

Universidade Camilo Castelo Branco
Campus de São Paulo

JOÃO BATISTA MARTINS

IMPACTO DE EFLUENTES NA ÁGUA DO RIO SÃO MANOEL (MG)-
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

WASTEWATER IMPACT ON RIVER SÃO MANOEL WATER (MG) -
MICROBIOLOGICAL ANALYSIS

São Paulo, SP
2016

João Batista Martins

IMPACTO DE EFLUENTES NA ÁGUA DO RIO SÃO MANOEL (MG) -
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Orientador(a): Prof.(a) Dr.(a) Dora Inés Kozusny-Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, como complementação dos créditos necessários para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

São Paulo, SP

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

MARTINS, João Batista

M341I Impacto de Efluentes na Água do Rio São Manoel (MG) – Análise Microbiológica / João Batista Martins - São Paulo: SP / UNICASTELO, 2016.

59f. il.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Dora Inés kozusny-Andreani

Dissertação de Mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, para complementação dos créditos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

1. Água. 2. Coliformes termotolerantes e totais. 3. Oxigênio Dissolvido. 4. Poluição.
I. Título

CDD: 574

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da UNICASTELO e no Banco de Teses da CAPES

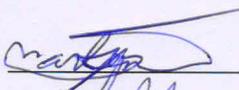
Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a UNICASTELO a disponibilizar através do site <http://www.unicastelo.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

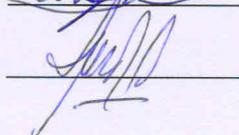
Título do Trabalho: "IMPACTO DE EFLUENTES NA ÁGUA DO RIO SÃO MANOEL (MG) – ANÁLISE MICROBIOLÓGICA"

Autor(es):

Discente: João Batista Martins

Assinatura: 

Orientadora: Dora Inés Kozusny-Andreani

Assinatura: 

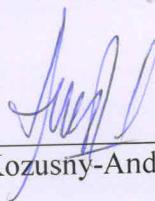
Data: 15/agosto/2016

TERMO DE APROVAÇÃO

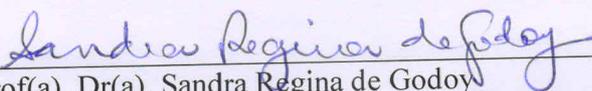
JOÃO BATISTA MARTINS

**IMPACTO DE EFLUENTES NA ÁGUA DO RIO SÃO MANOEL (MG) –
ANÁLISE MICROBIOLÓGICA**

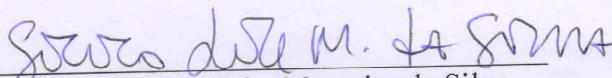
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Camilo Castelo Branco, pela seguinte banca examinadora:



Prof(a). Dr(a) Dora Inés Kozusny-Andreani (Presidente)



Prof(a). Dr(a). Sandra Regina de Godoy



Prof(a). Dr(a). Silvio Leite Monteiro da Silva

Fernandópolis, 15 de agosto de 2016.

Presidente da Banca Prof(a). Dr(a). Dora Inés Kozusny-Andreani

Universidade Camilo Castelo Branco • unicastelo.edu.br

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a DEUS, já que Ele colocou pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais certamente não teria dado conta!

A minha namorada, Elisiane dos Santos, meu infinito agradecimento. Sempre a meu lado, me pondo para cima e me fazendo acreditar na minha capacidade. Devido o seu companheirismo, amizade, paciência, compreensão, apoio, alegria e amor, este trabalho pôde ser concretizado.

A minha orientadora Dora Inés Kozusny-Andreani, por acreditar em mim, sempre disponível e disposta a ajudar.

Aos meus amigos do mestrado, pelos momentos divididos junto, pelas caronas, foi bom poder contar com a alegria de vocês.

A Prof.(a) Sylvia Maria Demolinari Lopes do Instituto Federal SudesteMG *Campus* Rio Pomba pela colaboração e empréstimo de equipamentos para efetuarem as análises.

Aos colegas de trabalho Mauro César Martins, Daniel dos Santos Lopes pelo apoio e ao Prof. Helton Nonato de Souza e Silvio Leite Monteiro da Silva pela colaboração na discussão sobre os resultados.

A UNICASTELO e ao Instituto Federal Sudeste MG *campus* Rio Pomba pelo apoio geral, que representa muito em minha formação intelectual que, agora, me inspira a querer ser uma pessoa melhor a cada dia!

Obrigado pela confiança!

“A educação tem a capacidade de abrir novos horizontes e sujeitar a sociedade a uma comunicação mais interativa e mais produtiva”.
(Helgir Girodo)

IMPACTO DE EFLUENTES NA ÁGUA DO RIO SÃO MANOEL (MG) - ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

RESUMO

As bactérias do grupo coliformes servem como indicadores de contaminação fecal. Em decorrência disso, este estudo teve por objetivo avaliar a qualidade da água do rio São Manoel (MG) ao longo dos 37 Km de extensão e, para tal foram monitorados cinco locais entre setembro 2015 e março 2016. Os parâmetros observados foram coliformes totais, coliformes fecais, oxigênio dissolvido, temperatura e vazão. Os coliformes detectados em triplicata por meio de cartelas com meio de cultura em forma de gel desidratado (*dipslide* de papel - TecnobacColipaper®). A ANOVA de duas vias (Bonferroni) demonstrou que houve diferença altamente significativa ($p < 0,0001$) com interação ($p < 0,05$) entre os fatores local de coleta e tempo, para contaminação bacteriana (Log). A água a montante do rio encontrava-se em boas condições, porém, ao longo de sua trajetória, a qualidade foi degradada até desembocar no rio Pomba. Esta poluição é característica de esgoto não tratado e tornou a água inapropriada ao consumo animal e humano. Portanto, para solucionar esta situação, é necessária a aplicação de medidas de saneamento básico.

Palavras-chave: Água; Coliformes termotolerantes e totais; Oxigênio dissolvido; Poluição

WASTEWATER IMPACT ON RIVER SÃO MANOEL WATER (MG) - MICROBIOLOGICAL ANALYSIS

ABSTRACT

Coliform bacteria group serves as indicator of faecal contamination. As a result, this study aimed to evaluate the water quality of the river São Manoel(MG) along its 37 km, had five locations monitored between September 2015 and March 2016. The observed parameters were: total coliforms, fecal coliforms, dissolved oxygen, temperature and water volume flow. The coliforms were detected in triplicate using cards with culture medium in the form of dehydrated gel (*DIPSLIDE* paper - TecnobacColipaper®). The two-way ANOVA (Bonferroni) demonstrated that there was a highly significant difference ($p\text{-value}<0.0001$) with interaction ($p\text{-value}<0.05$) between the factors local of collection and time for the bacterial contamination (Log). The water from the beginning of the river has good condition, however, throughout its flow, the quality degrades until it discharges into the Pomba river. This pollution is characteristic of untreated sewage, so the water becomes unsuitable for animal and human consumption. These situation can be solved by the application of basic sanitation measures.

Keywords:Water; Total and faecal coliforms; Dissolved oxygen; Pollution

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos pontos de análise ao longo do rio São Manoel (A-E).....	30
Figura 2: Foto ilustrativa da cartela microbiológica usada para análise.	33
Figura 3: Aferição do OD e temperatura da água (oxímetro digital Lutron DO-5519)	34
Figura 4: Processo de medição da vazão do rio.	35
Figura 5: Foto representativa das amostras incubadas e com as Unidades Formadoras de Colônia (UFC).	36
Figura 6: Carga bacteriana de coliformes totais na água do rio São Manoel, MG, ao longo do tempo nos diferentes pontos de coleta (A, B, C, D e E).	37
Figura 7: Carga bacteriana de coliformes fecais na água do rio São Manoel, MG, ao longo do tempo nos diferentes pontos de coleta (A, B,C, D e E).	38
Figura 8: Concentração de oxigênio dissolvido ao longo do tempo nos pontos de coleta do rio São Manoel, MG.	39
Figura 9: Vazão do rio São Manoel (MG) ao longo do tempo nos pontos de coleta. O ponto A teve seus valores multiplicado por 10 para melhor representação gráfica...	40
Figura 10: Precipitação na Zona da Mata Mineira de acordo com a estação automática de Coronel Pacheco, MG, entre os meses de Setembro de 2015 a Março de 2016.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação da água quanto aos padrões de qualidade de água doce...	23
Tabela 2: Localização dos pontos de coleta de água no rio São Manoel.....	31
Tabela 3: Temperatura da água aferida nos pontos (A-E) e temperatura máxima e mínima do ar registrada nos dias das coletas.	39
Tabela 4: Dados estatísticos das cidades de Rio Poma e Silveirânia em Minas Gerais.....	45

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APP	Áreas de Preservação Permanente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ETA	Estação de Tratamento de água
GD	Graus Decimais
GMS	Graus Minutos Segundos
H₂O	Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
L	Litro
L/h	Litros por hora
L/min	Litros por minutos
m³	Metro cúbico
m³/h	Metros cúbicos por hora
m³/s	Metros cúbicos por segundo
mg.L⁻¹	Miligrama por litro
mL	Mililitro
NMP	Número mais provável
O₂	Oxigênio
OD	Oxigênio dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
SUS	Sistema Único de Saúde
UFC	Unidades Formadoras de Colônia
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	21
2.1 Geral.....	21
2.2 Específicos	21
3. REVISÃO DE LITERATURA	22
3.1 Água.....	22
3.1.1. Legislação Brasileira sobre a água.....	22
3.2 Rios	24
3.3 Qualidade da água dos rios.....	25
3.3.1 Coliformes Totais.....	27
3.3.2 Coliformes termotolerantes	27
3.4 Temperatura.....	27
3.5 Oxigênio Dissolvido	28
3.6 Vazão	29
4. MATERIAL E MÉTODOS	30
4.1 Área do estudo	30
4.2 Coleta das amostras microbiológicas	32
4.3 Medição do oxigênio dissolvido e da temperatura na água.....	33
4.4 Medição da vazão do rio	34
5. RESULTADOS	36
6. DISCUSSÃO	41
7. CONCLUSÃO.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52
ANEXO A: Resultados das análises microbiológicas de coliformes totais, expressa em Log UFC.100 mL ⁻¹ , da água do rio São Manoel.....	59
ANEXO B: Resultados das análises microbiológicas de coliformes fecais, expressa em Log UFC.100 mL ⁻¹ , da água do rio São Manoel.....	59

1. INTRODUÇÃO

O planeta vem atravessando por momentos preocupantes em relação ao fornecimento de água em quantidade e qualidade suficientes para os mais variados fins. Grande parte das bacias hidrográficas estão degradadas e/ou contaminadas. A preservação da qualidade da água deve ser encarada como uma necessidade universal, exigindo, portanto, uma atenção especial dos governantes, autoridades sanitárias e consumidores em geral. Tendo em vista a importância da água sobre a vida e a partir de relatos dos problemas causados pela contaminação da água, torna imprescindível conhecer a situação atual de qualquer bacia hidrográfica. Um dos caminhos é monitorar a qualidade da água por meio de análises.

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos corpos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental [1]. Instrumento este que permite conhecer o estado e as tendências qualitativas e quantitativas dos recursos naturais e as influências exercidas pelas atividades humanas e por fatores naturais sobre o ambiente [2].

A atual política nacional de recursos hídricos, estabelecida na Lei Federal nº 9.433, de janeiro de 1997, considera a água um bem público, dotado de valor econômico, cujo uso prioritário é o consumo humano e animal. Assim, as alternativas de integração do uso da água com as mais diversas atividades econômicas e sociais que atendem aos mais diversos interesses, com vistas ao desenvolvimento sustentável, tornam-se cada vez mais direcionadas à conservação e a utilização racional e integrada dos recursos hídricos [3].

Desde a antiguidade as grandes cidades e civilizações se desenvolveram às margens dos rios devido à necessidade de água de qualidade, adequada e em quantidade suficiente para suprir as atividades humanas. Neste sentido, a água assume caráter imprescindível para a sobrevivência dos povos. Entretanto, da mesma forma que a sua presença cria condições para a vida, a má qualidade da água, pode também representar sérios riscos à saúde ao transportar microrganismos patogênicos que dependendo da fonte geradora são capazes de

produzir infecções em órgãos respiratórios, trato urinário, pele, ouvido, olhos, desordens gastrointestinais entre outras complicações, e o crescimento desenfreado pode provocar danos aos recursos hídricos como a eutrofização [4].

A intensa urbanização, o aumento da demanda por água doce, a elevada quantidade de lançamento de efluentes sem tratamento no leito do rio, o uso indiscriminado dos recursos hídricos para fins agrícolas, industriais e domésticos, a alteração do uso do solo rural e urbano, as modificações no sistema fluvial e a consequente contaminação da água são considerados um dos maiores problemas a serem enfrentados neste século [5]. A água é uma preocupação mundial e à medida que a humanidade cresce, com crescimento de aglomerações urbanas, ocorre uma degradação da sua qualidade e modificação de sua composição natural, gerada pelo despejo de poluentes, pela proliferação de bactérias patogênicas, causando grandes malefícios ao ecossistema aquático e à saúde pública, diminuindo cada vez mais sua disponibilidade para a espécie humana [6].

Os problemas de poluição das águas são, em sua maioria, caracterizados pelo crescimento urbano, rural e industrial mal planejados, o que reflete na saúde da população e, por esse motivo, a determinação de parâmetros de avaliação e o acompanhamento da qualidade da água dos mananciais podem servir para fornecer elementos de comparação e monitoramento das melhorias a serem implantadas para recuperação dessa bacia [7].

Nas últimas décadas, algumas regiões estão passando por escassez de água potável, perdendo o equilíbrio e ultrapassando o ponto de recuperação. Lidar com um futuro sem disponibilidade de água e com recursos hídricos escassos é agora uma possibilidade real em várias partes do mundo. A garantia de oferta de água potável para todos deve ser prioritária por se tratar de um bem vital para suprir as necessidades básicas, tornando-se uma preocupação aos órgãos governamentais e civis, pois a demanda por água doce em todo o mundo vem aumentando de maneira significativa em decorrência do aumento populacional [8].

Os dados das agências internacionais que tratam dos recursos hídricos não são animadores: 70% dos dejetos industriais nos países em desenvolvimento são lançados diretamente nos corpos d'água, sem qualquer tipo de tratamento. Estima-se que dois milhões de toneladas de dejetos humanos são despejados diariamente nos rios, na forma de esgoto bruto; cerca de 1/5 da humanidade vive em locais nos quais o uso da água excede os níveis mínimos de recarga, o que tem levado à

diminuição gradual da água disponível. Se a tendência atual continuar inalterada, 1,8 bilhões de pessoas estarão vivendo com escassez absoluta de água, e 2/3 da população mundial podem passar a viver na condição de escassez por volta de 2025 [9].

No Brasil, os Indicadores Sociais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) mostram que a falta de saneamento básico continua sendo o principal problema de infraestrutura do país, afetando 1/3 das famílias brasileiras de áreas urbanas. Em 2012, 29,7% dos domicílios urbanos não tinham acesso simultâneo aos serviços de saneamento e iluminação (abastecimento de água, esgotamento sanitário, coleta de lixo e iluminação elétrica), destes, 93,5% viviam sem esgotamento sanitário [10].

A identificação dos impactos negativos causados pela ocupação inapropriada das margens dos rios ficou centrada no diagnóstico da qualidade da água, pois a escassez de um dos principais recursos naturais no mundo é o maior limitador da vida na Terra, limitando o desenvolvimento da agricultura, o crescimento da indústria e da sociedade como um todo [11].

Mais de 3,5 milhões de brasileiros, nas 100 maiores cidades do país, despejam esgoto irregularmente, mesmo tendo redes coletoras disponíveis. Mais de 100 milhões de brasileiros não tem acesso à coleta de esgoto, apenas 39% dos esgotos do país são tratados. Minas Gerais possui 74,22% do seu esgoto coletado, porém apenas 32,76% destes recebem tratamento [12].

Em 2012, cerca de 300 mil trabalhadores se afastaram das atividades por apresentarem quadros de diarreias e perderam 900 mil dias de trabalho. A probabilidade de uma pessoa com acesso a rede de esgoto se ausentar as suas atividades normais por diarreia é 19,2% menor do que uma pessoa que não tem acesso à rede. Em 2013, foram notificadas mais de 340 mil internações por infecções gastrointestinais no país e, o custo de uma internação por infecção gastrointestinal no Sistema Único de Saúde (SUS) foi de aproximadamente 355,71 R\$/ paciente na média nacional. Isso acarretou despesas públicas de R\$ 121 milhões no referido ano. Cerca de 2 mil pessoas morreram em hospitais por causa das infecções gastrointestinais. Se todos tivessem acesso a um saneamento básico haveria uma redução estimada de 329 mortes (15,5%) [13].

Nos países de clima quente as diarreias ocorrem com maior frequência durante a estação chuvosa, no entanto o risco do aparecimento de doenças como

cólera, giardíase, infecção por *Shigella*, febre tifóide, infecção por *Escherichia coli*, entre outras, independe da época do ano. No Brasil, as doenças de transmissão fecal-oral, especialmente as diarréias, representam em média mais de 80% das doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado [14].

O Brasil, em termos globais, conta com 12% do total mundial dos recursos hídricos. Entretanto, apresenta uma distribuição espacial desigual desses recursos ao longo do território [15]. A disponibilidade varia muito de uma região para outra. A disponibilidade desses recursos não é uniforme, porque mais de 73 % da água doce disponível no país encontra-se na bacia Amazônica. Além disso, nossas reservas de água potável estão diminuindo. Entre as principais causas da diminuição da água potável estão o crescente aumento do consumo, o desperdício e a poluição das águas superficiais e subterrâneas por esgotos domésticos e resíduos tóxicos provenientes da indústria e da agricultura [16].

O crescimento populacional e o desenvolvimento econômico verificados nas últimas décadas têm feito com que a água potável se torne um recurso cada vez mais precioso, escasso e disputado em praticamente todo o mundo. A importância da água é explicada pelo fato dela ser essencial para a sobrevivência do ser humano, à preservação do meio ambiente e ao desenvolvimento econômico [17].

As bactérias do grupo coliformes habitam o intestino de animais e humanos, e sua liberação direta e indireta nos ambientes aquáticos, servem como indicadores de contaminação fecal [18]. Uma grande vantagem no uso de bactérias coliformes como indicadores de contaminação fecal é sua presença em grandes quantidades nos esgotos domésticos, já que cada pessoa elimina bilhões destas bactérias diariamente. Dessa forma, havendo contaminação da água por esgotos domésticos, é grande a chance de encontrar coliformes em qualquer amostra de água [19].

O número de coliformes num corpo d'água não é constante, tendendo a variar de acordo com períodos de chuva ou de estiagem. A intensidade e duração da precipitação e o tempo decorrido desde a última precipitação pode afetar a quantidade gerada e o transporte de poluentes [20]. As águas de drenagem pluvial que mais contribuem com poluentes nas águas superficiais são as denominadas águas de primeira lavagem. Passadas essas, com a chegada de águas mais limpas ao corpo receptor, poderia haver o efeito diluição. Assim, o estudo da vazão parece ser em geral, mais adequado na avaliação da alteração da qualidade de um corpo de água do que a precipitação [21,22].

Uma forma de se conhecer a qualidade da água é fazer uso do monitoramento para obter informações necessárias ao gerenciamento e ações interventivas para recuperação ou preservação dos mananciais garantindo a sustentabilidade dos ecossistemas [23]. O monitoramento consiste na medição ou verificação de parâmetros de qualidade e quantidade de água, que pode ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo de água [16].

Para monitorar a quantidade de água se faz necessário uso da verificação da vazão. Por vazão entende-se o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo [24]. Sua medição é importante porque influencia a quantidade de sedimentos, a qualidade da água, os organismos que nela vivem e seus habitats. Essa variável também é influenciada pelo clima e pelas estações do ano, podendo refletir nas concentrações de oxigênio dissolvido, visto que rios com elevada vazão apresentam uma aeração melhor e maiores teores de oxigênio dissolvido que os rios calmos [25].

O oxigênio dissolvido é um parâmetro importante para controle dos níveis de poluição das águas. Ele é fundamental para verificar as condições aeróbicas num curso d'água que recebe material poluidor [26]. O oxigênio é de grande importância na manutenção da vida aquática, na qualidade da água e devido ao seu papel fundamental para os organismos aeróbios aquáticos, pois, a maioria das espécies não resistem a concentrações de oxigênio dissolvido inferiores a $4,0 \text{ mg.L}^{-1}$ [27]. Um rio considerado limpo, em condições normais, apresenta normalmente de 8 a 10 mg.L^{-1} . A determinação do teor de oxigênio dissolvido é de fundamental importância na avaliação das condições de poluição por matéria orgânica em águas naturais e na detecção de impactos ambientais como eutrofização [28].

Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da concentração do mesmo no meio, sendo, portanto, o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos [29,30]. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática [31]. O teor de oxigênio dissolvido é um fator importante à preservação da fauna e flora aquática [32].

Segundo Araújo et al. [33] o oxigênio dissolvido pode ser utilizado como indicador de qualidade das águas superficiais e determinar o impacto causados pelos poluentes, uma vez que a proliferação bacteriológica depende diretamente de suas concentrações, constituindo assim, uma metodologia de rápida análise e passível de realização no campo. Essa quantificação é um importante fator a ser considerado no desenvolvimento de qualquer planejamento na gestão de recursos hídricos.

Para Branco [34] a redução do oxigênio dissolvido na água é efeito da alteração da temperatura da mesma e que afeta a solubilidade dos gases, diminui sua concentração e impactando sobre a vida dos organismos aeróbicos aquáticos. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas [35], cujo lançamento de efluentes com altas temperaturas pode causar impacto significativo nos corpos d'água.

O aquecimento das águas dos rios pode ter origem em processos naturais como a insolação e redução de vazão, assim como de processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes com temperatura diferente do corpo receptor, pelo calor liberado na oxidação de carga poluente lançada e pelo desmatamento na área de drenagem. A água apresenta uma excepcional habilidade de armazenar calor e, isso faz com que um rio, depois de aquecido, volte muito lentamente a sua temperatura natural [36].

Para Arcova e Cicco, e Bueno et al. [37,38] a temperatura da água foi afetada pelo uso do solo, com tendência de apresentar menores valores nas áreas com vegetação, provavelmente pela condição de cobertura dos córregos, podendo ainda interferir em outras variáveis. A manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumentos da temperatura da água proveniente da exposição direta à radiação solar.

Para Hunter [39], os trechos dos rios estudados, em cujos pontos exibiram a temperatura mais elevada, são também aqueles que recebem a maior carga de poluentes advinda dos esgotos sanitários. Além disso, um aumento em temperatura ameaça a qualidade da água com relação a doenças transportadas pela água, especialmente a cólera, na Ásia e América do Sul.

Considerando-se a vitalidade da água para o ser humano, assim como para outros seres vivos, e para o estabelecimento e desenvolvimento das civilizações e

de extrema importancia que se avalie os impactos causados, direta ou indiretamente, pelas atividades antropogênicas. Assim como a implementação de programas que busquem a redução dos agravos a qualidade da água, tanto quanto o uso consciente desse recurso, cada vez mais escasso, de modo a manter sua qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a qualidade da água/presença de coliformes no rio São Manoel, Zona da Mata do estado de Minas Gerais.

2.2 Específicos

- Localizar os pontos críticos de contaminação;
- Quantificar contaminação por coliformes fecais;
- Sugerir medidas de melhoria quanto aos aspectos microbiológicos na água;
- Oxigênio dissolvido e temperatura;
- Vazão.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Água

Substância que a temperatura ambiente se encontra no estado líquido, e em seu estado de pureza é incolor, inodora e insípida. A molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H₂O) [40].

A água é um recurso fundamental para a existência da vida. Foi na água que a vida floresceu e, seria difícil imaginar a existência de qualquer forma de vida na ausência deste recurso vital. Nosso planeta está inundado d'água; um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de km³ cobre cerca de 71% da superfície da Terra [41].

A água é vital para a vida no planeta, substância mais abundante da natureza, ocorrendo nos rios, lagos, oceanos, mares, nas calotas polares e também na atmosfera. Dentre os diversos reservatórios, cerca de 97,5% da água do planeta está presente nos oceanos e mares, na forma de água salgada, ou seja imprópria para o consumo humano. Dos 2,5% restantes, que perfazem o total de água doce existente, 2/3 estão armazenados nas geleiras e calotas. Apenas cerca de 0,77% de toda a água está disponível para o consumo humano. Encontrada na forma de rios, lagos, água subterrânea, incluindo ainda a água presente no solo, atmosfera (umidade) e na biota [41,42].

3.1.1. Legislação Brasileira sobre a água

Lei nº 9.433 de 1997

Esta Lei baseia-

se nos fundamentos de que a água é um bem de domínio público, um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais. Também expõe que se deve assegurar para a atual e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, à prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.

Constituição da República Federativa do Brasil 1988

Estabelece que são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio.

Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.

Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. As áreas de Preservação Permanente (APP) são áreas protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Portaria nº 518 de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde

Dispõe sobre os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e a vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, dentre outras providências (Tabela 1).

Tabela 1: Classificação da água quanto aos padrões de qualidade de água doce.

	Coliformes termotolerantes por 100 mL	OD m.gL ⁻¹ O ₂
Classe 1	≤ 200	≥ 6
Classe 2	≤ 1.000	≥ 5
Classe 3	≤ 2.500	≥ 4
Classe 4	-	≥ 2

Fonte: CONAMA, 2005.

Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

CAPÍTULO I

Das definições

Art. 2º Para efeito desta Resolução são adotadas as seguintes definições:

I - águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰;

CAPÍTULO II

Da classificação dos corpos de água

Art.3º As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade.

Parágrafo único. As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes.

Seção I

Das Águas Doces

Art. 4º As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; e,
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA nº 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

3.2 Rios

Os rios são fontes de um dos recursos naturais indispensáveis aos seres vivos: a água. Além disso, apresentam grande importância cultural, social, econômica e histórica. Faz parte do ciclo hidrológico e suas águas são geralmente abastecidas

pelo escoamento superficial, recarga das águas subterrâneas e nascentes. É um curso natural de água, que flui no sentido de outro curso d'água, rio, mar ou oceano. Podendo também em alguns casos, simplesmente fluir para o solo ou secar completamente antes de chegar a outro corpo d'água. Dependendo do seu tamanho, o curso d'água pode ser chamado por córrego, riacho, canal ou ribeira. O trajeto que percorre de sua nascente até a sua foz, de montante a jusante, constitui o seu curso ou caminho. O canal por onde as águas escoam denomina-se leito, cujo ponto mais profundo recebe o nome de talvegue [43,44].

A importância de um rio pode se basear em várias funções e destinações de suas águas. O uso de suas águas está presente na produção de energia elétrica, por meio da construção de barragens que formam grandes lagos artificiais, aproveitadas para movimentar as turbinas e fazem funcionar os geradores de eletricidade. No abastecimento de residências, escolas, hospitais, lojas, restaurantes, entre outros comércios. Podem, ainda, ser utilizadas como matéria prima na fabricação de diversos produtos, como bebidas, cosméticos e remédios. Nas áreas agrícolas, a água é utilizada para irrigação, na higiene, alimentação, dessedentação e tratamento dos animais. Há ainda, alguns rios com maiores extensões que permitem a navegação [43].

Segundo a Constituição do Brasil [45], são bens da União os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos do seu domínio, ou que banhem mais de um estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

3.3 Qualidade da água dos rios

A poluição dos recursos hídricos tem como origem diversas fontes, as principais causas de deteriorização dos rios, lagos e dos oceanos estão associadas ao tipo de uso e ocupação do solo, dentre as quais se destacam as poluições e contaminações por efluentes domésticos e industriais, como também a disposição inadequada de resíduos sólidos destinados incorretamente e a derrubada de matas ciliares, muitas das vezes por falta de conscientização ambiental da população, causando prejuízos à natureza, desde a diminuição do oxigênio dissolvido até a eutrofização do meio aquático [46].

O principal problema relacionado com a qualidade das águas está nas fontes de poluição aquática, podendo ser pontuais (localizadas), a carga poluidora é lançada de forma concentrada em determinado local, como os esgotos domésticos e industriais, ou podem ser difusas (não pontuais), resultantes de ações dispersas, quando a carga poluidora é gerada em áreas extensas e não podem ser identificadas em um único local de descarg, como, por exemplo, as águas do escoamento superficial ou de infiltração em regiões rurais e urbanas [41,47].

Embora a água não ofereça condições adequadas para multiplicação da maioria dos micro-organismos patogênicos, é um excelente veículo de transmissão desses agentes para humanos e animais, principalmente os de rota fecal-oral [48]. Dentre os vários micro-organismos veiculados pela água, destacam-se *Salmonella* spp., *Vibrio cholera*, *Leptospira* spp., *Escherichia coli*, *Pseudomonas* spp., além de protozoários patogênicos e ovos de vermes intestinais [49].

A qualidade da água é vulnerável às condições ambientais a qual está exposta e a utilização inadequada pode poluir os corpos hídricos. Isso é preocupante porque o consumo de água contaminada por micro-organismos tem sido associado a vários problemas de saúde, principalmente em pessoas que tem baixa resistência como idosos e crianças menores de cinco anos [50].

Entre as enfermidades relacionadas com a água destacam-se aquelas transmitidas pela ingestão de água contaminada, denominadas portanto enfermidades de veiculação hídrica [19]. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 80% das doenças que ocorrem em países em desenvolvimento são veiculadas pela água contaminada por micro-organismos patogênicos [51].

As doenças de veiculação hídrica, causadas por bactérias, vírus, protozoários, helmintos e outros micro-organismos patogênicos são os problemas de saúde pública mais comuns nos países em desenvolvimento. Essas doenças transmitem-se principalmente por meio de excretas de origem humana ou animal, por sua introdução nas fontes de água, tornando-a imprópria para o consumo humano. Os principais micro-organismos presentes na água contaminada são *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*, e são responsáveis pelos numerosos casos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas – como a febre tifóide – que constituem grave risco para a saúde humana [52].

3.3.1 Coliformes Totais

Os coliformes totais são bactérias do grupo coliforme que são utilizadas como organismos indicadores de contaminação. Geralmente não são patogênicas, mas indicam a possibilidade da presença de organismos patogênicos. Os coliformes totais indicam as condições higiênicas e podem estar presentes inclusive em águas e solos não contaminados. São compostos por grupos de bactérias gram-negativas que podem ser aeróbicas ou anaeróbicas (isto dependerá do ambiente e da bactéria), não originam esporos e são capazes de se desenvolverem na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose, produzindo ácido e gás a 35 °C. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo [53].

3.3.2 Coliformes termotolerantes

Os coliformes termotolerantes ou fecais vivem no intestino dos animais como bovinos, suínos, cachorros, gatos, aves, homens etc., sem lhes causar quaisquer prejuízos. Eles são adquiridos quando penetram através da pele ou quando são ingeridos juntamente com a água ou alimentos contaminados e, são constantemente liberados em grande quantidade juntamente com as fezes. Quando se faz a análise da água e se encontra contaminação por coliformes fecais significa que naquele local houve descarga de esgoto em período recente, o que aumenta a probabilidade de haver ali ovos e larvas de parasitas intestinais, visto que estas formas também podem ser eliminadas com as fezes. Desse modo, a presença de coliformes fecais, que são mais facilmente detectáveis em exames de rotina de laboratório do que a forma parasitária indica que a água não deve ser utilizada porque há um risco elevado de contaminação [54].

3.4 Temperatura

A temperatura é uma medida da intensidade de calor. Temperaturas elevadas têm como consequência o aumento das taxas das reações físicas, químicas e biológicas, além da diminuição de solubilidade dos gases como o oxigênio dissolvido. Expressa

a energia cinética das moléculas de um corpo, sendo seu gradiente responsável pela transferência de calor em um meio [52].

A alteração da temperatura da água pode ser causada por fontes naturais (principalmente energia solar) ou antropogênicas (despejos industriais e águas de resfriamento de máquinas). Os ambientes aquáticos brasileiros apresentam, em geral, temperaturas na faixa de 20 °C a 30 °C, entretanto, em regiões mais frias, como no sul do país, a temperatura da água em períodos de inverno pode baixar a valores entre 5 °C e 15 °C, atingindo em alguns casos, até o ponto de congelamento [52].

3.5 Oxigênio Dissolvido

Oxigênio Dissolvido (OD) é a concentração de oxigênio (O_2) contido na água, normalmente é expressa em $mg.L^{-1}$. A concentração de oxigênio dissolvido é um parâmetro muito importante para expressar a qualidade de um ambiente aquático, haja vista que a maioria dos organismos necessita deste elemento para a respiração [54].

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, podendo vir a causar uma redução da sua concentração no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, pode ocasionar a morte de diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Caso o oxigênio seja totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio) e, conseqüentemente geração de maus odores [29].

A quantidade de oxigênio dissolvido presente na água varia em função da temperatura, da altitude e da aeração da água. A solubilidade aumenta com a diminuição da temperatura, portanto, águas frias retêm mais oxigênio que as águas mais quentes. Em regiões de baixa altitude a pressão atmosférica é maior e permite que mais oxigênio seja dissolvido na água, enquanto que em altas altitudes este índice diminui. Naturalmente existem duas fontes de oxigênio para os sistemas aquáticos, a atmosfera e a fotossíntese realizada pelos seres vivos. Para a manutenção da vida aquática aeróbia são necessários teores mínimos de oxigênio

dissolvido de 2 mg.L^{-1} a 5 mg.L^{-1} , de acordo com o grau de exigência de cada organismo [52].

3.6 Vazão

A medição de vazão de fluidos sempre esteve presente em nosso dia-a-dia. Por exemplo, o hidrômetro de uma residência, o marcador de uma bomba de combustível em postos de abastecimento de veículos, etc [55].

Pode ser definida como a quantidade volumétrica ou mássica de um fluido que escoar entre dois pontos por um dado período de tempo. As unidades volumétricas mais comuns são: metros cúbicos por segundo (m^3/s), metros cúbicos por hora (m^3/h), litros por hora (L/h) e litros por minutos (L/min). A escolha correta de um determinado instrumento para medição de vazão pode depender de vários fatores. Existem vários métodos de medição de vazão tais como: flutuadores, vertedores, molinetes, batimetria, equações empíricas entre outros [55].

A vazão pode ser influenciada pelas estações do ano e clima, menor quando as taxas de evaporação são maiores, aumenta durante os períodos chuvosos e diminui durante os períodos secos. Essa variável influencia na quantidade de sedimentos na coluna d'água, pois em rios de águas calmas e com baixa vazão, os sedimentos irão depositar-se rapidamente no fundo e, em rios de águas turbulentas e elevada vazão, os sedimentos permanecerão suspensos por mais tempo na coluna d'água. Rios com elevada vazão apresentam maiores concentrações de oxigênio dissolvido que rios calmos, uma vez que estes apresentam uma aeração melhor devido a maior movimentação da água [25].

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área do estudo

O local de coleta ocorreu na bacia hidrográfica do rio São Manoel, afluente do rio Pomba, subafluente do rio Paraíba do Sul, na Serra da Mantiqueira, Zona da Mata do estado de Minas Gerais, a 70 km de Juiz de Fora. Em seu percurso, margeia os municípios de Silveirânia e Rio Pomba, deságua no rio Pomba. Apresenta aproximadamente 37 Km de extensão e drena uma área de 157 Km² (Figura 1).

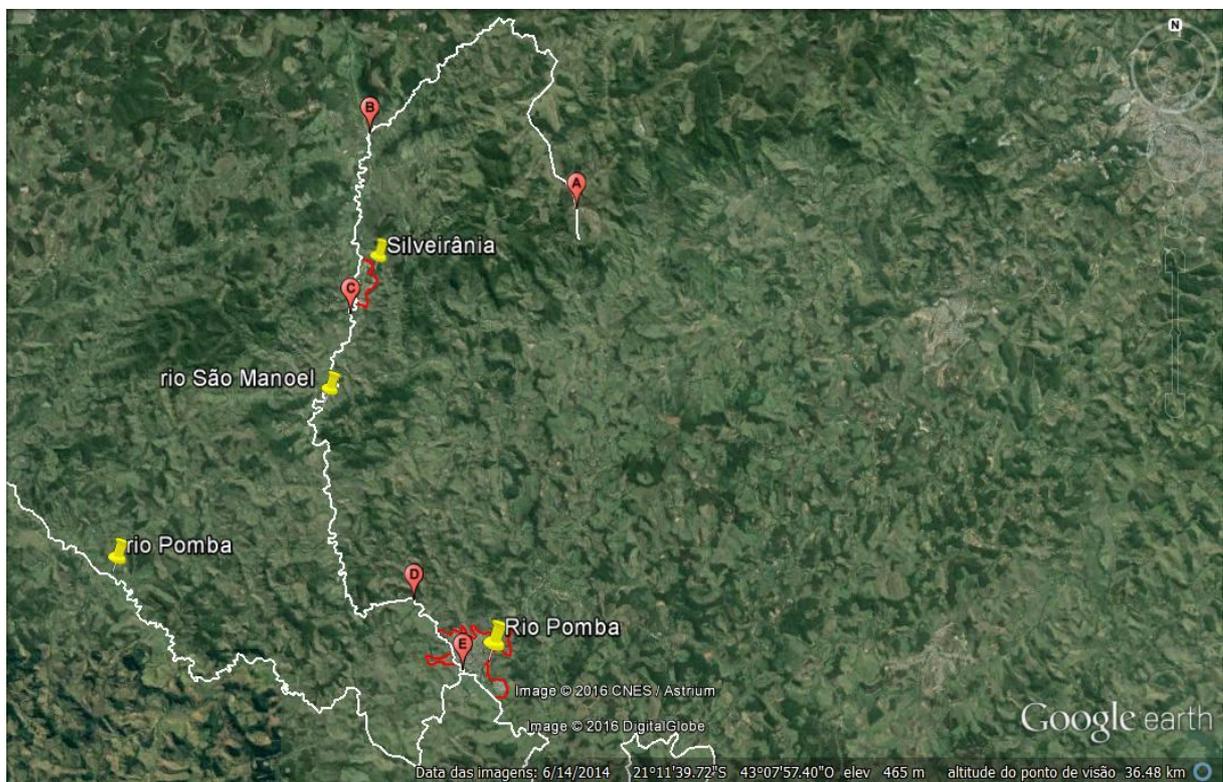


Figura 1: Localização dos pontos de análise ao longo do rio São Manoel (A-E).

Fonte: adaptado de Google Earth 2016.

Foram selecionados cinco pontos (Tabela 2) ao longo do curso do rio São Manoel, nos municípios de Silveirânia e Rio Pomba, MG, para a coleta das amostras microbiológicas, oxigênio dissolvido e vazão.

Tabela 2: Localização dos pontos de coleta de água no rio São Manoel.

Pontos de coleta		*Distância a montante	Altitude	Coordenadas WGS84	
A	Montante	0,37 Km	805 m	21° 08' 19" S	43° 08' 42" W
B	Antes da cidade de Silveirânia	15,00 Km	522 m	21° 06' 58" S	43° 12' 50" W
C	Após a cidade de Silveirânia	21,00 Km	490 m	21° 10' 12" S	43° 13' 12" W
D	Antes da cidade de Rio Pomba	33,00 Km	447 m	21° 15' 17" S	43° 11' 56" W
E	Jusante	36,71 Km	430 m	21° 16' 34" S	43° 10' 59" W

Fonte: Google Earth 2016.

* A distância entre os pontos de coletas A-E foi calculada por estimativa no sentido do percurso do rio utilizando a ferramenta "adicionar caminho" do Google Earth.

O município de Silveirânia apresenta a área urbana drenada pelo rio São Manoel e a cidade fica na margem do rio entre os pontos B e C. A cidade de Rio Pomba possui aproximadamente um quarto de sua área drenada pelo rio São Manoel, o qual passa por dentro de parte dessa cidade entre os pontos D e E. As duas cidades estão equidistantes 16 km via rodovia. São duas cidades de pequeno porte, com atividades econômicas semelhantes, notoriamente agropecuárias.

O clima de ocorrência na Zona da Mata Mineira é o Tropical de Altitude, tendo distintas duas estações, uma chuvosa e outra seca, predominando a Massa Tropical Marítima e a Frente Polar Atlântica. A região da Zona da Mata Mineira está sujeita no período chuvoso à ocorrência do fenômeno climático denominado Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS [56].

O sistema ZCAS é caracterizado por uma banda de nebulosidade orientada na direção noroeste-sudeste que se estende do sul da Amazônia ao Atlântico Sul-Central por alguns milhares de quilômetros, associado à estacionariedade de frentes frias na região sudeste do Brasil, sendo intensificada pela convergência de calor e umidade provenientes da região central da América do Sul [57].

O clima de Silveirânia é o Tropical de Altitude, tendo distintas duas estações, uma chuvosa e outra seca, predominando a Massa Tropical Marítima e a Frente Polar Atlântica. A região do município é caracterizada por uma altura pluviométrica em torno de 1200 a 1800 mm/ano e a variação de temperatura apresenta média anual de 18°C, média máxima anual de 24,4°C e média mínima anual de 13,8°C, com índice pluviométrico anual de 1.436,1 mm [56]

O clima de Rio Pomba é o tipo Tropical Quente e Úmido, com verões quentes e chuvosos e invernos com estiagem de quatro a cinco meses. Nos pontos

de altitude mais elevada os verões são brandos e o clima é classificado como Tropical Superúmido sem seca ou com subseca. A precipitação média anual dessa região é de 1.200 mm a 1.600 mm, e a temperatura média anual varia de 17,4 a 24,7 °C[1].

Os serviços de abastecimento de água são realizados, em ambas as cidades, pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). O município de Silveirânia dispõe de sistema de captação, tratamento e distribuição de água potável, atendendo 100% da população urbana e suprido majoritariamente por mananciais subterrâneos com captação realizada em dois poços tubulares profundos. Rio Pomba conta com um fornecimento de água de 99,12% na área urbana do município, realizada através da captação no Rio Pomba, sendo tratada na Estação de Tratamento de Água (ETA) [56,58].

4.2 Coleta das amostras microbiológicas

A sequência dos pontos de amostragem seguiu-se de montante para jusante do rio, realizada preferencialmente no meio da semana no período da tarde. Com intervalo mínimo de 72 horas após ocorrência de chuvas, como margem de segurança para evitar elevadas concentrações de bactérias que podem ser associados às enxurradas. Esse controle é necessário visto que as águas da chuva podem arrastar material para dentro do corpo d'água, inclusive diversas bactérias [59].

Os meses de coletas foram setembro, novembro e dezembro de 2015 e, janeiro, fevereiro e março de 2016. As amostras de cada ponto foram coletadas em triplicata [60], acondicionadas após a coleta em caixa isopor com pouco gelo para evitar congelamento e transportadas de carro para o laboratório. Com tempo médio entre a primeira coleta e a última de 2 horas. Foi utilizado o Kit microbiológico TecnobacColipaper® certificado pela Alfakit. Este consiste de uma cartela com meio de cultura em forma de gel desidratado (*dipslide* de papel) que detecta e quantifica a presença de coliformes fecais e totais. Emergiu-se a cartela na água diretamente no rio, aguardou-se umedecer, em seguida retirou-se a cartela e o excesso de água, finalmente, foi incubada em estufa bacteriológica por 15 horas a temperatura de 36-37 °C. A margem de confiabilidade de detecção do teste é mínima de 80 UFC e máxima de 25.000 UFC. Os valores abaixo dessa faixa foram transformados para 80 UFC e os valores acima para 25.000 UFC.

Posteriormente realizou-se a contagem das colônias pela distinção dos pontos de colônias com suas respectivas cores (violeta a azuis e róseo a vermelhos) (Figura 2), considerando os dois lados da cartela como recomendado pelo fabricante. Sendo contados e convertidos para o número de unidades formadoras de colônias (UFC) 100 mL^{-1} de coliformes fecais e totais.

A transformação dos dados microbiológicos para escala logarítmica e a estatística descritiva foram realizadas pelo programa BioEstat 5.3 [61]. Gráfico e a ANOVA [62] de duas vias (Bonferroni) foram calculadas pelo GraphPadPrism® 5.0 (ANEXO A,B).

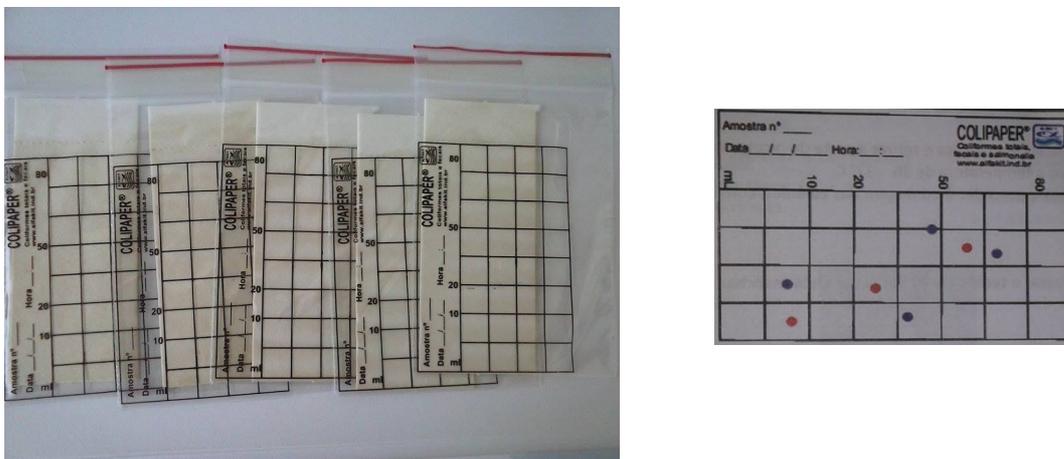


Figura 2: Foto ilustrativa da cartela microbiológica usada para análise.
Fonte: acervo pessoal.

4.3 Medição do oxigênio dissolvido e da temperatura na água

Para quantificar o oxigênio dissolvido disponível e a temperatura da água foi utilizado o oxímetro digital coletor de dados Lutron DO-5519 (Figura 3). Este equipamento possui incorporado um sensor de temperatura na ponta da sonda que tem por função indicar e corrigir a temperatura em que a mesma está submetida. O oxigênio dissolvido e a temperatura da água foram determinados no próprio local de amostragem, nos mesmos pontos e dias das coletas para as análises microbiológicas. Dados foram obtidos no momento em que a leitura do aparelho estabilizou, variando entre 5 a 12 minutos.

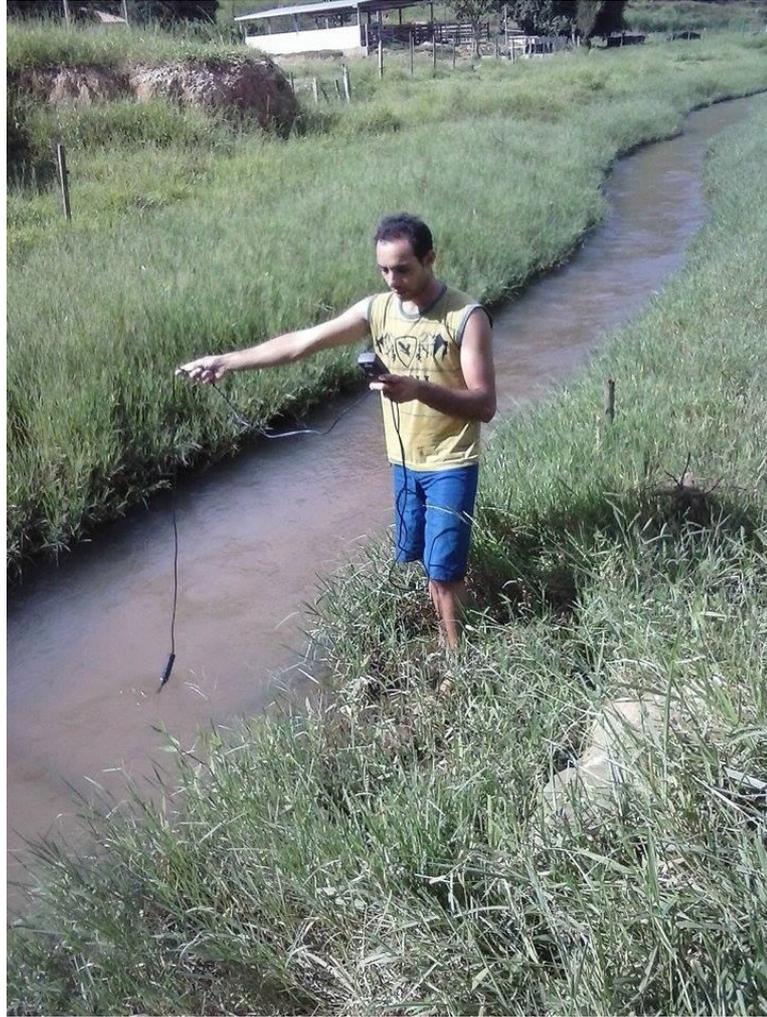


Figura 3: Aferição do OD e temperatura da água (oxímetro digital Lutron DO-5519)
Fonte: acervo pessoal.

4.4 Medição da vazão do rio

A vazão do rio foi medida nos mesmos pontos da amostragem da água para análise microbiológica e do oxigênio dissolvido e foi calculada segundo Palhares et al. [25]. O trecho escolhido para a medição da vazão apresentava predominância de direção retilínea (sem curvas) com profundidade superior a 15 cm e com água em corredeira desobstruída. Para a medição da largura do rio foi utilizado trena de 50 m fixada em estacas de bambu, cravadas na margem no nível de água do rio. A profundidade aferida através de fita métrica afixada a uma superfície de madeira plana para dar consistência deixando-a rígida permitindo resistir à força empregada pela corredeira. Para calcular a velocidade da água, o flutuador (laranja) foi lançado a uma distância de montante da estaca de partida, suficiente para que o mesmo alcance a velocidade da superfície, cronometrando-se o tempo por cinco repetições (Figura 4).



Figura 4: Processo de medição da vazão do rio.
Fonte: acervo pessoal.

5. RESULTADOS

Para se avaliar a qualidade da água ao longo do percurso realizado pelo rio São Manoel, determinou-se a carga de coliformes totais e fecais através da quantificação de UFC (Figura 5). A carga bacteriana de coliformes totais foi diferente ao longo dos pontos de coleta ($p < 0,0001$; $F = 319,95$) e ao período de coleta ($p < 0,0001$; $F = 32,22$) (Figura 6). Houve interação entre os fatores ponto de coleta e tempo ($p < 0,0001$; $F = 6,55$). Entre o ponto de coleta A e E, seguindo-se o curso do rio, a presença de coliformes totais foi superior e significativamente diferente de montante para a jusante ($p < 0,001$), tendo apenas os valores nos pontos C maiores do que o ponto D.



Figura 5: Foto representativa das amostras incubadas e com as Unidades Formadoras de Colônia (UFC).

Fonte: acervo pessoal.

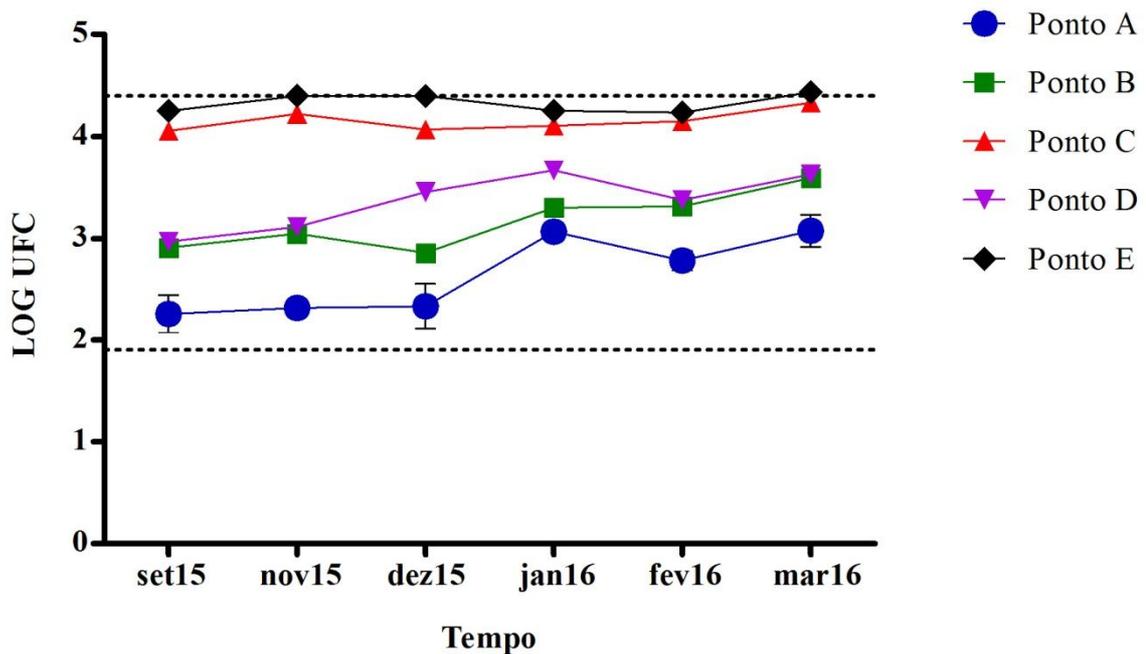


Figura 6: Carga bacteriana de coliformes totais na água do rio São Manoel, MG, ao longo do tempo nos diferentes pontos de coleta (A, B, C, D e E).

*UFC: Unidades Formadoras de Colônia;

**A linha pontilhada delimita a capacidade máxima e mínima de detecção do teste.

***As barras verticais representam o desvio padrão apresentados entre as repetições aferidas em triplicatas.

A carga bacteriana de coliformes fecais (Figura 7) foi diferente ao longo dos pontos de coleta ($p < 0,0001$; $F = 398,44$) e período de coleta ($p < 0,0001$; $F = 19,13$), apresentando tendência de comportamento semelhante aos coliformes totais (Figura 6). Houve interação entre os fatores ponto de coleta e tempo ($p = 0,0025$; $F = 2,67$). Entre o ponto de coleta A e E, seguindo o curso do rio, a presença de coliformes fecais foi superior e significativamente diferente de montante para a jusante ($p < 0,001$), tendo apenas os valores nos pontos C maiores do que o ponto D.

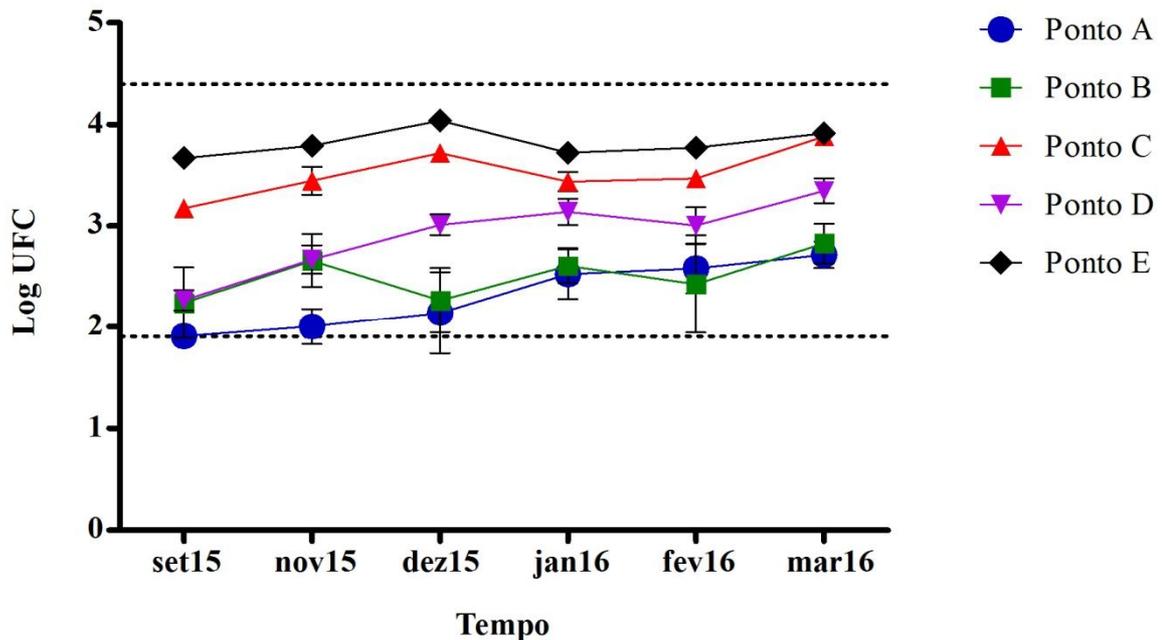


Figura 7: Carga bacteriana de coliformes fecais na água do rio São Manoel, MG, ao longo do tempo nos diferentes pontos de coleta (A, B, C, D e E).

*UFC: Unidades Formadoras de Colônia;

**A linha pontilhada delimita a capacidade máxima e mínima de detecção do teste.

***As barras verticais representam o desvio padrão apresentados entre as repetições aferidas em triplicatas.

Verificou-se um valor médio de concentração do oxigênio dissolvido de 6,07 mg.L⁻¹ considerando-se todas as amostras avaliadas. Sendo que o valor mínimo encontrado foi de 4,0 mg.L⁻¹ e o valor máximo de 7,9 mg.L⁻¹.

O ponto A foi o que apresentou os menores valores de OD, com exceção apenas para o mês de janeiro. O ponto B foi o que apresentou os maiores valores de OD, exceto no mês de março, no qual foi superado pelo ponto C. Os pontos mais a jusante (D e E) apresentaram uma flutuação da concentração de OD ao longo do tempo similar ao ponto C (Figura 8).

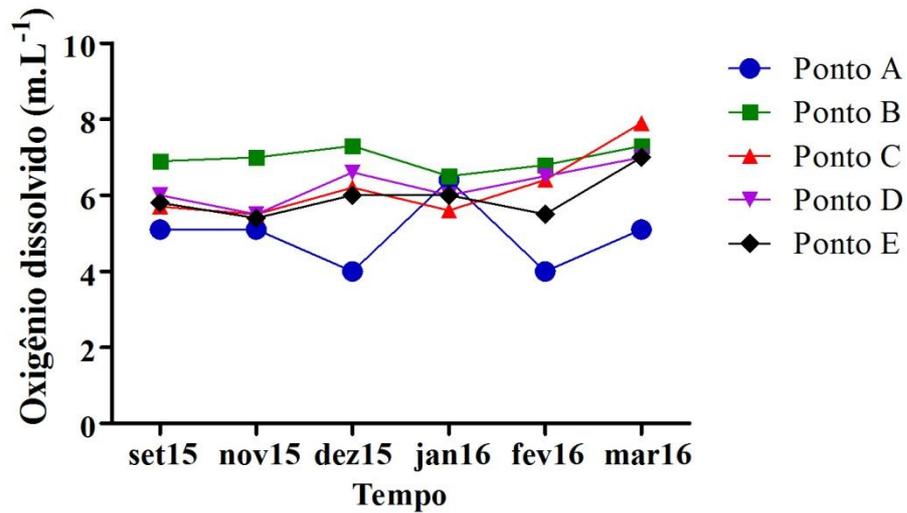


Figura 8: Concentração de oxigênio dissolvido ao longo do tempo nos pontos de coleta do rio São Manoel, MG.

Verificou-se que o ponto a montante (A) apresentou, durante todos os meses de avaliação, os menores valores da temperatura na água dentre os pontos avaliados (Tabela 3). A maioria dos pontos apresentaram menor temperatura na água no mês de setembro. Já as maiores foram verificadas nos meses compreendidos durante o verão.

Tabela 3: Temperatura da água aferida nos pontos (A-E) e temperatura máxima e mínima do ar registrada nos dias das coletas.

	Temperatura da água (°C)					*Temperatura do ar no dia da coleta (°C)	
	Ponto A	Ponto B	Ponto C	Ponto D	Ponto E	Máxima	Mínima
Set/15	20,8	23,7	25,5	24,0	24,5	34,0	14,5
Nov/15	22,3	23,5	25,0	25,3	25,2	27,8	20,4
Dez/15	25,7	28,7	28,7	29,1	29,1	32,0	19,8
Jan/16	26,0	27,6	29,2	28,6	28,2	33,1	21,3
Fev/16	24,9	27,3	28,2	28,6	28,2	33,0	19,9
Mar/16	22,7	24,3	24,1	25,4	25,7	32,7	19,5

*Fonte: INMET, 2016.

A vazão do rio São Manoel apresentou grande variação ao longo do percurso, tendo os pontos apresentados valores crescentes de vazão a medida em que se afastavam da montante em direção a jusante (Figura 9). O mês que houve a maior vazão na maioria dos pontos foi janeiro. As menores vazões foram detectadas nos meses de setembro e novembro.

O ponto A, muito próximo da nascente, apresentou valores muito reduzidos de vazão quando comparados aos demais. O ponto E por ser o mais distante e estar sob influência de uma maior área coletora na bacia, foi o que apresentou as maiores vazões.

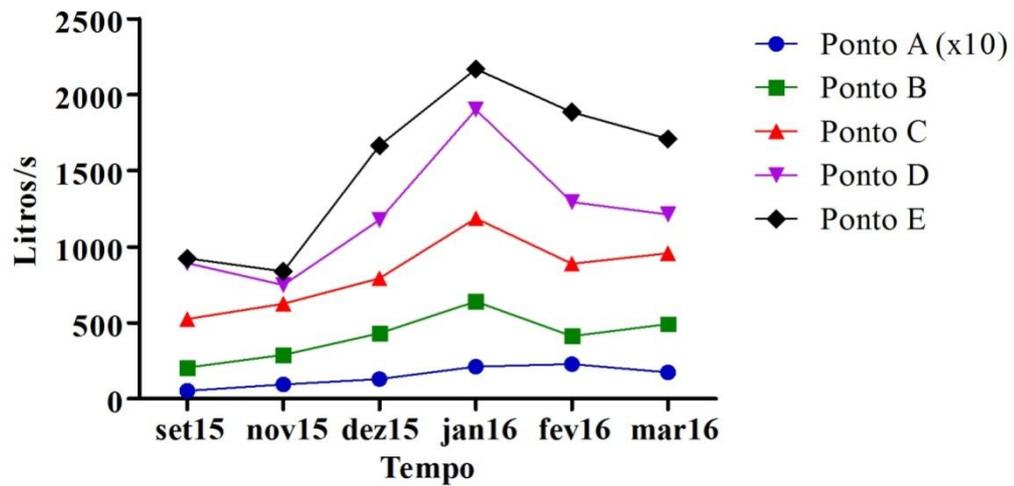


Figura 9: Vazão do rio São Manoel (MG) ao longo do tempo nos pontos de coleta. O ponto A teve seus valores multiplicado por 10 para melhor representação gráfica.

6. DISCUSSÃO

Apesar da dimensão de sua importância para a manutenção da vida, a água potável está com sua qualidade comprometida e se tornando cada vez mais escassa [63]. Esse problema pode estar correlacionado à combinação do crescimento exagerado das demandas localizadas e da degradação da qualidade das águas, em níveis nunca antes imaginados [64].

O rio São Manoel encontra-se na maioria de sua extensão deficiente de mata ciliar, alguns trechos totalmente ausentes, outros com presença deficiente. A mata ciliar é uma vegetação que se desenvolve as margens os rios, riachos, córregos, lagoas ou outros corpos d'água, recebem outros nomes, os mais comuns são mata de galeria e mata ripária. São de grande importância para proteção dos recursos hídricos, pois atua como uma barreira natural. Assim como os cílios protegem nossos olhos, as matas ciliares protegem os rios e age como filtro, mantendo a qualidade e a quantidade das águas, além de proteger os terrenos que ficam às suas margens [65].

De acordo com a Lei nº 12.651 [66], mata ciliar é uma área de preservação permanente em zonas rurais ou urbanas e deve-se manter intocada e, caso esteja degradada, deve-se prover a imediata recuperação. Toda a vegetação natural (arbórea ou não) presente ao longo das margens dos rios, e ao redor de nascentes e de reservatórios, deve ser preservada. A largura da faixa de mata ciliar a ser preservada está relacionada com a largura do curso d'água.

A presença dessa vegetação funciona como uma esponja, que “encharca” (retém) e libera a água gradativamente, tanto para o lençol freático como para o corpo d'água. Além de influenciarem na quantidade da água, as matas ciliares também melhoram a qualidade da água em uma microbacia. Retêm os sedimentos e os nutrientes carregados pela água das chuvas, vindo das partes mais altas do terreno, a ponto de esses não atingirem os cursos d'água em excesso. Incrementando a importância das matas ciliares, as raízes da vegetação formam um emaranhado, uma rede que fixa o solo e mantém as margens estáveis [67].

As águas do rio São Manoel seguem o seu declive percorrendo o seu talvegue de montante para jusante paisagem predominante de pastagem mal formada, ausência de mata ciliar, exploração de areia, pisoteio por animais na exploração da pecuária leiteira e de corte, estas que usam seu canal como fonte de

água. O sistema de criação de gado bovino no entorno do rio é caracterizado pela soltura do gado nos pastos e estradas o que possibilita aos animais o livre acesso às fontes de água no leito do rio.

O grande problema ocorrido em grande parte do Brasil é que a maioria dos rios que atravessam as cidades brasileiras está com suas águas deterioradas, ficando sem vida. O mesmo pode ser observado em outros países, como a jusante do rio Godavari na cidade de Nashik [68], no rio Zenne em Bruxelas [69], na parte do meio do rio Danúbio, em especial a jusante das grandes cidades de Budapest e Beograd [70]. A causa desse fenômeno está no despejo dos efluentes dos esgotos *in natura*, sem tratamento prévio, lançados nos rios. Outro fator contribuinte para o agravamento da situação são os lixos sólidos jogados diretamente no rio, ora carreados pelas águas das chuvas. O sistema de coleta de esgoto e água pluvial que deveria ser separado acaba sendo misto e conduzido pelo mesmo canal. Em cidades onde possa haver essa separação, provavelmente serão encontradas ligações clandestinas de esgoto no sistema pluvial.

Um intervalo mínimo de 72 horas após a ocorrência de chuva no local para a coleta dos dados é imprescindível para se evitar o efeito arraste. As bactérias estão presentes em grandes quantidades no solo, especialmente quando há presença de dejetos fecais, fato de grande recorrência em regiões onde o acesso a saneamento básico é insuficiente ou mesmo inexistente. Com a ocorrência de chuva, o volume de água de escoamento superficial lava o terreno urbano e rural, carrega as bactérias para dentro do rio, o que altera transitoriamente a condição predominante do leito e contribui para a degradação da qualidade da água [46]. A diminuição da qualidade sanitária da água é um dos fatores responsáveis pelo aumento de incidências de diarreias, especialmente no período de maior índice pluviométrico [14].

De montante a jusante verificou-se que houve um aumento expressivo da detecção de coliformes fecais e totais. Esse aumento coincide com a passagem do rio pelas cidades de Silveirânia e de Rio Pomba. Apesar disso existem atividades agropecuárias que ocorrem às margens do rio que também contribuirão potencialmente para a detecção de coliformes na água. Entretanto, os resultados indicam que a contribuição maior de poluição provém do centro urbano. Isso ocorre principalmente porque esses dois municípios não realizam qualquer tipo de tratamento no esgoto antes de o e lançarem no leito do rio [56,58].

A faixa de confiabilidade do teste utilizado foi adequada tanto no estudo piloto quanto nas coletas. As 30 amostras, obtidas em triplicata, totalizaram 90 cartelas. Desse montante, aproximadamente 7% apresentaram resultados fora do limite de confiabilidade de detecção para coliformes fecais. Nesse caso, os valores foram transformados para o valor limite. Essa transformação implica que em alguns pontos relatados como 80 UFC podem haver menor carga bacteriana detectável, assim como outros pontos relatados como 25.000 UFC podem haver maior carga bacteriana. A montante, por exemplo, identificamos leituras com ausência de crescimento de colônia, esses valores foram substituídos pelo valor mínimo de detecção do teste que é 80 UFC. A jusante, identificamos leituras com muitas colônias, até 41.000, esses valores foram substituídos pelo valor máximo de confiabilidade do teste que é 25.000 UFC. Essa correção, embora necessária, muitas vezes acaba por sub ou superestimar a carga bacteriana presente na amostra.

A presença das bactérias coliformes na água de um rio significa que esse rio recebeu matérias fecais ou esgotos, porém nem todas as bactérias coliformes causam doenças. São as fezes das pessoas doentes que transportam para as águas ou para o solo os micróbios causadores de doenças. Se a água recebe fezes ela pode estar recebendo microrganismos patogênicos prejudiciais à saúde, e o risco sanitário para o homem está ligado à concentração destes agentes patogênicos [18,71]. A água poluída é um importante veículo na transmissão de uma grande variedade de doenças e sua qualidade microbiológica é de fundamental importância para a Saúde Pública [72].

Não diferente do que se esperava, o ponto A apresentou a menor carga bacteriana de coliformes totais, imediatamente seguido pelo ponto B. De modo nada surpreendente, o ponto E foi o que apresentou as maiores cargas de coliformes totais, vale ressaltar que nos meses de novembro e dezembro de 2015 e março de 2016 os valores encontrados foram altíssimos superando o limite de confiabilidade do teste utilizado. Assim como ocorre no ponto C, o ponto E está localizado imediatamente após o rio fazer a drenagem de um quarto da cidade de Rio Pomba, que semelhante a Silveirânia não possui realização do tratamento do esgoto antes de lança-lo no curso d'água.

As possíveis justificativas para esses valores encontrados de coliformes fecais são exatamente as supracitadas para coliformes totais. A ausência de

diferença apresentada entre os pontos A e B ao longo dos meses, exceto novembro, pode ser creditada a grande variação apresentada entre as repetições de amostragem, como demonstrado pela barra de desvio.

No ponto C, os valores são maiores do que o ponto D, essa inversão pode ser compreendida devido à posição dos mesmos, uma vez que o ponto C se encontra imediatamente após um centro urbano (Silveirânia) (Tabela 2), que tem todo seu esgoto lançado diretamente no leito do rio sem que haja nenhum tipo de tratamento, além do aumento da vazão verificada no ponto D.

Esse aumento de vazão permite que ao longo dos 12 km que separam esses pontos ocorra uma diluição da carga bacteriana presente no rio.

A detecção de coliformes, tanto totais quanto fecais, nos pontos de amostragem após as duas cidades foi semelhante ($p > 0,05$) (Figuras 6 e 7) e isso pode sugerir que o potencial poluidor de ambas seja semelhante, proporcionalmente ao volume de água. Embora a cidade de Rio Pomba seja maior que Silveirânia, apenas cerca de um quarto da área urbana é drenada pelo rio São Manoel. A contribuição, em volume de esgoto lançado no rio, por parte desse um quarto da cidade de Rio Pomba certamente é muito superior à contribuição gerada por Silveirânia, uma vez que a população urbana Rio Pombense é 10 vezes superior a Silveiranense (Tabela 4). No entanto, essa maior carga de dejetos não refletiu em aumentos significativos de coliformes, totais e/ou fecais (Figuras 6 e 7), possivelmente compensada pelo aumento da vazão do rio em até 2 vezes, na maior parte do período avaliado (Figura 9). Elas são qualitativamente equiparáveis já que margeiam o rio São Manoel, ambas são de pequeno porte e apresentam atividades econômicas semelhantes, especialmente agropecuária. Esta, que por sua vez, é mais intensa em Silveirânia, visto que apresenta uma média de 12,49 animais/habitante, enquanto Rio Pomba possui apenas 2,25 animais/habitante (Tabela 4).

Tabela 4: Dados estatísticos das cidades de Rio Poma e Silveirânia em Minas Gerais.

Itens	Silveirânia	Rio Pomba
População 2010 em (habitantes)	2.192	17.110
População urbana em 2010 (habitantes)	1.429	14.454
População rural em 2010 (habitantes)	763	2.656
População estimada em 2015	2.282	17.939
Área da unidade territorial (Km ²)	157,456	252,418
Densidade demográfica (hab/Km ²)	13,92	67,78
Produção Agrícola Municipal ano de 2014		
Bovino (cabeças)	8.671	15.732
Suíno - total (cabeças)	2.979	3.471
Suíno - matrizes (cabeças)	241	482
Galináceos - galinhas (cabeças)	7.980	12.900
Vacas ordenhadas (cabeças)	7.758	6.300
Cana-de-açúcar - Área plantada (ha)	85	40
Cana-de-açúcar - Rendimento médio (Kg/ha)	60.000	60.000
Banana (cacho) - Área destinada à colheita (ha)	2	13
Banana (cacho) - Rendimento médio (Kg/ha)	10.000	10.000
Laranja - Área destinada à colheita (ha)	1	2
Laranja - produção (ton)	12	20
Laranja - Rendimento médio (Kg/ha)	12	10

Fonte: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=31&search=minas-gerais>

Foi identificada interação significativa entre os fatores tempo (mês) e localização dos pontos de coleta, tanto para coliformes totais quanto para coliformes fecais. Como as coletas foram realizadas sempre nas mesmas coordenadas, respectivamente, provavelmente as mudanças observadas que proporcionaram essa interação tenha ocorrido ao longo do tempo. Possivelmente essa mudança com o potencial de tal magnitude tenha influencia relacionada à pluviometria (Figura 10).

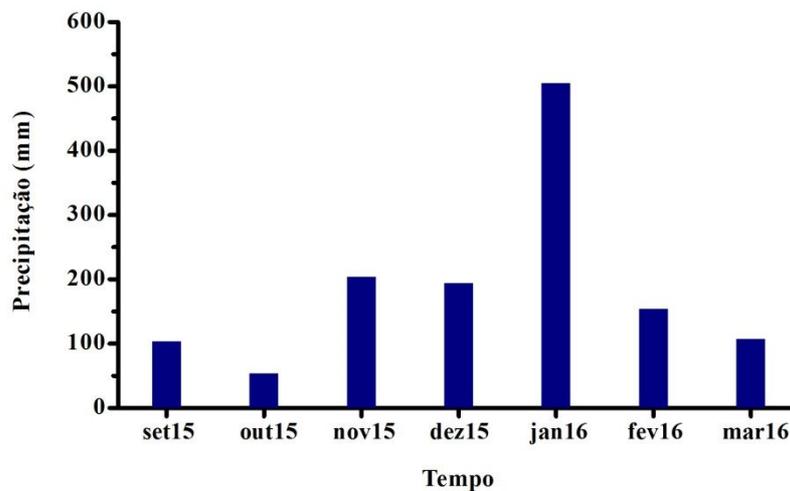


Figura 10: Precipitação na Zona da Mata Mineira de acordo com a estação automática de Coronel Pacheco, MG, entre os meses de Setembro de 2015 a Março de 2016.

Fonte: INMET, 2016

Os resíduos sólidos do município de Silveirânia são destinados a um aterro controlado e, como costuma ocorrer em aterros controlados, não é realizada a impermeabilização de base, nem existem sistemas de coleta e tratamento do biogás e do percolado (mistura entre o chorume produzido pela decomposição do lixo e a água da chuva). Além desse escoamento superficial, esse percolado pode alcançar o lençol freático, comprometendo ainda mais a qualidade da água. Cabe ressaltar que a uma distância de apenas 140 metros do local onde são depositados os resíduos, encontra-se o rio São Manoel [56].

De acordo com o IBGE de 2000, o esgoto gerado na área urbana de Rio Pomba, 82,22% é coletado pelo município e lançado sem tratamento nos córregos Independência e rio São Manoel, que deságuam no rio Pomba [58]. As águas que compõem o esgoto doméstico compreendem as águas utilizadas para higiene pessoal, cocção e lavagem de alimentos e utensílios, além da água usada em vasos sanitários [26]. Essa poluição e contaminação da água por microrganismos causada pela má destinação do esgoto são altamente problemáticas, provoca a eutrofização, morte da fauna aquática, e reflete de forma negativa na saúde das comunidades rurais, que em muitos casos utilizam, sem tratamento, para diversas atividades a água oriunda dos rios.

A contaminação microbiológica é um importante problema da qualidade da água em todo o mundo. A explosão demográfica, as atividades humanas, a industrialização extensiva e agricultura, afetaram e continuam a afetar

dramaticamente o ambiente aquático, levando a um aumento da poluição e mudanças hidromorfológicas em muitas bacias hidrográficas [73]. Quando os poluentes descarregados em corpos de água receptores excedem a capacidade de assimilação desses órgãos, ocorre alteração nos ciclos naturais dos habitats [20].

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água em função da temperatura [31]. A taxa de reintrodução de oxigênio dissolvido em águas naturais através da superfície depende das características hidráulicas e é proporcional à velocidade, sendo que a taxa de reaeração superficial em uma cascata (queda d'água) é maior do que a de um rio de velocidade normal, que por sua vez apresenta taxa superior à de uma represa, cuja velocidade normalmente é muito baixa [31].

As menores aferições de oxigênio dissolvido foram observadas a montante (ponto A; Figura 8), com exceção apenas para o mês de janeiro, esses valores reduzidos podem advir da baixa vazão e conseqüente reduzida turbulência, fator este de grande contribuição no processo de oxigenação da água. O que é condizente com a característica da área que é alagadiça, característica esta que pode justificar ao menos em parte a menor vazão apresentada por esse ponto de avaliação (Figura 9). Situado na maior altitude de coleta (Tabela 2), o local é caracterizado por acúmulo de água com abundante vegetação herbácea, presença de massas orgânicas em decomposição e lentidão no escoamento das águas. Como agravante, existe atividade de pecuária de corte com acesso dos animais na área palustre para se alimentar da vegetação mais viçosa e saciar a sede. Todas estas características contribuem para redução do oxigênio dissolvido na água. Além de estar a uma altitude de 805 m, bem mais elevada em relação aos demais pontos, em altas altitudes a concentração de oxigênio dissolvido é menor [65]. O mês de janeiro foi o período que apresentou um incremento no valor aferido do oxigênio dissolvido, isso se deve principalmente ao fato de que houve, nesse referido mês, uma precipitação acima de 500 mm (Figura 10) e, quanto maior a velocidade e mais turbulento o fluxo d'água, mais oxigênio pode-se dissolver, além desse volume de chuva promover a diluição dos fatores que podem comprometer a concentração desse gás.

O ponto B apresentou os maiores valores de oxigênio dissolvido, mantendo-se constante ao longo dos meses. Essas maiores concentrações de OD em B pode

estar diretamente ligada com a sua localização, uma vez nesse ponto o rio ainda não banhou nenhum centro urbano, não tendo recebido, portanto, grandes cargas de esgotos domésticos e/ou industriais e sua localização está há 522 m de altitude, 283 m abaixo do ponto A (Tabela 2). Essa diferença de altitude provoca variação na concentração de oxigênio dissolvido, outro fator contribuinte são as barreiras físicas e quedas provocadas pela diferença de níveis além de surgimento de novos afluentes aumentando a vazão.

As análises ocorreram em meses compreendidos nas estações mais quentes do ano, primavera e verão. Se considerarmos apenas o fator temperatura, possivelmente esses valores de OD seriam maiores caso a avaliação ocorresse nos meses com temperaturas mais amenas, visto que, com a redução da temperatura ocorre uma diminuição da energia cinética das moléculas e estas permanecem interagindo com a água [74]. No entanto, durante os meses de menores temperaturas na região, ocorre também a redução da pluviometria e conseqüentemente a redução da vazão do rio. Com isso, ocorre redução da turbulência das águas assim como a concentração de dejetos depositados no leito do rio e conseqüentemente redução do OD.

Embora tenha havido variação nos valores de oxigênio dissolvido na água, tanto entre quanto dentre os pontos ao longo do tempo, a concentração deste sempre esteve dentro ou superior da faixa mínima necessária para a manutenção da vida no ambiente aquático (2 a 5 mgL⁻¹) (Figura 8).

Por ser uma variável de grande influência na solubilidade dos gases, a temperatura da água nos pontos A-E foram aferidas, assim como a temperatura máxima e mínima do ar nos dias das coletas foram coletadas da estação meteorológica mais próxima. A maioria dos pontos apresentaram menor temperatura na água no mês de setembro, exatamente no período de transição entre as estações inverno e primavera. Já as maiores foram verificadas nos meses compreendidos durante o verão. Os menores valores de temperatura encontrados no ponto A também pode se dá em função da sua elevada altitude (805 m), esta que varia de 283 m do seu ponto subsequente (B) a 375 m do ponto mais baixo (E) (Tabela 2). Os pontos C e E apresentaram valores semelhantes, o que coincide com a passagem do rio pela cidade de Silveirânia e posteriormente por Rio Pomba, esse aumento na temperatura da água pode estar relacionado com a presença de esgoto doméstico e

industrial lançado no rio, assim como da deficiência de mata ciliar e consequentemente a exposição do rio à radiação solar.

A temperatura de águas superficiais é afetada pela latitude, altitude, estação do ano, circulação do ar, cobertura de nuvens, vazão e profundidade do corpo hídrico. O aquecimento das águas dos rios pode ter origem em processos naturais, como os geotérmicos, variações sazonais da temperatura ambiente e da insolação, e da redução de vazão. Também advém de processos antrópicos diretos, como a descarga de efluentes com temperatura diferente do corpo receptor, pelo calor liberado na oxidação de carga poluente lançada, ou indiretamente, pelo represamento das águas e desmatamentos na área de drenagem [36].

As menores vazões foram detectadas nos meses de setembro e novembro, período este que ainda está no início do período chuvoso e, portanto, apresentam menores volumes pluviométricos (Figura 9).

O ponto A, por estar presente numa maior altitude (Tabela 2) e muito próximo da nascente, apresentou valores muito reduzidos de vazão quando comparados aos demais, característica essa devido ao fato deste estar, possivelmente, recebendo água apenas de uma nascente. Como esperado, o ponto E por ser o mais distante e estar sob influência de uma maior área coletora na bacia, foi o que apresentou as maiores vazões. Isto pode ser explicado, ao menos em parte, pela redução da altitude do terreno, permitindo assim uma maior proximidade do lençol freático, assim como a captação de água de uma maior extensão de área da bacia. O mês que houve a maior vazão na maioria dos pontos foi janeiro, este que coincide com o auge da época das chuvas na região (Figura 10).

Os valores da vazão nos pontos foram aumentando nos primeiros meses conforme a ocorrência de precipitação. Após infiltrar na superfície do solo, parte da água das chuvas percola através das fendas, abastecendo o lençol freático, consequentemente aumenta a vazão nas nascentes. No mês de janeiro houve uma precipitação atípica superior aos demais meses o que influenciou o aumento da vazão. As informações coletadas da vazão do rio São Manoel são compatíveis com a pluviometria da região (Figura 10). Estação meteorológica automática de Coronel Pacheco – MG [75] com maior distância entre o rio e a estação de 46 km em linha reta [76]. A vazão de um rio pode aumentar repentinamente quando da presença de chuvas em outros pontos da bacia, e que os afluentes devem estar, nesse momento,

derramando mais água pelas suas desembocaduras. Assim a vazão de um rio varia de lugar para lugar e de tempos em tempos [9].

A preocupação com a presença de bactérias prejudiciais à saúde humana na água vem despertando o interesse na implantação de monitoramento microbiológico, visando diagnosticar os problemas, suas dimensões e os riscos para a saúde humana e aquática. O monitoramento e identificação dos pontos de contaminação fornecerá uma base de dados com importante impacto socioeconômico, podendo ser utilizada para tomadas de decisões e formulação de novas políticas ambientais.

Conforme a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde [53], não é permitida a presença de coliformes fecais ou termotolerantes em 100 mL de água já saneada e tratada para consumo humano.

De acordo com a carga de coliformes, totais e fecais encontrados no presente trabalho (Figuras 6 e 7), o rio São Manoel está poluído e, portanto, de acordo com a resolução 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente [16], a água do mesmo é inapropriada ao consumo humano e animal. O seu uso direto não é indicado para à recreação de contato primário e secundário, à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, à irrigação de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa ter contato direto, à aquicultura e à atividade de pesca, à dessedentação de animais.

Portanto, medidas de saneamento básico são recomendadas para reduzir a proliferação de doenças veiculadas pela água, preservar a qualidade do ambiente e a sobrevivência dos seres dependentes do mesmo.

Algumas medidas podem e devem ser tomadas para melhorar a qualidade da água do rio São Manoel. Essas medidas demandam investimento tanto por parte do poder público como setor agropecuário. Algumas dessas medidas podem levar de meses a anos para serem concluídas, mas, sem dúvida alguma, os resultados beneficiariam muito na qualidade da água do rio e na qualidade de vida da população. As medidas sugeridas são: a implementação de coleta e tratamento do esgoto doméstico, rural e industrial, reestabelecimento da mata ciliar em todo o percurso do rio, inclusive a montante nas suas nascentes, obedecendo à legislação vigente, restrição do acesso de animais da bovinocultura de leite e corte ao leito do rio e das áreas no entorno das nascentes.

7. CONCLUSÃO

A água do rio São Manoel estava poluída e imprópria ao consumo humano e animal. Coliformes totais e fecais foram detectados ao longo do rio. Esta contaminação é característica de dejetos não tratados despejados no leito. Foi comprovada interação da mudança de carga bacteriana nos pontos de coletas ao longo do tempo. Recomenda-se aplicar medidas de saneamento básico com tratamento do afluente de acordo com a legislação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Guedes HAS, Silva DD, Elesbon AAA, Ribeiro CBM, Matos AT, Soares JHP. Aplicação da Análise estatística multivariada não Estudo da Qualidade da Água do Rio Pomba, MG. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental. 2012; v.16, n.5, p.558–563.
- [2] Baltaci F, Onur AK, Tahmiscioglu S. Water quality monitoring studies of Turkey with present and probable future constraints and opportunities. Desanilation. 2008; v. 226, n. 1, p.321-327.
- [3] Brasil. Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, Brasília, DF. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm (acessado 03 ago 2015).
- [4] Silveira T. Análise Físico-Química da água da Bacia do Rio Cabelo- João Pessoa-PB. II CONNEPI 2007; II Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica João Pessoa – PB, 2007.
- [5] Tucci CEM. Águas urbanas. Estudos avançados, v. 22, n. 63, p. 1-16, 2008.
- [6] Silva SM, Carvalho L de, Querol E, Querol MV, Gonçalves JF. Análise microbiológica no Arroio Salso de cima e rio Uruguai. Biodivers. Pampeana. 2008; v. 6, n. 1, p. 34-39.
- [7] Silva ABA, Ueno M. Qualidade sanitária das águas do Rio Una, São Paulo, Brasil, no período das chuvas. Revista Biociências. 2008; v. 14, n. 1.
- [8] Silva RR. Bacia do rio Pomba (MG): uso e ocupação do solo e impactos ambientais nos recursos hídricos. Tese (Doutorado). Goiânia: Universidade Federal de Goiás; 2014. 135 p.
- [9] Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Água na medida certa: a hidrometria no Brasil. Brasília: ANA, 2012. 72 p.: il.
- [10] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Cidadania, Indicadores Sociais: IBGE: um terço dos brasileiros não têm acesso simultâneo a saneamento e luz, 2013. <http://www.redebrasilatual.com.br/cidadania/2013/11/ibge-1-3-dos-brasileiros-nao-tem-acesso-simultaneo-a-saneamento-e-luz-6005.html> (acessado 10 de fev 2016).
- [11] Andrade AR, Felchak IM. A poluição urbana e o impacto na qualidade da água do Rio das Antas - IRATI/PR. Geoambiente On-line. 2009; n.12. 25 p.
- [12] Trata Brasil. Situação Saneamento no Brasil. Instituto Trata Brasil, 2015. <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento-no-brasil> (acessado 15 de fev 2016).

- [13] Trata Brasil. Benefícios Econômicos da Expansão do Saneamento Brasileiro 2014, Instituto Trata Brasil/CEBDS. <http://www.tratabrasil.org.br/estudo-destaca-beneficios-com-a-expansao-do-saneamento-no-brasil> (acessado 15 de fev 2016).
- [14] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Indicadores de Desenvolvimento Sustentável Brasil 2012. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. 355 p.
- [15] Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: informe 2013. Ed. Especial. - Brasília: ANA, 2013a. 215 p. il.
- [16] Brasil. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 Mar. 2005. Seção Resoluções, p. 19, 2005.
- [17] Dias ICS. Estudo da viabilidade técnica, econômica e social do aproveitamento de água de chuva em residências na cidade de João Pessoa. Dissertação (Mestrado). João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba; 2007. 132 p.
- [18] Servais P, Billen G, Goncalves A, Garcia-Armisen T. Modelling microbiological water quality in the Seine river drainage network: past, present and future situations. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2007; 11, 1581–1592.
- [19] Brasil. Ministério da Saúde; Secretaria de Vigilância em Saúde; Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano. Brasília-DF; 2006. (Série B. Textos Básicos de Saúde). 212 p.
- [20] Zoppou C. Review of urban stormwater models. *Environmental Modelling & Software.* 2001; 16, p. 195-231.
- [21] Fritzsos E, Filho ACP, Ide CN, Gonçalves FV, Mantovani LE, Rizzi NE. As Interações entre coliformes e alteração de vazão em águas superficiais. 2001. https://www.researchgate.net/publication/240611614_AS_INTERACOES_ENTRE_COLIFORMES_E_ALTERACAO_DE_VAZAO_EM_AGUAS_SUPERFICIAIS (acessado 21 de jun. 2016)
- [22] Fritzsos E, Hindil EC, Mantovani LE, Rizzi NE. Consequências da alteração da vazão sobre alguns parâmetros de qualidade de água fluvial. *Revista Floresta.* 2003; v. 33, n. 2. p 201-214.
- [23] Lucas AAT, Folegatii MV, Duarte SN. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental.* 2010; v. 14, n. 9, p. 937-943.
- [24] Carvalho TM. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. *Revista Brasileira de Geografia Física - RBGF.* 2008; v. 1, n. 1, p. 73-85.
- [25] Palhares JCP, Ramos C, Klein JB, Lima JMM de, Muller S, Cestonaro T. Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador: Comunicado Técnico 455, Versão Eletrônica, Julho, 2007, Concórdia, SC.

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/443939/1/CUsersPiazzonDocuments455.pdf> (acessado 06 de ago. 2015).

[26] Pereira RS. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. 2004; v. 1, n. 1. p. 20-36.

[27] Pinto AL, Oliveira GH, Pereira GA. Avaliação da eficiência da utilização do oxigênio dissolvido como principal indicador da qualidade das águas superficiais da bacia do Córrego Bom Jardim, Brasilândias/MS. RevCeomae. 2010; v. 1, n. 1, p. 69-82.

[28] Farias MSS. Monitoramento da qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Cabelo. Tese (Doutorado). Paraíba: Universidade Federal de Campina Grande; 2006. 152 p.

[29] Von Sperling M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996. vol. 1, 243 p.

[30] Von Sperling M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 1ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 2007. vol 7. 588 p.

[31] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo. Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Série relatórios - Apêndice A. 2009

[32] Porto FA, Branco SM, Luca SJ. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R.L. (Org.). Hidrologia ambiental, São Paulo: EDUSP, 1991. p.375-390.

[33] Araújo SC de S, Salles PSB de A, Saito CH. Modelos qualitativos, baseados na dinâmica do oxigênio dissolvido, para avaliação da qualidade das águas em bacias hidrográficas. Desenvolvimento tecnológico e metodológico para medição entre usuários e comitês de bacia hidrográfica. Brasília: Departamento de Ecologia. Editora da UNB, 2004. p.9-24.

[34] Branco SM. Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária. 3ª ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB; 1986. 640p.

[35] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), São Paulo. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2003 / CETESB. – - São Paulo : CETESB, 2004. 2 v. : il. - (Série Relatórios / Secretaria de Estado do Meio Ambiente, ISSN 0103-4103)

[36] Percebon CM, Bittencourt AVL, Filho EF da R. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. Boletim Paranaense de Geociências UFPR. 2005; n. 56, p. 7-19.

- [37] Arcova FCS, Cicco V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Revista ScientiaForestalis*. 1999; n. 56, p. 125-134.
- [38] Bueno LF, Galbiatti JÁ, Borges MJ. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde - Conchal – SP. *EngenhariaAgrícola*. 2005; v. 25, n. 3, p. 742-748.
- [39] Hunter PR. Climate change and waterborne and vector-borne disease. *J Appl Microbiol*. 2003; 94: 37S–46S.
- [40] INETI. Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação (2007). As Aventuras e Desventuras de uma Pequena Gota de Água. Versão Online. http://www.ineg.pt/CienciaParaTodos/edicoes_online/diversos/guiao_gota_agua/texto (acessado 10 de mar 2016).
- [41] Grassi MT. As águas do planeta Terra. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola, edição especial – Maio 2001. <http://qnesc.sbg.org.br/online/cadernos/01/aguas.pdf> (acessado 31 de mar 2016).
- [42] Gomes AS, Clavico E. Propriedades Físico-Químicas da Água. Departamento de Biologia Marinha Universidade Federal Fluminense, 2005. <http://www.uff.br/ecosed/PropriedadesH2O.pdf> (acessado 10 de mar 2016).
- [43] Mitsuko Ono M. Cuide dos rios. Importância dos rios. [Internet]. [local desconhecido]: Maristela Mitsuko Ono - 2011-2016. Disponível em: <http://www.cuidadosrios.eco.br/importancia-dos-rios/> (acessado 06 fev 2016)
- [44] Menezes RCS, Gutlich GR. Apontamentos do crescimento urbano e o desafio da preservação ambiental. *Revista espacios*. 2016; v. 37, n. 08, p. 09.
- [45] Brasil. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Senado, Brasília, DF, 1988.
- [46] Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012b. Brasília, DF: ANA, 2012. 264 p.
- [47] Ribeiro L, Benedetti E. A importância da qualidade da água na nutrição de ruminantes. 2011. <http://www.fazu.br/ojs/index.php/posfazu/article/viewFile/460/352> (acessado 18 de mai 2016).
- [48] Amaral LA. Controle da qualidade microbiológica da água utilizada em avicultura. In: MACARI M. (Ed.). Água na avicultura industrial. Jaboticabal: Funep 1996. p. 93-117.
- [49] Patience JF. La calidad del agua puede ser un factor de rendimiento. *Pig World*. 1992; Inc. St. Paul, M.N. EUA.

- [50] Silva RCA, Araujo TM. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). Ciênc. saúde coletiva. 2003; vol.8, n.4, p. 1019-1028.
- [51] Coelho DA, Silva PM de F, Veiga SMOM, Fiorini JE. Avaliação da qualidade microbiológica de águas minerais comercializadas em supermercados da cidade de Alfenas (MG). Revista Higiene Alimentar. 2007; v. 21, n. 154, p. 93-98.
- [52] Brasil. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014. 112 p.
- [53] Brasil. Ministério da Saúde. Normas e Padrão de Potabilidade de Águas Destinadas ao Consumo Humano - PORTARIAS Nº 518 de 25/03/2004
- [54] Libânio M. Fundamentos de qualidade e tratamento de água. Campinas/SP: Editora Átomo; 2005. 444p.
- [55] Cassiolato C, Alves EO. Medição de Vazão. Controle & Instrumentação. Edição 138. 2008; p 1-13. Disponível em: http://www.profibus.org.br/files/artigos/Artigo_Vazao_CI_2008.pdf (acessado 20 jan 2016).
- [56] Plano Municipal de Saneamento Básico Silveirânia (PMSBS), Silveirânia - MG, 2013. <http://www.ceivap.org.br/mata/Silverania.pdf> (acessado 13 de jan 2016).
- [57] Correa WSC. A influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul nas precipitações intensas no mês de novembro de 2008 e suas consequências sobre o município de Vitória/ES. Revista GEONORTE. 2012; Edição Especial 2, v.1, n.5, p.796 – 806.
- [58] Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), Rio Pomba - MG, 2014. <http://ceivap.org.br/saneamento/pmgirs-mineiros/pmgirs-rio-pomba.pdf> (acessado 13 de jan 2016).
- [59] Sousa FDM de, Girão EG, Gomes RB, Siste CE. Protocolo de garantia de qualidade dos dados do monitoramento bacteriológico. 1ª ed. Documentos 138. Fortaleza, CE: Embrapa Agroindústria Tropical; 2011. 43 p.
- [60] Zan RA, Costa AL, Costa JB, Meneguetti DU de O. Análise microbiológica de amostras de água de poços rasos localizados no município de Buritis, região do vale do Jamari, Rondônia, Amazônia Ocidental. Rev. Elet. em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. 2012; v. 8, n. 8, p. 1867-1875.
- [61] Ayres M, Ayres MJ, Ayres D L, & Santos ADAS. BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas da ciências biológicas e medicas. Sociedade Civil Mamirauá/Imprensa Oficial do Estado do Pará, 2007.

- [62] Silva ES, Oliveira JC de. Avaliação da qualidade da água da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Seringal Triunfo, Rio Araguari, Ferreira Gomes-ap-Brasil. *Biota Amazônia*. 2014; v. 4, n. 2, p. 28-42.
- [63] Freitas MB, Brilhante OM, Almeida LM. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. *Caderno Saúde Pública*. 2001; v. 17, n3, p. 651-660.
- [64] Rebouças AC, Braga B, Tundisi JG. (Org.) Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras; 2006. 732 p.
- [65] BAHIA. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Semarh. Recomposição Florestal de Matas Ciliares. Salvador: Gráfica Print Folhes, 3ª ed.rev. e ampl. 2007. 46p.il.
- [66] Brasil. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato2011-2014/2012/Lei/L12651compilado.htm (acessado 03 ago 2015).
- [67] Kuntschik DP, Eduarte M, Uehara THK. Matas Ciliares. Cadernos de Educação Ambiental nº7. 2ª ed. Secretaria do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. São Paulo: Imprensa oficial do estado de São Paulo; 2014, 80 p.
- [68] BawaKalpana V, Gaikawad VB. Water Quality Assessment of Godavari River at Nashik, India: Impact of Sewage and Industrial Waste water. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*. 2013; Volume 3, Issue 4: 452- 457
- [69] Ouattara NK, Passerat J, Servais P. Microbiological water quality in rivers of the Scheldt drainage network (Belgium): impact of urban wastewater release. Daniel Thevenot. 8th World Wide Workshop for Young Environmental Scientists WWW-YES 2009: Urban waters: resource or risks?, Jun 2009, Arcueil, France. WWW-YES-2009-Fr (16), 2011, WWW-YES.<hal-00593095>
- [70] Kavka GG, Kasimir GD, Farnleitner AH. Microbiological water quality of the River Danube (km 2581 - km 15): Longitudinal variation of pollution as determined by standard parameters. In *Proceedings of 36th International Conference of IAD*. 2006; 415-421. (ISBN 13: 978-3-9500723-2-7). Vienna: Austrian Committee Danube Research/IAD.
- [71] Miola AC. Relação de benefício custo ambiental dos sistemas de água e esgoto sanitário: estudos de caso, Canoas-RS. Dissertação (Mestrado). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria; 2005. 98 p.
- [72] Andrade CS, Leite CC, Silva MD, Assis PN, Guimarães AG. Qualidade microbiológica da água utilizada nas barracas de praia da orla de Salvador-BA. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*. 2004; v. 63, n. 2, p. 215-219

[73] Páll E, Niculae M, Kiss T, Sandru CD, Spînu M. Human impact on the microbiological water quality of the rivers. *Journal of Medical Microbiology*. 2013; 62, 1635–1640

[74] Fiorucci AR, Benedetti Filho E. A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos. *Química Nova da Escola*. 2005; n. 22, p. 10-16. <http://www.qnesc.sbq.org.br/online/qnesc22/a02.pdf>. (acessado 20 jan 2016)

[75] INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Consulta Dados da Estação Automática: CORONEL PACHECO (MG), 2016. <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas> (acessado 15 de mar 2016).

[76] Brasil. Agência Nacional de Águas (ANA). Mapa de outorgas de Uso de Recursos Hídricos. Mapa Web Por admin (última modificação: 11 de abril de 2013). Outorgas de Uso de Recursos Hídricos dos anos de 2001 a 2015 da Agência Nacional de Águas – ANA, 2013b. <http://www2.snirh.gov.br/explorer/?open=a22917167fe7431fa81a617eeb058c51> (acessado 06 de abr 2016).

[Goo09] GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2016.

ANEXO A: Resultados das análises microbiológicas de coliformes totais, expressa em Log UFC.100 mL⁻¹, da água do rio São Manoel.

Datas	Set.15	Nov.15	Dez.15	Jan.16	Fev.16	Mar.16
---Log UFC em 100 mL ⁻¹ --						
Ponto A	1,9031	2,2041	2,6031	2,9445	2,8573	2,8062
	2,5065	2,3802	2,5065	3,1818	2,9031	3,3502
	2,3820	2,3802	1,9031	3,0792	2,6021	3,0792
Ponto B	3,0175	3,0492	2,9827	3,3345	3,3655	3,6355
	2,8579	3,0170	2,8579	3,2455	3,4216	3,4346
	2,8579	3,0792	2,7490	3,3345	3,1584	3,7160
Ponto C	4,1750	4,1559	4,0302	4,1361	4,1045	4,3888
	4,0137	4,2475	4,1126	4,1258	4,0906	4,2958
	3,9787	4,2572	4,0615	4,0523	4,2514	4,3045
Ponto D	2,9036	3,1335	3,3504	3,7419	3,4216	3,5263
	2,9036	3,1072	3,6275	3,6107	3,3802	3,6955
	3,1075	3,1072	3,3946	3,6590	3,3345	3,6665
Ponto E	4,3231	4,3979	4,3979	4,2315	4,1258	4,3817
	4,1796	4,3979	4,3979	4,2869	4,2923	4,4582
	4,2455	4,3979	4,3979	4,2415	4,2797	4,4594

ANEXO B: Resultados das análises microbiológicas de coliformes fecais, expressa em Log UFC.100 mL⁻¹, da água do rio São Manoel.

Datas	Set.15	Nov.15	Dez.15	Jan.16	Fev.16	Mar.16
---Log UFC em 100 mL ⁻¹ --						
Ponto A	1,9031	1,9031	2,6031	2,3802	2,5052	2,6812
	1,9031	1,9031	1,9085	2,8062	2,8573	2,8573
	1,9085	2,2068	1,9031	2,3802	2,3802	2,6021
Ponto B	2,2068	2,6821	2,5065	2,5052	2,8573	2,6812
	1,9085	2,9036	2,3820	2,5052	2,5052	2,7482
	2,6031	2,3820	1,9031	2,8062	1,9031	3,0492
Ponto C	3,1075	3,3657	3,6885	3,5366	3,4082	3,8943
	3,2256	3,3657	3,7357	3,4216	3,4346	3,9159
	3,1821	3,6022	3,7292	3,3502	3,5563	3,8274
Ponto D	2,2068	2,5065	3,0175	3,2833	2,9445	3,2041
	2,3820	2,7490	3,1075	3,0492	3,2041	3,4082
	2,2068	2,7490	2,9036	3,0792	2,8573	3,4216
Ponto E	3,6740	3,7665	3,9859	3,6955	3,7356	3,8716
	3,6436	3,8062	4,0103	3,7723	3,8621	3,9750
	3,6813	3,7953	4,1126	3,6955	3,7160	3,8899