

AValiação DA QUALIDADE DA ÁGUA DA SECÇÃO URBANA DO ARROIO OLARIAS (PONTA GROSSA - PR)

Gabriella Severo (UEPG) E-mail: gabriellasevero917@gmail.com
Vinícius Gabriel Ribicki (CESCAGE) E-mail: viniusribicki@hotmail.com
Guilherme Araujo Vuitik (UEPG) E-mail: guilhermevuitik@gmail.com
Ana Claudia Barana (UEPG) E-mail: anabarana@yahoo.com

Resumo: A qualidade da água dos cursos hídricos reflete as condições sanitárias da população circunjacente. A indevida inserção de cargas poluentes em arroios urbanos pode ser nociva aos padrões naturais de equilíbrio. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade da água do arroio Olarias, localizado na região urbana do município de Ponta Grossa – PR, através de amostras superficiais de água em pontos sequenciais do curso. Avaliou-se os seguintes parâmetros qualitativos: bactérias heterotróficas, coliformes totais e fecais, DBO, DQO, fósforo total, nitrato, nitrogênio amoniacal, OD, pH, sulfato total, ST, STF, STV, temperatura e turbidez. Os dados obtidos foram correlacionados com a resolução CONAMA 357/2005 e ao Índice de Qualidade das Águas (IQA). Concluiu-se, através dos parâmetros analisados, a ocorrência de poluição do arroio não apenas por efluentes domésticos, prejudicando sua classificação, como também evidências sobre contaminação agrícola e/ou industrial.

Palavras-chave: Bacia hidrográfica, Arroio urbano, Qualidade da água, Poluição hídrica.

EVALUATION OF WATER QUALITY FROM THE URBAN SECTION OF THE OLARIAS STREAM (PONTA GROSSA - PR)

Abstract: Streams water quality is a reflection of the sanitary conditions of its surrounding population. Improper insertion of pollutants into urban streams may be harmful to the environmental balances. In this context, the present study had the aim of evaluating the water quality of the Olarias stream, situated in the urban area of the Ponta Grossa – PR, by superficial water analysis from sequential sampling points. Were evaluated the following quality parameters: heterotrophic bacteria, total and fecal coliforms, BOD, COD, total phosphorus, nitrate, ammoniacal nitrogen, DO, pH, total sulfate, TS, TFS, TVS, temperature, and turbidity. The data obtained were correlated with both Resolution CONAMA 357/2005 and the Water Quality Index (WQI). The conclusion reached was not only the occurrence of pollution in the urban stream by domestic effluents, this way harming its classification, but also evidence of agricultural and/or industrial contamination.

Keywords: Hydrographic basin, Urban stream, Water quality, Water pollution.

1. Introdução

Devido aos baixos índices de tratamento de efluentes e a destinação destes a águas de bacias hidrográficas e arroios, crescem o número de corpos d'água contaminados por agentes patógenos, que podem disseminar doenças como disenteria, hepatite, meningite, ascaridíase, esquistossomose, leptospirose, dentre outras (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2000). Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) e o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), alguns destes organismos patogênicos são responsáveis por 40% de internações hospitalares em crianças menores de 5 anos no mundo (OMS; UNICEF, 2013 apud INSTITUTO TRATA BRASIL, 2017).

No Brasil, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cada 100.000 mil habitantes, cerca de 131,2 internações foram relacionadas a

doenças feco-orais, como diarreias, febres entéricas e hepatites, causadas por falta de saneamento ou inadequação deste sistema (IBGE, 2016).

O estado do Paraná possui um índice de cobertura com rede de coleta e tratamento de esgoto de 70,6% das residências (SANEPAR, 2018). O ranking do Instituto Trata Brasil (2017), revela a cidade de Ponta Grossa (PR) ocupando a 18ª posição no *ranking* nacional em questão de disponibilidade de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto, com índice de atendimento total de água (IN055) de 99,98%.

De acordo com o censo demográfico de 2010 (IBGE, 2010), Ponta Grossa (PR) é uma cidade de porte médio com população estimada em 311.611 habitantes e densidade demográfica de 150,72 hab·km⁻². Pertence à bacia hidrográfica do rio Tibagi, que tem suas nascentes nas extremidades do Segundo Planalto e apresenta elevações entre 1.100 m e 800 m (MELO et al., 2002). O município possui elevações topográficas com variações de altitude de 780 a 985 m compondo assim um relevo irregular. A região central da cidade caracteriza-se por possuir uma vantagem altimétrica em relação aos arredores, sendo ponto de partida para complexos de drenagem, seguindo para áreas periféricas de menor altitude, favorecendo a formação de vales onde encostas possuem agressivas declividades, muitas vezes superiores a 30% (MENEGUZZO; MELO, 2003).

A cidade possui como característica um padrão de drenagem radial composta por 12 bacias hidrográficas urbanas expressas por quatro principais arroios: Olarias, Pilão de Pedra, Ronda e Lajeado Grande. As nascentes destes arroios localizam-se no centro da cidade ou em seus arredores (ROGALSKI, 2011).

Devido ao fato de o arroio de Olarias situar-se em uma região urbana da cidade de Ponta Grossa (PR), este é passível à recepção de contaminantes domésticos oriundos de residências circunjacentes e cargas poluentes difusas provenientes das mais distintas localidades, em especial, as águas originárias de drenagem urbana.

Neste contexto, o objetivo deste estudo é a avaliação da qualidade da água em pontos pré-determinados do arroio Olarias, baseando-se na resolução CONAMA Nº 357 de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, e no Índice de Qualidade de Águas (IQA) proposto pela Agência Nacional de Águas (2005), o qual sintetiza os principais parâmetros de qualidade relacionado ao esgoto doméstico em um índice único.

2. 2.1 Área de estudo

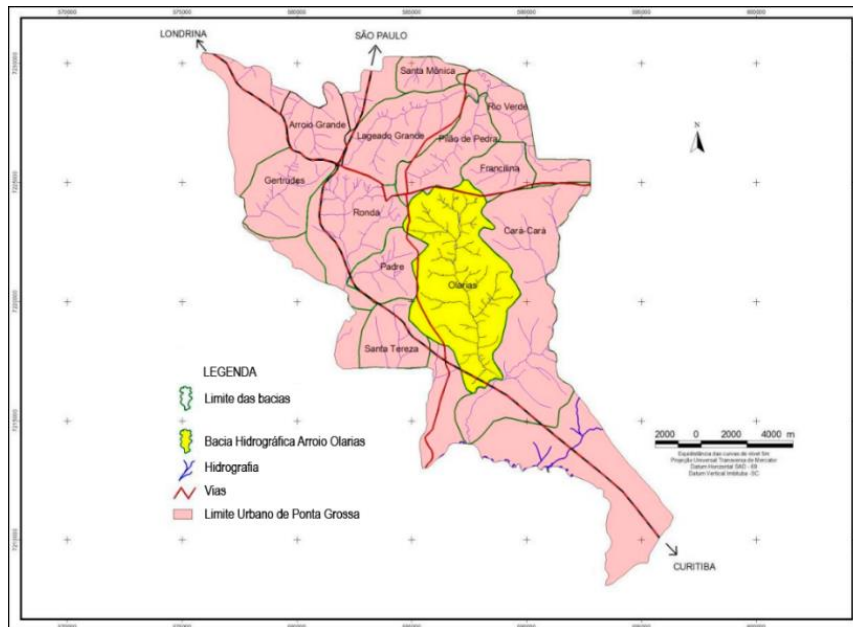
Geograficamente, o arroio Olarias, de acordo com Melo e Godoy (1997, apud ROGALSKI; CARVALHO, 2010, p.22), “Situa-se a partir da porção centro-sudeste do espaço urbano de Ponta Grossa (PR), estendendo-se para sul até desaguar na margem direita do Rio Cará-Cará.”, com coordenadas correspondentes S 25°00’00” e S 25°15’00” de latitude e de longitude W 50°10’00” e W 50°15’00”.

Sua bacia hidrográfica apresenta geometria retangular (Figura 1), onde seu perímetro corresponde a 26,185 km e sua área 26,31 km², desenvolvendo seu curso predominantemente no sentido norte-sul, seus canais de 1ª ordem possuem cotas altimétricas de até 935 m e sua desembocadura no rio Cará-Cará cota de 783,5 m, as regiões das cabeceiras apresentam uma rede de drenagem densa com padrão dendrítico (DIEDRICHS, 2008).

O relevo da bacia é composto por três compartimentos distintos: interflúvios extensos e aplainados, encostas e fundo de vales. As cabeceiras estão localizadas nos interflúvios as quais são compostas por colinas e morretes, as encostas possuem distintas inclinações e patamares devidos às diferentes naturezas das rochas que as

compõem. Os fundos de vales possuem formatos abertos ou fechados, que variam em função as ordens dos rios e da resistência litológica onde são escavados, visto que esta determina o aprofundamento ou alargamento de canais (ROGALSKI, 2011).

Figura 1 - Geometria da bacia hidrográfica do arroio Olarias



Fonte: Adaptado de Rogalski (2011)

O curso d'água principal do arroio apresenta comprimento de, aproximadamente 9.494 m, e declividade total de 1,62%, caracterizados por dois segmentos distintos: o trecho inicial o qual corresponde às cabeceiras de drenagem possuindo encostas de elevadas declividades (6,54%), constituindo um desnível de aproximadamente 110 m em uma extensão de 1.703 m, já seu trecho final localiza-se em baixadas subhorizontalizadas com declive de cerca de 0,54% e desnível de 41,5 m ao longo dos 7.632 m restantes, a passagem entre os segmentos é brusca, favorecendo o assoreamento por diversos materiais (DIEDRICHS, 2008).

2.2 Pontos amostrais

Os pontos amostrais iniciam-se em uma das cabeceiras do arroio, estendendo-se ao longo de seu curso até o Lago de Olarias, o qual tem finalidade paisagísticas e para controle de cheias. De acordo com dados contidos no Plano Diretor Participativo de Ponta Grossa, a densidade populacional para o primeiro ponto amostral é compreendida entre 42 a 50 hab·ha⁻¹, para o segundo e quarto pontos de coleta, a densidade corresponde entre 0 a 9 hab·ha⁻¹ e para o ponto amostral 3 é apresentado valores de 10 a 21 hab·ha⁻¹ (PONTA GROSSA, 2006). As distâncias aproximadas entre os pontos de coleta 1-2, 2-3 e 3-4 são de 930 m, 1.320 m e 974m respectivamente.

Quanto a localização, o primeiro ponto amostral possui coordenadas latitude: 25°05'48"S e longitude: 50°09'09"W, o segundo ponto amostral possui coordenadas latitude: 25°06'12"S e longitude 50°08'51"W, o terceiro ponto amostral possui coordenadas latitude: 25°06'40"S e longitude: 50°08'16"W, o quarto ponto amostral possui coordenadas latitude: 25°07'09"S e longitude 50°08'23"W.

As coletas efetuadas nos trechos estipulados seguiram as orientações contidas no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras, conforme disposto pela Agência

Nacional de Águas (2011), em uma média de 4 L de amostra bruta por ponto de coleta e profundidade média de até 30 cm a partir da lâmina d'água. Seu acondicionamento deu-se em frascos de polietileno previamente limpos e preservados, refrigerados entre 2 °C a 4 °C, respeitando o prazo de validade máximo estipulados para cada ensaio.

As coletas foram realizadas no dia 27/08/2019. De acordo com dados concedidos pelo SIMEPAR, neste período fora registrada uma baixa incidência pluviométrica. Os índices pluviométricos para as datas precedentes revelam que a precipitação mais recente antecedente à coleta ocorreu no dia 23/08/2019 (3,6 mm), proporcionando neste intervalo de tempo um período de quatro dias de estiagem.

2.3 Parâmetros avaliados

Foram investigados os parâmetros de qualidade de águas brutas superficiais relacionados ao Índice de Qualidade de Águas (IQA) o qual, de acordo com a Agência Nacional de Águas (2005), tem como finalidade avaliar as condições da água para o abastecimento público.

Os parâmetros que compõem o IQA fazem relação direta com a contaminação dos corpos hídricos ocasionado pelo lançamento de esgoto doméstico (CETESB, 2003 apud AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2005). Segundo a Agência Nacional de Águas (2005), o IQA é um valor que varia de 0 a 100, obtido pelo somatório ponderado dos parâmetros qualitativos relacionados a corpos hídricos. Considerou-se também as faixas e valores máximos descritos pela resolução CONAMA N°357 de 17 de março de 2005, estabelecendo, desta forma, um panorama quanto à legislação vigente.

Foram analisados os seguintes parâmetros físico-químicos: nitrogênio amoniacal, fósforo total, nitrato, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), potencial hidrogeniônico (pH) e sulfato total, turbidez, temperatura, sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV) e sólidos totais (ST). Os parâmetros biológicos analisados foram coliformes totais (CT), coliformes fecais (CF) e bactérias heterotróficas. Todos os ensaios seguiram a metodologia proposta pelo *Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater*, e os métodos empregados estão discriminados na Tabela 1 (APHA/AWWA/WEF, 2017).

Tabela 1 – Métodos empregados para determinação dos parâmetros

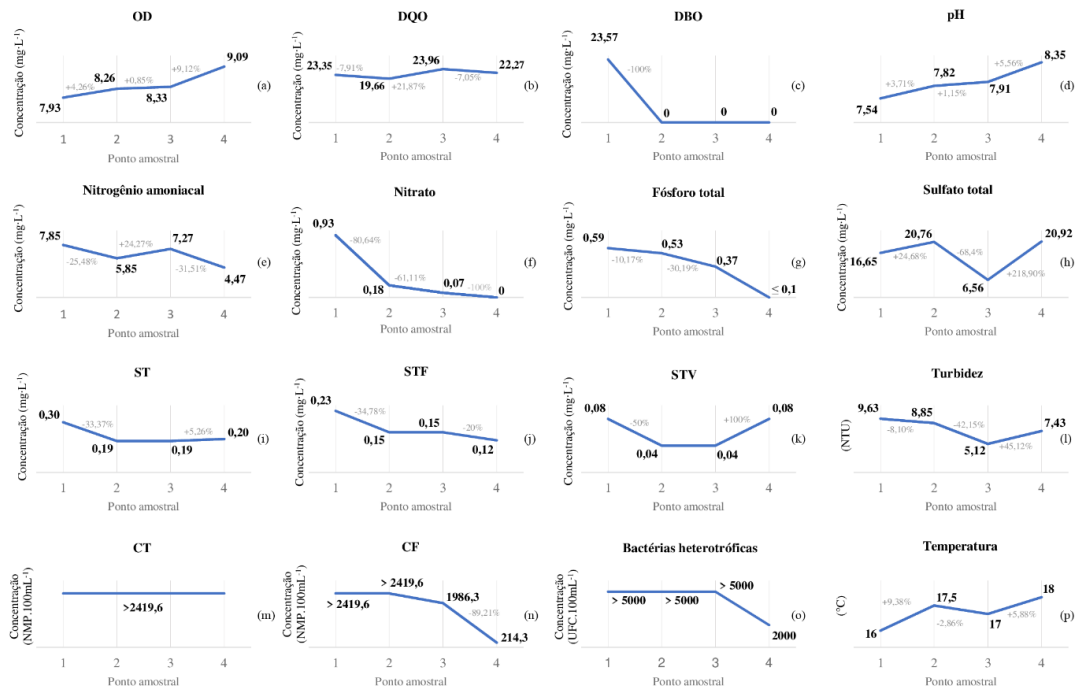
Parâmetro	Ref. APHA, AWWA, WEF (2017)	Método
Bactérias heterotróficas	9215-B	<i>Pour Plate</i>
CF e CT	9233	Substrato enzimático
DBO	5210-B	Colorimétrico
DQO	5220-D	Teste de 5 dias
Fósforo total	4500-P-E	Ácido ascórbico
Nitrato	4500-NO ₃ ⁻ -B	Espectrofotometria ultravioleta
Nitrogênio amoniacal	4500-NH ₃ -C	Titulométrico
OD	4500-O-D	Eletrodo de membrana
pH	4500-H ⁺ -B	Eletrométrico
Sulfato total	4500-SO ₄ ²⁻	Turbidimétrico
ST, STF e STV	2540-G	-
Temperatura	2550-B	Campo
Turbidez	2130-B	Nefelométrico

Fonte: Autoria Própria (2019)

3. Resultados e Discussão

Os resultados das análises, bem como suas variações percentuais, estão sintetizadas na Figura 2.

Figura 2 - Gráficos de variações percentuais dos parâmetros considerados



Fonte: Autoria Própria (2019)

Em todos os pontos de análise foram encontrados níveis de oxigênio dissolvido acima de 5 mg·L⁻¹ (Figura 2a), que, segundo a resolução CONAMA 357/2005, corresponde ao limiar para manutenção da vida aquática. Também se observou acréscimo da concentração de oxigênio a jusante, o qual pode ser justificado pela reoxigenação gerada pela turbulência do escoamento.

A respeito dos valores da DBO (Figura 2c) encontrados, a única concentração não nula corresponde ao primeiro ponto amostral, onde fora encontrado um valor de 23,57 mg·L⁻¹, decaindo a zero a partir do ponto 2 em diante. Para fins comparativos, em águas naturais índices de DBO maiores que 10 mg·L⁻¹ apresentam vestígios de poluição severa (FIORUCCI; BENEDETTI FILHO, 2004). Desta forma entende-se que há contaminações pontuais na região compreendida pelo primeiro ponto amostral, uma vez que a densidade populacional é substancialmente maior se comparada aos demais pontos de coleta, esta recebe também contribuições da drenagem urbana proveniente da porção central da cidade, gerando uma demanda por oxigênio para estabilização da matéria orgânica. As concentrações nulas encontradas nos demais pontos indicam baixa contaminação por efluentes, microrganismos não adaptados ao despejo ou contaminação por metais pesados ou substâncias tóxicas as quais eliminam ou inibem os processos bióticos (MARAIS; EKAMA, 1976 apud VON SPERLING, 1996).

A relação DQO/DBO (Figuras 2b e 2c) para o primeiro ponto amostral resulta em um quociente baixo, indicando a predominância de matéria biodegradável. Para os demais pontos, devido ao denominador (DBO) ser nulo, há uma indeterminação, indicando uma contaminação predominantemente não biodegradável.

Os valores encontrados de pH (Figura 2d), para o primeiro ponto amostral apresentou-se em faixa neutra, onde gradativamente ao longo do curso constatou-se a tendência a condições alcalinas. Segundo Von Sperling (1996), as origens naturais para esta alcalinidade são prováveis de serem provenientes de dissolução de rochas e/ou reação do gás carbônico (CO₂) contido na atmosfera e resultante dos processos de estabilização de matéria orgânica com a água, quanto a ações antropológicas, despejos industriais podem também fomentar o aumento do pH.

Os esgotos sanitários de forma geral são os maiores responsáveis pelas concentrações de nitrogênio em cursos d'água, lançando às águas na sua forma orgânica (proteínas) e amoniacal (hidrólise da ureia). Porém certos efluentes industriais podem promover a inserção de nitrogênio nas águas, tais como indústrias químicas, petroquímicas, siderurgias, frigoríficos, curtumes e matadouros (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2009).

Em lançamento de efluentes domésticos em cursos d'água as formas predominantes de nitrogênio correspondem ao orgânico e à amônia. Se o pH for menor que 8, toda esta amônia se apresenta na forma ionizada NH₄⁺, isto torna-se relevante para análise do Lago de Olarias, uma vez que a amônia em sua forma livre (NH₃) é tóxica a peixes, mesmo em baixas concentrações (VON SPERLING, 1996).

Segundo Al-Kayiem, Brebbia e Zubir (2014), na presença de oxigênio e amônia, ocorre o processo de nitrificação, o qual promove a oxidação da amônia a nitrito (NO₂⁻) e deste a nitrato (NO₃⁻).

De acordo com Von Sperling (1996), um dos indicativos para o estágio da poluição é a forma em que o nitrogênio se apresenta no corpo hídrico. A predominância de amônia ionizada (Figura 2e) em relação às concentrações de nitrato (Figura 2f), indicam que não houve tempo hábil para a reação de nitrificação ocorrer. Uma vez que há disponibilidade de oxigênio no meio, entende-se que as fontes de contaminações do curso são recentes e suas origens próximas a área de estudo.

O fósforo na forma de ortofosfato, é inserido no meio aquático através da degradação da matéria orgânica presente em efluentes domésticos, despejos industriais, fertilizantes etc. Suas formas variam com o pH, sendo a mais comum para esgotos domésticos a HPO₄⁻², inseridas por meio de fezes, detergentes de limpeza e outros subprodutos de atividades antrópicas (VON SPERLING, 1996).

Por meio dos resultados obtidos, percebeu-se baixas concentrações de fósforo (Figura 2g) desde a amostragem inicial a qual decaiu até o último ponto estudado, esta redução ao longo do curso hídrico é passível de ser elucidada devido ao fenômeno de absorção deste nutriente.

De acordo com Graneli & Solander (1988 apud BENTO; MAROTTA; ENRICH-PRAST, 2007) a absorção de fósforo ocorre de forma majoritária pelo rizoma das macrófitas aquáticas submersas, as quais removem este nutriente do meio aquático. Este processo é intensificado em meios os quais recebem contribuições de efluentes domésticos quando comparado aos ambientes naturais, devido ao aumento da taxa de absorção promovida pelas macrófitas (MIAO et al., 2000 apud BENTO; MAROTTA; ENRICH-PRAST, 2007).

A respeito dos três pontos amostrais iniciais, fora constatado ambiente do tipo lótico. Já para o quarto ponto, no Lago de Olarias, observou-se um grande volume de água inerte, caracterizando um ambiente lêntico.

Para o desenvolvimento de algas, além do nutriente fósforo, também é essencial a presença de nitrogênio, neste caso chama-se de nutriente limitante aquele que restringe o crescimento das algas. Segundo Thomann e Mueller (1987, apud Von Sperling, 1996), o critério afim de estimar o nutriente limitante para o crescimento de

algas em pequenos lagos é descrito pelo quociente N/P < 10 para limitação por nitrogênio e N/P > 10 para fósforo. Desta forma, com os valores obtidos pelas análises referentes ao ponto amostral 4, pode-se afirmar que o nutriente fósforo atua como limitante para o processo de eutrofização.

Segundo Piveli (2006) as concentrações de sulfato variam de 2 a 80 mg·L⁻¹ em águas naturais, sua existência se deve não somente pela poluição por resíduos e lançamentos de efluentes, mas também pelo ciclo natural do enxofre. A presença de sulfato expressiva no curso d'água indica maiores teores de DQO, revelando o lançamento de carga orgânica neste meio. Quanto aos resultados obtidos pelo ensaio de sulfato (Figura 2h), percebe-se que em todos os pontos amostrais as concentrações encontram-se dentro da normalidade para águas brutas.

Os sólidos presentes nas amostras refletem uma estimativa do tipo de matéria neste contida, como estes são submetidos a calcinação em elevadas temperaturas a fração orgânica é volatilizada, onde remanesce apenas a porção mineral inorgânica (VON SPERLING, 1996). Na totalidade dos pontos amostrais a maior parcela dos sólidos totais é representada pelos STF (Figura 2j) em relação aos STV (Figura 2k), demonstrando desta forma a predominância da fração inorgânica nas amostras.

De acordo com Von Sperling (1996), o constituinte responsável pelo parâmetro turbidez são os sólidos em suspensão provenientes de partículas de rocha, areia, silte, erosão, despejos domésticos, industriais e microrganismos. Uma leve nebulosidade na água é notada apenas com valores acima de 10 uT. Dentre as amostras analisadas, fora encontrado valores variáveis para este parâmetro (Figura 2l), porém ainda se considerarmos o resultado mais elevado referente ao primeiro ponto amostral (9,63 uT), não é possível ser notada nenhuma opacidade a olho nu. Os baixos níveis de sólidos encontrados corroboram também com a baixa turbidez da água encontrada ao longo do curso hídrico.

Os CT são constituídos por um grande grupo de bactérias aos quais foram isoladas em amostras de água, solos e fezes de animais endotérmicos, sua presença não é indicativo de contaminação fecal, pois inclui diversos gêneros de bactérias não entéricas, tais como as *Serratia* e *Aeromonas*, porém são indicadoras da qualidade higiênica-sanitária (JAWETZ, 2000 & SILVA, 2001 apud CONTE et al., 2004). Estas bactérias (Figura 2m) encontraram-se nos limites da contagem do método quantitativo Quanti-Tray 2000[®], onde não fora possível determinar sua real concentração, tampouco suas variações.

Assim como os CT, o subgrupo fecal (Figura 2n) para os dois pontos amostrais iniciais encontraram-se no limite da contagem do método quantitativo Quanti-Tray 2000[®] empregado, como sua disseminação é exclusivamente feco-oral, isto evidencia a contaminação por fezes humanas (esgoto doméstico), ou de animais de sangue quente. A partir do ponto amostral 3, houve um pequeno decréscimo em sua concentração a qual pode demonstrar tanto a redução da inserção de efluentes no curso e/ou aumento da mortalidade destas bactérias. A redução de 83,21% dos CF para o ponto 4 é passível de ser explicada pelo fator da diluição, uma vez que este corresponde ao Lago de Olarias, com um volume de água significativamente maior em relação aos demais pontos amostrais, onde aparentemente não há o despejo pontual de efluentes.

As bactérias heterotróficas, de forma geral, são definidas como os microrganismos que necessitam de matéria orgânica para produzir energia, fornecendo, então, os aspectos quanto a qualidade bacteriológica da água como um todo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005). Notou-se as concentrações para os pontos 1, 2 e 3 no limite do método de contagem *Pour Plate* empregado, para o ponto 4 foi encontrado 2.000 UFC·100 mL⁻¹ (Figura 2o).

Quanto a temperatura (Figura 2p), como esta foi aferida em campo, sua variação simplesmente reflete a temperatura ambiente no horário da coleta, não apresentando abruptas elevações as quais seriam indícios de poluições industriais, tais como águas de resfriamento.

2.1 Comparativo Resolução CONAMA 357/2005

O enquadramento proposto pela Resolução CONAMA 357/2005 trata-se de um instrumento de planejamento aplicado a utilização preponderante do curso d'água determinando metas para promover a qualidade do meio hídrico atribuídos a classificação pelo uso imputado. Desta forma, se fez possível categorizar cada trecho analisado, enquadrando os parâmetros qualitativos ensaiados em valores máximos estipulados para cada classe. Partindo disto, a Tabela 2 apresenta os respectivos parâmetros analisados e suas classes correspondentes.

Tabela 2 – Comparativo entre parâmetros com a resolução CONAMA 357/2005

Ponto amostral 1 - Rua Aviador Frare Batista						
Parâmetro	Unidade	Concentração	Classe CONAMA			
			1	2	3	4
DBO	C	23,57				X
OD	mg·L ⁻¹	7,93	X			
Nitrogênio amoniacal	mg·L ⁻¹	7,85				X
Fósforo total	mg·L ⁻¹	0,59				X
Sulfato total	mg·L ⁻¹	16,65	X	X	X	
CF	NMP·100 mL ⁻¹	> 2419,6				X
Turbidez	NTU	9,63	X			
pH	-	7,54	X	X	X	
Ponto amostral 2 - Rua Guilherme Voigt						
DBO	mg·L ⁻¹	0	X			X
OD	mg·L ⁻¹	8,26	X			
Nitrogênio amoniacal	mg·L ⁻¹	5,85				X
Fósforo total	mg·L ⁻¹	0,53				
Sulfato total	mg·L ⁻¹	20,76	X	X	X	
CF	NMP·100 mL ⁻¹	> 2419,6				X
Turbidez	NTU	8,85	X			
pH	-	7,82	X	X	X	
Ponto amostral 3 - Rua Califórnia						
DBO	mg·L ⁻¹	0	X			
OD	mg·L ⁻¹	8,33	X			
Nitrogênio amoniacal	mg·L ⁻¹	7,27				X
Fósforo total	mg·L ⁻¹	0,37				X
Sulfato total	mg·L ⁻¹	6,56	X	X	X	
CF	NMP·100 mL ⁻¹	1986,3				X
Turbidez	NTU	5,12	X			
pH	-	7,91	X	X	X	
Ponto amostral 4 - Rua Lagoa dos Bandeirantes						
DBO	mg·L ⁻¹	0	X			
OD	mg·L ⁻¹	9,09	X			
Nitrogênio amoniacal	mg·L ⁻¹	4,47				X
Fósforo total	mg·L ⁻¹	≤ 0,1	X			
Sulfato total	mg·L ⁻¹	20,92	X	X	X	
CF	NMP·100 mL ⁻¹	214,3		X		
Turbidez	NTU	7,43	X			
pH	-	8,35	X	X	X	

Fonte: Autoria Própria (2019)

Quanto ao primeiro ponto amostral, os parâmetros nitrogênio amoniacal, fósforo total e DBO extrapolaram os valores propostos para classe 3 de águas doces, desta forma comparando-se à classe 4. A classificação para este ponto de coleta torna-se corrente, uma vez que existe uma fonte poluidora pontual, relacionada a águas de drenagem urbana.

Quanto ao parâmetro biológico coliformes termotolerantes, o primeiro ponto de amostragem equivale a um corpo d'água classe 3, o que indica a possibilidade de poluição por esgoto doméstico e resíduos industriais, este tipo de poluição oportuniza doenças ligadas a poluição hídrica. Confirmou-se *in loco* a incidência de poluição por esgotos domésticos lançados diretamente no curso d'água, endossada pelas concentrações obtidas dos parâmetros veiculados a este tipo de contaminação. Quanto aos parâmetros sulfato e pH, este trecho de coleta poderia ser enquadrado as 3 primeiras classes da resolução, visto que os valores máximos para as classes 1, 2 e 3 destes ensaios são idênticos. A concentração de OD e a turbidez da água se enquadra na classe 1.

O segundo e terceiro pontos amostrais apresentaram a mesma configuração de enquadramento quanto as análises realizadas, delimitando a classe 4 aos parâmetros nitrogênio amoniacal e fósforo total. Suas possíveis causas de poluição encontram-se principalmente em esgotos domésticos e lançamentos originados de drenagem urbana. Outra causa possível está relacionada a contaminantes proveniente de indústrias, todavia durante a análise de campo e coletas, não foram identificadas atividades industriais.

Assim como o primeiro ponto amostral, apesar da redução em sua concentração os CF mantiveram-se em classe 3. Quanto ao pH e ao sulfato total nota-se que estes pertencem as três primeiras classes da resolução. A partir destes pontos, a DBO encontrada foi nula, demonstrando um equilíbrio no meio, e conferindo ao trecho a classe 1. Os demais parâmetros, pH e turbidez, também enquadram o trecho na classe 1.

O quarto ponto, localizado no chamado Lago de Olarias, apresenta apenas um único parâmetro classificado como classe 4, o nitrogênio amoniacal, possivelmente ainda se encontra inserido nesta forma devido ao curto espaço de tempo para as reações as quais o transforma em outros compostos, visto a disponibilidade de oxigênio, como citado anteriormente, este cenário é também encontrado em situações de poluição por esgoto doméstico, drenagem urbana, resíduos sólidos, resíduos industriais, resíduos agropecuários entre outros. Os ensaios enquadrados nas classes 1, 2 e 3 correspondem ao pH e sulfato total, estes valores influenciados por dissolução de rochas além da oxidação de matéria orgânica. Os demais parâmetros, OD, DBO, fósforo e turbidez classificam este ponto em classe 1, apresentando boas condições quanto a qualidade do curso d'água. Assim pôde-se constatar que a maioria dos parâmetros estudados se enquadram em classes de usos mais restritos, entretanto as classificações de fósforo total, nitrogênio e CF indicam a contaminação do arroio por esgotos domésticos e possíveis atividades agrícolas e industriais.

2.2 Cálculo IQA

Os resultados das análises realizadas para avaliar a qualidade da água do arroio Olarias, foram dispostas conforme o método do IQA proposto pela Agência Nacional de Águas, afim de condensar estas informações em um panorama geral dentro de uma escala a qual varia de péssima a ótima.

Os nove parâmetros necessários para o cálculo do IQA estão compilados na Tabela 3, assim como seus valores encontrados por meio dos ensaios, seguido pelos

respectivos pesos, qualidades e sua exponenciação. A respeito dos CF, para o primeiro e segundo ponto amostral adotou-se o valor de $2419,6 \text{ NMP} \cdot 100 \text{ mL}^{-1}$, sendo este o limiar da metodologia empregada, para o quarto ponto amostral foi utilizado $0,1 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ para o parâmetro fósforo total, sendo este o limite inferior da curva de calibração do reagente disponível para o ensaio.

Tabela 3 – IQA dos respectivos pontos amostrais estudados e respectiva classificação

Ponto amostral	Índice	Classificação
1	47,73	Regular
2	62,99	Boa
3	64,45	Boa
4	74,58	Boa

Fonte: Autoria Própria (2019)

A partir dos índices de qualidade de água calculados, evidencia-se a disparidade entre o primeiro e segundo ponto amostral, onde inicia-se segundo a classificação da Agência Nacional de Águas como regular, passando-se para boa. Esta diferença se dá principalmente pelos níveis de DBO encontrados no ponto 1 ($23,57 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) o qual decai a zero para o ponto 2. Para fins comparativos, se forem utilizados os valores de DBO encontrados no primeiro ponto amostral para o cálculo do segundo ponto, encontrar-se-ia um IQA de 48,9, que classificaria como qualidade regular. Outro aspecto a ser considerado como possível agravante à qualidade, refere-se à maior densidade demográfica no ponto de coleta 1, elevando as possibilidades desta região ser afetada por despejos domésticos e drenagem urbana.

Entre os pontos amostrais 2 e 3, apesar do aumento das concentrações de nitrogênio, houve uma pequena melhora quanto à qualidade devido à redução dos CF, fósforo, turbidez e um leve acréscimo dos níveis de OD. Esta melhora pode ser devido à menor densidade populacional desta região, se comparada ao início do arroio. O aumento do teor de nitrogênio pode ser devido a inserção de águas pluviais, que carrega consigo restos de vegetais, aumentando o teor de nitrogênio e fósforo.

O IQA aplicado ao quarto ponto amostral revela que as condições do curso d'água neste local apresentam melhores índices de qualidade, comparado aos demais pontos. Neste caso, o valor calculado de 74,58 é devido aos valores de DBO, que foram nulos, à elevação das taxas de OD e significativa redução de CF. Concentrações de nitrogênio e fósforo enquadram o trecho 4 como classes 4 e 3, respectivamente. Maior concentração desses nutrientes indica poluição recente, provavelmente de outros arroios afluentes e/ou lançamentos indevidos no lago e/ou descarga de águas pluviais.

4. Considerações Finais

Através do desenvolvimento do presente estudo foi possível obter um breve panorama a respeito das características e processos atuais aos quais o arroio Olarias é submetido. De acordo com os ensaios realizados, percebe-se que os pontos 2, 3 e 4 apresentam IQA, que os classifica como bons, todavia o primeiro ponto foi classificado como regular. A região do ponto 1 corresponde a uma das cabeceiras do curso hídrico e situa-se próximo a região central de Ponta Grossa. Essa região apresenta um índice elevado de densidade populacional, colaborando para aumento da concentração de poluição no arroio.

A Bacia do Rio Tibagi, e todas as suas sub-bacias incluindo o arroio Olarias, é definida como classe 2 (CONAMA 357/2005). Para alguns parâmetros avaliados neste estudo, nota-se que o arroio não se enquadra nessa classe.

O IQA de melhor classificação quanto à qualidade das águas foi atribuído ao ponto amostral 4, o qual corresponde ao Lago de Olarias. De maneira oposta ao primeiro ponto, sua densidade demográfica é difusa, compreendida entre 0 a 9 hab·ha⁻¹, contribuindo para menor aporte de efluentes domésticos, o que também é evidenciado pela baixa na concentração dos CF, um dos indicadores de contaminação fecal.

Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.** - Brasília: ANA, SPR, 2005. 176 p.: il. (Cadernos de Recursos Hídricos; 1). Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DA_QUALIDADE_DAS_AGUAS.pdf>. Acesso em: 22 maio 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil:** Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos. Brasília: SNIRH, 2009. 145 p. (Caderno de recursos hídricos).
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Guia Nacional de Coletas e Preserções de Amostras.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011. 327 p. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/GuiaNacionalDeColeta.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2019.
- AL-KAYIEM, H.H.; BREBBIA, C.A.; ZUBIR, S.S. **Energy and Sustainability V.** Southampton: WIT Press, 2014. 924 p.
- APHA – American Public Health Association; AWWA – American Water Works Association; WEF – Water Environment Federation. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 23rd ed. Washington D.C., 2017. 1600 p.
- BENTO, Luiz; MAROTTA, Humberto; ENRICH-PRAST, Alex. O Papel das Macrófitas Aquáticas Emersas no Ciclo do Fósforo em Lagos Rasos. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 4, p.582-589, 2007. Disponível em: <<https://revistas.ufjr.br/index.php/oa/article/download/5697/4284>>. Acesso em: 08 out. 2019.
- CONAMA. Resolução 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.** Brasília, DF, Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 06 maio 2019.
- CONTE, Vania Dariva et al. Qualidade microbiológica de águas tratadas e não tratadas na região nordeste do Rio Grande do Sul. **Infarma**, Rio Grande do Sul, v. 16, p.83-84, 2004. Disponível em: <<http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i02-qualidademicro.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2019.
- DIEDRICHS, Luiz Augusto. Análise das propriedades físicas de bacias hidrográficas: Arroio Olarias - Ponta Grossa/PR. **RA'E GA**, Curitiba, p.206-216, jan. 2008. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/18527/12063>>. Acesso em: 22 set. 2019.
- FIORUCCI, Antonio Rogério; BENEDETTI FILHO, Edeimar. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. **Revista Química Nova na Escola**, Joinville, v. 22, p.10-16, 29 abr. 2004. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>>. Acesso em: 08 out. 2019.
- HIDROWEB. Hidroweb Version 3.1.1. 2019. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>>. Acesso em: 01 nov. 2019.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010: Famílias e Domicílios:** Resultados da Amostra. Rio de Janeiro: Ministério de Planejamento, Orçamento e Gestão, 2010. 203 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/97/cd_2010_familias_domicilios_amostra.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2019.

IBGE. Ministério da Saúde. **Internações hospitalares por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado, total e segundo as categorias de doenças**. Brasília: Sidra, 2016. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/898>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Estudo mostra que doenças crescem em cidades com saneamento básico precário**. São Paulo: GO Associados, 2017. 122 p. Disponível em: <<http://www.tratabrasil.org.br/datafiles/estudos/ranking/2017/relatorio-completo.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

MELO, Mário Sérgio de et al. SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA NO ESPAÇO URBANO DE PONTA GROSSA, PR. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 22, n. 1, p.33-42, 2002. Quadrimestral. Disponível em: <http://revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/22_1/3.PDF>. Acesso em: 24 fev. 2019.

MENEGUZZO, Paula Mariele; MELO, Mário Sérgio de. Carta de suscetibilidade a processos geoambientais no espaço urbano de Ponta Grossa, PR: cabeceiras do Arroio Olarias. **Revista Geociências**, Guarulhos, n. 6, p.30-43, dez. 2003. Disponível em: <<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/viewFile/1423/1213>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Gerson Oliveira Pena. **Doenças infecciosas e parasitárias: aspectos clínicos, de vigilância epidemiológica e de controle**. Brasília: Funasa, 2000. 220 p. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/funasa/GBDIP001_total.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Secretaria de Vigilância em Saúde. Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental. **Comentários sobre a Portaria MS n.º 518/2004: subsídios para implementação / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação-Geral de Vigilância em Saúde Ambiental – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005. 92 p.: il. – (Série E. Legislação de Saúde)**.

PIVELI, Roque Passos; KATO, Mario Takayuki. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: ABES, 2006.

PONTA GROSSA. Plano Diretor Municipal Participativo. Ponta Grossa: Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, 2006. Disponível em: <https://www.pontagrossa.pr.gov.br/files/planodiretor/Y_apendice_1.2_aspectos_ambientais.pdf>. Acesso em: 21 maio 2019.

ROGALSKI, Sérgio Ricardo; CARVALHO, Silvia Méri. **Análise do Programa de Despoluição Ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Olarias do município de Ponta Grossa - PR**. Geografia (Londrina), Londrina, v. 19, n. 3, p.21-35, 2010. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/15581/11448>>. Acesso em: 23 mar. 2019.

ROGALSKI, Sergio Ricardo. **Índice de degradação ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Olarias, em Ponta Grossa - PR, entre 1980 e 2005**. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2011. Disponível em: <<http://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/547/1/SergioRicardoRogalski.pdf>>. Acesso em: 24 fev. 2019.

SANEPAR. **No Paraná Serviços de Esgoto Chegam a Mais de 70% da População**, 2018. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/noticias/no-parana-servicos-de-esgoto-chegam-mais-de-70-da-populacao>. Acesso em: 24 fev. 2019

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. Belo Horizonte: Segrac, 1996. 238 p.