

ENSINO MÉDIO BASEADO NO DIAGNÓSTICO E MONITORAMENTO AMBIENTAL DE MANANCIAS HÍDRICAS URBANOS

Armando Castello Branco Junior¹

Kayra Helena Freitas Miranda²

Julia Brambila Araújo³

Haully Haycinne Leal Caires⁴

Miguel Alexandre de Carvalho⁵

Bryan Jones Rodrigues⁶

Resumo: O objetivo deste trabalho é apresentar os resultados da proposta de Itinerário Formativo/ Novo Ensino Médio baseado no diagnóstico e monitoramento ambiental de cursos d'água urbanos. Participaram 154 alunos e 14 professores de escolas do Ensino Médio de Iturama (MG). Encontros periódicos foram realizados para executar atividades de análise físico-química e microbiológica da água dos córregos, aplicação de protocolo de avaliação rápida e coleta de macroinvertebrados para investigar organismos indicadores de qualidade dos sistemas aquáticos. Os resultados revelaram a falta de qualidade de cursos d'água. Os trabalhos revelaram-se assertivos na proposta dos recursos hídricos como cenário base para um Itinerário Formativo.

Palavras-chave: Educação Ambiental; Sequência Didática; Processo Ensino-Aprendizagem.

Abstract: The aim of the present work is to present the results of the proposed Formative Itinerary based on the diagnosis and environmental monitoring of urban water resources. The works were developed with 154 students and 14 teachers of high school in the city of Iturama (MG, Brazil). Periodic meetings were held to carry out activities for physical-chemical and microbiological analysis, application of a rapid assessment protocol and collection of macroinvertebrates to investigate organisms that indicate the aquatic systems quality. Results revealed lack of watercourse quality. The activities proved to be assertive in the proposal of water resources as a base scenario for a Formative Itinerary.

Keywords: Environmental Education; Didactic Sequence; Teaching-Learning Process.

¹ Universidade Federal do Triângulo Mineiro. armando.junior@uftm.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/4312211430458846>

² Universidade do Estado de Minas Gerais. kayra.251101646@discente.uemg.br, <http://lattes.cnpq.br/7735786456711865>

³ Universidade do Estado de Minas Gerais. julia.241100005@discente.uemg.br, <http://lattes.cnpq.br/1791944949652857>

⁴ Universidade federal do Triângulo Mineiro. d201710835@uftm.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/7852275963439158>

⁵ Universidade Federal do Triângulo Mineiro. d202110861@uftm.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/3191812954134050>

⁶ Universidade Federal do Triângulo Mineiro. d202111438@uftm.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/2110117686502718>

Introdução

O Novo Ensino Médio, de acordo com a Lei nº 13.415/ 2017, apresenta tanto alterações de carga horária como de organização curricular. Neste último aspecto, tem-se os Itinerários Formativos (IF) e a organização da Formação Geral Básica (FGB) (Brasil, 2017). Embora a Lei nº 14.945/ 2024 traga alterações para o Ensino Médio a partir do ano de 2025, como o aumento da carga horária da FGB, que passará de 1.800 para 2.400 horas dentro das 3.000 horas totais do ensino médio, os IF devem ser mantidos com 200 horas anuais (Brasil, 2024).

Os IF são organizados para cada ano do Ensino Médio tendo por objetivos tanto o aprofundamento das aprendizagens relacionadas às áreas do conhecimento como também o desenvolvimento de habilidades que permitam ao aluno tomar decisões baseando-se em uma visão holística e científica do mundo (SEEMG, 2022a). Os IF devem considerar o contexto local e a realidade da escola além do público alvo que atende e as possibilidades do sistema de ensino local (Brasil, 2018; Dias, Silveira, 2020).

Associar os Itinerários Formativos às práticas de Educação Ambiental mantém sua proposta original e ainda atende aos princípios e objetivos da Política Nacional de Educação Ambiental (PNEA), previstos na Lei nº 9.795/ 1999, destacando-se em especial, o enfoque humanista, holístico e participativo além da abordagem interdisciplinar articulada sobre questões ambientais locais e regionais (Brasil, 1999). A premissa do contexto local, prevista nos IF e na PNEA, é fortemente ancorada na abordagem sobre recursos hídricos uma vez que, na maioria dos municípios brasileiros, existem rios e/ ou córregos percolando o tecido urbano.

Neste contexto, os recursos hídricos em áreas urbanas são frequentemente afetados pela ausência de planejamento adequado para o crescimento das cidades, gerando impactos negativos sobre os mananciais hídricos (Tucci, 2010). Considerando a realidade dos municípios brasileiros, tem-se que seus rios e córregos urbanos apresentam uma situação de diferentes níveis de degradação, seja por poluição decorrente do lançamento de efluentes domésticos e/ ou industriais ou ainda, pela disposição de resíduos sólidos em suas margens além da degradação oriunda da inexistência de mata ciliar, entre outros aspectos (Cánepa *et al.*, 2010; Tundisi; Tundisi, 2010; Oliveira *et al.*, 2020).

Embora a necessidade de água seja uma realidade para a vida, esta percepção não existe para muitas pessoas. Isto acontece porque a educação ainda compartimentalizada, nas últimas décadas, não permitiu que o ser humano se percebesse fazendo parte da natureza e do próprio planeta Terra (Morin, 2004, 2013). Ao ser excluído do contexto, este ser humano também não faz parte do problema e nem se vê como parte da sua solução. Na prática, é muito comum perceber que a “culpa” é colocada nos outros uma vez que ele se vê fora da equação do problema e de sua solução. Desta forma, a fusão do contexto dos Itinerários Formativos com a Educação Ambiental e os recursos hídricos urbanos permite um cenário onde a população escolar pode ser modificada de uma posição passiva para ativa, crítica e modificadora de sua realidade uma vez que,

Revbea, São Paulo, V. 20, Nº 5: 131-148, 2025.

segundo Morin (2004, 2013), esta população passaria a se perceber fazendo parte do cenário/ contexto e assim, também responsável pelas ações de preservação e recuperação dos recursos hídricos urbanos.

Considerando que a maioria dos municípios brasileiros (95,4%), segundo Stamm e colaboradores (2013), são de pequeno porte como Iturama, é comum a escassez de recursos financeiros, logísticos e humanos para a gestão municipal, inclusive a gestão ambiental de suas águas. Dentro da gestão ambiental dos recursos hídricos, o diagnóstico ambiental é fundamental para o correto dimensionamento dos objetivos a serem alcançados assim como para a correta elaboração e execução dos planos de ação (Castello Branco Jr., 2022). O diagnóstico e o monitoramento ambiental da qualidade de mananciais hídricos superficiais baseados em estratégias de baixo custo é fundamental para que municípios de pequeno porte e/ ou sua comunidade, como o proposto no presente trabalho, possam realizar as ações adequadamente. Dentre as estratégias de baixo custo tem-se não só os protocolos de avaliação rápida (PAR), o mapeamento ambiental participativo (MAP) e a matriz SWOT/ FOFA, mas também a análise da qualidade da água, físico-química e microbiológica, por métodos colorimétricos além do uso de bioindicadores como macroinvertebrados bentônicos (Castello Branco Jr., 2022).

Considerando os contextos acima expostos, o objetivo do presente trabalho é apresentar os resultados que viabilizam a proposição de um Itinerário Formativo, do Novo Ensino Médio, baseado em práticas de diagnóstico e monitoramento ambiental de recursos hídricos urbanos.

Metodologia

O trabalho foi desenvolvido no município de Iturama, no Pontal do Triângulo Mineiro sendo desenvolvido em duas etapas, de agosto a dezembro do ano de 2022 e a segunda etapa, de março a dezembro de 2023. Na primeira etapa participaram duas escolas privadas de ensino médio (escolas A e B) enquanto que, na etapa 2 participaram duas escolas públicas (escolas C e D) além da escola A, todas do ensino médio.

Houve reuniões prévias com coordenadores e professores das escolas participantes para o detalhamento das atividades e do cronograma das ações.

Etapa 1

Ao longo dos 5 meses da primeira etapa, houve quatro encontros em cada escola para trabalhos de campo/ laboratório e um encontro teórico para encerramento desta etapa. Alunos e professores realizaram as coletas em pontos acessíveis dos córregos, próximos das escolas. Assim, a escola A realizou os trabalhos no córrego Santa Rosa enquanto que a escola B investigou o córrego Quati (Figura 1).

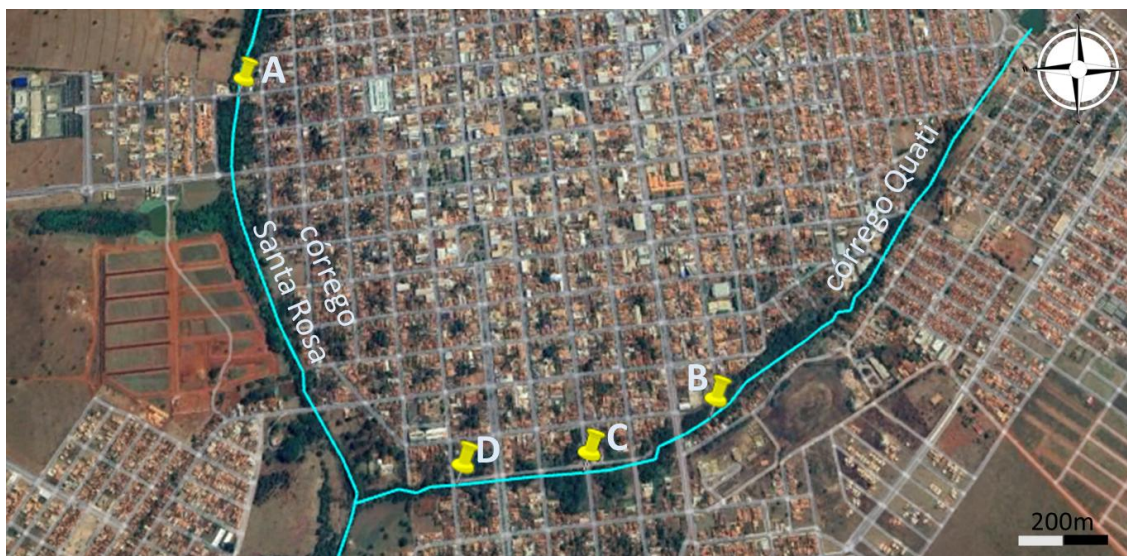


Figura 1: Localização dos trechos analisados pelas escolas participantes (A=escola A; B=escola B; C=escola C; D=escola D). **Fonte:** autores (modificado do Google Earth®)

As práticas, orientadas e monitoradas pelos membros da equipe executora do trabalho, consistiram em seis atividades, a saber, cálculo da vazão do córrego, coleta de amostras de água para posterior análise de sua qualidade, aplicação do protocolo de avaliação rápida (PAR), proposto por Callisto e colaboradores (2002) e coleta de macroinvertebrados no leito do córrego além da aferição da temperatura e da turbidez da água dos mananciais. Alunos e professores participantes eram divididos em equipes para a realização das tarefas.

A vazão foi calculada pelo método do flutuador (Palhares *et al.*, 2007) enquanto a aferição de temperatura e turbidez foram feitas com o auxílio de termômetro e de disco de Secchi, respectivamente.

As amostras de água foram coletadas em garrafas de vidro, com volume de 250 mL, previamente higienizadas. As amostras foram coletadas na coluna d'água abaixo da linha da superfície, sempre com a boca da garrafa a montante. As amostras foram feitas em duplicata e, após identificadas, foram mantidas em geladeira de isopor para posterior análise na escola.

O PAR foi aplicado à campo, pelos próprios alunos e professores participantes, após a observação de um trecho de 50 metros a montante e a jusante do ponto de coleta das amostras de água.

A coleta de macroinvertebrados foi feita com o auxílio de surber, com malha de 1,0 mm, em área de 1,0 m² em corredeira de cada córrego. Na área de coleta, o substrato era escovado de forma que o material desprendido ficava retido no surber imediatamente posicionado. O material coletado era mantido em recipientes plásticos tampados e com álcool 70%, devidamente identificado para posterior triagem.

Logo após essa sequência de atividades de campo, que demandavam até 60 minutos, todos voltavam para a escola, a algumas quadras de cada córrego, e as atividades laboratoriais tinham início.

A análise química das amostras de água foi feita por kit colorimétrico de campo/ Alfakit®. Os parâmetros verificados foram oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal total, nitrito, nitrato, ortofosfato e pH. A análise microbiológica foi feita com o auxílio do kit Colipaper/ Alfakit® composto de cartela com meio de cultura com gel desidratado para determinação simultânea de colônias de *Escherichia coli* e de coliformes totais em *dipslide* de papel. Foram seguidos todos os procedimentos operacionais, descritos pelo fabricante dos kits, para as análises química e microbiológica.

Os resultados obtidos da análise físico-química eram tabulados na lousa do laboratório para que todos vissem, anotassem e discutissem. O resultado de cada análise microbiológica da água era repassado aos participantes, via WhatsApp, uma vez que demandava a leitura após 15 horas na estufa de incubação, inclusa no kit.

Também se realizou uma triagem do material biológico coletado no leito de cada córrego. Essa triagem era feita com pincel, pinça e lupa. Os membros da equipe executora auxiliavam os participantes na identificação dos grupos de macroinvertebrados (insetos, moluscos e helmintos). Os insetos aquáticos encontrados eram identificados ao nível de ordem e família enquanto os demais eram identificados em nível de classe. Todos os invertebrados coletados e identificados eram mantidos em frascos com álcool 70%.

As atividades de laboratório, com suas respectivas discussões, demandavam cerca de 60 minutos. Ao término destas atividades, alguns questionamentos e orientações eram feitos para que, ao longo das próximas semanas, até o próximo encontro, alunos e professores trabalhassem, em sala de aula, explorando o cenário de acordo com cada área específica, ou seja, Biologia, Química ou Geografia.

Em cada encontro com a equipe executora, os trabalhos de campo e de laboratório se repetiam havendo o rodízio das equipes de alunos e professores de forma que, ao final desta etapa, todos os participantes teriam a experiência de ter executado todas as tarefas.

Uma avaliação foi realizada ao final da primeira etapa. Duas fichas de avaliação dos trabalhos foram elaboradas, uma para os alunos participantes e outra para os docentes participantes.

Etapa 2

Embora tenham sido realizadas reuniões junto aos coordenadores e professores das escolas participantes, para o detalhamento das atividades e do cronograma das ações, muitas interrupções do cronograma acordado aconteceram, especialmente no segundo semestre desta etapa. Assim, foram

realizados sete encontros teóricos em cada escola, totalizando 21 encontros no primeiro semestre de 2023 e dois encontros teóricos e um trabalho de campo em cada escola no segundo semestre de 2023.

Nos encontros teóricos foram abordados temas específicos relacionados à temática dos recursos hídricos, a saber: Importância das águas, Dinâmica das águas, Água de abastecimento e esgoto, Mata ciliar, Coleta e disposição de resíduos sólidos urbanos, Uso racional da água, Uso do solo e preservação de recursos hídricos, Gestão de Recursos Hídricos, Diagnóstico e monitoramento Ambiental e Mapeamento Ambiental Participativo.

Cada encontro teórico tinha a duração de 45 a 60 minutos com exposições dialogadas e o auxílio de multimídia enquanto nas atividades de campo/ laboratório deixou de acontecer a investigação por macroinvertebrados no leito dos córregos. A Figura 1 apresenta os trechos avaliados por cada escola nesta etapa.

Além da avaliação final, por questionário ao término da etapa 2, breves rodas de conversa foram realizadas frequentemente com o intuito de avaliar fortalezas e fragilidades do desempenho da equipe executora além da adesão dos temas abordados com a realidade dos participantes.

Resultados e Discussão

Na etapa 1 (agosto a dezembro de 2022), a escola A participou, em média, com 20 alunos e quatro professores enquanto, na escola B, participaram, em média, 24 alunos e um professor. Na etapa 2 (março a dezembro de 2023), participaram 8 professores e 50 alunos na escola C enquanto na escola D participaram apenas 3 professores. Na escola A participaram 2 professores e 60 alunos.

A Tabela 1 apresenta os resultados quanto ao diagnóstico ambiental dos córregos Santa Rosa e Quati, ambos no município de Iturama/ MG, obtidos após o término das duas etapas do projeto.

Tabela 1: Resultados das análises físico-química e microbiológica da água dos córregos Santa Rosa e Quati, no município de Iturama/ MG, assim como do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) e do cálculo de vazão dos córregos, junto com os alunos e professores participantes das oficinas do projeto.

Parâmetro (unidade)	Córrego Santa Rosa					Córrego Quati						Resolução Conama nº 357/ 2005
	2022/2				2023/2	2022/2				2023/2		
	Escola A					Escola B				Escola C	Escola D	
	T1	T2	T3	T4	T1	T1	T2	T3	T4	T1	T1	
OD (mg/L)	5,5	3,0	7,0	6,0	5,0	6,5	5,1	5,0	5,0	6,5	2,0	≥ 5,0
Nitrogênio amoniacal total (mg/ L)	3,64	>3,64	0,12	3,64	0,12	3,64	3,64	>3,64	>3,64	2,42	>3,64	≤ 3,7 (pH ≤ 7,5)
Nitrato (mg/ L)	0,0	0,08	0,19	0,1	0,0	0,6	1,9	0,33	0,2	0,02	0,27	≤ 10,0
Nitrito (mg/ L)	0,33	0,06	0,03	0,0	0,0	0,33	0,33	0,16	0,1	0,98	0,03	≤ 1,0
Fósforo total (mg/ L)	0,0	0,33	0,0	0,0	0,24	0,25	0,0	nr	0,98	1,12	0,33	≤ 0,1
pH	7,0	7,5	7,0	7,0	7,0	7,5	7,5	7	7,5	7,5	7,5	6,0 – 9,0
Turbidez (NTU)	< 100,0	< 100,0	< 100,0	< 100,0	<100,0	< 100,0	<100,0	nr	<100,0	nr	<100,0	≤ 100,0
Temperatura (°C)	22,0	23,0	22,0	22,0	21,0	21,0	22,0	22,0	22,0	21,0	22,0	Parâmetro não contemplado
Óleos e graxas	ausente	presente	ausente	ausente	presente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Materiais flutuantes	ausente	presente	ausente	ausente	presente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	ausente	Virtualmente ausentes
Odor	presente	presente	ausente	ausente	ausente	presente	presente	presente	presente	presente	presente	Virtualmente ausentes
UFC E. coli / 100mL *	6,6 x10³	20,5x10³	nr	3,6x10³	nr	3,6 x10³	nr	4,9x10³	5,8x10³	nr	3,7x10³	Parâmetro não contemplado
UFC colif. totais/100 mL	7,6 x10³	23,0x10³	nr	3,9x10³	nr	3,9 x10³	nr	8,1x10³	8,5x10³	nr	6,6x10³	≤ 10³ UFC / 100 mL água
Vazão (L/s)	22,0	31,0	34,8	43,1	30,0	nr	35,3	nr	45,5	nr	24,0	Parâmetro não contemplado
PAR	31,0	nr	nr	nr	35,0	38,0	nr	nr	Nr	36,0	39,0	Parâmetro não contemplado

nr=análise não realizada

* parâmetro contemplado na Resolução CONAMA nº 274/2000

Tn=turma de cada escola participante

Fonte: dados dos autores.

Ao longo das atividades em laboratório e à medida que os resultados eram plotados na lousa, havia breve explicação sobre o significado do parâmetro analisado e, comparando-se os valores obtidos com os valores legais da legislação ambiental, uma conclusão era dada para cada parâmetro. Salienta-se que os parâmetros legais foram considerados para corpos d'água doce classe 2 (Conama, 2005).

A análise da Tabela 1 nos encontros de encerramento do projeto, em cada escola ao final da fase 2, permitiu uma análise geral do monitoramento dos dois córregos e a dinâmica da qualidade de suas águas no tempo de estudo. Assim, segue um breve resumo para cada parâmetro.

Verificou-se que o parâmetro OD apresentou 2 momentos críticos pois o OD estava abaixo de 5,0 ppm (5,0 mg/ L), uma delas no córrego Santa Rosa, no segundo semestre de 2022, onde a concentração de OD estava igual a 3,0 ppm e a outra no córrego Quati, no segundo semestre de 2023 onde a concentração de OD foi igual a 2,0 ppm (Tabela 1). Concentrações de OD abaixo de 5,0 ppm comprometem a sobrevivência de diversos organismos aquáticos gerando elevado estresse metabólico para a fauna aeróbica dos córregos, naqueles trechos avaliados, especialmente quando as concentrações estão abaixo de 3,0 ppm (Gomes Filho, 2013; Cetesb, 2024a).

Os parâmetros amônia, nitrito e nitrato não são apenas as principais formas de nitrogênio na água natural superficial, mas também em águas residuárias (Gomes Filho, 2013). A amônia, comum em águas superficiais, torna-se tóxica para peixes em concentrações superiores a 5,0 mg/L N (5,0 ppm) além de também consumir o OD na água ao ser oxidada biologicamente (Cetesb, 2024b). Dessa forma, sua verificação na água é relevante. Nitrito e nitrato são normalmente encontrados em baixas concentrações nas águas superficiais. O nitrito é uma fase intermediária de oxidação do nitrogênio sendo rapidamente oxidado em nitrato. Assim, altas concentrações de nitrito indicariam descarga recente de poluente no ambiente aquático, especialmente de esgoto doméstico. Concentrações elevadas de nitrato indicariam descargas antigas de poluentes nitrogenados (Gomes Filho, 2013).

O parâmetro amônia/ nitrogênio amoniacal total se mostrou acima do limite legal em 20% das amostras de água do córrego Santa Rosa e em 50% das amostras do córrego Quati (Tabela 1). A análise dos parâmetros de nitrito e nitrato revelou que sempre apresentaram valores dentro dos limites legais, embora o nitrito, no córrego Quati, se mostrou exatamente na concentração limite permitida na avaliação do segundo semestre de 2023 (Tabela 1). Embora dentro dos valores legais, salienta-se ser possível verificar uma oscilação nos valores de nitrito e nitrato que poderiam estar associados a alguma descarga clandestina nos cursos d'água.

Outro parâmetro importante é o ortofosfato/ fósforo total que indica o total de todos os fosfatos disponíveis na água para processos biológicos. A origem deste nutriente pode ser tanto geológica como agrícola, via defensivos e

fertilizantes, e por lançamentos de esgoto doméstico e industrial. No esgoto doméstico há elevada concentração de fosfatos devido à matéria orgânica fecal e aos detergentes empregados em larga escala nos domicílios (Cetesb, 2009). Essa elevada concentração pode levar a eutrofização da água dos mananciais (Gomes Filho, 2013).

As análises no córrego Santa Rosa revelaram que 40% das amostras apresentaram valores de fósforo acima dos limites legais, oscilando de 2,4 vezes a 3,3 vezes acima do valor legal enquanto, no córrego Quati, 66% das amostras também estavam além do limite oscilando de 2,5 vezes a 11,0 vezes acima do valor limite (Tabela 1). Desta forma, os valores obtidos sugerem carga orgânica elevada na água. No córrego Santa Rosa se verificou a presença de espumas (material flutuante) sempre que a concentração de fósforo estava elevada. O mesmo não foi constatado no córrego Quati.

Os parâmetros de pH e turbidez sempre se apresentaram dentro dos limites legais nas amostras analisadas. O pH da água tem relação íntima com as reações químicas no ambiente aquático. Valores abaixo de 6,0 interferem na concentração de dióxido de carbono e de ácido carbônico enquanto valores acima de 8,0 podem solubilizar agentes tóxicos como metais pesados, sais de carbonato e amônia (Von Sperling, 2007; Cetesb, 2009; Libânio, 2010). A turbidez, resultado da quantidade de sólidos em suspensão, tem influência direta sobre a incidência de luz no ambiente aquático e assim, sobre a taxa de fotossíntese e consequente concentração de OD (Libânio, 2010; Gomes Filho, 2013).

Os parâmetros de material flutuante, odor e oleosidades auxiliam na sugestão de contaminantes e, em especial, de esgoto doméstico ao se verificar o odor característico e a presença de espumas. O odor em águas naturais deve-se normalmente à decomposição biológica da matéria orgânica, à eutrofização e/ ou à presença de fenóis (Cetesb, 2018). Os parâmetros de odor e material flutuante também fazem parte do Protocolo de Avaliação Rápida (PAR) aplicado no presente trabalho e, conforme demonstrado na Tabela 1, o odor desagradável foi verificado em 40% das coletas de água no córrego Santa Rosa e em 100% das coletas no córrego Quati também sugerindo a descarga de matéria orgânica de descarte doméstico de esgoto.

A comprovação de lançamentos de esgoto doméstico é feita por parâmetros microbiológicos. Embora o parâmetro microbiológico de coliformes totais seja definido por lei (Conama, 2005), apresenta algumas bactérias que não tem origem exclusivamente fecal. E assim, sua presença não pode comprovar a contaminação por matéria fecal. No entanto, *Escherichia coli* é uma bactéria de origem exclusivamente fecal e assim, sua presença confirma a contaminação por material fecal conforme definido nos parâmetros de balneabilidade previstos na Resolução Conama nº 274 (Conama, 2000).

A Tabela 1 mostra que a concentração de coliformes totais sempre esteve acima do valor máximo em ambos os córregos, chegando até valor igual a 23 vezes acima do limite máximo no córrego Santa Rosa e 8,5 vezes acima no córrego Quati. Salienta-se que este parâmetro não é indicativo de lançamentos de

esgoto doméstico pois sua origem é multifatorial. Entretanto, a concentração da enterobactéria *Escherichia coli* como parâmetro indicador de contaminação fecal, sempre esteve acima do parâmetro legal (CONAMA, 2000). Destaca-se que acima de $2,0 \times 10^3$ UFC de *E. coli*/ 100 mL de água, tem-se a água imprópria para o contato primário humano (Conama, 2000). As concentrações de *E. coli* estavam 1,8 vezes até 10,2 vezes maior que este limite legal no córrego Santa Rosa e 1,8 vezes até 2,9 vezes maior que o limite legal no córrego Quati (Tabela 1). Assim, sempre estiveram impróprias para o contato primário. Destaca-se que crianças eram vistas com frequência brincando nas águas deste córrego e assim, se expondo a sérios riscos de saúde.

Dos 16,5 Km de extensão do córrego Santa Rosa, desde sua nascente até a foz no Rio Grande, cerca de 5,6 Km percorrem o tecido urbano enquanto o córrego Quati tem a totalidade de seus 2,5 Km de extensão no tecido urbano. As investigações realizadas pelas equipes de professores e alunos do ensino médio foram feitas em poucos pontos nestes cursos d'água e não representam a qualidade total destes mananciais, mas sim dos trechos investigados. A proposta do trabalho foi justamente experimentar a aplicação das técnicas de diagnóstico e monitoramento ambiental para contextualizar uma situação da comunidade local, demonstrando a complexidade e interdisciplinaridade dos elementos envolvidos e dos parâmetros analisados para promover a Educação Ambiental em recursos hídricos dentro da proposta dos Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio.

Quanto ao PAR (tabela 1), aplicado pelos participantes, revelou-se que, em ambos os córregos, os trechos avaliados estão sob elevada interferência antrópica. Considerando os resultados das análises físico-química e microbiológica da água, o resultado da aplicação do PAR corrobora a influência antrópica nos trechos avaliados.

Os PARs se constituem em uma ferramenta simples e de fácil compreensão, sendo baseados na caracterização ecológica de trechos pré-estabelecidos de cursos d'água (Rodrigues *et al.*, 2008). Os PARs têm sido utilizados para o diagnóstico ambiental de corpos hídricos em diversas regiões do Brasil (Callisto *et al.*, 2002; Rodrigues *et al.*, 2008; Pedroso; Colesanti, 2017; Castello Branco Jr. *et al.*, 2020).

Todas as aplicações do PAR revelaram pontuação inferior a 40 pontos o que significa que os trechos avaliados são considerados tendo grande interferência antrópica e assim, teriam prioridade em programas de recuperação de áreas degradadas. Rodrigues e colaboradores (2008) apontam que a aplicação dos PARs por pessoas não técnicas e da localidade permite a integração da comunidade com os trabalhos de monitoramento de recursos hídricos promovendo um maior comprometimento com as ações independentemente da gestão municipal do momento. Castello Branco Jr. e colaboradores (2020) demonstraram não haver diferença significativa entre a aplicação de um PAR por pessoas tecnicamente capacitadas e por pessoal leigo,

justificando assim, seu uso pelas comunidades locais tal qual no presente trabalho.

A investigação sobre macroinvertebrados bentônicos dos córregos foi realizada apenas na primeira etapa uma vez que se revelou uma atividade mais demorada que comprometia o tempo disponível cedido pelas escolas.

Quanto aos macroinvertebrados, foram coletados um total de 753 exemplares no córrego Santa Rosa sendo 88,9% de larvas de insetos dípteros (99,4% de chironomídeos e 0,6% de simuliídeos), 10,5% de moluscos (38,0% de bivalves e 62,0% de gastrópodes) e 0,6 % de helmintos (75,0% de hirudíneos e 25,0% de turbelários). No córrego Quati foram coletados 1.372 exemplares sendo 95,6% de larvas de insetos (Diptera; Chironomidae), 3,7% de moluscos (64,0% de bivalves e 36,0% de gastrópodes) e 0,7 % de helmintos (94,5% de hirudíneos e 5,5 % de oligoquetas).

As larvas da família Chironomidae são conhecidas por serem tolerantes às mudanças da qualidade dos sistemas aquáticos sendo encontradas tanto em ambientes naturais como em ambientes alterados (Buss *et al.*, 2003) tais quais os trechos dos córregos investigados nos trabalhos de campo. A diferença é que, em ambientes naturais, além dos chironomídeos, também são encontrados representantes de várias outras famílias e ordens de insetos aquáticos e uma frequência maior de outros invertebrados como moluscos e helmintos. Em ambientes alterados é comum os chironomídeos serem o grupo dominante pois ocupam nichos desocupados pelos grupos que não toleram mudanças na qualidade do ambiente aquático (Buss, 2008). Assim, a ocorrência dominante de larvas de chironomídeos nos trechos avaliados confirma os resultados das análises físico-química e microbiológica da água e também do PAR, ou seja, os trechos avaliados têm intensa influência antrópica.

Os resultados obtidos na investigação de macroinvertebrados e as discussões ecológicas decorrentes foram muito pertinentes e elogiados pelos participantes assim como todas as discussões em todas as análises. Na verdade, alunos e professores demonstraram grande interesse pelos métodos utilizados, assim como surpresa pela aplicabilidade e pelos resultados obtidos. Uma constatação relevante é que os participantes se surpreenderam também com a relativa facilidade de raciocínio, a pequena infraestrutura necessária para os trabalhos e a dimensão dos resultados, entre outros pontos.

A partir dos aspectos vivenciados nas práticas de campo e laboratório e das discussões mensais, acreditava-se que os professores participantes teriam um vasto portfólio para ser trabalhado ao longo das semanas que intercalaram os encontros com a equipe executora do projeto e mesmo nos anos futuros. Embora os professores da escola A tenham relatado ter trabalhado, com seus alunos, tópicos como ciclos biogeoquímicos, eutrofização e mata ciliar na disciplina de Biologia; aspectos geográficos de relevo de bacias hidrográficas e crescimento das cidades ao longo dos cursos d'água, na disciplina de Geografia e reações químicas envolvendo amônia, nitrito e nitrato na disciplina de Química, tanto os professores da escola A como da escola B manifestaram alguma falta de base

teórica. Sugeriram, inclusive, encontros da equipe executora do projeto apenas com os docentes para a promoção de uma melhor capacitação sobre os temas abordados. Os professores revelaram que embora percebam a riqueza de oportunidades de engajamento em outras disciplinas como Matemática e Português, a capacitação docente seria primordial para o sucesso dos trabalhos futuros.

Neste contexto, a equipe executora alterou a proposta dos trabalhos para sua execução ao longo da segunda etapa elaborando material para capacitação sobre os 10 temas conforme já descrito anteriormente. Além das exposições dialogadas com o auxílio de multimídia, também foram feitas gravações dos temas de cada capacitação que foram disponibilizadas na sala de aula virtual criada especificamente para este fim, no *Google Classroom*/Sala de Aula®.

Sobre a adesão aos trabalhos desenvolvidos no projeto, houve a adesão de apenas um professor da escola B e dois professores da escola A, na fase 1 dos trabalhos enquanto na fase 2 os mesmos dois professores da escola A mantiveram a adesão, havendo ainda oito professores da escola C e três da escola D. A adesão docente é multifatorial. Segundo algumas coordenadoras do Ensino Médio, a baixa adesão de professores, em algumas escolas, deveu-se não apenas ao choque de horário das aulas de outros professores, mas também por ainda não se sentirem motivados e capacitados quanto ao entendimento e execução da proposta dos Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio.

Souza (2014) e Lima (2015) sugerem que a falta de engajamento docente nas ações de Educação Ambiental, em muitos casos, é decorrente da falta de embasamento teórico e prático sobre o tema e não apenas pela ausência de tempo para se dedicar ao assunto. Bizerril e Faria (2001) e Lima (2012) aprofundam esta análise, sugerindo que a prerrogativa transversal da área ambiental seria o fator desmotivador para o professor do Ensino Médio e Fundamental uma vez que implicaria na maior capacitação para as abordagens multifatoriais. Esses mesmos autores sugerem outros fatores envolvidos no baixo engajamento docente, destacando-se as dificuldades cotidianas no ambiente escolar, as relações de poder e conflitos nas escolas, além das atividades descontinuadas.

Nas avaliações das etapas 1 e 2 houve, respectivamente, respostas de 100,0% e 61,5% dos professores participantes e 91,0% e 82,7% dos alunos participantes. As avaliações revelaram fortalezas e fragilidades do trabalho. Assim, verificou-se que 71,4% dos participantes (alunos e docentes) consideraram o conteúdo abordado nas oficinas muito bom enquanto 28,6% consideraram o conteúdo bom. Sobre a aplicação dos conteúdos no dia a dia dos participantes constatou-se que 33,3 % consideraram a aplicação muito boa enquanto 38,1% consideraram a aplicação boa no seu dia a dia. No entanto, 28,6% manifestaram que a aplicação era regular. Este dado sugere que, embora as escolas estivessem entre 400m e 700m dos córregos e que a passagem por eles fosse obrigatória para a maioria dos participantes, nem todos teriam

percebido a dimensão das consequências dos resultados obtidos quanto à qualidade do córrego.

A organização dos encontros e a atuação da equipe executora foram consideradas boas ou muito boas por 95,2% dos respondentes enquanto 4,8% consideraram a organização das oficinas regular assim como a atuação da equipe executora.

Quanto ao esclarecimento de dúvidas dos participantes, 100% declararam que suas dúvidas eram bem esclarecidas ou muito bem esclarecidas tanto nas atividades de campo como de laboratório e nas exposições dialogadas. O grande número de dúvidas e curiosidades pode estar atrelado ao fato de que 55,0 % dos alunos participantes manifestaram ter decidido aderir ao projeto por curiosidade sobre o tema. O aprendizado como motivador pela adesão foi demonstrado em 35,0% das respostas dos alunos e 71,4% dos professores. O gosto pessoal pelo tema ambiental foi reportado por 10,0 % dos participantes enquanto 28,6% dos professores declararam ter participado do projeto pela experiência da vivência das atividades.

A criação de um grupo de *WhatsApp*® com todos os participantes, por escola, e a equipe executora se mostrou assertiva pois facilitava a troca de informações e o rápido esclarecimento de dúvidas, especialmente dos alunos. No entanto, embora a classe virtual tenha sido criada e as gravações dos temas de capacitação docente tenham sido disponibilizados para os professores participantes, verificou-se que 33,0% dos docentes nunca acessaram a sala de aula virtual.

Tem-se que 88,2% dos participantes declararam que sua percepção das questões ambientais havia mudado, destacando-se a percepção de como o córrego, perto da escola, está degradado (41,2% das respostas), ou ainda, como as pessoas “jogam lixo” nas margens do córrego (5,9% das respostas) e como os recursos hídricos não são valorizados pela cidade (5,9% das respostas). Um contingente de 23,5% das respostas manifestou que passaram a ver coisas que não viam antes do início das atividades deste trabalho e outros 23,5% declararam que passaram a perceber quais ações devem ser feitas para recuperar e preservar os recursos hídricos do município.

Na verdade, resultados positivos da abordagem multidimensional, preconizada por Morin (2004), foram percebidas no cenário das bacias hidrográficas urbanas com seu sistema aquático, os usos que são feitos de suas águas e o uso do solo no seu entorno gerando um contexto que facilitou a aprendizagem e a construção de conhecimentos pelos participantes. Destaca-se também a abordagem complexa, também sugerida por Morin (2004), ao se demonstrar a indissociabilidade dos diferentes assuntos relacionados à bacia hidrográfica. Os resultados das avaliações das atividades realizadas, no presente trabalho, fortalecem o consenso que a aprendizagem é mais eficiente quando parte da abordagem do concreto para então seguir para a abstração (Krasilchik, 2011; Morin, 2013; Machado, 2020).

Nas rodas de conversa com os participantes, após as atividades, muitos alunos relataram frequentemente que aprenderam mais nas atividades práticas de campo e de laboratório do que em sala de aula.

Quanto aos docentes, em especial, foi unânime a percepção da conexão do projeto executado com os eixos estruturantes dos Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio. Todos expressaram interesse em continuar os trabalhos ao longo dos próximos anos com suas novas turmas.

No contexto dos eixos estruturantes dos Itinerários Formativos, a presente proposta atende aos seus quatro eixos. A investigação da realidade envolvendo os conceitos e técnicas científicos permite o desenvolvimento da habilidade de “pensar e fazer de forma científica” (SEEMG, 2022b) atendendo ao eixo estruturante da Investigação Científica. É visível a aderência dos alunos e professores participantes neste aspecto, inclusive, atingindo o Eixo da Mediação e Intervenção Sociocultural uma vez que os alunos começam a propor soluções para problemas da comunidade como o da recuperação de recursos hídricos urbanos. Neste aspecto, também se atende ao eixo do Empreendedorismo uma vez que o aluno se coloca como protagonista das ações efetuadas e, em proposição pelos próprios participantes. Salienta-se que o uso de soluções inovadoras, para a região em estudo, para a resolução de problemas locais atende ao eixo estruturante de Processos Criativos.

Os resultados obtidos corroboram Tundisi e Schiel (2002) que apontaram a bacia hidrográfica como uma unidade de Educação Ambiental relacionando-se como um laboratório experimental que busca a integração de conhecimentos de diferentes áreas de atuação. Com isso, a bacia hidrográfica pode atuar como unidade de ensino para a sensibilização e conscientização da sociedade e das comunidades na qual estão inseridas ao abranger diferentes áreas de conhecimentos.

Diante do exposto, a compreensão da realidade e a busca da solução de problemas relacionados aos recursos hídricos precisam ser abordados num contexto inicialmente local para depois avançar para contextos mais amplos como o regional, nacional e/ou mundial além do foco multidimensional levando em consideração a complexidade dos elementos que interagem. Esta é a proposta de abordagem transdisciplinar, exposta neste trabalho, que promoveria a inteligência geral mobilizando conhecimentos de conjunto e permitindo o desenvolvimento de aptidões mentais amplas que favoreceriam o melhor desenvolvimento de competências particulares ou especializadas (Morin, 2004).

Desta forma, várias atividades constituíram uma sequência didática aplicável ao Novo Ensino Médio, especialmente no contexto dos Itinerários Formativos. A disponibilidade de tempo do professor, seu nível de dedicação e disposição administrativa da escola são os principais fatores que definem o número de atividades a serem estabelecidas e a intensidade de cada uma. Verificou-se que os alunos estão ávidos tanto por atividades extrassala de aula como por um aprendizado contextualizado, multidimensional e complexo.

BUSS, D.F. Desenvolvimento de um índice biológico para uso de voluntários na avaliação da qualidade da água de rios. **Oecol. Bras.**, v. 12, n. 3, p. 520-530, 2008.

BUSS, D.F.; BAPTISTA, D.F.; NESSIMIAN, J.L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 465-473, 2003.

CALLISTO, M.; FERREIRA, W.R.; MORENO, P. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação ecológica rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnol. Bras.**, v. 14, n. 1, p. 91-98, 2002.

CÁNEPA, E.M.; PEREIRA, J.S.; LANNA, A.E. Água e economia. *In*: BICUDO, C.E.M.; TUNDISI, J.G.; SCHEUENSTUHL, M.C.B. **Águas do Brasil**: análises estratégicas. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010. p. 43-54. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>>. Acesso em: 6 nov. 2024.

CASTELLO BRANCO JR., A.; SOUZA, L.L.; SAMPAIO, T.M. *et al.* Protocolo de avaliação rápida como ferramenta de gestão de recursos hídricos urbanos. **RMRH – Rev. Min. Rec. Hidr.**, Belo Horizonte, v. 1, n. 2, p. 1-17, 2020.

CASTELLO BRANCO JR. A. Recursos hídricos – Bases para sua preservação e recuperação ambiental. *In*: AMÉRICO-PINHEIRO, J.H.P.; SANTOS, R.M. (Org). **Impactos ambientais no território brasileiro**, Editora ANAP, Tupã, 2022, p. 129-160.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO . **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas doces e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem. 2009. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2022/04/variaveis.pdf>>. Acesso em 15 nov. 2024.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Fundamentos do controle de poluição das águas**. 2018. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/veicular/wp-content/uploads/sites/33/2018/11/Apostila-Fundamentos-do-Controle-de-Poluicao-das-Aguas-T3.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2024.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mortandade de peixes. Oxigênio Dissolvido**. 2024a. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/oxigenio-dissolvido/>> Acesso em 15 nov. 2024.

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mortandade de peixes. Amônia**. 2024b. disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/mortandade-peixes/alteracoes-fisicas-e-quimicas/contaminantes/amonia/>> Acesso em 15 nov. 2024.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 274**, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Diário Oficial da União, Seção 1, Brasília, n. 18, p. 70-71, 25 jan. 2001. Disponível em:

<http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/ResoluC3%A7%C3%A3o_Conama_274_Balneabilidade.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **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. Diário Oficial da União, Seção 1, Brasília, n. 53, p. 58-63, 18 mar. 2005. Disponível em: <http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2024.

DIAS, S.M.S.; SILVEIRA, E.S.M. Educação Ambiental e a construção de percursos didáticos dialógicos no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 15, n.7, p. 46-58, 2020.

GOMES FILHO, R. R. **Gestão de recursos hídricos**. Conceitos e experiências em bacias hidrográficas. Editora América, Goiânia, 2013.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. Editora EDUSP, São Paulo, 4ª edição, 2011.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3. ed. São Paulo: Átomo, 2010.

LIMA, G.P. Educação Ambiental crítica: da concepção à prática. **Revista Sergipana de Educação Ambiental**, v.1, n.2, p. 33-54, 2015.

LIMA, V.F. Educação Ambiental: Aspectos que dificultam o Engajamento docente em escolas públicas do Distrito Federal. **Dissertação** (Mestrado em Educação) - Programa em Educação, Faculdade de Educação, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 148p, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/10934/1/2012_ValdivanFerreiradeLima.pdf>. Acesso: 15 nov. 2024.

MACHADO, E.F. **Fundamentação pedagógica e instrumentação para o ensino de Ciências e Biologia**, Editora Intersaberes, 2020.

MORIN, E. **Os sete saberes necessários à educação do futuro**. Editora Cortez, São Paulo, 2004.

MORIN, E. **A religação dos saberes**: O desafio do século XXI. Editora Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 2013.

OLIVEIRA, F.R.; MONTEIRO, J.; CECILIO, R.A. *et al.* Caracterização hidroambiental como indicador de qualidade de água em nascentes. **Caminhos de Geografia, Uberlândia-MG** v. 21, n. 74, p. 276–294, 2020.

PALHARES, J.C.P.; RAMOS, C.; KLEIN, J.B.; *et al.* Medição da vazão em rios pelo Método do Flutuador. **EMBRAPA, Comunicado Técnico** n. 455, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/443939>. Acesso em: 05 nov. 2024.

PEDROSO, L.B.; COLESANTI, M.T.M. Aplicação do protocolo de avaliação rápida de rios em uma microbacia hidrográfica localizada ao sul de Goiás. **Caminhos de Geografia, Uberlândia**, v. 18, n. 64, p. 248-262, 2017.

RODRIGUES, A.S.L.; MALAFAIA, G.C.; CASTRO, P.T.A. Avaliação ambiental de trechos de rios na região de Ouro Preto-MG através de um protocolo de avaliação rápida. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 74-83, 2008.

SEEMG - Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. **Caderno Pedagógico Itinerário Formativo**. 2022a.

SEEMG – Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais. **Currículo Referência de Minas Gerais**. 2022b.

SOUZA, N.O.S. A Educação Ambiental nos anos finais do Ensino Fundamental. **Monografia** (Especialização em Gestão Escolar). Universidade de Brasília, UnB, Brasília-DF. 2014. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/9079/1/2014_NeidimarOliveiradaSilvaSouza.pdf. Acesso em: 13 out.2024.

STAMM, C.; STADUTO, J.A.R.; LIMA, J.F.; WADI, Y.M. A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 14, n. 2, p. 251-265, 2013.

TUCCI, C. E. M. Urbanização e Recursos Hídricos. *In*: BICUDO, C. E. M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil: análises estratégicas**. Instituto de Botânica, São Paulo, 2010. p. 113-128. Disponível em: <http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.

TUNDISI, J.G.; SCHIEL, D. A bacia hidrográfica como laboratório experimental para o ensino de Ciências, Geografia e Educação Ambiental. *In*: SCHIEL, D.; MASCARENHAS, S.; VALEIRAS, N.; SANTOS, S.A.M. **O Estudo de Bacias Hidrográficas**. Uma estratégia para Educação Ambiental, Editora Rima, São Paulo, 2002. p. 12-17. Disponível em: <https://cdcc.usp.br/wp-content/uploads/sites/512/2019/06/Bilingue.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2024.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos. **Biota Neotrop.**, v. 10, n. 4, 2010.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. Princípios do tratamento de águas residuárias vol. 7**, Editora UFMG, Belo Horizonte, 2007.

Revbea, São Paulo, V. 20, Nº 5: 131-148, 2025.