calculado o Índice de Qualidade da Água – IQA desenvolvido pela CETESB, e confrontados com os padrões estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/2005 para águas de classe II. A aplicação do IQA mostrou que a maior parte dos pontos monitorados encontra-se classificados como REGULAR, no entanto vale destacar que os pontos P4 e P5 se comportaram como RUIM. Ao comparar a sazonalidade das estações observa-se que o período mais seco apresentou melhores índices, isso é explicado pelo fato de que há maior carreamento de poluentes para dentro dos corpos d'água no período mais chuvoso. Confrontando com o CONAMA 357/2005 alguns valores de oxigênio dissolvido (OD), pH, fósforo (P), turbidez e coliformes termotolerantes apresentam-se em desconformidade com a legislação com concentrações 60 vezes acima do permitido, no caso dos coliformes. As concentrações ácidas de pH são consideradas naturais na região, devido a interação aquático-floresta que é resultante da presença de substâncias húmicas e fúlvicas advindas da decomposição de matéria orgânica da mata ciliar. Além disso, a CONAMA 357/2005, bem como o IQA, não considera as diferenças naturais dos processos ecológicos do ecossistema aquático amazônico, que é diferente das demais regiões do país. Dessa forma é evidente a necessidade do monitoramento das microbacias urbanas amazônicas, que sofrem com rápida queda na qualidade da água, e na adaptação dos padrões de qualidade que levem em consideração as características ecorregionais das águas superficiais da região.

PALAVRAS-CHAVE: sazonalidade, CONAMA 357/05, IQA.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de extrema importância para a manutenção da vida. Ela é o elemento base para todos os seres e o motor do desenvolvimento da nossa sociedade (RODRIGUES; MENDIONDO, 2013). Suas funções e os usos são diversos, tanto para o equilíbrio do meio abiótico quanto para a manutenção do meio biótico. E apesar da importância social, ecológica e econômica que a água exerce no desenvolvimento da região amazônica, a sua qualidade vem sendo afetada, principalmente, pela ocupação desordenada, que representa os impactos do uso e ocupação do solo nas vertentes dos corpos hídricos da Amazônia.

A degradação da qualidade da água é decorrente tanto das pressões antrópicas sob os mananciais, em maior escala, bem como também por fatores naturais, em menor escala. (ALVES, et al., 2012). Contudo, devido às demandas da sociedade de quantidade e qualidade, os usos múltiplos da água estão desencadeando uma série de conflitos, estes associados ao gerenciamento inadequado. E no contexto regional amazônico, esses conflitos estão relacionados à qualidade desses recursos em decorrência dos desafios da sua administração.

Atualmente, no município de Santarém-Pará, não é diferente de outros municípios brasileiros, pois também enfrenta problemas visíveis, como falta de serviços de saneamento básico adequado, ausência de políticas habitacionais, serviços de saúde precários e entre outros. Além disso, nas últimas décadas, o município passa por um processo de crescimento populacional, que resultou na criação de núcleos habitacionais desordenados e sem saneamento básico. Dessa forma, os efluentes são lançados diretamente nos corpos d'água, refletindo negativamente na qualidade de seus recursos hídricos e na saúde da população. (MIRANDA, et al., 2009)

Sousa et al. (2014), destacam que conhecer a qualidade das águas superficiais e sua multiplicidade de uso e ocupação de suas bacias hidrográficas é fundamental para traçar estratégias de planejamento e gestão. Sendo assim, a Resolução nº 357, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, de 17 de março de 2005, define a classificação dos corpos d'água, sendo utilizada na avaliação da qualidade das águas brasileiras para os diversos usos, subsidiando o monitoramento da contaminação das águas superficiais (BRASIL, 2005).

Tendo em vista a importância de criar instrumentos para avaliar as condições de qualidade dos corpos hídricos brasileiros, foram instituídas resoluções específicas que estabelecesse padrões a fim de atender o objetivo proposto, que é a proteção da saúde humana e das condições ambientais a partir da qualidade das águas. Partindo desse pressuposto, foram criados índices, como o Índice de Qualidade de Água – IQA, que segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA é o principal indicativo de qualidade do país, com o intuito de atender as necessidades Humanas.

O IQA usado pela ANA e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (2016) é o mesmo usado pela National Sanitation Foundation nos Estados Unidos, porém, adaptados para a realidade das diferentes regiões (ALMEIDA, 2014). Segundo a CETESB (2016), o índice é composto por nove variáveis relevantes de indicadores de qualidade hídrica e cada uma delas é atribuída um peso relativo e a classificação varia em uma escala de 0 a 100.

A Microbacia do Juá que está localizada no município de Santarém no Oeste do estado do Pará, no baixo Amazonas, vem sofrendo impactos ambientais negativos nos últimos anos, devido à ocupação desordenada. Desse modo, se torna relevante à pesquisa em questão, no que tange à avaliação e monitoramento das condições dessa microbacia, bem como outros corpos d'água da região amazônica, pois avaliar e monitorar esses ambientes são ferramentas cruciais para manter o equilíbrio tanto do próprio ecossistema aquático, como também dos ecossistemas terrestres.

OBJETIVOS

Geral:

Avaliar a qualidade da água superficial na Microbacia do Juá, localizada em uma área periurbana do município de Santarém/Pa, região Amazônica.

Específicos:

- Determinar as variáveis de qualidade da água através do Índice de Qualidade da Água – IQA.
- Visualizar a influência das variações sazonais na qualidade do corpo hídrico.
- Confrontar com os padrões estabelecidos na Resolução do CONAMA 357/2005, em função de seus usos preponderantes.

METODOLOGIA UTILIZADA

As campanhas amostrais foram realizadas em diferentes períodos do ano, no regime chuvoso (fevereiro/2020 e janeiro/2021) e regime de seca (novembro/2020 e outubro/2021), possibilitando visualizar a influência das variações sazonais na qualidade do corpo hídrico. Foram selecionados seis pontos amostrais divididos ao longo da microbacia, conforme descritos na tabela 1 e apresentados na figura 1, considerando o curso principal e seus afluentes.

Tabela 1: Descrição e coordenadas geográficas dos pontos amostrais.

PONTO	DESCRIÇÃO	ÁREA
P1	Ponto localizado na comunidade da Vila Nova. Local utilizado para fins balneários, geralmente com maior fluxo de pessoas nos finais de semana e feriados. Em seus arredores há concentração de residências, bares e restaurantes. E a margem no entorno do igarapé se apresenta modificada. Coordenadas (UTM) X: 744154 / Y: 9720457	
P2	Gravimétrico Ponto localizado na Comunidade do São Brás em uma área de propriedade privada. Em seus arredores há concentração de residências. Pouco frequentado até nos finais de semana. Margem no entorno do corpo hídrico modificado. Coordenadas (UTM) X: 743027 / Y: 9723927	
P3	Ponto localizado na comunidade do São Brás, nas proximidades da ponte da Rodovia Everaldo Martins (PA-457), que liga a parte urbana da cidade de Santarém ao Distrito de Alter do Chão. Local muito utilizado para recreação pela população. Presença de residências, bares e restaurantes, geralmente com fluxo maior de pessoas nos finais de semana. Margem no entorno do igarapé modificada. Coordenadas (UTM) X: 742556 / Y: 9725483	

P4	Ponto localizado nas proximidades da ponte da Rodovia Everaldo Martins (PA-457), que liga a parte urbana da cidade de Santarém ao Distrito de Alter do Chão. Não é utilizado para fins de recreação em razão da sua integridade. Coordenadas (UTM) X: 746649 / Y: 9726514	
P5	Ponto localizado nas proximidades da Penitenciária do município. Visualmente muito poluído, apresenta odor e coloração turva. Sujeito a despejo de efluentes, em suma, local muito comprometido. Margem no entorno do igarapé modificada. Coordenadas (UTM) X: 748098 / Y: 9725311	
P6	Ponto localizado nas proximidades da ponte da Rodovia Municipal Engenheiro Fernando Guilhon (PA-453) que liga a área urbana de Santarém ao Aeroporto. Fluxo contínuo de automóveis. Local utilizado para fins recreativos, como a pescaria. Margem no entorno do igarapé modificada. Coordenadas (UTM) X: 745841 / Y: 9729583	

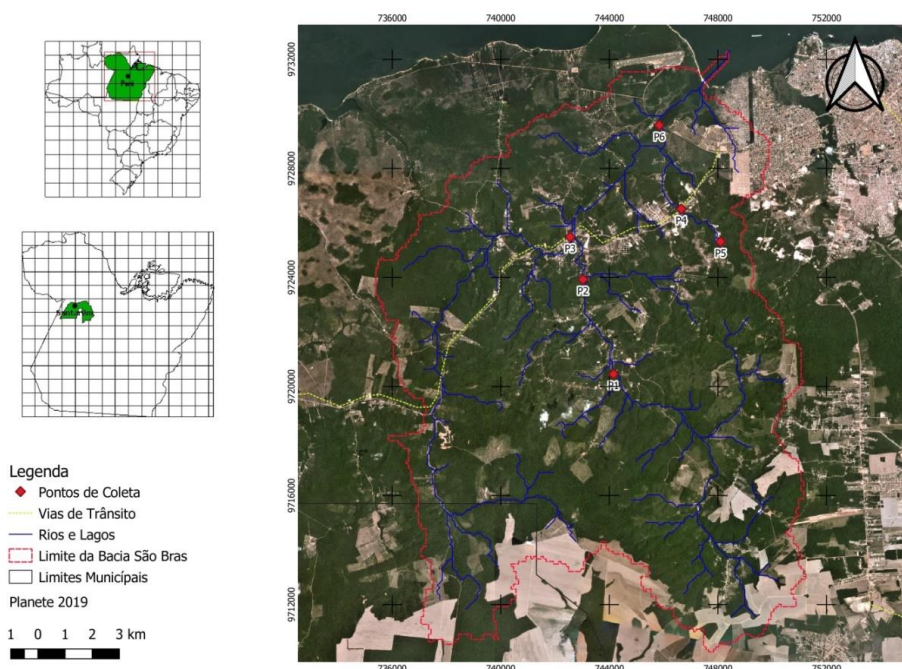


Figura 1: Mapa de localização dos pontos nos trechos da Microbacia do Juá.

Antes da coleta e acondicionamento das amostras de água, foram determinados in loco as concentrações das variáveis limnológicas abióticas de condutividade elétrica em mg/L (Hanna-DIST 4, SÉRIE HI98304), oxigênio dissolvido em mg/L (oxímetro Microprocessador/AT-160, SÉRIE E009470), temperatura em °C e potencial hidrogênio (ASKO-AK103, SÉRIE AKAT08531).

E para a determinação dos parâmetros de coliformes termotolerantes, DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Sólidos Totais Dissolvidos e Turbidez, foram coletadas as amostras em garrafas plásticas de 1L com tampa, acondicionadas em caixas de isopor com gelo artificial reutilizável para a refrigeração e preservação do material para posterior análise laboratorial. Os procedimentos de coleta adotados baseiam-se no Guia de Coleta e Prevenção de Amostras de Água da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2011).

As variáveis analisadas para o IQA, conforme estabelecidos pela CETESB, foram: Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Fósforo Total, Nitrogênio Total, Oxigênio Dissolvido, Potencial Hidrogênio (pH), Sólidos Totais Dissolvidos, Temperatura, Turbidez.

E para a determinação dos parâmetros utiliza-se como referência os métodos analíticos empregados no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22th Edition (APHA, 2002) e Associação brasileira de Normas Técnicas ABNT/NBR 10560 de outubro de 2013 (ABNT, 2013), conforme descritos no quadro 2.

Tabela 2: Parâmetros e Técnicas Analíticas Utilizadas.

PARÂMETRO ANALÍTICO	METODOLOGIA DE REFERÊNCIA
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	SW4500-G
pH	SW4500-B
Temperatura (°C)	SW2550-B
Turbidez (UNT)	SW2130-B
DBO5 (mg/L)	SW5210-B
Sólidos Totais Dissolvidos (mg/L)	SW2540-C
Nitrogênio total (mg/L)	NBR10560
Fósforo total (mg/L)	SW4500-E
Coliformes (NMP/100 mL)	SW9223-B

Posterior as análises, os resultados foram confrontados com os valores máximos permitidos estabelecidos pela Resolução do CONAMA 357/2005 a qual, organiza a classificação dos corpos hídricos e ordena diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estipula as condições e padrões de qualidade da água (BRASIL, 2005).

RESULTADOS OBTIDOS, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os valores do IQA, aplicados aos resultados analíticos, obtidos durante as campanhas variou de 20 a 54, na estação chuvosa e de 36 a 66 na estação seca, dentro das categorias de BOA ($51 < IQA \leq 79$) a RUIM ($19 < IQA \leq 36$). No período correspondente aos meses chuvosos os valores e suas classificações estão apresentados na tabela 3.

Observamos que os valores de classificação da estação chuvosa mostram tendências diferentes da estação mais seca. Os pontos P1 em fevereiro/2020 e P3 em janeiro/2021 se comportaram dentro da classificação BOA. Os resultados de P5, tanto na campanha chuvosa quanto na seca, apresentam-se na faixa de classificação RUIM, bem como, o P4 na campanha de janeiro/2021. Os restantes dos pontos estão enquadrados como REGULAR, conforme o índice.

No período correspondente aos meses mais secos da região, os valores e suas classificações estão apresentados na tabela 3. Obtiveram-se resultados enquadrados como BOA, os pontos P1, P2 e P3 da campanha de novembro/2020 e P2 na campanha de outubro/2021. O ponto P5, assim como na estação chuvosa, também se comportou dentro da faixa RUIM. E os restantes dos pontos atingiram valores dentro da faixa da classificação REGULAR.

Ao comparar sazonalidade das estações observa-se que o período mais seco apresentou melhores índices de qualidade, conforme mostra na figura 4. De acordo com as análises feitas em laboratório, as diferenças nas concentrações de cada parâmetro revelam tendências de valores mais elevados durante o período chuvoso. Algumas literaturas afirmam que a ocorrência de chuvas favorece a entrada de poluentes para dentro dos corpos hídricos (ANSRIETTI et al., 2016).

Assim como nos estudos feitos na região de Santarém/PA pelos autores Costa et al. (2020); Melo et al. (2020) Moura et al. (2020) e Pinheiro et al. (2019); as concentrações das variáveis ambientais no período mais chuvoso são maiores em relação a estação seca, mostrando a influência da sazonalidade nos resultados, devido à lavagem das margens, maior aporte de efluentes domésticos e resíduos de agricultura.

Tabela 2 – Resultados do IQA dos períodos chuvosos e secos dos pontos coletados na Microbacia do Juá

Período chuvoso			Período seco		
Amostras	fev/2020	Classificação	Amostras	nov/20	Classificação
P1	54	BOA	P1	63	BOA
P2	42	REGULAR	P2	64	BOA
P3	48	REGULAR	P3	66	BOA
P4	40	REGULAR	P4	47	REGULAR
P5	24	RUIM	P5	23	RUIM
P6	41	REGULAR	P6	47	REGULAR
Amostras	jan/2021	Classificação	Amostras	out/21	Classificação
P1	51	REGULAR	P1	46	REGULAR
P2	50	REGULAR	P2	52	BOA
P3	64	BOA	P3	51	REGULAR
P4	29	RUIM	P4	47	REGULAR
P5	20	RUIM	P5	36	RUIM
P6	42	REGULAR	P6	43	REGULAR

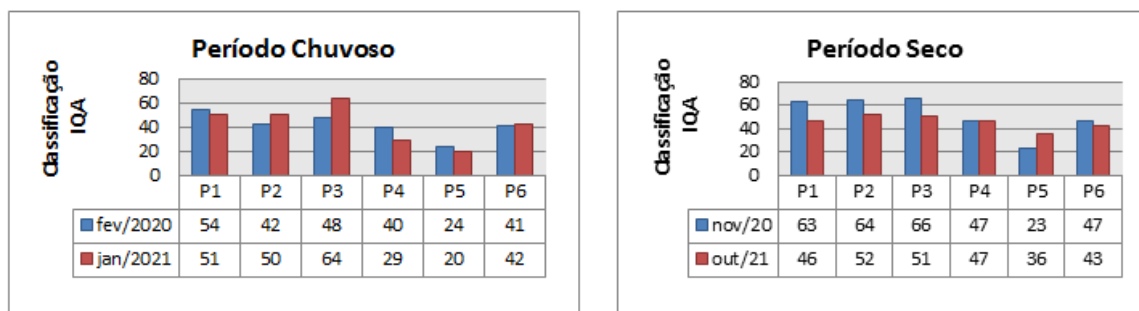


Figura 2: Gráficos dos resultados do IQA nos períodos chuvosos e seco

Os resultados do IQA encontrados por Moura et al. (2020) na microbacia do Urumari, em Santarém/PA, variaram de 55,4 a 81,2 no período chuvoso, todos enquadrados como BOA, valores superiores ao encontrados na microbacia do Juá. Enquanto no período menos chuvoso, a variação no IQA, nos estudos do mesmo autor, foi de 36,6 a 54,6, permutando de BOA a RUIM, também superiores aos valores obtidos na microbacia do Juá (MOURA et al., 2020). Sugerindo que a microbacia do Juá é mais influenciada pelas atividades antrópicas, que estão ligadas diretamente ao declínio da qualidade de água na microbacia. Ao longo da microbacia, múltiplos usos e descargas de efluentes domésticos e penitenciária municipal, criação suína e agricultura.

Considerando seus usos preponderantes a recreação de contato primário a microbacia do Juá, enquadra-se na classe II da classificação da Resolução do CONAMA 357/2005. A partir da definição do enquadramento é possível identificar os limites permissíveis para cada variável ambiental analisada. Os valores médios e desvio padrão dos parâmetros analisados estão apresentados na tabela 5.

A média do oxigênio dissolvido (OD) no período mais chuvoso apresentou concentrações superiores em relação ao período mais seco. Nas campanhas chuvosas a média de fevereiro/2020 foi de $5,19 \pm 2,24$ mg/L, enquanto em janeiro/2021 a concentração média foi de $5,15 \pm 2,30$ mg/L, sugerindo pouca variação. No período seco, a concentração média em novembro foi $4,72 \pm 2,83$ mg/L, inferior a outubro/2021 que registrou média de $5,73 \pm 1,85$ mg/L.

Para a Resolução CONAMA 357/05, classe II, o nível de OD não deve ser inferior a 5 mg/L. Dessa maneira, as médias se comportaram em consonância com a referida resolução. No entanto, a média de OD no período seco de 2020 apresentou concentrações abaixo do valor mínimo estipulado pela legislação, conforme apresentado na figura 5. De acordo com Monte et al., (2021) as concentrações abaixo do recomendado podem ser indícios de interferência antrópica. Para Pinheiro et al. (2019) a baixa concentração de OD é um indicativo de que existe entrada de matéria orgânica – MO no sistema aquático, e provavelmente são oriundas de esgotos domésticos e/ou escoamento superficial (PINHEIRO et al., 2019).

O lançamento de efluentes domésticos é caracterizado pelo acréscimo de grande quantidade de MO no corpo hídrico (PINHEIRO, SALDANHA & MONTE, 2019). Consequentemente, quanto mais MO no sistema aquático, mais favorável o ambiente fica para a proliferação de microrganismos que consomem grande quantidade de oxigênio (MIRANDA et al., 2009).

Em ecossistemas aquáticos amazônicos, é comum as concentrações de OD serem menores do que o determinado pela legislação, devido à influência da interface floresta-água (MONTE et al., 2021), contudo, essa condição baixa de OD não afeta a vida aquática desses ecossistemas (PINHEIRO, SALDANHA & MONTE, 2019). Entretanto, no caso da microbacia do Juá, as menores concentrações de OD nos pontos de amostragem, provavelmente, está ligada ao lançamento de efluentes no corpo hídrico.

Tabela 3 – Média e desvio padrão dos parâmetros analisados para qualidade da água da microbacia do Juá nos períodos chuvosos (fev/20 – jan/21) e secos (nov/20 – out/21).

PARÂMETRO	Período chuvoso		Período seco	
	fev/20	jan/21	nov/20	out/21
OD (mg/L)	$5,19 \pm 2,24$	$5,15 \pm 2,30$	$4,72 \pm 2,83$	$5,73 \pm 1,85$
Temperatura (°C)	$23,68 \pm 0,26$	$23,63 \pm 0,41$	$24,68 \pm 0,42$	$24,63 \pm 1,65$

pH	5,23±0,54	4,80±0,364897	5,29±1,017	4,95±0,96
DBO (mg/L)	1,20±1,90	2,03±1,96	2,15±2,40	0,99±0,56
Nitrogênio(mg/L)	1,27±1,19	0,86±1,13	0,60±0,77	0,55±0,79
P (mg/L)	1±1,35	1,97±1,31	1,12±1,77	1,37±0,99
Turbidez (UNT)	108,89±117,94	90,63±129,34	8,51±12,01	6,71±3,63
STD (mg/L)	12,59±6,83	48,75±95,28	7,74±9,05	51,09±98,34
Coli. Termo. (NMP/100 ml)	24986,67±32831,97	11680±25690,19	11213,33±25867,37	2280±1265,67

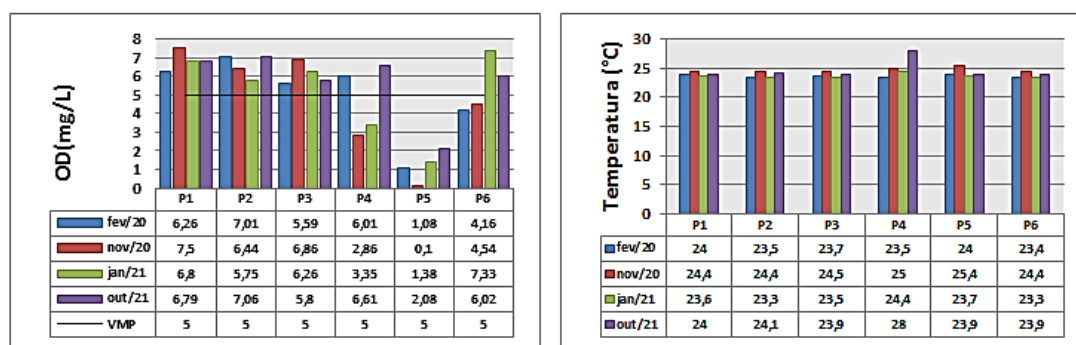


Figura 3: Valores obtidos de Oxigênio Dissolvido – OD (mg/L) e de Temperatura (°C) nas campanhas.

As concentrações menores de OD registradas no P5 (figura 3) mostram que esse trecho sofre adição de carga orgânica, que pode ser oriunda tanto de fontes alóctones (através da contribuição difusa do escoamento superficial), fontes autóctones (produção interna da biota), ou por fontes de poluentes, através do despejo de efluentes domésticos (KNAPIK et al., 2009).

O decréscimo de OD no P5, provavelmente, pode ser explicado em função da presença de lançamento de efluentes domésticos vindo da penitenciária e de habitações próximas, pois o aspecto estético do ambiente encontra-se comprometido e ocorrendo problemas de emanações de odores foram vistos nas amostragens. Dessa maneira, os autores Miranda et al. (2009) afirmam que quando a carga de MO ultrapassa a capacidade de autodepuração de um corpo hídrico, provocando a queda nos níveis de oxigênio, aumentando a demanda bioquímica de oxigênio (DBO), que pode ocasionar a mortandade de peixes, além de provocar problemas estéticos e liberação de odor.

A variação sazonal de temperatura obteve médias superiores no período mais seco da região, variando assim conforme o esperado para estação, estando de acordo com outros estudos feitos na região por Silva et al. (2018) e Pinheiro et al. (2019). Nessa estação seca, as médias da coleta de novembro/2020 atingiram 24,68±0,42°C e 24,63±1,65°C para outubro/2021, apresentando similaridades. No período chuvoso, na campanha de fevereiro/2020 a média foi de 23,68±0,26 °C, e janeiro/2021 foi de 23,63±0,41 °C. Vale também ressaltar que a temperatura é dependente da hora de coleta (MIRANDA et al., 2009).

A água de todos os pontos de amostragem apresentou variações de temperatura entre 23,3°C a 28°C, com pouca diferença entre os períodos, conforme apresenta na figura 5, mostrando estabilidade o que é característico da região equatorial. Por outro lado, a diferença na amplitude térmica diária é mais evidente que a diferença de temperatura sazonal (ALVES, et al., 2012; PINHEIRO, SALDANHA & MONTE, 2019).

O CONAMA 357/05 não estabelece o valor máximo permitido para as águas doces de classe 2, dessa maneira, não há como confrontar com a resolução. No entanto, deve-se destacar que a variável de temperatura é fundamental, pois ela influencia diretamente no ecossistema aquático e pode causar alterações na concentração de outros componentes (NASCIMENTO; MONTE & CORRÊA, 2021). Temperaturas elevadas tendem a acelerar a velocidade das reações químicas e biológicas que ocorrem no sistema aquático (SOUZA et al., 2015).

As concentrações de pH nas coletas apresentaram um caráter ácido em quase todos os pontos, o que sugere a presença de ácidos húmicos e fúlvicos, provenientes da decomposição de matéria orgânica (MONTE et al., 2021). Apenas no P5, os resultados variaram na faixa entre 6 e 9. No período chuvoso, as variações médias de pH foram de

5,23 a 4,80 e no período seco foram de 5,29 a 4,95. Os resultados encontrados de pH neste estudo corroboram com os valores obtidos por Nascimento et al. (2021) na microbacia do Irurá que caracterizou a água em alguns pontos como ácida, que atribuíram a presença de ácidos húmicos e fúlvicos e ao embasamento geológico da região, no qual a Formação Alter do Chão é composta por rochas que aumentam a acidez das águas superficiais e subterrâneas da região (COSTA et al., 2020). Silva et al. (2018) apresentaram em seu estudo, valores de pH classificados como ácidos em alguns tributários da bacia do São Brás. As concentrações encontradas por Moura et al. (2020) na microbacia do Urumari também coincidem com os resultados obtidos na microbacia do Juá, uma vez que o pH variou de 5,43 a 5,40, nos períodos chuvosos e secos, respectivamente.

Ainda que os registros encontrados nas campanhas, conforme apresentados na figura 4, estejam em desconformidade com a resolução do CONAMA 357/2005 para rios de classe II, que estabelece critérios de proteção à vida aquática, fixadas em uma faixa ideal de 6 a 9, os rios amazônicos não se enquadram, pois naturalmente já apresentam características ácidas (MONTE et al., 2021). Dessa maneira é evidente a necessidade de adequação dos padrões que levem em conta as características ecoregionais das águas superficiais da região (MONTE et al., 2021).

Em relação ao comportamento do pH no ponto P5, existe uma consonância com a faixa de enquadramento da Resolução CONAMA 357/05, com valores de 6,20 a 7,22, porém, o aumento de pH nesse ponto pode ser explicado pelos resultados de Nitrogênio e Fósforo, figura 6, visto que, segundo os autores Pinheiro et al. (2019) as concentrações maiores desses elementos podem alterar o pH tornando-o elevado em direção ao mais neutro. Como o ambiente do P5 apresenta possíveis fontes de lançamentos de efluentes, Pinheiro et al. (2019) explica que nos efluentes domésticos substâncias com caráter mais básico como o detergente, tendem a aumentar o pH. Bem como, a partir da decomposição da MO existe a formação de amônia, que também tende a aumentar o pH (MIRANDA et al., 2009; PINHEIRO, SALDANHA & MONTE, 2019).

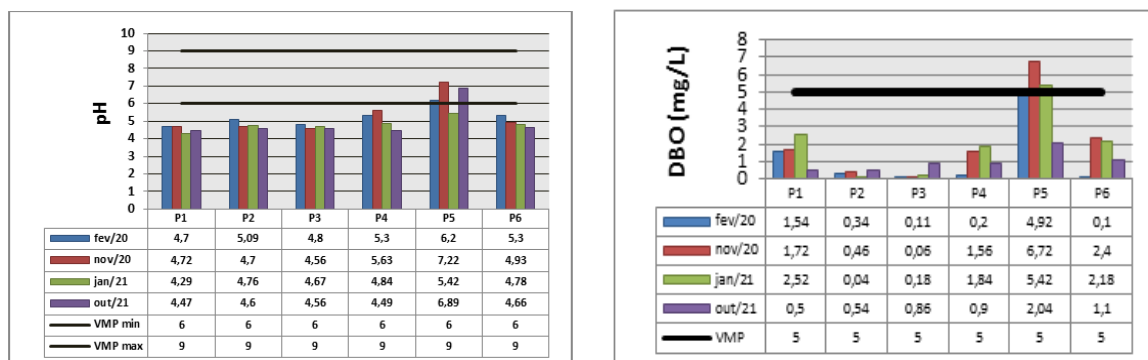


Figura 4: Valores obtidos de pH e DBO (mg/L) nas campanhas.

A DBO segundo CETESB (2016) é um parâmetro crucial no que tange ao controle da poluição hídrica. Em suma, a DBO é considerada como a qualidade de O₂ consumido, pois quanto maior a concentração de DBO, menor é a quantidade de oxigênio disponível para os organismos aquático, e maior é a carga de matéria orgânica no corpo hídrico (CETESB, 2016).

Os valores médios de DBO (figura 4) encontrados neste estudo no período chuvoso foram maiores, em relação ao período seco na maioria dos pontos. Na estação chuvosa, as concentrações foram de 1,30 mg/L em fevereiro/2020 e 2,03 mg/L em janeiro/2021. Enquanto no período seco o registro médio foi de 2,15 mg/L e 0,99 mg/L em novembro/2020 e outubro/2021, respectivamente. Em relação à resolução do CONAMA 357/2005, a DBO 5 dias a 20°C é de até 5mg/L de O₂, e o P5 registrou valores superiores a esse padrão estabelecido, pelo fato da presença de esgotos lançados nesse ponto.

Menezes (2017) encontrou encontrados valores de DBO acima do permitido pelo CONAMA 357/2005 para rios de classe II de DBO em pontos das lagoas Três Irmãs na Serra do Carajás, na região sudeste da Amazônia, semelhante ao encontrado no P5 na microbacia do Juá. Assim como a lagoa Três Irmãs dos estudos de Menezes (2017), a microbacia do Juá, apresentam interferência antrópica acentuada. Dessa maneira, Menezes (2017) afirma que a justificativa para valores de DBO acima podem ser explicados pela adição e decomposição de MO.

A turbidez apresentou maiores variações em relação à sazonalidade, conforme a figura 5. As maiores médias ocorreram no período chuvoso. No período chuvoso, as médias foram de 108,89 em fevereiro/2020 e 90,63 UNT em janeiro/2021. No período seco foram de 8,51 e 6,71 UNT em novembro/2020 e outubro/2021, respectivamente. Miranda et al., 2009 destacam que em épocas de precipitações mais elevadas as concentrações de turbidez são maiores. A turbidez é influenciada pelos sólidos totais dissolvidos, que aumentam no período chuvoso, devido à lavagem das margens dos corpos hídricos e o maior aporte de águas pluviais e quanto mais turva a água, mais sólidos em suspensão provenientes de MO e outros detritos (MENEZES, 2017; CETESB, 2018; MONTE et al., 2021).

Miranda et al. (2009) e Monte et al. (2021) encontraram maiores valores de turbidez na estação chuvosa em relação à seca em seu estudo no Rio Tapajós em algumas microbacias urbanas, respectivamente, em Santarém. Os autores atribuíram ao maior aporte de águas pluviais que lavam as margens dos corpos hídricos. Segundo a resolução CONAMA 357/2005 classe II, considera valores máximos até 100 nefelométricas de turbidez (UNT), sendo os P4 e P5 classificados em desconformidade com a norma no período chuvoso. Entretanto, os maiores valores foram encontrados no P5, que pode ser explicado pela retirada da integridade do ambiente, bem como a retirada da zona de mata ripária o que torna as margens susceptíveis a erosão, processo que resulta em assoreamento, e consequentemente há maior concentração de materiais em suspensão (MIRANDA et al., 2009; MONTE et al., 2021).

Os Sólidos Totais Dissolvidos – STD as maiores concentrações são no período chuvoso. As médias no chuvoso variaram entre 12,59 mg/L e 48,75 mg/L nos meses de fevereiro/2020 e janeiro/2021, respectivamente. E no período menos chuvoso é de 7,74 mg/L em fevereiro/2020 e janeiro/2021 concentrações médias de 51,09 mg/L. Um destaque no ponto P5 em que no período chuvoso em janeiro/2021 e de seca em outubro/2021 apresentou concentrações acima em relação as outras campanhas. No que se refere aos padrões da legislação do CONAMA 357/2005 de classe II, a concentração máxima permitida para esses corpos d'água são de 500 mg/L e todos as campanhas monitoradas estão em conformidade com a norma.

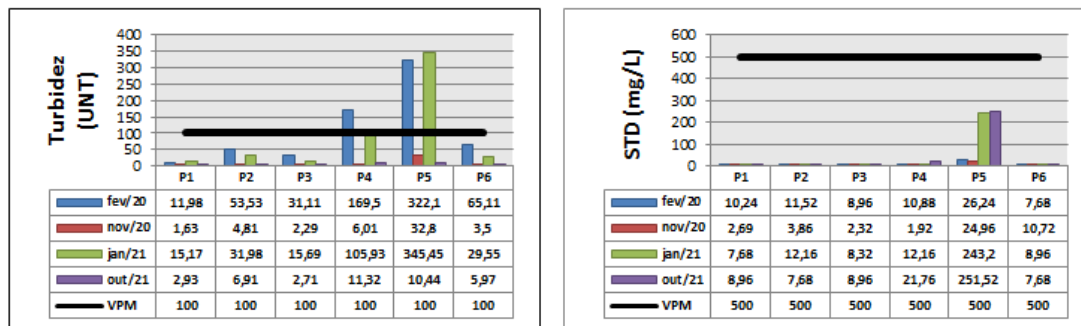


Figura 5: Valores obtidos de Turbidez (UNT) e Sólidos Totais Dissolvidos – STD (mg/L) nas campanhas.

As concentrações de STD encontradas por Nascimento; Monte & Corrêa, (2021) na microbacia do Irurá, variaram entre de 0 e 240 mg/L, apresentam semelhanças com os resultados deste estudo, os quais variaram de 1,92 a 251,52. Nos resultados de Nascimento et al. (2021) mostraram uma tendência abaixo em relação ao VMP da resolução do CONAMA 357/2005 para rios de classe II.

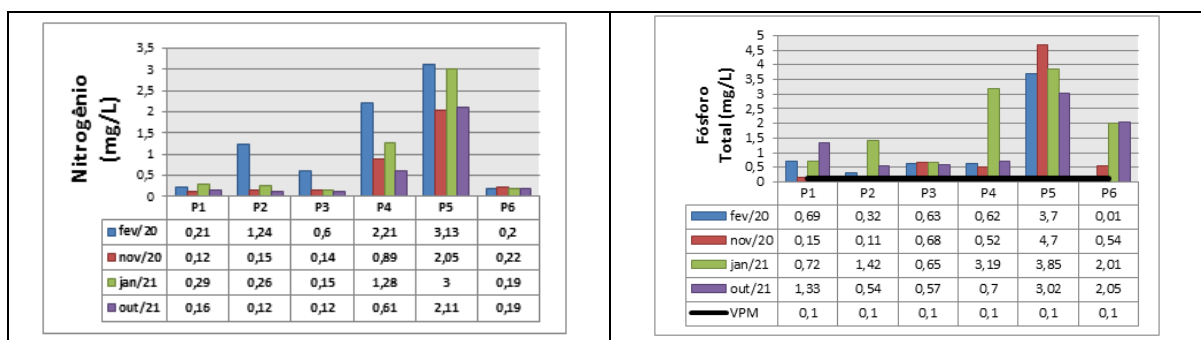


Figura 6: Valores obtidos de Nitrogênio Total (mg/L) e Fósforo Total (mg/L) nas campanhas.

As concentrações maiores de nitrogênio total (NT) foram registradas nas campanhas realizadas no período chuvoso. Na estação chuvosa obteve-se médias de 1,27 mg/L em fevereiro/2020 e 0,86 mg/L em janeiro/2021. Enquanto no período seco, as médias foram de 0,60 mg/L e 0,55 mg/L em novembro/2020 e outubro/2021, respectivamente. A Resolução CONAMA 357/2005 preconiza que em ambientes lóticos o NT 2,18 mg/L para rios de classe II não vazão de referência. Entretanto ainda não há vazão de referência para a microbacia do Juá, portanto, não há como confrontar com a resolução. Entretanto, estudos apontam que concentrações elevadas de nitrogênio, ligados a outros elementos, podem desencadear um desequilíbrio no ecossistema aquático (MENEZES, 2017).

Segundo a CETESB (2016), Nitrogênio Total e Fósforo Total são encontrados no meio aquático, e estão ligados à produção primária do ambiente, o excesso pode levar à eutrofização do ecossistema aquático. De acordo com Costa et al. (2020), as concentrações de nitrogênio e fósforo, como os apresentados na figura 7, podem estar relacionadas a contaminação por lançamento de efluentes ou por outra fonte que pode liberar MO em decomposição no meio. Alguns estudos realizados em Santarém apontam que as atividades agropecuárias e afins também são responsáveis pela elevação de nutrientes nas águas superficiais, principalmente, nitrogênio e fósforo, que em altas concentrações podem provocar eutrofização dos corpos hídricos (MIRANDA et al., 2009; PINHEIRO, SALDANHA & MONTE 2019).

Em relação ao P (figura 6), de acordo com resolução do CONAMA 357/2005 para rios de classe II em ambientes lóticos, as concentrações de P devem apresentar máximas de 0,1 mg/L, entretanto, todas as campanhas deste estudo apresentaram valores superiores ao estabelecido, portanto em desacordo com a legislação. As maiores médias foram registradas na estação mais chuvosa, o que pode ser explicado pelo aumento do escoamento superficial nesse período, pois contribui para a entrada de maiores cargas de nutrientes provenientes tanto de efluentes, bem como, fertilizantes usados para o manejo de jardins, nas áreas urbanas, como de plantações agrícolas, nas áreas rurais (VEIGA, 2010; PINHEIRO, SALDANHA & MONTE 2019; MONTE et al., 2021).

As elevadas concentrações de P no P5 estão relacionadas ao lançamento de efluentes domésticos (MONTE et al., 2021). Ademais, as concentrações acima de P podem estar relacionadas à diversos fatores, entretanto, as atividades humanas são as principais responsáveis pelo acréscimo na concentração P em ambientes aquáticos (VEIGA, 2010). As altas concentrações de P encontradas no P5, na estação mais seca, podem ser justificadas pelo aporte de efluentes no local (MONTE et al., 2021).

As análises microbiológicas de coliformes termotolerantes, foi possível identificar a presença em todas as campanhas coletadas. A média maior ocorre no período mais chuvoso da região. No período chuvoso as médias foram de 24.986,67 NMP/100ml em fevereiro/2020 e 11.680 NMP/100ml em janeiro/2021. Já no período menos chuvoso foram de 11.213,33 NMP/100ml e 2.280 NMP/100ml em novembro/2020 e outubro/2021, respectivamente.

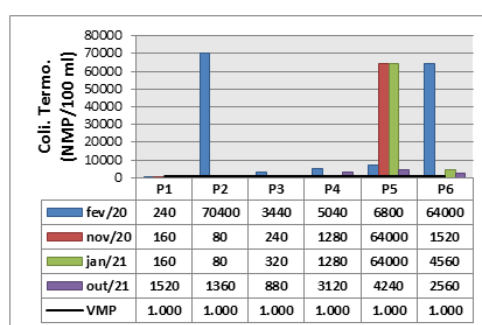


Figura 7: Valores obtidos de Coliformes Termotolerantes (NMP/100ml) nas campanhas.

Os coliformes termotolerantes, segundo CETESB (2017) são microrganismos que possui o principal representante a *Escherichia coli* (E. Coli) que é de origem fecal de animais homotérmicos, incluindo a espécie humana. Os resultados encontrados evidenciam a contaminação fecal. Segundo Ceballos. (2000) e Silva et al. (2018), E. Coli é uma bactéria do grupo dos coliformes, encontrada nas fezes provinda do trato digestivo dos animais homeotérmicos, que pode causar doenças, como diarreia, hepatites e outros distúrbios gastrointestinais (COSTA et al., 2020). Em

relação à sazonalidade, a estação chuvosa apresentou as maiores concentrações, sendo que o P5 apresentou concentrações 60 vezes acima do permitido pela legislação, o que representa um alto risco à saúde Humana ao entrar em contato com o recurso hídrico.

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece um valor máximo permitido para os corpos hídricos de classe II de 1.000 NMP/100 ml. A maioria dos pontos amostrados neste estudo apresentaram resultados acima do permitido pela resolução do CONAMA 357/2005. A presença de coliformes está relacionada à diversas fontes, tais como, habitações inadequadas e sem saneamento básico ao longo da microbacia, instalação de fossas negras e criações de animais (COSTA et al., 2020).

Dessa forma, é notório que a região apresenta um cenário precário em relação ao saneamento básico, principalmente, ao lançamento de efluentes e coleta de resíduos sólidos. Logo as concentrações de coliformes superiores em relação a legislação do CONAMA 357/2005 é preocupante, pois a água dos trechos é utilizada pela população local e visitantes para fins balneários e até para pesca.

CONCLUSÃO

A aplicação dos cálculos do IQA mostrou que a maior parte dos pontos monitorados encontra-se na faixa de classificação REGULAR, no entanto, algumas campanhas apresentou déficit, classificados como RUIM. E ao comparar a sazonalidade das estações observa-se que o período mais seco apresentou melhores índices, isso é explicado pelo fato de que há maior carreamento de poluentes para dentro dos corpos d'água no período mais chuvoso.

Os resultados do estudo mostraram que há influência da sazonalidade, e a estação chuvosa apresentou as maiores concentrações, sendo de acordo com o encontrado na literatura para a região amazônica. A falta de esgotamento sanitário coloca em risco a população, principalmente, na época de chuva. Os resultados E.Coli mostraram-se críticos para o contato humano.

O monitoramento da área é necessário, devido à crescente urbanização das comunidades e as precárias condições sanitárias, que provocaram a contaminação da microbacia. A qualidade dos recursos hídricos amazônicos precisa ser estudada, pois a velocidade de degradação foi muito rápida, nesses últimos anos, assim como, o aumento da urbanização na região Norte do país.

Além disso, a Resolução do CONAMA 357/2005 bem como demais resoluções e o Índice de Qualidade da Água - IQA, não consideram as diferenças naturais dos processos ecológicos do ambiente aquático amazônico que é diferente das demais regiões do Brasil. A interface água-floresta influencia significativamente na dinâmica e nas características físico-químicas das águas superficiais. E dessa maneira, é evidente a necessidade de adaptação dos valores de qualidade que levem em consideração as características ecorregionais das águas superficiais dessa região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALMEIDA, G. S. Avaliação da aplicação do IQA-CCME na divulgação da qualidade de água de bacias hidrográficas. Estudo de caso: Bacia Hidrográfica do Rio Joanes. Dissertação – Universidade Federal da Bahia - Salvador, 2014.
2. ALVES, I. C.C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). Acta Amazônica, v.42, n.1, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000100014>
3. ANDRIETTI, G.; FREIRE, R.; AMARAL, A. G.; ALMEIDA, F.T.; BONGIOVANI, M. C.; SCHNEIDER, R. M.. Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, MT. Revista Ambiente & Água, v. 11, n. 1, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1769>
4. Associação brasileira de Normas Técnicas. NBR 10560: Águas - Determinação de nitrogênio amoniacal - Métodos de nesslerização, fenato e titulométrico. Outubro, 2013
5. BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

- enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
6. CEBALLOS, B. S. O.. Microbiología Sanitária y Ambiental. In: MENDONÇA, S. R. Sistemas de Lagunas de Estabilización: cómo utilizar aguas residuales tratadas em sistema de regadío. Santa Fé de Bogotá: Mc Graw-Hill, 2000. p.68-106;
 7. CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. Apêndice D: Índice de Qualidade da Água. São Paulo, 2016.
 8. CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Agência Nacional de Águas – DF, 2011.
 9. CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo. São Paulo: CETESB, 2018.
 10. COSTA, I.; SALDANHA, E. C.; MONTE, C. N.. A sazonalidade de contaminantes em águas subterrâneas e superficiais entorno de um aterro sanitário na região Amazônica. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.6, p.371-382, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0030>
 11. DA CUNHA, H. B. O mundo das águas: Arranjos na superfície da Terra foram decisivos para criação da bacia amazônica, a maior e mais volumosa do planeta. In: CAPOZZOLI, U. Revista Amazônia: tesouros. v. 2. São Paulo: Dueto Editorial, 2008.
 12. DE OLIVEIRA, J. R.; PASTANA, J. M. do N.; NAVEGANTE, P. S. C.; SCHALKEN, C. G. P. S. Caracterização hidrogeológica da cidade de Santarém e das vilas de Mojuí dos campos e Alter-do-chão com proposta técnica para a perfuração de poços tubulares profundos. Águas Subterrâneas, [S. l.], 2000.
 13. FARIAS, E. M. B. Breve Abordagem de Alterações Geomorfológicas nas Confluências dos Rios Tapajós e Amazonas – Santarém/PA. REVISTA GEONORTE, v. 3, n. 5, p. 243 - 249, 12 nov., 2012.
 14. JÚNIOR, S. C. C. da T. Cidades médias na Amazônia Oriental: das novas centralidades à fragmentação do território. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 13 n. 2, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.22296/2317-1529.2011v13n2p135>
 15. KNAPIK, H. G., AZEVEDO, J. C. R., FRANÇA, M. S., PORTO, M. F. DO A., & FERNANDES, C. V. S.. Dinâmica da matéria orgânica em águas naturais: estudo de caso do Rio Iguaçu. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos: Campo Grande - MS, 2009.
 16. MAFRA, M. V. P.; CAMPOS, A. B. de; GRECO, R. Precipitação na Amazônia: percepção dos estudantes de Manaus. Revista de Ensino de Geografia, Uberlândia-MG, v. 10, n. 19, p. 18-32, jul./dez. 2019.
 17. MELO, S. G.; MOURA, L. S.; LOPES, R. B.; SANTOS, Z.; ALMEIDA, R. M.; SILVA, J. T.. Qualidade da água de córregos sob influência da ocupação antrópica: o caso das águas urbanas e periurbanas de Santarém-PA. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.7, p.569-576, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0044>
 18. MENEZES, R. D. Avaliação sazonal da qualidade da água em lagoas dos platôs da Serra Sul de Carajás, sudeste da Amazônia, Brasil. Dissertação (Mestrado em Uso Sustentável de Recursos Naturais em Regiões Tropicais) - Instituto Tecnológico Vale, Belém-PA, 2017.
 19. MIRANDA, R. G.; PEREIRA, S. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. Ambi-Água, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.
 20. MONTE, C. N.; SALDANHA, E. C.; COSTA, I. NASCIMENTO, T. S. R.; PEREIRA, M. S. BATISTA, L. F.; PINHEIRO, D. C. The physical-chemical characteristics of surface waters in the management of quality in clearwater rivers in the Brazilian Amazon. Water Policy, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2166/wp.2021.258>
 21. MOURA, L. S.; LOPES, R. B.; RIBEIRO, J. S.; FERNANDES, G. S. T.; ALMEIDA, R. M.; MELO, S. G.. A Influência da Sazonalidade sobre a qualidade de água para microbacia do Urumari, Santarém/Pará. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.11, n.6, p.346-357, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0028>
 22. NASCIMENTO, T. S. R.; MONTE, C. N.; SALDANHA, E. C. Qualidade de água em áreas influenciadas por uma Estação de Tratamento de Esgoto na Amazônia. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v. 12 n. 9, 2021.
 23. PINHEIRO, D. C.; SALDANHA, E. C.; MONTE, C. N.. Índice de estado trófico e a proveniência do fósforo e clorofila-a em diferentes estações do ano em uma microbacia Amazônica. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.10, n.5, p.89-100, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.005.0009>

24. RODRIGUES, D. B. B.; MENDIONDO, E. M. Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e Gestão. Editora Elsevier – Rio de Janeiro. Cap. 3, p. 47-74, 2013.
25. SILVA, I. B. B.; PINTO, A. P. A.; MORTATI, A. F.; OLIVEIRA, L. L.. Caracterização hidrológica e ambiental de uma pequena bacia do baixo Rio Tapajós (AM). Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v.9, n.6, p.14-27, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.006.0002>
26. SOARES, M. S.; SOUZA, J. C. R. Transporte fluvial: estreitamento as distâncias econômicas e sociais entre mocambo do Arari e cidade de Parintins/AM. Repositório Institucional UEA, 2017.
27. SOUSA, J. R.; MORAIS, M. E. B.; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. Revista Eletrônica do Prodepa - Fortaleza, v.8, n.1, p. 26-45, abr., 2014.
28. SOUZA, E.; FERREIRA, D.; GUIMARÃES, J.; FRANCO, V.; AZEVEDO, F.; MORAES, B.; SOUZA, P. Padrões climatológicos e tendências da precipitação nos regimes chuvoso e seco da amazônia oriental. Revista Brasileira De Climatologia, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.41232>
29. SOUZA, N. S.; OLIVEIRA, J. C.; SILVA, E. S.. Avaliação da qualidade da água do alto rio pedreira, Macapá, Amapá. Revista Biota Amazônica, v. 5, n. 2, p. 107-118, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v5n2p107-118>
30. VEIGA, B. V.. Fatores intervenientes na dinâmica do fósforo em ambientes lênticos-investigação sobre o Reservatório de Alagados no Estado do Paraná. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
31. VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2008