

# Avaliação da qualidade da água e do aporte de sedimentos do Lago Tabocó - Sertanópolis/PR

## *Evaluation of the water quality and sediment contribution of Tabocó Lake - Sertanópolis/PR*

• **Data de entrada:**  
27/09/2020

• **Data de aprovação:**  
16/11/2021

Maria Beatriz Hoffmann<sup>1</sup> | Fernanda Diniz Avila<sup>\*2</sup> | Emily Giany Assunção<sup>2</sup>

DOI: <https://doi.org/10.36659/dae.2022.081>

### ORCID ID

Hoffmann MB  <https://orcid.org/0000-0002-4152-8843>

Avila FD  <https://orcid.org/0000-0003-3373-6076>

Assunção EG  <https://orcid.org/0000-0002-2631-023X>

### Resumo

Com a urbanização, houve o aumento da demanda de água, bem como do uso do solo nas proximidades de mananciais, implicando na poluição desse recurso. O presente trabalho visa avaliar a qualidade da água e o aporte de sedimentos do Lago Tabocó no período de maio a novembro de 2017. Para tal, foram analisados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e calculado o Índice de Qualidade da Água - IQA. O aporte de sedimentos foi realizado avaliando as condições do lago e os parâmetros de sólidos totais e turbidez. Os valores médios encontrados para os parâmetros de qualidade de água foram: temperatura 21,34°C, condutividade elétrica 129,99  $\mu\text{s cm}^{-1}$ , pH 6,48, turbidez 23,45 UNT, OD 7,41  $\text{mg L}^{-1}$ , DBO 1,45  $\text{mg L}^{-1}$ , *E. coli* 1210 NMP 100mL<sup>-1</sup>, sólidos totais 117,98  $\text{mg L}^{-1}$ , nitrogênio total 1,6  $\text{mg L}^{-1}$  e fósforo total 0,073  $\text{mg L}^{-1}$ . A qualidade da água foi avaliada pelo IQA no período chuvoso, e obteve-se nota de 60, classificada como razoável; já no período de estiagem, houve uma melhora na qualidade da água, sendo classificada como boa, com nota igual a 80. As análises de aporte de sedimentos demonstraram que o lado Tabocó apresenta impactos que variam de moderado a alto, com retenção de aproximadamente 20% dos sólidos totais que o adentram. Por meio das análises físico-químicas realizadas, verificou-se que a água do lago estudado não atendeu aos parâmetros turbidez, fósforo total e *E. coli* quanto aos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas doces classe 2, demonstrando a necessidade de adoção de medidas de prevenção e controle da poluição no lago.

**Palavras-chave:** Análises físico-químicas e biológicas. Índice de qualidade da água. Assoreamento.

### Abstract

*With urbanization, there was an increase in water demand as well as land use in the vicinity of springs, implying the pollution of this resource. This study aims to evaluate the water quality and sediment deposition of Tabocó Lake in the period of May to November 2017. To this, physical, chemical and microbiological parameters were analyzed and the Water Quality Index – WQI was calculated. Sediment deposition was carried out by evaluating the lake conditions and the parameters of total solids and turbidity. The mean values found for water quality parameters were: temperature 21.34°C, conductivity 129.99  $\mu\text{s cm}^{-1}$ , pH 6.48, turbidity 23.45 NTU, DO 7.41  $\text{mg L}^{-1}$ , COD 1.45  $\text{mg L}^{-1}$ , *E. coli**

<sup>1</sup> Centro Universitário Filadélfia - UniFil - Londrina - Paraná - Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Londrina - UEL - Londrina - Paraná - Brasil.

\* **Autora correspondente:** [ferdinizavila@hotmail.com](mailto:ferdinizavila@hotmail.com).

1210 MPN 100mL<sup>-1</sup>, total solids 117.98 mg L<sup>-1</sup>, total nitrogen 1.6 mg L<sup>-1</sup> and total phosphorus 0.073 mg L<sup>-1</sup>. The water quality was evaluated by the WQI in the rainy season, and a score of 60 was obtained, classified as reasonable, while in the dry period, there was no improvement in water quality, being classified as good, with a score equal to 80. The sediment deposition analyzes showed that Tabocó lake has impacts varying from moderate to high, with retention of approximately 20% of the total solids that enter the lake. Through the physical-chemical analyzes carried out, it was found that the studied lake did not reach the parameters for turbidity, total phosphorus, and *E. coli* within the limits established by resolution CONAMA 357/2005 for class 2 of sweet water, demonstrating the need to adopt prevention and control measures of the pollution in the lake.

**Keywords:** Physical-chemical and biological analyzes. Water quality index. Silting.

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial à vida no planeta Terra, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e de domínio público (BRASIL, 1997). O suprimento de água em quantidade e qualidade adequadas desempenha um papel preponderante no desenvolvimento social, ambiental e econômico das populações. Contudo, a garantia de atendimento dessa demanda torna-se cada vez mais incerta, em virtude do déficit quantitativo e da deterioração da qualidade das águas (PAIVA; PAIVA, 2001).

A qualidade da água depende de sua origem, das condições naturais, como clima, solo e presença de mata ciliar e das interferências dos seres humanos na região. Tais interferências são decorrentes da poluição das águas com a adição de substâncias que, direta ou indiretamente, modificam a natureza do manancial de maneira que cause transtornos ao equilíbrio biológico prejudicando o uso da água (SPERLING, 2005).

Os padrões de uso do solo têm importante influência sobre a qualidade da água (superficial e subterrânea) e os ecossistemas aquáticos dentro de uma bacia hidrográfica (LEE et al., 2009; TRAN et al., 2010; ROTHWELL et al., 2010; BU et al., 2014, MENEZES et al., 2014; DUPASA et al., 2015; FIA et al., 2015). Siqueira e Vanzela (2018)

afirmam que a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, ocasionando diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos.

A má gestão do uso do solo, aliada ao crescimento da população e à expansão industrial, tem sido uma das principais preocupações ecológicas dos últimos anos, visto que esses efeitos implicam na redução da qualidade da água de rios, lagos e reservatórios (MENEZES, 2016).

Dessa forma, com o grande aumento e diversificação de fontes poluidoras e de degradação dos corpos hídricos, é imprescindível o acompanhamento das alterações da qualidade da água, visando fundamentar medidas de proteção e até mesmo de recuperação ambiental, e a garantia dos usos atuais e futuros desse recurso natural. O aporte de sedimentos apresenta-se como uma forma de avaliar o potencial de sedimentos originados dos processos erosivos, que se refere ao potencial total de perda de solo de uma bacia hidrográfica (SIQUEIRA e VANZELA, 2018).

Sendo assim, neste estudo busca-se avaliar a qualidade da água por meio de análises físico-químicas e biológicas e determinação do Índice de Qualidade das Águas – IQA (CETESB, 2018) e avaliar o aporte de sedimentos (SPATTI JUNIOR et

al., 2012; SALLES et al.,2008), com o intuito de monitorar as influências das possíveis fontes poluidoras no Lago Tabocó, localizado no município de Sertanópolis-PR e, assim, avaliar a necessidade da adoção de medidas que contribuam para a preservação e qualidade natural do mesmo.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Amostragem e análise laboratorial

Para avaliação da qualidade da água do Lago Tabocó, foram realizados levantamentos quanti-

tativos e qualitativos das amostras de água coletadas do lago. A caracterização físico-química e biológica das amostras foi realizada de acordo com o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 2012).

Para locação dos pontos de amostragem, considerou-se a entrada (ponto P1) e saída (ponto P5) de água do lago, pontos de queda d'água (pontos P3 e P7), o centro do lago (ponto P4) e também sua zona litorânea (pontos P2 e P6), totalizando 07 pontos de amostragem apresentados na Fig. 1.



**Figura 1** - Localização dos pontos de amostragem

Fonte: Google Earth (2021), adaptado

Em seguida, foram definidos os parâmetros de monitoramento de maior relevância para alcançar os objetivos do presente trabalho, sendo: turbidez, pH, condutividade elétrica e sólidos totais.

As coletas foram realizadas com uma periodicidade de aproximadamente 15 dias, sendo realizadas 10 coletas no total entre os dias 02/05/17

e 17/09/17. Em cada um dos pontos, coletou-se 1,5 L de água a 30 cm de profundidade, e apenas no ponto 4 - P4, nos dias 22/05/2017 - C3 (período de cheia) e 17/09/2017 - C10 (período de estiagem), foi coletado mais um frasco, totalizando 3L de amostra, para a realização de parâmetros complementares (oxigênio dissolvi-

do, temperatura, *Escherichia coli*, nitrogênio total e fósforo total) para a determinação do IQA. Esse ponto foi selecionado por estar localizado no centro do lago Tabocó e, portanto, ser menos influenciado por eventuais contaminações das margens, sendo o mais representativo.

A medição dos parâmetros temperatura e oxigênio dissolvido foi realizada em campo, de acordo com os métodos descritos por APHA et al. (2012)

e os equipamentos apresentados na Tabela 1, com exceção do parâmetro nitrogênio total, que foi realizado pelo método DIN EN ISO 11 905-1 (DIN, 2016), com um Espectrofotômetro Macherey-Nagel - MN Nanocolor vis 919150. Posteriormente, as amostras foram mantidas sob refrigeração a 4°C até o momento de análise, para evitar possíveis alterações das características químicas e biológicas.

**Tabela 1** - Parâmetros, métodos e equipamentos utilizados para determinação dos parâmetros de qualidade da água

Parâmetros	Método Apha et al. (2012)	Equipamento (modelo/marca)
pH	4500	pHmetro Gehaka PG2000
Temperatura °C	2550 B	Oxímetro Hach HQ 30d
Turbidez (UNT)	2130 B	Turbidímetro Hach 21000Q
Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	4500-O G	Oxímetro Hach HQ 30d
Condutividade	2510 B	Condutivímetro Gehaka CG1800
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	4500-PJ	Espectrofotômetro Macherey-Nagel - MN Nanocolor vis 919150
Demanda bioquímica de oxigênio (mg.L <sup>-1</sup> )	5210 B	Bloco digestor COD ReactorHach Espectrofotômetro Macherey-Nagel - MN Nanocolor vis 919150
<i>Escherichia coli</i> (NMP.100mL <sup>-1</sup> )	9223 B	Seladora Quanti-Tray
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	2540 B, C, D e E	Mufla 550°C EDG 3 P-S Estufa 103°C QUIMIS

## 2.2 Avaliação da qualidade da água

Para a avaliação da qualidade da água do Lago Tabocó, utilizou-se o Índice de Qualidade da Água - IQA proposto pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB do estado de São Paulo adaptado do IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* – NSF dos Estados Unidos da América (CETESB, 2018).

Após a coleta de amostra, foram realizadas as análises dos parâmetros que compõem o IQA e, para cada resultado, foi atribuído um peso relativo ao parâmetro, conforme a Tabela 2.

**Tabela 2** - Pesos atribuídos aos parâmetros de cálculo do IQA

Parâmetro	Peso (w)
Coliformes termotolerantes	0.15
pH	0.12
DBO <sub>5,20</sub>	0.1
Nitrogênio total	0.1
Fósforo total	0.1
Diferença de temperatura	0.1
Turbidez	0.08
Sólidos totais	0.08
Oxigênio dissolvido	0.07

Fonte: CETESB (2018), adaptado

Em seguida, foi determinado o IQA pelo produto ponderado dos fatores de qualidade das variáveis que integram o índice, de acordo com a Eq. 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^N q_i^{w_i} \quad (1)$$

Em que:

IQA = Índice de Qualidade da Água, com valor variando de 0 a 100;

N = número de parâmetros;

$q_i$  = qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, com valor variando de 0 a 100, em função de sua concentração ou medida;

$w_i$  = peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, com valor variando entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo a soma de todos os pesos igual a 1.

O resultado do IQA, entre 0 e 100, obtido pela Eq. 1, foi classificado de acordo com as faixas de valores do índice (Tabela 3) que representa a qualidade da água, variando de péssima (0 a 19) a ótima (80 a 100).

**Tabela 3** - Faixa de classificação do IQA

Categoria	Faixa de IQA
Ótima	80 - 100
Boa	52 - 79
Regular	37 - 51
Ruim	20 - 36
Péssima	0 - 19

Fonte: CETESB (2018), adaptado

### 2.3 Determinação do aporte de sedimentos

Para determinar o aporte de sedimentos, foram selecionados os pontos P1, por ser a única entrada de água do lago e P5, única saída de água do lago (Fig. 1). Em seguida, avaliaram-se os impactos em cada ponto, por meio de trabalho de campo, empregando a ficha proposta por Spatti Junior et al., (2012) modificada de Salles et al., (2008), contendo indicadores de impactos e pesos relativos. O grau de impacto foi classificado entre baixo a preocupante, conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** – Ficha de campo com indicadores biofísicos de impactos ambientais

Ficha de campo			
Indicador	Peso	Indicador	Peso
<b>Impactos na vegetação</b>		<b>Erosão no Entorno</b>	
Sem Vegetação	3	Voçoroca	3
Menos de 50% de Vegetação	2	Ravina	2
Mais de 50% de Vegetação	1	Sulco	1
100% de Vegetação	0	Ausente	0
<b>Resíduo no Entorno</b>		<b>Turbidez</b>	
Muito	3	Alta	3
Médio	2	Média	2
Pouco	1	Baixa	1
Ausente	0	Ausente	0
<b>Odor</b>		<b>Uso e Ocupação do Solo</b>	
Forte	3	Agricultura/Pastagem	3
Médio	2	Vegetação Rasteira	2
Fraco	1	Vegetação Arbustiva	1
Ausente	0	Vegetação Arbórea	0
<b>Intervalo de valores</b>		<b>Classificação dos impactos</b>	
0 - 3		Impacto Baixo	
4 - 7		Impacto Moderado	
8 - 12		Impacto Alto	
13 - 18		Impacto Prrecupante	

Fonte: Spatti Junior et al., (2012), adaptado

Posteriormente foi estimado o aporte de sedimentos para o lago, realizando 5 coletas de amostras em um dia de chuva (03/10/2017), a 1ª aproximadamente 40 minutos antes da precipitação, a 2ª logo após o início da precipitação, a 3ª após 1 hora de precipitação, a 4ª após 2 horas de precipitação e a 5ª logo após o término da precipitação. Desse modo, a diferença da turbidez e dos sólidos totais nos dois pontos (entrada e saída de água) indicará a quantidade de sedimentos retidos no lago.

Assim, realizou-se correlação da avaliação de campo (características dos pontos) com os parâmetros de qualidade da água (turbidez e sólidos totais) de amostras coletadas em cada ponto

avaliado, para que, desta forma, fosse possível configurar uma análise mais completa acerca dos impactos ambientais na área estudada, sendo possível determinar as condições ambientais do curso d'água analisado.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Monitoramento da qualidade da água do Lago Tabocó

As médias dos resultados dos parâmetros físico-químicos analisados nos sete pontos de amostragem do Lago Tabocó estão apresentados na Fig. 2.



Figura 2 - Média dos resultados finais para cada ponto de amostragem

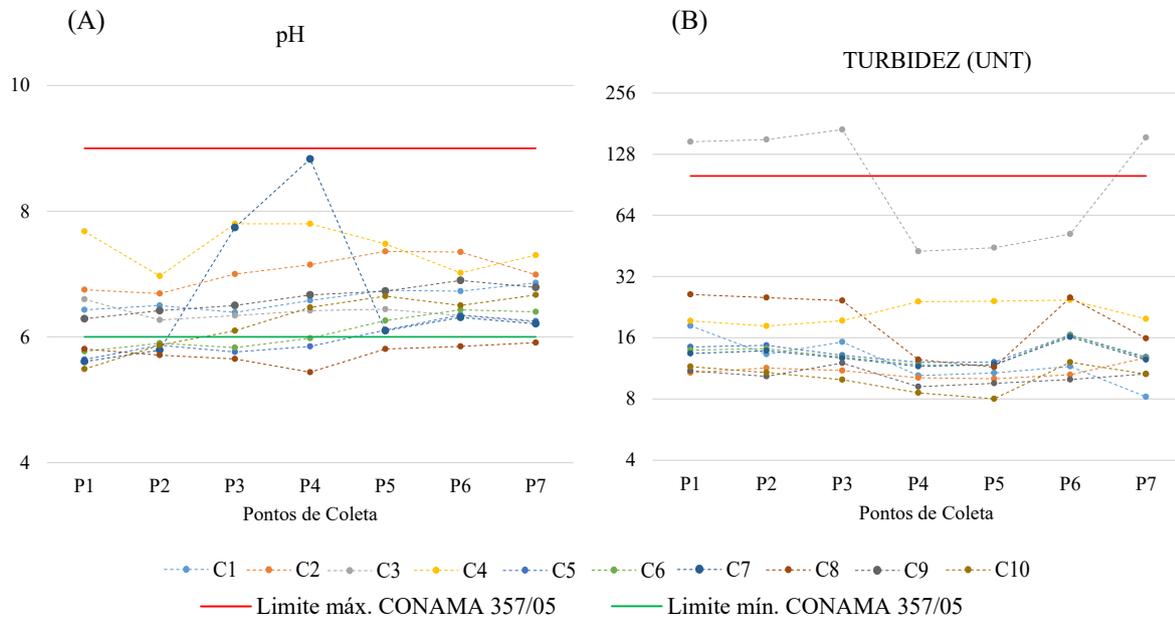
Observa-se que, de maneira geral, os resultados dos parâmetros avaliados não apresentaram expressivas variações entre os pontos de amostragem. Dentre os parâmetros analisados, os parâmetros sólidos totais e turbidez apresentaram maior variação, devido provavelmente ao fato de que as precipitações influenciam de maneira mais relevante esses parâmetros.

Via de regra, a precipitação gera escoamento superficial e, como consequência, carrega grande quantidade de sedimentos das margens para o lago, gerando um aumento dos sólidos, materiais em suspensão e turbidez da água (ZHAO et al., 2018).

Tais resultados corroboram os estudos de Cavenaghi et al. (2003), Panhota e Bianchini (2003) e

Buzelli e Cunha-Santino (2013), que avaliaram a qualidade da água em reservatórios no período de seca e cheia e encontraram valores de turbidez superiores no período de cheia comparados com o período de seca.

A Fig. 3 apresenta os resultados das análises de pH (A) e turbidez (B), e os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para águas doces Classe 2 (enquadra o Lago Tabocó) para cada parâmetro.



**Figura 3** - Resultados das análises de pH e turbidez para cada ponto de amostragem

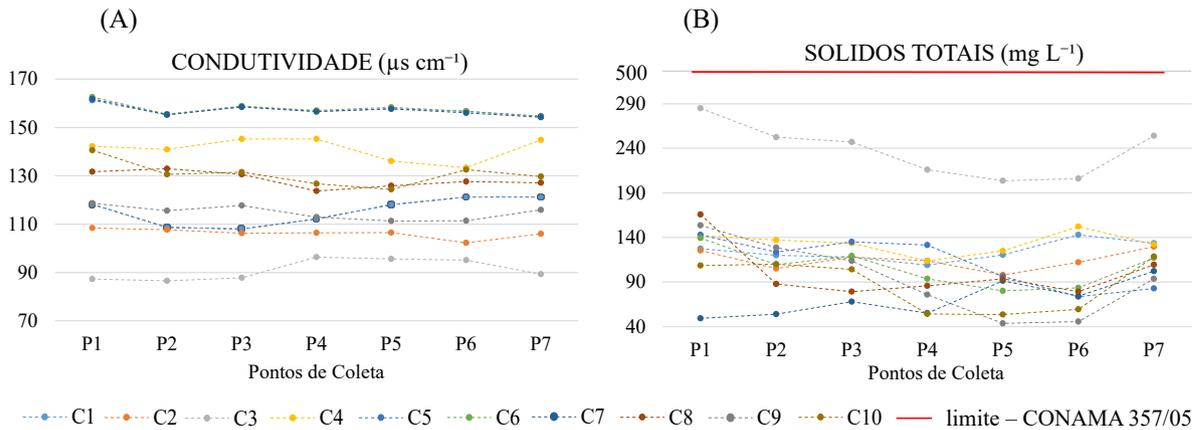
Comparando-se os resultados de pH (Fig. 3A), observa-se que das 10 coletas realizadas, apenas as coletas C1, C2, C3, C4 e C9 atenderam aos valores limites (mínimo= 6,0; e máximo= 9,0) estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para águas doces de Classe 2 em todos os pontos avaliados, com resultados variando de 6,24 a 7,80. Para as demais coletas, dois ou mais pontos apresentaram resultados inferiores ao limite mínimo (6,0), sendo que o menor valor obtido foi de 5,44 no ponto de amostragem P4 da coleta C8. Porém em nenhuma coleta os valores excederam o limite máximo (9,0) chegando ao máximo de 8,83. Esse fato pode estar associado à estabilidade da coluna líquida, que favorece a sedimentação de partículas/impurezas.

Analisando os resultados de turbidez (Fig. 3B), é possível observar que dentre todas as coletas realizadas, apenas a coleta C3 apresentou valores (P1, P2, P3 e P7) de turbidez acima do limite (100 UNT) estabelecido para águas doces Classe 2 estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), obtendo valor máximo de 169 UNT. Isso se deve, provavelmente, ao fato de a coleta ter sido realizada após período de precipitação intensa com índice pluviométrico de 165,40 mm. Tais variações podem ter ocorrido devido ao carreamento dos sedimentos das margens pelo escoamento da água da chuva e aumento na velocidade de movimentação das águas (ZHAO et al., 2018). Nas demais coletas em que os índices pluviométricos foram inferiores ou nulos, os valores de turbidez foram de 8,02 a 26,13 UNT, não apresentando

grande variabilidade entre os pontos de amostragem e as coletas.

A Fig. 4 apresenta os resultados das análises de condutividade (A) e sólidos totais (B), e o limi-

te estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para águas doces Classe 2 para o parâmetro de sólidos totais.



**Figura 4** - Resultados das análises de Condutividade e Sólidos Totais para cada ponto de amostragem

Para a condutividade elétrica (Fig. 4A), os resultados apresentaram valores variando entre  $86,57 \mu\text{s cm}^{-1}$  (ponto P2 na coleta C3) e  $162,60 \mu\text{s cm}^{-1}$  (ponto P1 na coleta C6). Atualmente, ainda não existe uma resolução que estabelece limites para esse parâmetro no meio aquático; no entanto, de acordo com Von Sperling (2005), águas naturais apresentam valores de condutividade elétrica entre 10 e  $100 \mu\text{s cm}^{-1}$ ; em ambientes poluídos por esgotos domésticos ou industriais, os valores podem ser de até  $1000 \mu\text{s cm}^{-1}$ .

Segundo Esteves (2011), a condutividade elétrica é um parâmetro que indica modificações na composição da água, sendo que em regiões tropicais a variação desse parâmetro está relacionada com as características da região e condições climáticas.

Marmontel e Rodrigues (2015) analisaram a condutividade elétrica no Córrego Pimenta - SP e encontraram valores de 11 a  $140 \mu\text{s cm}^{-1}$  no período de seca e de 13 a  $150 \mu\text{s cm}^{-1}$  no período de

cheia, sendo os valores mais elevados no período chuvoso corroborando os resultados obtidos neste estudo.

Em relação aos sólidos totais (Fig. 4B), pode-se observar que o maior valor obtido foi de  $285,00 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto P1 na coleta C3. Essa coleta foi realizada no período chuvoso, o que explica o valor elevado de sólidos na água. Já o menor valor obtido foi de  $43,57 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto P5 na coleta C9 realizada no período de estiagem. Em geral, todos os valores de sólidos totais atenderam ao limite máximo ( $500 \text{ mg L}^{-1}$ ) estabelecido pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) para águas doces de Classe 2.

### 3.2 Avaliação da qualidade da água

Os resultados das análises dos parâmetros que compõem o IQA, bem como o resultado obtido na determinação do mesmo, estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Resultados dos parâmetros e cálculo do IQA

Período da coleta	CHEIA - C3			SECA - C10			
	Parâmetros	Resultado	Nota (q <sub>i</sub> )	Peso (w <sub>i</sub> )	Resultado	Nota (q <sub>i</sub> )	Peso (w <sub>i</sub> )
Altitude (m)	361.00	-	-	361.00	-	-	-
pH	6.42	78	0.12	6.47	79	0.12	0.12
Temperatura (°C)	25.00	94	0.10	28.40	94	0.10	0.10
Sólidos totais (mg.L <sup>-1</sup> )	319.00	57	0.08	54.29	86	0.08	0.08
Turbidez (NTU)	42.57	43	0.08	8.57	80	0.08	0.08
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	6.70	89	0.17	9.36	85	0.17	0.17
Nitrogênio total (mg.L <sup>-1</sup> )	1.60	88	0.10	1.60	88	0.10	0.10
Fósforo total (mg.L <sup>-1</sup> )	0.069	82	0.10	0.08	80	0.10	0.10
DBO (mg.L <sup>-1</sup> )	1.00	88	0.10	1.90	79	0.10	0.10
<i>E. coli</i> (NMP.100mL <sup>-1</sup> )	2410.00	14	0.15	10.00	64	0.15	0.15
Índice de Qualidade da Água (IQA)	60			80			
Classificação IQA	Razoável			Boa			

ph: potencial hidrogeniônico; OD: oxigênio dissolvido; DBO: demanda bioquímica de oxigênio; *E. coli*: *Escherichia coli*

Comparando os resultados apresentados na Tabela 5 com os valores limites de estabelecidos para águas doces de Classe 2 estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005), pode-se observar que, com exceção do fósforo total para ambos os períodos de coleta e *E. coli* no período de chuva, todas as amostras atenderam aos limites estabelecidos pela referida resolução.

Em relação aos resultados obtidos nos períodos de coleta (cheia e seca), observa-se que os parâmetros pH, temperatura, OD, nitrogênio total e fósforo total não apresentaram variação expressiva, obtendo notas (q<sub>i</sub>) muito próximas para ambas as coletas.

Analisando as notas (q<sub>i</sub>) obtidas para os períodos de cheia e seca, observa-se que apenas o parâmetro demanda bioquímica de oxigênio – DBO, apresentou valor de (q<sub>i</sub>) no período de seca (q<sub>i</sub> = 79) inferior comparado ao obtido no período de cheia (q<sub>i</sub> = 88), impactando negativamente a classificação da qualidade da água no período de estiagem.

Já o parâmetro de sólidos totais teve uma diminuição significativa na concentração, de 319,00 mg L<sup>-1</sup> no período chuvoso para 54,29 mg L<sup>-1</sup> no período de seca. De acordo com Poleto, Carvalho e Matsumoto (2010), a qualidade da

água pode ser alterada negativamente no período chuvoso, com o aumento das concentrações dos parâmetros como sólidos totais e turbidez, já que há um aumento da erosão natural e a falta de vegetação ciliar reduz a retenção de parte da carga sólida. Essa variação na concentração de sólidos totais influenciou expressivamente na nota (q<sub>i</sub>) calculada, elevando o valor de 57 para 86, favorecendo a classificação da qualidade da água no período de estiagem.

Similar aos sólidos totais, os resultados de turbidez foram de 42,57 UNT no período chuvoso e de 8,57 UNT no período de estiagem, alterando a nota (q<sub>i</sub>) de 43 para 80, contribuindo para melhoria na classificação da qualidade da água no período de estiagem.

O parâmetro *E. coli* foi o que apresentou maior variação, com valor de 2410 NMP 100mL<sup>-1</sup> no período de cheia e de 10 NMP 100mL<sup>-1</sup> no período de estiagem. O elevado valor de *E. coli* no período de cheia pode estar relacionado ao fato de que o escoamento superficial direto transporta material orgânico e inorgânico, presente nas pastagens e nas margens para dentro do lago. As maiores concentrações de diversos parâmetros costumam ocorrer no período de estiagem; neste caso, porém, o efeito transportador

do deflúvio foi maior que o de diluição (PINTO, 2007). Além disso, Assunção et al. (2020) apontam que a contaminação microbiológica é maior em regiões mais urbanizadas, podendo ser este o caso, já que o lago Tabocó está localizado próximo à cidade.

Analisando os resultados de IQA e sua classificação para ambos os períodos de coleta, observa-se que no período de cheia obteve-se uma nota de IQA igual a 60 e classificação razoável, sendo mais influenciados pelos elevados valores obtidos nos parâmetros sólidos totais, turbidez e *E. coli*. Já no período de estiagem, com a redução dos mesmos, houve uma melhoria na qualidade da água sendo classificada como boa, com uma nota de IQA igual a 80.

No estudo realizado por Poletto, Carvalho e Matsumoto (2010), que avaliou a qualidade da água em uma micro-bacia hidrográfica em Ilha Solteira - SP, os resultados encontrados foram similares ao obtido nesta pesquisa, em que a qualidade da água foi superior em períodos de seca, com médias de IQA variando de 24 a 53. Corroborando a pesquisa de Pinto (2007), que avaliou a qualidade da água do Ribeirão Lavrinha na região Alto Rio Grande - MG, foram observados

menores valores de IQA nos períodos chuvosos com notas variando de 51 a 95.

Da mesma forma, Piratoba et al. (2017) estudaram a qualidade da água do Rio Pará em dois períodos (menos chuvoso e chuvoso) e observaram que durante o período chuvoso a qualidade da água era inferior à do período menos chuvoso; no entanto, para ambos os períodos a classificação do IQA variou de boa a ótima. Em outro estudo realizado por Damasceno et al. (2015) para avaliar a qualidade da água do rio Amazonas sazonalmente, obtiveram-se resultados de IQA com classificações similares variando também de boa a ótima.

### 3.3 Determinação do aporte de sedimentos

Para a avaliação do aporte de sedimentos, os pontos selecionados foram o P1 (única entrada de água do lago) e P5 (na saída do lago), apresentados na Fig. 5. Os trabalhos de campo foram realizados no dia 03 de outubro de 2017 e a coleta de amostras foi realizada durante um período de chuva, o que permitiu a avaliação dos impactos no lago.



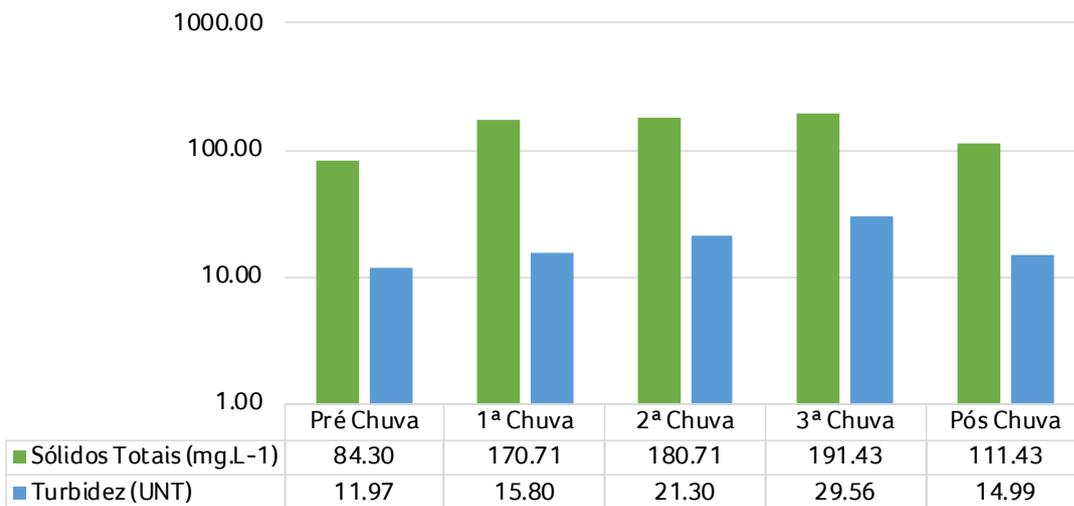
Figura 5 - Pontos de Amostragem P1 e P5

O primeiro ponto analisado (P1) tem como principal atuante uma das barragens que formam o lago. Nesse ponto é possível observar grande quantidade de sedimento no leito do lago, vegetação rasteira e arbórea, um pouco de resíduos no entorno, turbidez elevada e ausência de odor. Após análise do impacto com o auxílio da ficha de campo (Tabela 4), o P1 foi classificado como impacto alto.

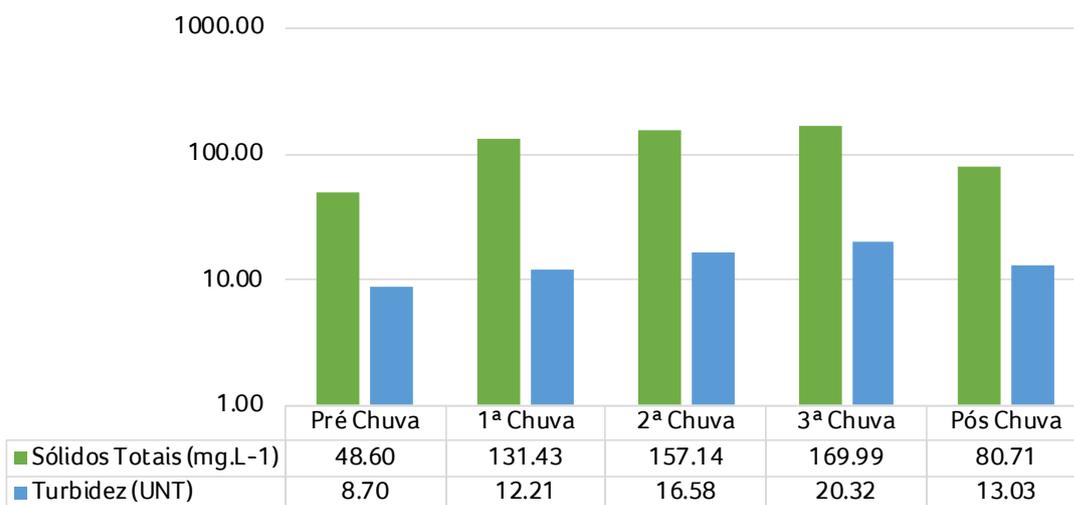
O segundo ponto de análise (P5) tem como principal atuante a barragem final do Lago Tabocó, onde o Ribeirão da Taboca volta ao seu curso

natural. Neste ponto possui menos sedimentos no leito do lago, vegetação rasteira e arbórea, pouco de resíduo no entorno, água menos turva comparada com o P1 e ausência de odor. Após a análise do impacto com o auxílio da ficha de campo (Tabela 4), o P5 foi classificado como impacto moderado.

No que diz respeito às análises laboratoriais realizadas durante a precipitação, os resultados dos parâmetros Sólidos Totais e Turbidez são apresentados na Fig. 6 para o ponto P1 e na Fig. 7 para o ponto P5.



**Figura 6** - Resultados de Sólidos Totais e Turbidez durante a precipitação no ponto de amostragem P1



**Figura 7** - Resultados de Sólidos Totais e Turbidez durante a precipitação no ponto de amostragem P5

Comparando os resultados obtidos para ambos os pontos de amostragem, observa-se que há uma correlação entre os parâmetros, uma vez que o aumento no valor de sólidos também ocasiona o aumento da turbidez. Tanto os valores de turbidez como os de sólidos totais no ponto de amostragem P1 apresentam-se elevados quando comparados aos valores obtidos no ponto P5. O parâmetro Sólidos Totais variou de 84,30 mg L<sup>-1</sup> a 191,43 mg L<sup>-1</sup> no ponto de amostragem P1 e de 48,6 mg L<sup>-1</sup> a 169,99 mg L<sup>-1</sup> no ponto de amostragem P5. Já a turbidez variou de 11,97 UNT a 29,56 UNT no ponto P1 e de 8,70 UNT a 20,32 UNT no ponto P5. Ambos os parâmetros apresentaram aumento nos valores conforme o aumento da intensidade e decorrer do tempo de precipitação e voltaram a diminuir após o término da chuva.

Sendo assim, analisando-se a diferença dos valores de entrada (P1) e saída (P5) do lago, observa-se uma diminuição média de 20,40% das concentrações de sólidos totais e de 24,31% de turbidez, o que leva a considerar que mais de 20% do material em suspensão que adentra o Lago Tabocó pela água da chuva permanecem no lago, indicando que o Lago Tabocó vem sofrendo um processo de assoreamento e os impactos/consequências advindos desse processo são enquentes, redução de capacidade de armazenamento, erosões de leito e margem e redução de vida útil.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as condições do estudo e resultados obtidos neste trabalho pode-se concluir que:

Os parâmetros pH e turbidez avaliados no monitoramento da qualidade da água do Lago Tabocó não atenderam aos valores limites estabelecidos para águas doces de Classe 2 estabelecidos pela Resolução CONAMA 357 (BRASIL, 2005) em pelo

menos uma coleta e ponto de amostragem, demonstrando a necessidade de adoção de medidas de prevenção e controle da poluição neste sistema aquático.

A qualidade da água do Lago Tabocó pelo Índice de Qualidade da Água - IQA demonstrou uma variação sazonal. A amostra analisada no período chuvoso apresentou qualidade classificada como razoável (IQA=60), já no período de estiagem foi classificada como boa (IQA=80). Essa melhoria na qualidade da água do lago pode estar associada à estabilidade da coluna líquida, o que favorece a sedimentação de partículas/impurezas, aliada à ausência de contribuição por escoamento superficial.

O aporte de sedimentos é um processo natural, porém com o represamento do Ribeirão Taboca para a construção do Lago Tabocó e a diminuição da velocidade de escoamento da água o processo de assoreamento do lago foi acelerado, sendo possível observar que o Lago Tabocó vem sofrendo impactos que vão de moderado a alto, com retenção de aproximadamente 20% dos sólidos totais dissolvidos que adentram o lago. Assim, é necessária a fiscalização de atividades irregulares e que causem erosão de margens, despejos de resíduos, entre outros, que possam acelerar ainda mais o processo de assoreamento do lago.

#### 5 CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores contribuíram de forma igualitária.

#### 6 REFERÊNCIAS

ANZECC. Australian And New Zealand Environment And Conservation Council. Australian Water Quality Guidelines for Fresh and Marine Waters. **National Water Quality Management Strategy**. Anzecc, Canberra, 2010.

APHA, AWWA, WEF. **Standard Methods for examination of water and wastewater**. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012, 1360 pp.

- ASSUNÇÃO et al. Análise temporal do uso e cobertura do solo e da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi. **Revista DAE**, v. 68, n. 222, p. 121-133, 2020. <https://doi.org/10.36659/dae.2020.020>
- BRASIL. CONAMA nº 357. **Classificação de águas doces, salobras e salinas do Território Nacional**. Brasília, DF. 18 mar. 2005.
- BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Política Nacional e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.
- BU, H.; MENG, W.; ZHANG, Y.; WAN, J. Relationships between land use patterns and water quality in the Taizi River basin, China. **Ecological Indicators**, v. 41, p. 187-197, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.02.003>
- BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita, SP. **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 1, p. 186 – 2005, 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.930>
- CAVENAGHI, A. L. et al. Caracterização da qualidade de água e sedimento relacionados com a ocorrência de plantas aquáticas em cinco reservatórios da bacia do rio Tietê. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 21, ed. especial, p. 43-52, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582003000400007>
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo. Apêndice D – índices de Qualidade das Águas**. São Paulo: CETESB, 2018.
- DAMASCENO, M. da C. S.; RIBEIRO, H. M. C.; TAKIYAMA, L. R.; PAULA, M. T. de. Avaliação sazonal da qualidade das águas superficiais do Rio Amazonas na orla da cidade de Macapá, Amapá, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, n. 3, p. 598-613, 2015. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1606>
- DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J. M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.007>
- ESTEVEZ, F. **Fundamentos de limnologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 826 p.
- FIA, R.; TADEU, H. C.; MENEZES, J. P. C.; FIA, F. R. L.; OLIVEIRA, L. F. C. Qualidade da água de um ecossistema lótico urbano. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, 2015. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v20n1.p267-275>
- LEE, S. W.; HWANGS, S. J.; LEE, S. B.; HWANGS, H. S.; SUNG, H. C. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. **Landscape and Urban Planning**, v. 92, p. 80-89, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2009.02.008>
- MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. Parâmetros Indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 2, p. 171-181, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.082014> <https://doi.org/10.1590/2179-8087.082014>
- MENEZES, J. P. C.; BERTOSSI, A. P. A.; SANTOS, A. R.; NEVES, M. A. Correlation between land use and groundwater quality. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 173-186, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2009.09.005>
- MENEZES, J. P. C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Eng. sanit. ambient**, v. 21, n. 3, p. 519-534, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522016145405>
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre, RS: ABRH, 2001.
- PANHOTA, R. S.; BIANCHINI JR, I. Potential cycling of organic matter in a eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP – Brazil). **Acta Limnologica Brasiliensis**, Botucatu, v. 15, n. 2, p. 1 – 11, 2003.
- PRADO, R. B. Geotecnologias.
- PINTO, D. B. F. **Qualidade dos recursos hídricos superficiais em sub-bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande - MG**. 2007. 89 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Água e Solo) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- PIRATOBA, A. R. A.; RIBEIRO, M. C.; MORALES, G. P.; GONÇALVES, W. G.. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Revista Ambiente e Água**. Taubaté, SP, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1910>
- POLETO, C., CARVALHO, S. L., MATSUMOTO, T. Avaliação da qualidade da Água de uma Microbacia Hidrográfica no Município de Ilha Solteira (SP). **HOLOS Environment**, V.10, n.1, p.95. Ilha Solteira, São Paulo, 2010. <https://doi.org/10.14295/holos.v10i1.4241>
- ROTHWELL, J. J.; DISE, N. B.; TAYLOR, K. G.; ALLOTT, T. E. H.; SHCOLEFIELD, P.; DAVIES, H.; NEAL, C. A spatial and seasonal assessment of river water chemistry across North West England. **Sciences of the Total Environment**, v. 408, p. 841-855, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.041>
- SALLES, M. H. D. ; CONCEIÇÃO, F. T.; ANGELUCCI, V. A. ; SIA, R. ; PEDRAZZI, F. J. M. ; SARDINHA, D. S. ; NAVARRO, G. R. B.; CARRA, T. A.; MONTEIRO, G. F. Avaliação simplificada de impactos ambientais na bacia do Alto Sorocaba. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v.10, n. 1, p. 6-20, 2008. <http://dx.doi.org/10.7867/1983-1501.2008v10n1p6-20>
- SIQUEIRA, E. C.; VANZELA, L. S. Simulação temporal e espacial do aporte de sedimentos em bacia agrícola no município de Fernandópolis (Sp). **Eng. Sanit. Ambiental**, v. 23, n. 1, p. 15-25, 2018. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018154987>

SPATTI JUNIOR, E. P.; PEREIRA, L. H.; CONCEIÇÃO, F. T.; PINTO, S. A. F.; GUEDES, E.; SILVA, F. A. V. **Impactos ambientais na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Monjolo Grande, Ipeúna, SP.** Geografia, [S. l.], v. 37, n. 3, p. 477–491, 2012.

TRAN, C. P.; BODE, R. W.; SMITH, A. J.; KLEPPEL, G. S. Land-use proximity as a basis for assessing stream water quality in New York State (USA). **Ecological Indicators**, v. 10, p. 727-733, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.12.002>

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3ª ed. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Ed. da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, 2005. 588p.

ZHAO, Z.; LIU, G.; LIU, Q.; HUANG, C.; LI, H. Studies on the spatiotemporal variability of river water quality and its relationships with soil and precipitation: A case study of the mun river basin in Thailand. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 11, 2018. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112466>