

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA – CAMPUS MONTE CARMELO
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA

RARYSSA HELLEM CARDOSO MARTINS

MAPAS TEMÁTICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO CÓRREGO MUMBUCA DE MONTE CARMELO-MG

Monte Carmelo

2020

RARYSSA HELLEM CARDOSO MARTINS

**MAPAS TEMÁTICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO CÓRREGO MUMBUCA DE MONTE CARMELO-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito para obtenção do título de bacharel
em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica da
Universidade Federal de Uberlândia-Campus
Monte Carmelo.

Orientador: Prof. Dr. Ismarley Lage Horta Morais.
Co-orientador: Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de
Toledo.

Monte Carmelo

2020

RARYSSA HELLEM CARDOSO MARTINS

**MAPAS TEMÁTICOS DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA DO CÓRREGO
MUMBUCA DE MONTE CARMELO-MG**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado para
obtenção do título de bacharel em Engenharia de
Agrimensura e Cartográfica da Universidade
Federal de Uberlândia pela banca examinadora
formada por:

Monte Carmelo, 11 de dezembro de 2020.

Prof. Dr. Ismarley Lage Horta Moraes

Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo.

Eng. Lays de Oliveira Fonseca

RESUMO

No processo de desenvolvimento sustentável, o planejamento e a administração dos recursos hídricos são essenciais para uma melhor gestão ambiental. Preocupação com as questões relativas ao meio ambiente sugere que sejam realizadas abordagens sistemáticas relacionadas com o monitoramento dos impactos ambientais. Nesse sentido, o trabalho objetivou apresentar uma metodologia para caracterização da qualidade de água na Bacia Hidrográfica do Córrego Mumbuca. O monitoramento e mapeamento de parâmetros de qualidade de água possibilitaram a construção do diagnóstico da bacia hidrográfica. Para a realização desta modelagem, foram coletados e analisados seis pontos do Córrego Mumbuca e todo o processamento foi realizado através da ferramenta QUALI-TOOL. A partir da modelagem e com o uso do programa ArcGis foram elaborados mapas de classes para cada parâmetro de qualidade de água de acordo com a classificação de cursos d'água determinado pela resolução CONAMA 357/2005 e foi realizado um mapa final contendo a classificação do Córrego Mumbuca. Com base nos resultados obtidos observou-se que os valores modelados para o parâmetro OD, Fósforo Total, Nitrogênio Orgânico e Nitrogênio Amoniacal se encaixaram dentro dos valores previstos para a classe 1, o mapa do parâmetro E. Coli foi o que sofreu uma maior variação em sua classificação, possuindo trechos no curso d'água classificados como Classe 1, Classe 2 e Classe 3. O mapa da DBO apresentou o trecho inicial como classe 1 e a partir do deságue do primeiro afluente o córrego foi classificado como classe 4. No mapa final de classes o trecho inicial equivalente a 287,6 m Córrego Mumbuca foi classificado como classe 1 o restante do trecho correspondente ao comprimento de 8599,0 ficou como classe 4. Por fim avaliaram-se as intervenções políticas e infraestruturas na bacia em dois cenários: melhoria na eficiência de operação das ETEs e efetivação de políticas públicas, que reduziria consideravelmente a carga de poluentes lançadas diretamente nos corpos d'água.

Palavras-chave: classificação dos corpos d'água; modelo QUALI-TOOL; qualidade da água; bacia hidrográfica.

Agradecimentos,

Primeiramente a Deus, que através de sua graça me capacitou e me sustentou até aqui. Sei que seu amor e bondade ficarão comigo enquanto eu viver. Aos meus pais Martins e Lucevânia, por todo apoio, amor e orações. E ao meu orientador Prof. Dr. Ismarley Lage Horta Moraes e ao meu coorientador Prof. Dr. Pedro Eduardo Ribeiro de Toledo por toda sua paciência, dedicação e profissionalismo. E por fim a todos os meus amigos que de alguma forma contribuíram com minha jornada.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
2 OBJETIVO.....	8
3 JUSTIFICATIVA.....	9
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	9
4.1 Disponibilidade hídrica: quantidade e qualidade.....	9
4.2 Aspectos legais da água.....	10
4.3 Parâmetros de qualidade.....	14
4.4 Modelagem da qualidade da água.....	15
4.5 Modelo de qualidade da água QUALI-TOOL.....	16
4.6 Bacia hidrográfica como unidade de estudo.....	20
4.7 Delimitação de uma bacia.....	20
4.8 Cartografia temática.....	21
4.9 Os cenários ambientais na cartografia temática.....	22
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	23
5.1 Localização e caracterização da área de estudo.....	23
5.2 Material.....	23
5.3 Desenvolvimento metodológico.....	24
5.4 Métodos.....	24
5.4.1 Delimitação da bacia hidrográfica e cursos d'água.....	24
5.4.2 Coleta de dados.....	25
5.4.3 Análises da qualidade da água.....	28
5.4.4 QUALI-TOOL.....	29
5.4.5 Elaboração do mapa de classes.....	30
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
6.1 Modelagem da qualidade da água.....	31
6.2 Mapa de classes para cada parâmetro.....	36
6.3 Mapa final de classes.....	37
7 Conclusão.....	39
REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICE A – Mapa de classes da DBO.....	46
APÊNDICE B – Mapa de classes do E.Coli.....	47

1 INTRODUÇÃO

Os rios e corpos hídricos são importantes para diversas atividades. Por este motivo, diversas cidades, centros industriais e atividades agrícolas tem se estabelecido nas proximidades de córregos e outras fontes de água superficial (REBOUÇAS et al., 2006).

O uso e a ocupação desordenada do solo, o lançamento de efluentes líquidos industriais e domésticos, a utilização de fertilizantes e pesticidas na agricultura tem causados sérios problemas de degradação ambiental tanto no meio terrestre quanto meio aquático. Em outras palavras, a incapacidade do meio ambiente em absorver as alterações que o meio antrópico tem imposto aos ecossistemas, tem reduzido a disponibilidade hídrica e de terra. Essa diminuição representa um dos fatores limitantes ao desenvolvimento socioeconômico de uma região, visto que a saúde e o bem-estar dos seres humanos, a produção de alimentos, o crescimento industrial e os ecossistemas dependem destes recursos. A sustentabilidade tem se tornado, portanto, um pré-requisito para o exercício das atividades antrópicas, sempre buscando o equilíbrio entre a preservação e o desenvolvimento. Assim, tornaram-se necessários o manejo e controle dos múltiplos usos pelos diversos atores destes recursos naturais finitos (BENASSI, 2002).

O planejamento e o gerenciamento territorial e dos recursos hídricos são atividades complexas, já que o controle da qualidade da água e o uso do solo estão associados a uma visão holística, no nível de toda bacia hidrográfica, e não apenas pelo agente poluidor (VON SPERLING, 2007). Desta forma, o planejamento e o gerenciamento de uma bacia hidrográfica requerem o diagnóstico da área de interesse abrangendo as caracterizações fisiográficas, biológicas e socioeconômicas (MISAGHI et al., 2017).

Neste sentido, os modelos matemáticos de qualidade da água tornam-se ferramentas úteis e extremamente eficientes para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, pois permitem a avaliação dos impactos do lançamento de cargas poluidoras bem como a análise de cenários de intervenção e medidas de controle ambiental (VON SPERLING, 2005).

Entre outras tecnologias utilizadas nos estudos dos recursos hídricos, está o Geoprocessamento, destacando-se Cartografia Digital e os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Um SIG é um sistema destinado à entrada, armazenamento, análise e visualização de dados geográficos ou espaciais (gráficos ou imagens). As principais formas de utilização de um SIG estão no campo do gerenciamento de serviços, nos estudos científicos, na integração de

áreas de conhecimento, na formação e tomada de decisões, sendo desta forma uma importante ferramenta no gerenciamento de Bacias Hidrográficas (FERREIRA, et al., 2008)

O município de Monte Carmelo é drenado em quase sua totalidade pela bacia do Córrego Mumbuca, que atravessa toda a área urbana, como será mostrado posteriormente no mapa de localização da área de estudo. Além disso, o córrego Mumbuca é o principal manancial para abastecimento humano da cidade que faz com que seu gerenciamento e planejamento se tornem necessários. Além disso, é responsável por receber as águas residuárias do município, o que degradam ainda mais o seu estado ambiental. Porém, poucos trabalhos foram desenvolvidos de maneira a monitorar e modelar a qualidade da água na bacia hidrográfica do córrego do Mumbuca para determinar a sua condição ambiental e propor melhorias no seu planejamento e gerenciamento.

Neste contexto, neste trabalho de conclusão de curso realizou-se uma classificação da qualidade do córrego Mumbuca a partir da realização de uma modelagem da qualidade da água por meio do QUALI-TOOL, os resultados obtidos foram utilizados para avaliação do enquadramento do curso d'água e em seguida elaborado um mapa de classes para cada parâmetro de qualidade e um mapa final de classes para classificação geral da bacia hidrográfica avaliada.

2 OBJETIVO

O objetivo geral do trabalho é mapear a qualidade da água ao longo da bacia hidrográfica do córrego Mumbuca. Como objetivos específicos, têm-se:

- i. Realizar a análise físico-química das amostras da qualidade da água do córrego Mumbuca e modelar estes valores ao longo da bacia hidrográfica por meio do programa computacional QUALI-TOOL;
- ii. Comparar a qualidade da água presente ao longo do córrego Mumbuca com os parâmetros de enquadramento presentes na resolução CONAMA 357/2005;
- iii. Analisar os impactos causados pela ação antrópica, por meio dos mapeamentos propostos.

3 JUSTIFICATIVA

Com o crescente aumento das pressões sociais, principalmente da população urbana, tem sido suscitado no debate público o uso do córrego do Mumbuca para várias finalidades e não somente como afastamento de dejetos. Por isso, é importante conhecer os efeitos das ações antrópicas sob os parâmetros de qualidade da água desse manancial, a fim de minimizar os futuros conflitos ou agravar os já existentes.

Nesse sentido, mapeamento e a modelagem da qualidade das águas superficiais destacam-se como ferramentas importantes no que tange às questões hídricas, pois possibilitam uma abordagem holística sobre a situação atual do Córrego Mumbuca. Através dos modelos matemáticos é possível compreender algumas propriedades dos sistemas aquáticos, prever suas reações a estímulos e estimar sua capacidade de autodepuração. E por meio do SIG (Sistema de Informação Geográfica) é possível manusear as informações oriundas da modelagem e a partir delas produzir mapas temáticos com enquadramento dos corpos hídricos segundo regramentos legais. A identificação, espacialização e visualização dos trechos mais afetados pela poluição auxiliam a fundamentar decisões de gestão de bacias hidrográficas tomadas por seus responsáveis legais.

Nessa pesquisa, foi possível avaliar se o modelo juntamente com os mapas de qualidade da água pode ou não auxiliar na busca de soluções gerenciais para a minimização dos impactos ambientais que ocorrem na bacia, principalmente no que diz respeito ao afastamento de dejetos

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Disponibilidade Hídrica: Quantidade e Qualidade

Os recursos hídricos constituem um bem natural, renovável, cuja distribuição de seu volume no globo terrestre não ocorre de forma igualitária. A distribuição da água muda ao decorrer dos anos devido a três fatores: as alterações das estações climáticas ao longo de um ano hidrológico; a forma como o ambiente tem sido modificado ao longo dos anos e também por causa dos impactos ambientais a nível global e local gerados pela ação humana (HELLER & PÁDUA, 2006).

A qualidade dos recursos hídricos é tão importante quanto à quantidade de água. Mesmo que boa parte da água usada pelo homem em suas atividades seja devolvida ao meio ambiente, sua qualidade não é a mesma sendo efetivamente degradada após o uso (VON SPERLING, 2005).

O grau de devastação e o uso irracional da água, também são consequências da falta de uma administração adequada dos mesmos. Os setores responsáveis pela gestão hídrica do país ainda não se uniram em uma ação para se ter um gerenciamento eficaz (JARDIM, 2003). Isto ocorre, porque geralmente as decisões são influenciadas por outras questões como conflitos de interesses e condicionantes de ordem social, institucional ou legal, por limitações dos próprios recursos naturais ou financeiros, pela quantidade de usuários e potenciais interessados nos usos da água.

Para a implantação de um modelo sustentável na gestão de recursos hídricos é necessário que haja um equilíbrio na relação de oferta e demanda por água, de modo que os mananciais sejam usados de acordo com a sua capacidade de regeneração (RIBEIRO, 2009). A relação harmônica entre diversos fatores é importante para a sustentabilidade hídrica nas cidades, sobretudo a quantidade, a qualidade e a demanda hídrica, além da capacidade de urbanização.

4.2 Aspectos Legais da Água

A normatização da Lei Federal 9.433/97 instituiu no Brasil a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou também o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH). Um dos objetivos da “Lei das Águas” é assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos (BRASIL, 1997).

Esse sistema é integrado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pelos Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados (CERH), pelos representantes dos comitês de Bacias Hidrográficas e de órgãos dos poderes públicos federal, estadual e municipal cujas competências estejam relacionadas com a gestão dos recursos hídricos.

No Art. 1º desta lei a Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- Domínio público das águas;
- Em caso de falta d'água, o consumo humano e a dessedentação de animais tem prioridade;

- O órgão responsável por gerenciar os recursos hídricos deve propiciar os usos múltiplos da água e também exercer seu papel de forma descentralizada, contando com a participação do poder público, dos usuários e das comunidades; e
- As bacias hidrográficas são consideradas unidades territoriais para a implementação da PNRH e atuação do SNGR (BRASIL, 1997).

Além disso, de acordo com o Art. 3º da PNRH, os fundamentos citados devem seguir as seguintes diretrizes:

- A gestão sistemática dos recursos hídricos, tanto para a quantidade como também para a qualidade;
- A adaptação da gestão de recursos hídricos às diversidades características de cada região do país;
- A adaptação da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- A articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional; e
- A integração da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo (BRASIL, 1997).

Para o escopo deste trabalho destaca-se o instrumento de aplicação, previstos no Art. 5º dessa lei: O enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água (BRASIL, 1997).

A legislação que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e dá diretrizes ambientais para o seu enquadramento, s é a Resolução nº 357 de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2005).

Essas diretrizes são embasadas em padrões de qualidade de água relacionadas aos usos preponderantes do corpo hídrico e o enquadramento dos cursos d'água tem como objetivo adequar os usos restritivos, atuais e pretendidos a um nível de qualidade requerido.

Nesse sentido, na Resolução do CONAMA Nº 357/05 está previsto a classificação das águas doce, salobras e salinas em classes, de acordo com a qualidade desejada para seus usos preponderantes (Tabela 1) e o Quadro 1 apresenta os limites usados neste trabalho.

Tabela 1 – Enquadramento das águas doces superficiais de acordo com os usos previstos

Classes	Usos
Especial	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação; de proteção integral;
1	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; 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.
2	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 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
3	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.
4	a) à navegação; e b) à harmonia paisagística

Fonte: Adaptado de Conama (2005).

Quadro 1 – Limites dos parâmetros utilizados para classificação de águas doces.

<u>Oxigênio Dissolvido (OD)</u> • em qualquer amostra, não inferior a 6 mg/L O₂; Classe 1 • em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O₂; Classe 2 • em qualquer amostra, não inferior a 4 mg/L O₂; Classe 3 • superior a 2,0 mg/L O₂ em qualquer amostra; Classe 4
<u>Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)</u> • até 3 mg/L O₂; Classe 1 • até 5 mg/L O₂; Classe 2 • até 10 mg/L O₂; Classe 3 • Acima de 10 mg/L O₂; Classe 4
<u>E- Coli</u> • não deverá ser excedido um limite de 200 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Classe 1 • não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Classe 2 • não deverá ser excedido um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros. Classe 3 • Acima de 4000; Classe 4
<u>Fósforo Total</u> • Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) 0,1 mg/L P; Classe 1 • Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários) 0,15 mg/L P; Classe 3
<u>Nitrogênio amoniacal total</u> • 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH > 8,5 • Classe 1 e Classe 2 13,3 mg/L N, para pH ≤ 7,5 5,6 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 2,2 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 1,0 mg/L N, para pH > 8,5 • Classe 3

Fonte: Adaptado de Conama (2005)

4.3 Parâmetros de Qualidade da Água

Para Bárbara (2006), os parâmetros indicadores de qualidade da água quando monitorados:

- Classificam a evolução da qualidade das águas;
- Apontam os trechos com menor índice de qualidade, ou seja, os trechos mais degradados;
- Auxiliam na análise da qualidade das águas doces utilizada para o abastecimento público e outros fins;
- Fornecem informações importantes para a caracterização dos recursos hídricos de uma determinada região; e indicam as áreas mais urgentes de controle da poluição hídrica.

A seguir são apresentados os principais indicadores de qualidade da água:

a) *Escherichia Coli* (E. coli)

A *Escherichia coli* é um dos principais representantes do grupo de coliformes termotolerantes, diferenciando-se dos demais microorganismos deste grupo pelo fato de somente a *Escherichia coli* ser proveniente exclusivamente de fezes humanas, de mamíferos e pássaros apresentando-se nestes indivíduos em altas concentrações, sendo dificilmente encontrada na água ou no solo que não tenha recebido contaminação fecal (CETESB, 2015).

b) Oxigênio Dissolvido (OD)

O oxigênio dissolvido origina-se naturalmente nos corpos d'água por meio da dissolução do oxigênio atmosférico e a produção de organismos fotossintetizantes. Esse constituinte é considerado essencial para a manutenção da vida no meio aquático é um dos principais parâmetros indicadores de qualidade da água. A redução desse parâmetro a níveis críticos geralmente está relacionada à alta quantidade de matéria orgânica nos mananciais (TSCHIEDEL, 2013).

c) Demanda Química de Oxigênio (DQO)

O teste de DQO mede o consumo de oxigênio durante a oxidação química de compostos bio e não biodegradáveis presentes em um determinado corpo hídrico (NUVOLARI, 2012). Os resultados alcançados são uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica.

d) Fósforo

Trata-se de um elemento essencial para o crescimento das algas e encontra-se presente na água principalmente nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Esse constituinte origina-se naturalmente por meio da dissolução de compostos do solo, decomposição da matéria orgânica e decomposição celular de microrganismos; e de forma antrópica pode ser gerado por meio de despejos domésticos, despejos industriais, detergentes e fertilizantes (VON SPERLING, 2005). É um elemento limitante para comunidades de microrganismos e pode causar eutrofização de rios e lagos.

e) Nitrogênio

Em cursos d'água pode ser encontrado na forma de nitrogênio orgânico e amoniacal, componente de proteínas e diversos outros compostos biológicos; como no fósforo possui também origem antropogênica quando relacionada a dejetos domésticos, industriais e fertilizantes. O nitrogênio é um importante parâmetro da qualidade da água. Quando encontrado na forma orgânica ou de amônia está diretamente relacionado a uma poluição hídrica mais recente. Já na forma de nitrato retrata-se de um quadro de poluição mais remota (VON SPERLING, 2005). Assim como no caso do fósforo, o alto teor de nitrogênio pode causar a eutrofização de rios e lagos (NUVOLARI, 2012).

4.4 Modelagem da Qualidade da Água

Para Knapik (2011), a modelagem matemática é utilizada para a representação e simplificação de vários sistemas ambientais. Por meio dela é possível estabelecer expressões matemáticas que descrevam o comportamento de um determinado meio físico. A modelagem baseia-se em equações para representar o escoamento e em equações de transporte de massa, que retratam a variação da concentração da variável de qualidade de água. Diante disso, tornam-

se importante para compreensão da dinâmica da poluição do ambiente aquático o conhecimento sobre:

- A capacidade de autodepuração do corpo receptor;
- O processo de sedimentação; e
- A retirada de massa do poluente no sistema.

4.5 QUALI-TOOL

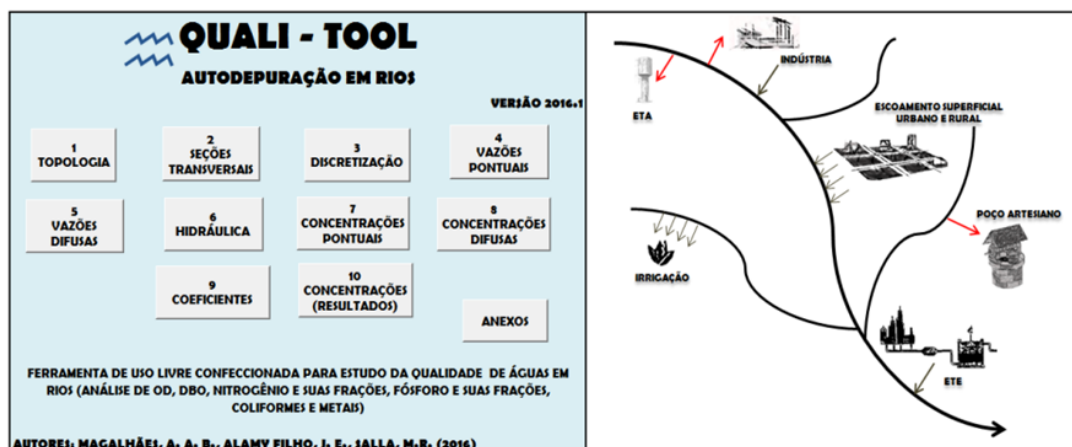
A ferramenta QUALI-TOOL foi desenvolvida pelo grupo de pesquisa da área de recursos hídricos e saneamento ambiental do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). O objetivo desta ferramenta é simular a qualidade da água em ambiente lótico e auxiliar os alunos no estudo dos processos físicos, químicos e biológicos dos diversos parâmetros de qualidade da água.

a) Interface do QUALI-TOOL

Através do QUALI-TOOL é possível simular da qualidade de água em ambiente lótico dos seguintes parâmetros de qualidade da água: contaminantes, Oxigênio Dissolvido (OD), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), ciclo do Nitrogênio (nitrogênio orgânico, amônia, nitrito e nitrato), Fósforo total, coliformes termotolerantes *Escherichia Coli* (E-coli) e metais pesados.

A ferramenta QUALI-TOOL (Figura 1) é constituído por um conjunto de planilhas de cálculo denominadas topologia, discretização, hidráulica e concentrações. Há também as planilhas de cadastro tais como: seções transversais, vazões pontuais, vazões difusas, concentrações pontuais, concentrações difusas e coeficientes.

Figura 1- Tela principal da ferramenta computacional QUALI-TOOL



Fonte: MAGALHÃES et al., 2017.

a) Topologia do Sistema Hídrico e Seções Transversais

Na aba “topologia”, são inseridas em uma tabela as informações iniciais do rio principal e de seus tributários, informações tais como coordenadas UTM X; Y e Z, em metros, que se refere a cota do terreno. Em seguida após o preenchimento da tabela e execução são calculados o comprimento do rio, em metros, a declividade, em metros por metros.

Já na aba “Seções transversais” são inseridos os dados hidráulicos e geométricos da seção transversal, mais especificamente: comprimento do trecho com mesmas características hidráulicas e geométricas desde o ponto inicial da simulação; valor da base do trecho; rugosidade da calha principal do rio; ângulos dos taludes direito e esquerdo para o trecho. A unidade de medida de todos esses dados é metros, com exceção da rugosidade da calha que não possui unidade de medida.

b) Discretização

Discretização refere-se a divisão em partes menores, que potencializa a solução numérica pelo Método de Elementos Finitos (MEF) no programa QUALI-TOOL. Nesta seção é definido a quantidade de nós que irão compor malha discretizada. Quanto maior o número de nós escolhidos, menor será o valor do intervalo de comprimento e mais satisfatórios serão os resultados atingidos.

c) Pontuais e Difusas

Na aba “Vazões pontuais” o usuário deve descrever e relacionar todos os lançamentos pontuais e retiradas pontuais no curso de água principal e em seus tributários, incluindo o comprimento (em metros) e o valor da vazão (em m^3/s) a partir do início do rio em que ocorrem essas injeções ou retiradas.

O valor negativo para a vazão significa retirada pontual de água (irrigação, dessedentação, abastecimento público etc.), enquanto o valor positivo para a vazão significa lançamento pontual no curso de água (afluente ou tributário, despejo de efluente sanitário etc). Também são inseridos o valor da vazão no ponto inicial da simulação, tanto no rio principal quanto em seus afluentes. Logo após inseridas as entradas e retiradas de vazão, abre-se a seção vazões difusas que seguem o mesmo modelo de preenchimento de dados das Vazões pontuais.

d) Hidráulica de Canais

Nesta seção “Hidráulica”, são gerados dados hidráulicos, tais como: vazão (m^3/s), ângulos do talude esquerdo e direito em radianos em função do comprimento do rio (m). Ainda nessa seção, calcula-se a profundidade em metros.

Além disso também são elaborados gráficos representativos do fundo do canal, dos pontos amostrais do fundo do canal, da superfície líquida e, por fim, da vazão ao longo do rio.

e) Concentrações Pontuais e Difusas

Na janela “Concentrações pontuais” o programa QUALI-TOOL busca automaticamente os valores anteriormente preenchidos na aba “Vazões pontuais” através do botão “Importar dados de Q pontuais”. Os únicos valores de entrada nessa seção são os valores das concentrações dos parâmetros de qualidade de água (em mg/L), em todos os lançamentos pontuais, no curso de água principal e em seus tributários. A próxima etapa é a inserção dos dados de entrada na aba concentrações difusas que ocorre de forma similar com que foi realizado na aba de concentrações pontuais.

f) Coeficientes

Na janela “Coeficientes” são inseridos todos os coeficientes, velocidades de sedimentação e cargas por área pertencentes às equações matemáticas que representam o termo fonte na equação de difusão-advecção. A Figura 2 relaciona os coeficientes, velocidades de sedimentação e cargas por área requeridos na ferramenta QUALI-TOOL.

Figura 2 - Coeficientes, velocidades de sedimentação e cargas por área utilizados em QUALI-TOOL

Descrição	Símbolo QUALI-TOOL	Unidade	Inserido na Modelagem
Coeficiente de reaeração	K_2	d^{-1}	OD
Demanda bentônica de oxigênio	S_d'	$g/m^2.d$	OD
Coeficiente de decomposição da matéria orgânica carbonácea	K_d	d^{-1}	DBO, OD
Velocidade de sedimentação da matéria orgânica carbonácea	V_{SMO}	m/d	DBO
Carga difusa de DBO sem incremento de vazão	L_{rd}	$g/m^2.d$	DBO
Velocidade de sedimentação do contaminante arbitrário	V_{SCA}	m/d	Sólidos Suspensos
Ressurgimento de fundo dos contaminantes arbitrários	S_{CA}	$g/m^2.d$	Sólidos Suspensos
Velocidade de sedimentação do nitrogênio orgânico	V_{SNO}	m/d	Nitrogênio orgânico
Coeficiente de conversão de nitrogênio orgânico em amônia	K_{oa}	d^{-1}	Nitrogênio orgânico e amônia
Coeficiente de conversão de amônia em nitrito	K_{an}	d^{-1}	Amônia e nitrito
Coeficiente de conversão de nitrito a nitrato	K_{nn}	d^{-1}	Nitrito e nitrato
Carga liberada de amônia pelo sedimento de fundo	S_{amon}	$g/m^2.d$	Amônia
Velocidade de sedimentação do fósforo	V_{SP}	m/d	Fósforo
Coeficiente de decaimento do fósforo	K_P	d^{-1}	Fósforo
Coeficiente de decaimento bacteriano	K_b	d^{-1}	Coliformes fecais (<i>E-coli</i>)
Coeficiente de decaimento dos metais	K_{metal}	d^{-1}	Metais pesados
Carga liberada de metal pelo sedimento de fundo	S_{metal}	$g/m^2.d$	Metais pesados

Fonte: MAGALHÃES et al., 2017.

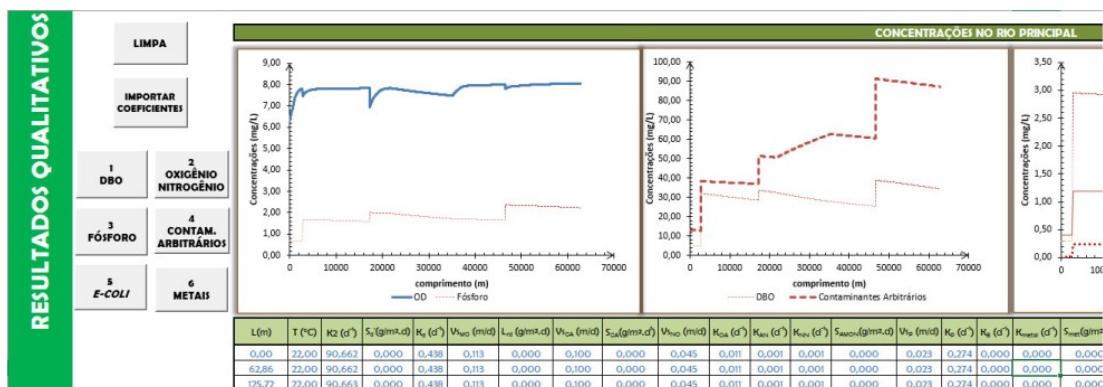
g) Concentrações (Resultados)

A sessão “Concentrações” mostra os resultados qualitativos do estudo. Nas primeiras colunas são relacionados os coeficientes discretizados e nas colunas posteriores são relacionados os resultados das concentrações dos parâmetros de qualidade da água no afluente e em seus afluentes.

Além disso há também os gráficos que relacionam, ao longo do comprimento do curso do rio os perfis de vazão e concentrações dos parâmetros na seguinte ordem: OD e Fósforo

Total; DBO e Contaminantes Arbitrários; Nitrogênio e Suas Frações; E-coli e Metais. Como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Resultados, na ferramenta QUALI-TOOL, de OD e DBO em função da extensão do curso de água



Fonte: MAGALHÃES, 2017.

4.6 Bacia Hidrográfica Como Unidade de Estudo

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução 01/86, considera a bacia hidrográfica como unidade para estudos de impacto ambiental. A lei 9.433 de 1997 adota o conceito de bacia hidrográfica como unidade de conservação e de planejamento e reconhece a água como um bem limitado e vulnerável (BOTTINO, 2008).

A bacia como uma área de estudo possui muitas características importantes, mas dentre elas Bottino (2008) destaca: as relações que ocorrem entre os fatores abióticos e bióticos e as interações que acontecem entre o homem e reflexo de suas atividades na qualidade da água. Logo, ao se analisar a bacia hidrográfica juntamente com a qualidade da água, torna-se possível determinar como ocorre o funcionamento da bacia hidrográfica e como isso influencia na qualidade da água.

4.7 Delimitação de Uma Bacia

O contorno de uma bacia hidrográfica é limitado naturalmente pelas partes íngremes do relevo, denominadas como divisores de águas. Os riachos são criados dentro de uma bacia por meio da água das chuvas que escoam para as partes mais baixas do terreno e também eles nascem

nos pontos mais íngremes de serras e montanhas. À medida que águas dos riachos descem, juntam-se com a de outros riachos, e o aumento de volume formado gera pequenos novos rios. Estes pequenos rios continuam seus trajetos e recebem água de outros tributários, formando rios cada vez maiores até desaguar no oceano (BARRELLA et al. 2000).

Para a delimitação de uma bacia hidrográfica, Camargo et al. (2016) recomenda a imagem SRTM para estudos hidrológicos, pois para ele a delimitação a partir deste dado é mais precisa tanto para bacias hidrográficas, como para canais de drenagem, mapeamento da declividade do terreno etc.

4.8 Cartografia Temática

Na cartografia, os mapas têm características específicas que os classificam, e representam elementos selecionados de um determinado espaço geográfico, de forma reduzida, utilizando simbologia e projeção cartográfica (ARCHELA; THÉRY, 2008). Segundo Duarte (2002), a cartografia temática trata-se da parte da cartografia que diz respeito ao planejamento, execução e impressão de mapas sobre um fundo básico, ao qual são anexadas informações através de simbologia adequada, visando atender as necessidades de um público específico. Ou seja, a cartografia temática traz significados além da trilogia latitude, longitude e altitude (SANN, 2005).

Os mapas temáticos podem ser construídos levando em conta os métodos de representações qualitativas, ordenadas, quantitativas e dinâmicas. As representações qualitativas são utilizadas para mostrar a existência, localização e a extensão das ocorrências dos fenômenos que se diferenciam pela sua natureza e tipo. Ao passo que os fenômenos de manifestam em pontos, linhas ou áreas, no mapa é usado respectivamente pontos, linhas e áreas, que terão uma variação visual com propriedade de perspectiva compatível com a diversidade: a seletividade (MARTINELLI, 2003).

As representações ordenadas em mapas são mais recomendadas quando os fenômenos admitem uma classificação segundo uma ordem, com categorias deduzidas de interpretações qualitativas, quantitativas ou de datações (MARTINELLI, 2003).

As representações quantitativas são indicadas para o uso de mapas cujo objetivo é evidenciar a relação de proporcionalidade de objetos. A única variação visual que melhor transcreve a ideia desse tipo de representação é o tamanho. No entanto a utilização dessa variável torna-se complexa, cabendo a metodologia da cartografia temática estabelecer ao longo se da

sua sistematização uma série de soluções para se representar de forma a adequada a realidade desejada. Nesse tipo de representação podem ser utilizado o método das figuras geométricas proporcionais, o método das figuras proporcionais centralizadas na área de ocorrência, método dos pontos de contagem, método coroplético é método isaritmico (MARTINELLI, 2003).

As representações dinâmicas referem-se principalmente a manipulação interativa da informação espacial, com a respectiva visualização em tempo real, isso é possível devido aos grandes avanços tecnológicos na área da geomática. A animação também pode ser utilizada na demonstração do dinamismo dos fenômenos. Esta realidade virtual, oferece promissoras perspectivas. visto que, a cartografia atual se demonstra extremamente mutante, fluida, não estática e não congelada (MARTINELLI, 2003).

4.9 Os Cenários Ambientais na Cartografia Temática

A análise integrada da sociedade-natureza deve ser um ponto de extrema relevância para subsidiar o debate sobre o planejamento ambiental urbano, num caminho sustentável participativo principalmente quando a sociedade retoma as discussões sobre o plano diretor da cidade e sua implantação (SANTOS, 2009)

A partir disso a cartografia temática entra como instrumento importante de comunicação a serviço de um saber ou de uma ação, visto que seus métodos são cada vez mais dinamizados pelo uso das tecnologias aplicadas ao desenvolvimento de pesquisas voltadas ao planejamento do uso de recursos naturais e na prevenção de problemas ambientais (REIS, 2016)

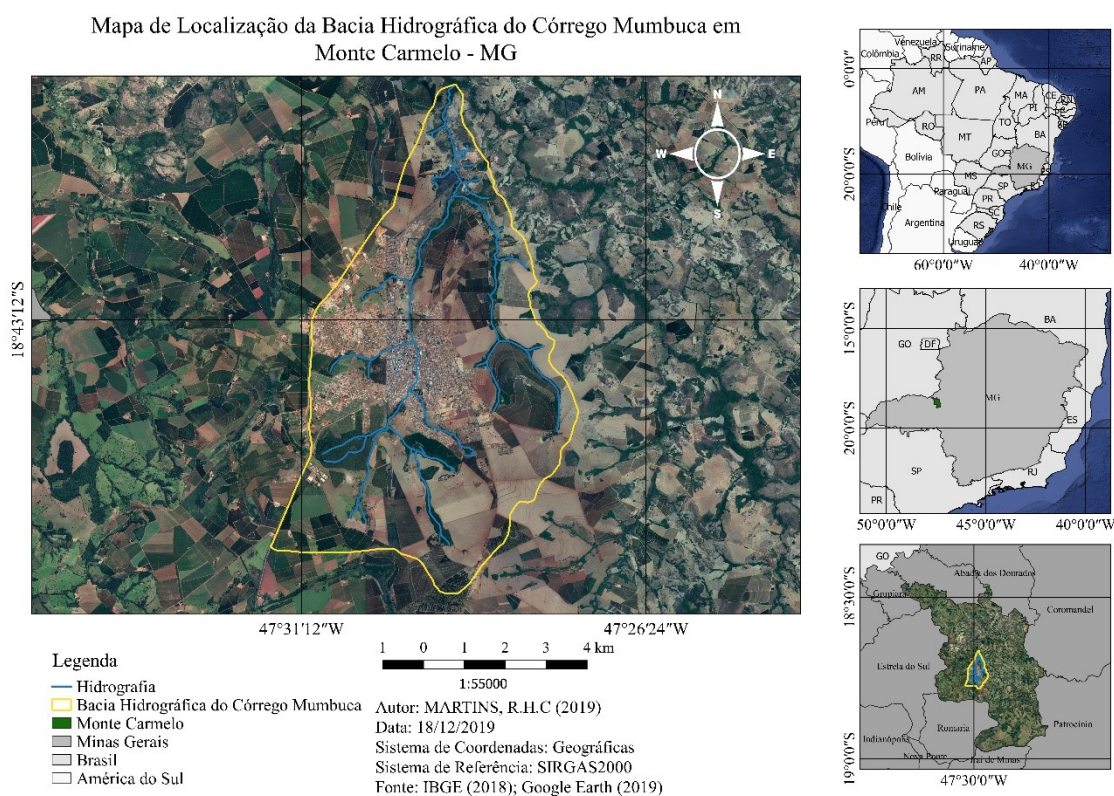
Neste contexto, a cartografia temática elabora cenários ambientais a partir de duas etapas: a cartografia analítica e a cartografia de síntese. Na primeira etapa, o observador representa dados derivados do levantamento físico e socioeconômico, como por exemplo o uso e ocupação da terra, pedologia, geomorfologia, geologia, drenagem, população e economia (ZACHARIAS, 2008). A cartografia de síntese resulta em um mapa síntese que une as informações, apontando áreas de potencialidades e de fragilidades da realidade espacial.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Localização e Caracterização da Área de Estudo

A bacia do córrego Mumbuca está localizada no Município de Monte Carmelo -MG (Figura 4), onde se localizam a maioria de suas nascentes. O Córrego Mumbuca e seus contribuintes, a exemplo o Córrego Olaria, são utilizados como os principais meios de abastecimento de água da cidade e são responsáveis por receber o esgoto sanitário gerado no município.

Figura 4 - Mapa de localização do município de Monte Carmelo.



Fonte: autora.

5.2 Material

Os materiais utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa foram:

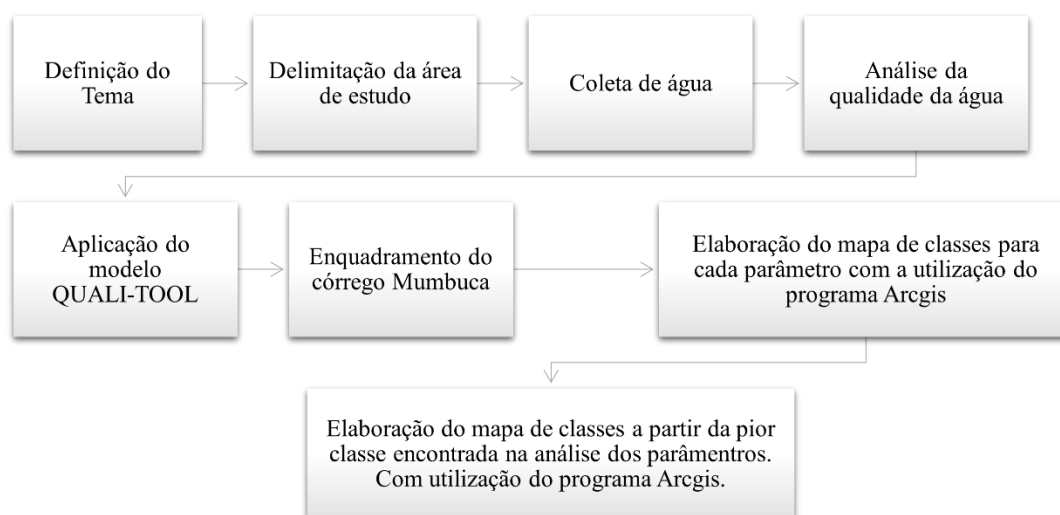
- Imagem de radar SRTM, com resolução espacial de 30 metros, disponível pelo site United States Geological Survey – USGS (EarthExplorer).

- Imagem orbital do Satélite Sentinel – 2A para o ano de 2009, fornecida
- Programa Arcgis Desktop 10, disponível no laboratório SIGEO da Universidade Federal de Uberlândia-Campus Monte Carmelo;
- Programa QGIS com licença gratuita; e
- QUALI-TOOL com licença gratuita.

5.3 Desenvolvimento Metodológico

Para a elaboração desta pesquisa foram determinadas etapas sequenciais (Figura 5), cujos procedimentos realizados em cada etapa serão descritos a seguir.

Figura 5 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: autora.

5.4 Métodos

5.4.1 Delimitação da Bacia Hidrográfica e Cursos D'água

Para a delimitação da Bacia Hidrográfica do Córrego Mumbuca utilizou-se o programa QGIS, onde foram extraídas da imagem SRTM as curvas de nível com uma equidistância de 10 metros, através da ferramenta contorno. Em seguida realizou-se o processo de delimitação manual da bacia hidrográfica, onde foi gerado um polígono que teve como ponto inicial o

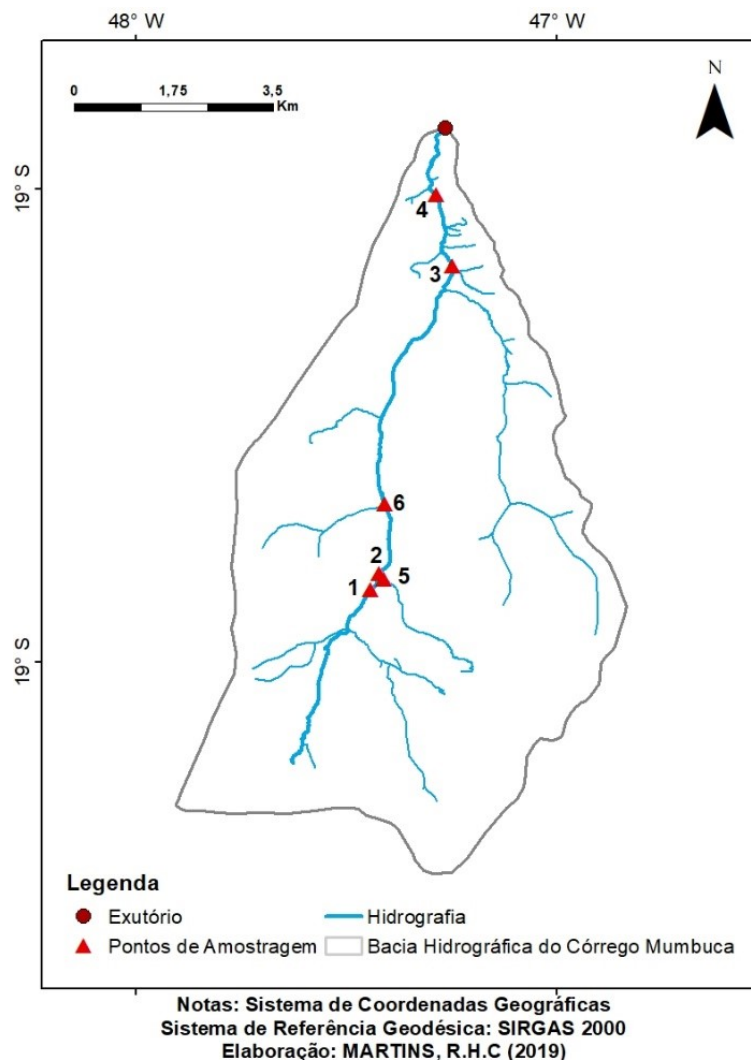
exutório e seguiu-se de forma contínua interligando as curvas de maior cota, simulando o trajeto das águas.

Para a delimitação da hidrografia da Bacia utilizou-se uma imagem multiespectral do sensor Sentinel-2A que proporcionou uma melhor visualização da área de estudo e observou-se os pontos extremos das curvas de nível que desenharam os relevos côncavos, isto é, os pontos de maior concavidade e em seguida traçou-se uma linha interligando tais pontos, obtendo-se a linha de drenagem também conhecida como talwegues. Além de concentradores de águas, os talwegues configuram o caminho preferencial das águas superficial.

5.4.2 Coleta de Dados

A situação ambiental do ecossistema foi avaliada com o uso de parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água. A amostragem foi realizada em três campanhas de coleta (26/10/2018; 30/11/2018 e 26/04/2019). As coletas das amostras pontuais de água, foram obtidas em seis pontos distribuídos do baixo ao alto curso da Bacia do Córrego Mumbuca, acompanhando seus tributários junto às zonas urbana e rural, do município de Monte Carmelo conforme a Figura 6.

Figura 6 – Localização dos pontos de amostragem.



Fonte: autora.

Dos seis pontos monitorados, quatro (pontos 1 a 4) estavam localizados diretamente no córrego Mumbuca e dois (pontos 5 e 6) estavam localizados em dois dos afluentes, os quais recebem grande parte da contaminação por esgotos sanitários produzidos na zona urbana de Monte Carmelo. A identificação dos pontos, coordenadas e os respectivos córregos onde estão localizados são apresentados no Tabela 2.

Tabela 2 – Identificação dos Pontos

Ponto	Coordenadas (UTM)		Identificação do Local	Córrego
	X (m)	Y(m)		
1	236784,985	7926249,26	A jusante do represamento do DMAE para captação de água de abastecimento	Mumbuca
2	236930,324	7928610,6	A jusante ao encontro do afluente do ponto 5 com o córrego Mumbuca	Mumbuca
3	238082,772	7931963,03	A jusante da estação de tratamento de esgotos do município e a montante do aterro sanitário	Mumbuca
4	237795,642	7933213,91	Ponto próximo ao exutório, a jusante do aterro e da área urbana	Mumbuca
5	237010,535	7926448,822	Jusante ao Clube AABB	Afluente desconhecido
6	237008,947	7927760,045	Jusante a Escola Polivalente	Olaria

Fonte: autora.

Os pontos mostrados na Figura 7 foram escolhidos levando-se em consideração as seguintes características: variação de margem do córrego ideal para obtenção de dados hidráulicos, facilidade de acesso e estão localizados nos cruzamentos de ruas o que cartograficamente auxilia na identificação dos mesmos em uma imagem de satélite.

Figura 7 - Pontos de amostragem no córrego Mumbuca amostragem no Córrego Mumbuba



Fonte: autora.

5.4.3 Análises de qualidade da Água

Os parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de água e as respectivas metodologias utilizadas são apresentados no Quadro 2. Todas as análises foram determinadas em triplicata. Os demais parâmetros como Demanda Bioquímica de Oxigênio, E. coli e Fósforo foram analisados pelo laboratório da Engenharia Civil na Universidade Federal de Uberlândia.

Quadro 2- Parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água da Bacia Hidrográfica Hidrográfica do Mumbuca.

Análise	Metodologia
Potencial Hidrogeniônico (pH)	APHA, 2017
Oxigênio Dissolvido (OD)	NBR 10559
Amônio (NH_4^+)	APHA, 2017

Fonte: autora.

5.4.4 Aplicação do modelo QUALI-TOOL

Foram inseridas na aba Topologia as coordenadas UTM X (leste – oeste), Y (norte – sul) e Z (cota do terreno) em metros dos pontos que formam o sistema hídrico do rio principal. Finalizado o preenchimento das coordenadas, a ferramenta calculou o comprimento dos cursos de água (em metros) e a declividade longitudinal (em m/m).

Ressalta-se que essas para obtenção dessas coordenadas, foi criada no programa Arcgis uma *shapefile* de pontos e em seguida foram adicionados pontos no decorrer do córrego principal do Mumbuca, foi adicionado também a imagem SRTM referente a bacia do córrego mumbuca, e a partir disso com *shapefile* da hidrografia sobre a *shapefile* da imagem STRM, clicou-se com o botão direito do mouse em cada ponto, obtendo-se assim as coordenadas dele e sua altitude.

Foram inseridos na aba Sessões Transversais ao longo de todo o comprimento do rio principal, os dados hidráulicos e geométricos da seção transversal. Em seguida na aba Discretização definiu-se apenas que seriam trezentos a quantidade de nós que fez parte da malha discretizada.

A Tabela 3 traz como informações todos os lançamentos e retiradas pontuais no rio principal e o respectivo comprimento linear (em metros) a partir do início do rio em que ocorrem essas injeções ocorreram. Tais dados foram utilizados para preencher a aba Vazões Pontuais.

Tabela 3 – Vazões Pontuais.

Qaf (m³/s)	Descrição	Linj (m)	Qp (m³/s)
0,065465	Afluente 1	316,351	0,016953
	Afluente 2	1610,51	0,04289

Fonte: autora

A tabela 4 apresenta os dados de entrada das concentrações para diversos parâmetros de qualidade da água (em mg/L). Ressalta-se que comprimento linear utilizado para o Afluente 1 e 2 foram respectivamente: 316,351 m e 1610,514 m.

Tabela 4 – Concentrações dos parâmetros de qualidade da água para cada afluente.

Parâmetros	Afluente Principal	Afluente 1	Afluente 2
Qp (m³/s)	0,065465	0,016953	0,04289
OD (mg/L)	6,7	4	5,4
DBO (mg/L)	10	37	16
NO (mg/L)	0,055	0,13	0,075
N _{amom} (mg/L)	0,055	0,13	0,075
Nitrato (mg/L)	0	0	0
P _{total} (mg/L)	0,03	0,1	0,08
E-coli (NPM)	23	2400	1100

Fonte: autora.

Na aba coeficientes foram informadas para cada trecho discretizado do rio principal os coeficientes dos processos físicos e bioquímicos envolvidos nos equacionamentos matemáticos. Foram utilizados valores de referência da literatura. Após o preenchimento de todas as abas do modelo QUALI-TOOL a ferramenta gera, no rio principal, os perfis de concentração (em mg/L) para todos os parâmetros simulados.

5.4.5 Elaboração do mapa de classes

Após a simulação dos parâmetros DBO, Oxigênio Dissolvido, Nitrogênio, Fósforo e E.Coli para situações atuais, aplicaram-se aos resultados os limites de concentrações da resolução Conama 357/2005, a fim de identificar as classes atuais por trechos do Córrego Mumbuca. As coordenadas iniciais e finais correspondentes a cada trecho classificado foram introduzidas em uma tabela no programa *Microsoft Excel*, em seguida a tabela foi exportada para o programa ArcGis. A partir disso segmentou-se a hidrografia de acordo com os trechos classificados e elaborou-se um mapa de classes para cada parâmetro de qualidade da água.

Em seguida foi feito um mapa de classes baseado unicamente na análise dos parâmetros citados, de modo que a mesmo foi determinado a partir da pior classe encontrada na análise dos parâmetros, para dado trecho de rio.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 Modelagem da qualidade da água

A tabela 5 apresenta as coordenadas com suas respectivas altitudes obtidas a partir da imagem SRTM e o comprimento do afluente principal calculado a partir das coordenadas pelo próprio QUALI-TOOL. O ponto cuja altitude é de 864 m refere-se ao primeiro ponto de amostragem e o ponto com altitude de 822 m trata-se do local onde o córrego Mumbuca desagua, ou seja, o exutório.

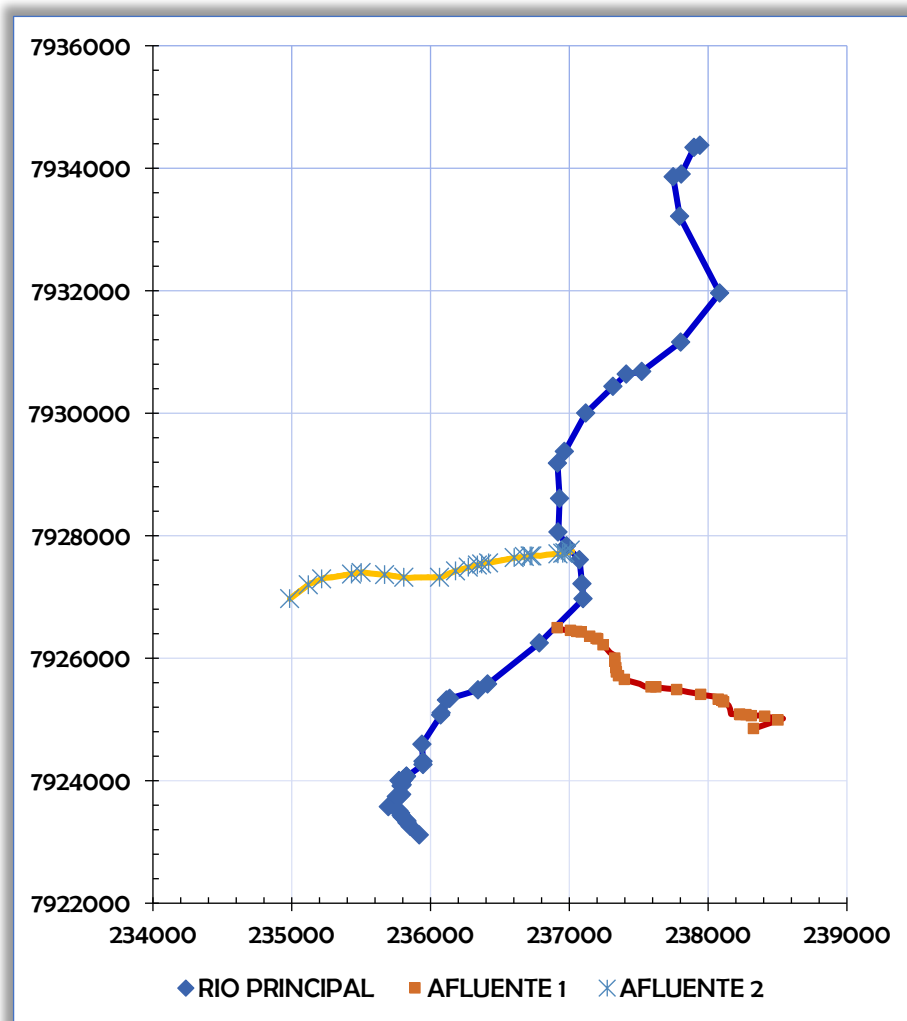
Tabela 5 – Coordenadas do sistema hídrico.

X (m)	Y(m)	h(m)	L (m)
236784,985	7926249,26	864	0
237101,875	7926969,1	863	786,504
237091,159	7927215,03	861	1032,668
237074,092	7927603,18	860	1421,193
236982,651	7927830,19	858	1665,927
236921,064	7928056,3	855	1900,275
236930,324	7928610,6	853	2454,652
236914,35	7929184,93	852	3029,204
236967,267	7929373,44	850	3225,000
237119,402	7930002,82	846	3872,507
237316,848	7930438,06	845	4350,438
237410,114	7930634,19	844	4567,615
237521,57	7930679,83	840	4688,053
237801,69	7931161,37	839	5245,141
238082,772	7931963,03	828	6094,651
237795,642	7933213,91	826	7378,062
237748,343	7933857,13	825	8023,019
237806,883	7933902,77	824	8097,248
237899,627	7934340,09	823	8544,294
237941,469	7934375,32	822	8598,992

Fonte: autora.

Os dados de qualidade e as vazões medidos no córrego Mumbuca e nos dois afluentes foram utilizados na ferramenta QUALI-TOOL para modelagem dos parâmetros analisados. A topologia do curso d'água pode ser observada na Figura 8.

Figura 8 – Topologia do córrego Mumbuca e seus afluentes. Na modelagem, o córrego Mumbuca foi considerado como o rio principal, o afluente que corre próximo à AABB como Afluente 1 e o córrego Olaria como Afluente 2



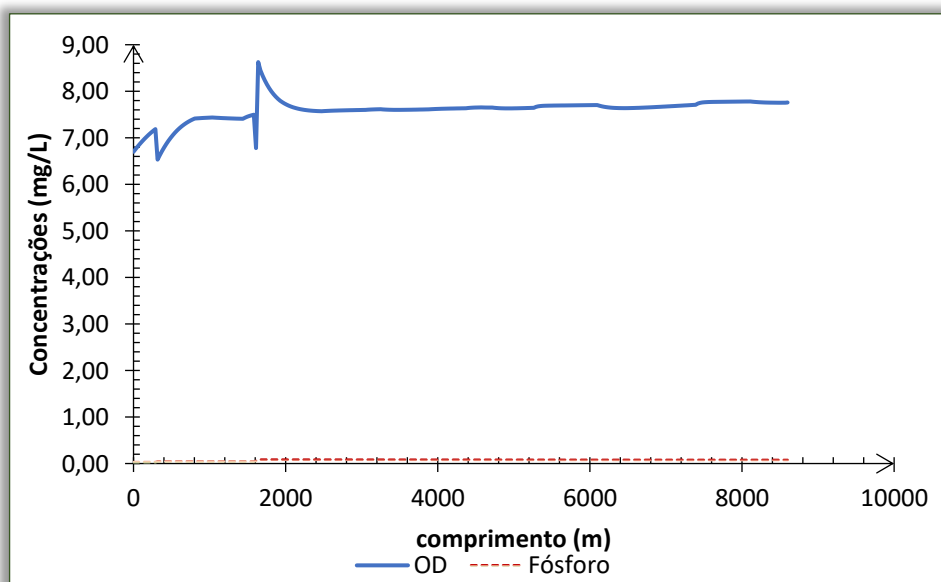
Fonte: Autora.

O trecho do córrego Mumbuca (Rio Principal) modelado inicia-se nas coordenadas UTM 236784,985 e 7926249,26 correspondente ao início do trecho urbano da bacia hidrográfica e segue até as coordenadas 237941,469 e 7934375,32. O afluente 1 (curso d'água desconhecido, o qual foi monitorado a Jusante da AABB) deságua no rio principal cerca de 400 m a jusante do ponto inicial e o afluente 2 (Córrego Olaria) a cerca de 1600 m deste ponto.

A modelagem do oxigênio dissolvido (Figura 9) indicou valores entre 6,7 mg/L e 8,6 mg/L durante todo o curso d'água. Além disso, observa-se dois pontos de redução do OD que correspondem aos locais de encontro dos afluentes com o rio Mumbuca. Embora o córrego apresente grande contaminação por descarga direta de esgotos sanitários *in natura*, foram

observados valores elevados de OD ao longo do curso d'água. Com relação ao fósforo, os valores variaram entre 0,030 mg/L e 0,083 mg/L, valores muito inferiores às concentrações de OD, que dificultam a observação da curva de concentrações na Figura 10.

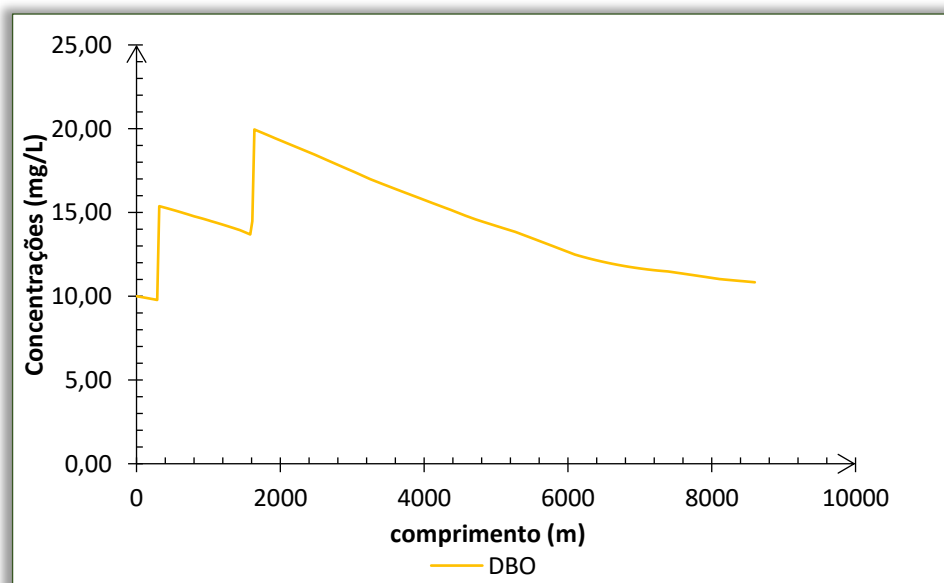
Figura 9 – Perfil longitudinal do oxigênio dissolvido e fósforo no córrego Mumbuca.



Fonte: autora.

Como era esperado, os resultados de OD estão relacionados ao perfil longitudinal da Demanda Bioquímica de Oxigênio (Figura 10). A DBO inicial observada foi cerca de 10 mg/L e após o ponto de deságue do Afluente 1 o valor aumenta para 15,4 mg/L, havendo outro aumento após o Afluente 2 desaguar no córrego Mumbuca. Este aumento na Demanda Bioquímica de Oxigênio provoca o consumo de oxigênio observado na Figura 10. A amplitude do aumento das concentrações de DBO após o encontro dos afluentes indica elevada concentração de matéria orgânica presente nestes afluentes, visto que possuem vazões inferiores ao do córrego Mumbuca. Estes cursos d'água sofrem mais com o descarte de esgotos sanitários sem tratamento devido à menor capacidade de diluição e autodepuração.

Figura 10 – Perfil longitudinal da Demanda Bioquímica de Oxigênio no córrego Mumbuca

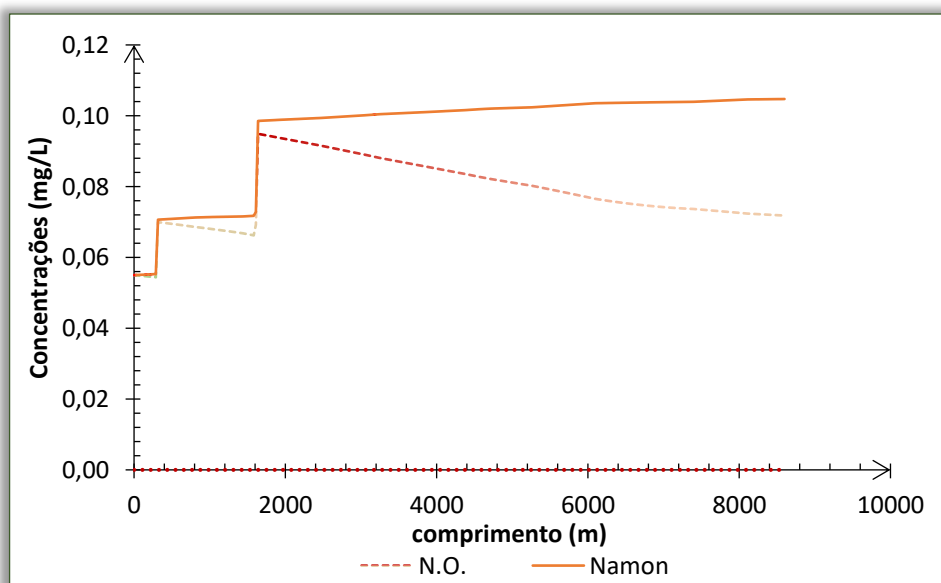


Fonte: autora.

O nitrogênio pode ser encontrado nas águas nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Como observado na Figura 11, os valores modelados para ambos os parâmetros foram próximo de zero, sendo que para o nitrogênio orgânico e amoniacal os maiores valores encontrados na modelagem foram respectivamente 0,094 mg/L e 0,105 mg/L.

A presença destas formas de nitrogênio indica contaminação recente por esgotos sanitários nos cursos d'água. Este fato está relacionado com o lançamento de esgotos produzidos pela população de Monte Carmelo ao longo de todo o córrego Mumbuca. O mesmo problema ocorre nos dois afluentes analisados, conforme pode ser observado pelo aumento das concentrações na Figura 11 após o encontro destes com o córrego Mumbuca.

Figura 11 – Perfil longitudinal de Nitrogênio Orgânico e Amoniacal.



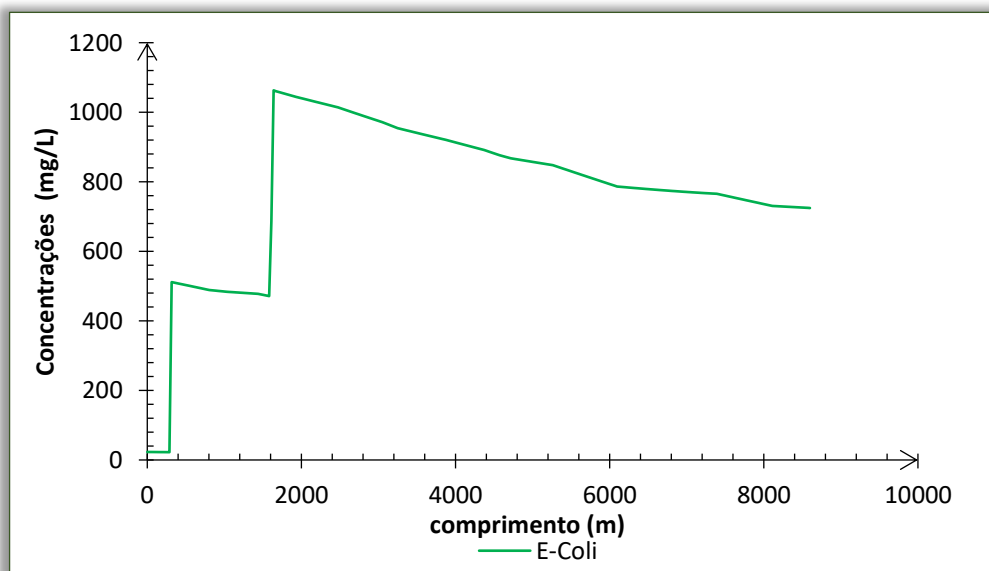
Fonte: autora.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, os valores de E. Coli também apresentaram aumentos pontuais nos locais onde ocorre o deságue dos afluentes no córrego Mumbuca (Figura 12).

O trecho inicial do córrego apresenta baixa quantidade de E. Coli o que indica pouca contaminação de esgotos sanitários e melhor qualidade da água. Após os deságues dos afluentes contaminados, o valor do indicador microbiológico aumenta significativamente, principalmente após o segundo afluente em que o valor salta de aproximadamente 471,3 mg/L para 1063,0 mg/L.

A baixa presença de E. Coli no trecho inicial do córrego Mumbuca se deve ao fato de estes pontos se encontram a jusante da barragem utilizada pela empresa de abastecimento para a captação de água que é distribuída à população. A elevada concentração de E. Coli nos demais pontos do curso d'água principal e os afluentes reforçam a indicação de contaminação por esgotos sanitário tal como indicado pelos demais parâmetros analisados anteriormente.

Figura 12 – Perfil longitudinal de E. Coli no córrego Mumbuca.

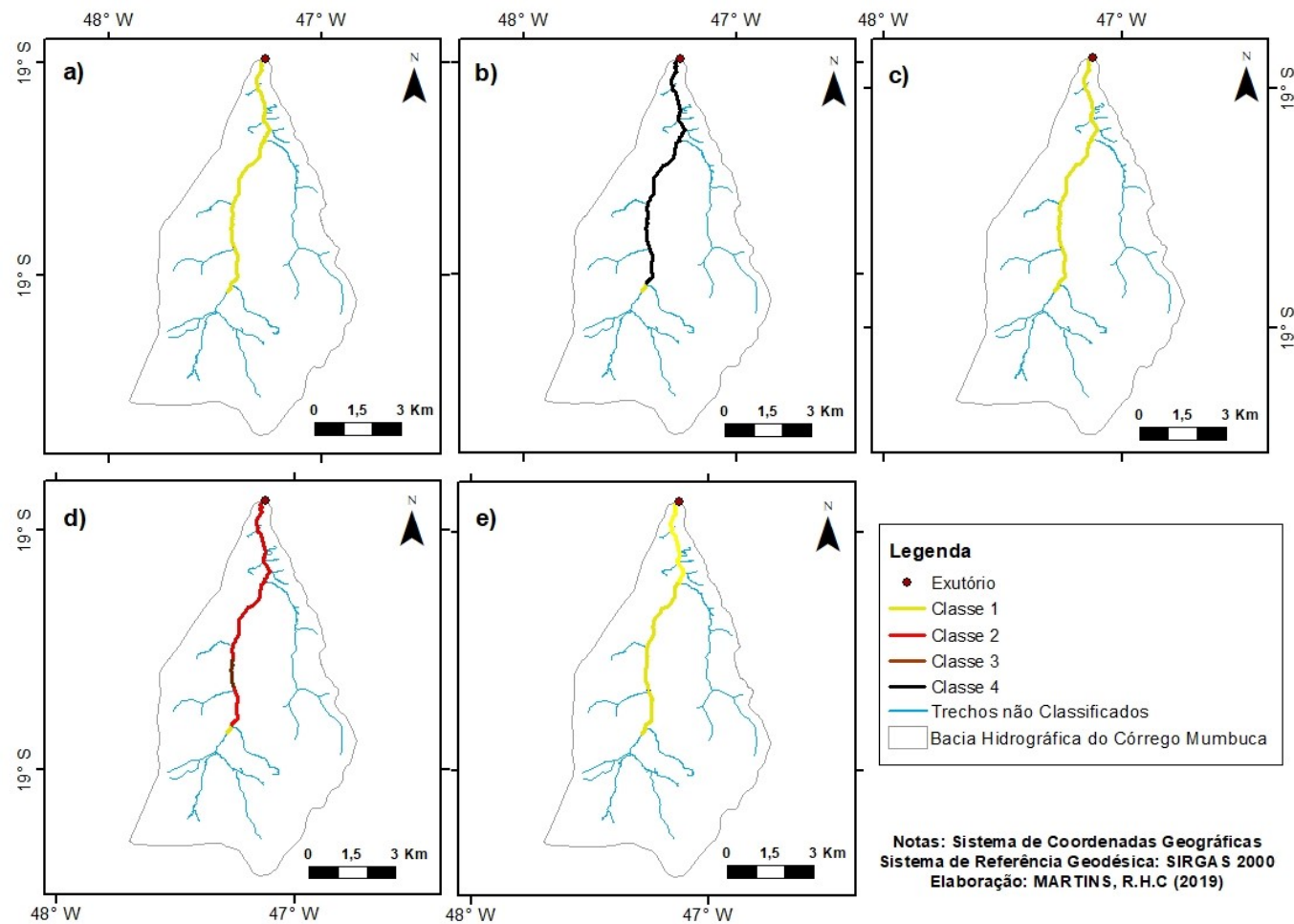


Fonte: autora.

6.2 Mapa de classes para cada parâmetro

Os dados pontuais não representam corretamente o comportamento das variáveis dentro de uma bacia hidrográfica, por este motivo fez-se necessário a utilização da modelagem matemática dos dados referentes aos parâmetros de qualidade da água, permitindo assim observar espacialmente o comportamento destas variáveis no médio curso do córrego Mumbuca. Os resultados da modelagem de cada parâmetro apresentado anteriormente foram utilizados para a elaboração de mapas de classes de acordo com a classificação de cursos d'água determinado pela resolução CONAMA 357/2005 (Figura 13).

Figura 13 – Mapa de classes do médio curso do córrego Mumbuca. Os parâmetros analisados nos mapas foram a) OD, b) DBO, c) Fósforo Total, d) E.Coli e e) Nitrogênio amoniacal.



Fonte: autora.

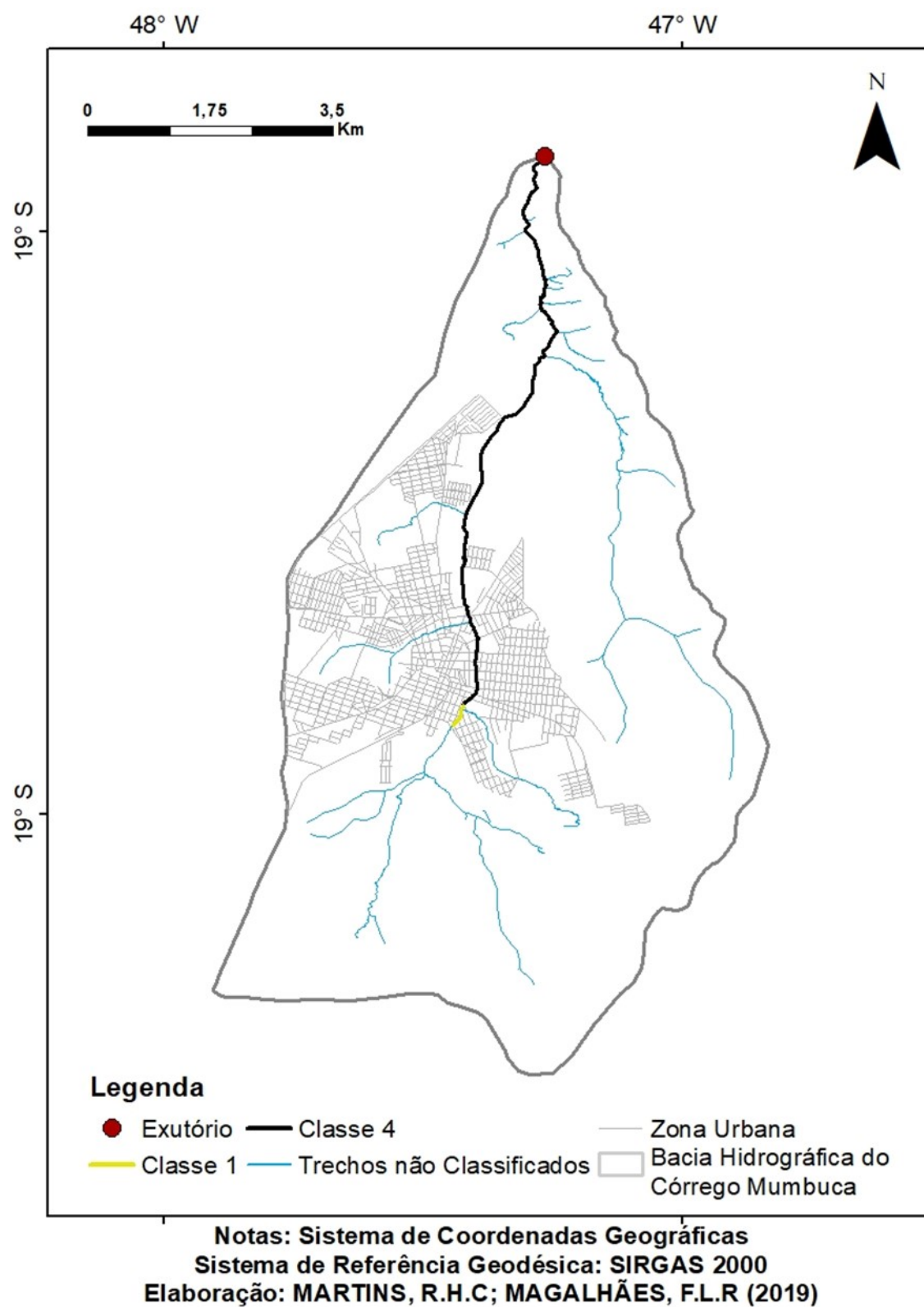
O enquadramento para cada um dos parâmetros de qualidade da água referente ao trecho analisado da área de estudo, teve por base a resolução CONAMA 357/05. A partir dessa resolução observou-se que os valores modelados para o parâmetro OD, Fósforo Total, Nitrogênio Orgânico e Nitrogênio Amoniacal se encaixam dentro dos valores previstos para a classe 1, na qual dentre os usos previstos está o abastecimento para consumo humano, com desinfecção. Isto indica que mesmo recebendo contribuições de esgoto sanitário ao longo de seu curso, o córrego Mumbuca apresenta boa capacidade de diluição e depuração, o que faz com que os valores destes parâmetros se mantenham em baixas concentrações, resultando em uma classe de melhor qualidade.

Para o parâmetro DBO o trecho inicial do córrego apresentou uma melhor qualidade da água e classificado como classe 1. Após os deságues dos afluentes contaminados, o valor do indicador microbiológico aumentou significativamente, fazendo com que após o desague do primeiro afluente o córrego passou a ser classificado como classe 4. Ressalta-se que dentre os usos de córregos com classe 4 a água torna-se inviável para o consumo humano e pode ser utilizada apenas para navegação e harmonia paisagística. Estes resultados indicam que o principal problema dentre os parâmetros analisados é a presença de matéria orgânica biodegradável. A comparação dos resultados de DBO com o de nutrientes (formas de nitrogênio e fósforo) indicam que além do esgoto sanitário, pode haver outras fontes de contaminação de matéria orgânica com baixa concentração de nutrientes. Além disso os valores de OD elevados indicam boa capacidade reaeração do córrego Mumbuca.

6.3 Mapa final de classes

O E. Coli foi o parâmetro que mais sofreu variação apresentando em sequência as classes 1, 2, 3 e novamente 2. O trecho onde a qualidade é mais crítica é após o desague do córrego Olaria, afluente conhecido por receber uma grande quantidade de efluentes domésticos. A seguir na Figura 14 é apresentado o mapa com a classificação final do Córrego Mumbuca. boa capacidade de reaeração do córrego Mumbuca.

Figura 14- Mapa de classes a partir da pior classe encontrada na análise dos parâmetros.



Fonte: autora.

A partir dos valores obtidos junto a modelagem determinou-se a classificação atual do Córrego Mumbuca. O trecho inicial do córrego Mumbuca foi identificado como classe 1 e a partir do primeiro afluente classificado como classe 4. Este resultado foi determinado pelo valor elevado da DBO observada ao longo de todo o córrego Mumbuca o que indica que a contaminação por matéria orgânica como a principal forma de deterioração da qualidade da água deste curso d'água.

A partir disso torna-se de fácil compreensão que qualidade das águas superficiais da área de estudo está potencialmente comprometida em função da urbanização, visto que o córrego atravessa o perímetro urbano da cidade, sofrendo influência direta da ocupação à suas margens, como por exemplo, a pavimentação de ruas sem a implantação de drenagem urbana de águas pluviais, além da contaminação por esgotos sanitários que são lançados diretamente sem tratamento no córrego. O que compromete significativamente a qualidade das águas e, conseqüentemente, a disponibilidade desse recurso natural para os diversos usos.

7 CONCLUSÃO

A modelagem juntamente com os mapas temáticos mostrou-se eficiente para a detecção da situação real do Córrego Mumbuca, que na maior parte da sua extensão é classificado como classe 4, o que impossibilita o seu uso para abastecimento e consumo humano. Embora não tenha sido avaliado as fontes de lançamento de poluentes neste curso d'água, sabe-se que parte dos esgotos sanitários gerados no município de Monte Carmelo não é tratado. Este fato justifica a elevada concentração de matéria orgânica detectada e que compromete a qualidade da água.

O que torna necessário efetivação de políticas públicas que inclua a criação de uma unidade de planejamento baseada na bacia hidrográfica que integrem informações, identifiquem fontes de poluição e foquem na redução de tais fontes e de seus insumos; o monitoramento constante dos parâmetros de qualidade que estão presentes na água e como a variabilidade deles afeta a saúde humana e dos ecossistemas; o desenvolvimento de metas de qualidade da água e parâmetros correspondentes para cada corpo de água; e a modelagem desses parâmetros juntamente com mapeamento de classes que auxiliam na visualização da melhora ou piora da situação do córrego e se as ações empreendidas para proteção e melhoria da qualidade estão de fato funcionando. A escala geográfica na qual o monitoramento da qualidade da água é realizado terá como consequência o aprimoramento dos sistemas de tomada de decisões

Outro ponto que pode ser levantado a partir deste trabalho é que mesmo com a presença de uma ETE (Estação de Tratamento de Esgoto) no município de Monte Carmelo, isso não alterou o fato da maior parte do Córrego Mumbuca ser classificado como classe 4. A implantação de estações de tratamento de esgotos (ETEs) não é, por si só, garantia de proteção à saúde humana ou de promoção da qualidade ambiental, e isso evidencia a importância de se ter sistemas de fiscalização e de avaliação para qualificar o gasto público e assegurar a aplicação dos recursos financeiros de forma responsável e eficiente, garantindo que obras de infraestrutura como essa se alcancem, assim, sua função social e ambiental.

Por fim recomenda-se para estudos futuros, que sejam realizadas análises com mais amostras em épocas do ano diferentes a fim de se monitorar e avaliar os avanços da qualidade da água no decorrer de um ano e associar essas informações com o uso e ocupação do solo, contribuindo para uma gestão integrada dos recursos naturais presentes na bacia hidrográfica do Córrego Mumbuca.

REFERÊNCIAS

ARCHELA R. S.; THERY H. **Orientação metodológica para construção e leitura de mapas temáticos**. Disponível em: < <http://confins.revues.org/index3483.htm>> Acesso: 18 novembro 2020.

BÁRBARA, V. F. **Uso do modelo QUAL2E no estudo da qualidade da água e da capacidade de autodepuração do Rio Araguari – AP (Amazônia)**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Meio Ambiente) – Universidade Federal de Goiás, 2006.

BARRELLA, W., PETRERE JÚNIOR, M., SMITH, W.S. & MONTAG, L.F.A. **As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes**. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/316101395_As_relacoes_entre_as_matas_ciliares_os_rios_e_os_peixes> Acesso em: 8 junho 2018.

BENASSI, S. F. **Estudo das variáveis limnológicas e do processo de autodepuração na "descontinuidade serial" do Ribeirão Bonito (SP)**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

BOTTINO, F. **Estudo experimental e matemático de qualidade da água com base na ecohidrologia fluvial de pequenas bacias: estudo de caso do rio canha, baixo ribeira de iguape, SP**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 2008.

BRASIL. **Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9433.htm> Acesso em: 14 maio 2018.

CAMARGO, A. A.; GADINHO, S.; QUARTAROLLI, C. F. **Delimitação de bacias hidrográficas utilizando modelo digital de terreno gerado a partir de mapas topográficos e imagens de alta resolução espacial**. Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148104/1/4761.pdf>> Campinas, 2016. Acesso em: 14 junho 2018

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas superficiais. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade - Apêndice D**, 2015Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/publicacoes-e-relatorios/>> Acesso em: 18 novembro 2020.

CONAMA. **Resolução ° 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 05 jun. 2018.

DUARTE, P. A. **Fundamentos de Cartografia** 2. Ed. – Florianópolis: UFSC, 2002.

FILHO, J. L.; IOCHPE, C.; **Um Estudo sobre Modelos Conceituais de Dados para Projeto de Bancos de Dados Geográficos**. Disponível em: <http://www.ip.pbh.gov.br/ANO1_N2_PDF/ip0102lisboafilho.pdf > Viçosa, 1999. Acesso em: 01 junho 2018.

FERREIRA, M. M et al. **O uso do SIG, para a gestão e monitoramento ambiental de Bacias Hidrográficas em Porto Velho - O Caso do Igarapé Belmont-Porto Velho-RO**. Disponível em: < <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Nuevastecnologias/Sig/32.pdf> . Acesso: 18 novembro 2020.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. **Abastecimento de água para consumo humano - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte**, 2010.

JARDIM S. B. **A cobrança eficiente pela garantia de disponibilidade e pelo uso da água: proposta de um modelo multicritério de gestão**. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental do Instituto de Pesquisas Hidráulicas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2003.

KNAPIK, H. G. et al. Qualidade da Água da Bacia do Rio Iguaçu: Diferenças Conceituais entre os Modelos QUAL2E e QUAL2K. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 16, p.75-88, 2011

MAGALHÃES A. A. B.; SALLA M. R.; FILHO J. E. A. **Manual do Usuário QUALI-TOOL** – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

MISAGHI, F.; DELGOSHA, F.; RAZZAGHMANESH, M.; MYERS, B. *Introducing a water quality index for assessing water for irrigation purpose: A case study of the Ghezel Ozan River. **Science of the total Environment***, vol. 589, p 107-116, 2017.

MONIOCO, J. F. G. **Posicionamento por pelo GNSS 2 Ed.** - São Paulo, Editora UNESP, 2008.

NUVOLARI, A.et al. **Esgoto sanitário - coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola.** 2 Ed. – São Paulo: Editora Blucher, 2012.

OLIVEIRA FILHO, A. A.; LIMA NETO, I. E. **Modelagem da qualidade da água do rio Poti em Teresina (PI).** Engenharia Sanitária e Ambiental, *in press*, 2017.

PALMIERI, V. & CARVALHO, R.J. *QUAL2E model for the Corumbatai River. **Ecological Modelling***, vol. 198, p. 269-275, 2006.

PORTO, M. F. A.; KNAPIK, H. G.; FERNANDES, C. V. S.; BASSANESI, K. Qualidade da água da bacia do Rio Iguaçu: diferenças conceituais entre os modelos QUAL2E e QUAL2K. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, vol. 16, p. 75-88, 2011.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, G. **Águas doces no Brasil: Capital ecológico, uso e conservação.** 4 Edição, São Paulo, Escrituras Editora, 2006.

REIS, G. P. **Cartografia Temática aplica a análise ambiental do município Juquitiba -SP.** Dissertação (Programa de pós graduação em geografia humana) – Universidade de São Paulo, 2016.

RIBEIRO, C. R. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do Município de Juiz de Fora/MG: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal.** Monografia de Especialização – Universidade Federal de Juiz de Fora, 2009.

SANN, J. G. **O Papel Da Cartografia temática Nas Pesquisas Ambientais**. Revista Do Departamento De Geografia, vol. 16, p. 61-69, 2011.

SANTOS, C. **Cartografia Ambiental e Planejamento Territorial Urbano**. Revista Eletrônica Patrimônio, vol. 6, p. 40-74, 2009.

SANTOS, V. R. **Avaliação da qualidade da água do Rio Andrada através do modelo QUAL-2K**. Monografia Graduação em Engenharia Ambiental - Universidade de Passo Fundo, 2009.

TSCHIEDEL, A. da F. **Simulação da qualidade de água para cenários futuros através do modelo QUAL2K – Um estudo de caso para o rio macaé, Rj**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre 2013.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 4º Ed. Universidade Federal do Rio Grande do Sul /Associação Brasileira de Recursos Hídricos (UFRS/ABRH), Porto Alegre, 2013.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água dos rios**. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2007.

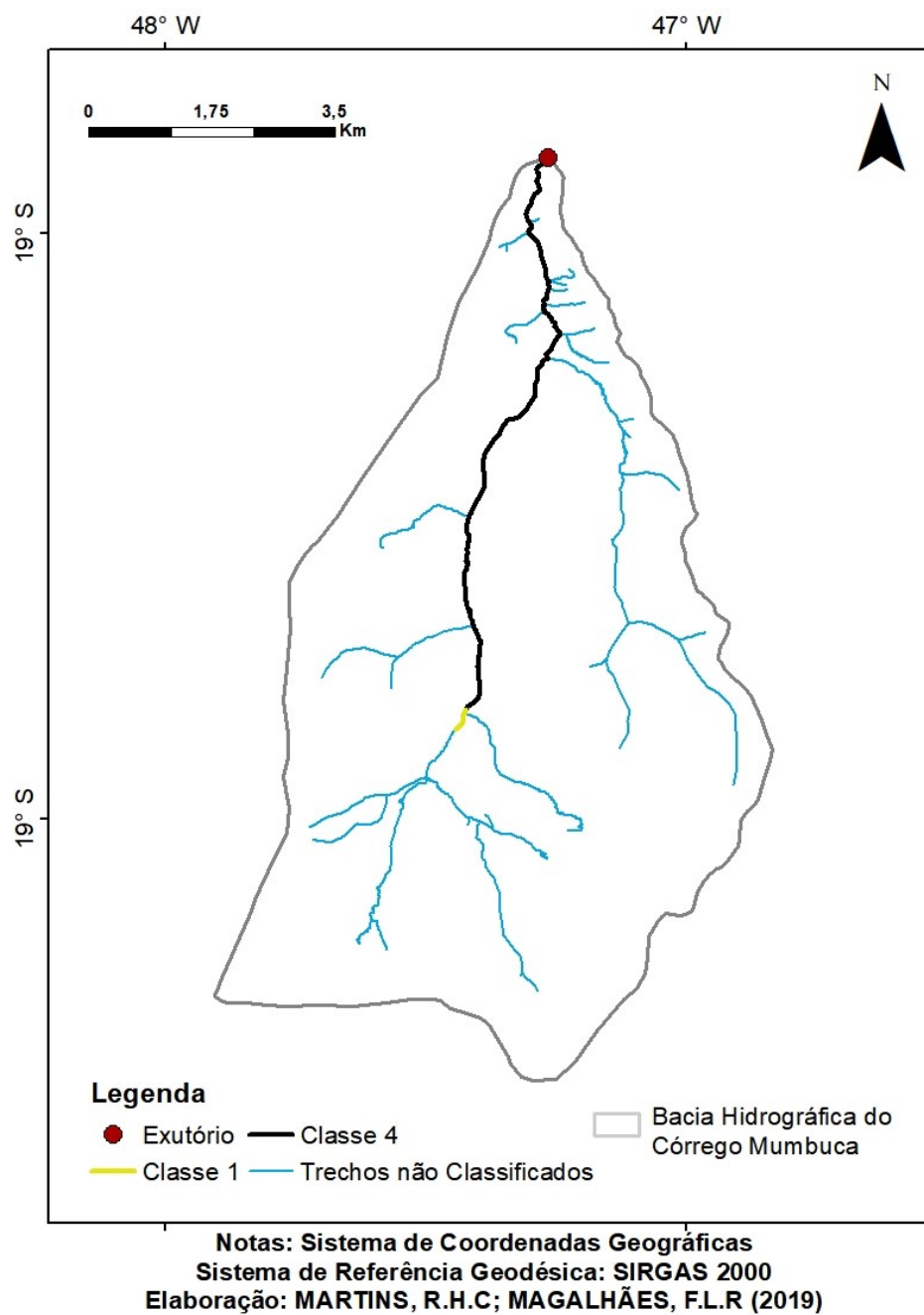
VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, 2005.

ZACHARIAS, A. A. **As categorias de análise da cartografia no mapeamento e síntese da paisagem**. Revista Geografia e Pesquisa, vol. 2, p. 33–56, 2008.

ZHANG, R.; QUIAN, X.; LI, H.; YUAN, X.; YE, R. *Selection of optimal river water quality improvement programs using QUAL2K: A case study of Taihu Lake Basin, China. Science of the total Environment*, vol. 431, p. 278-285, 2012

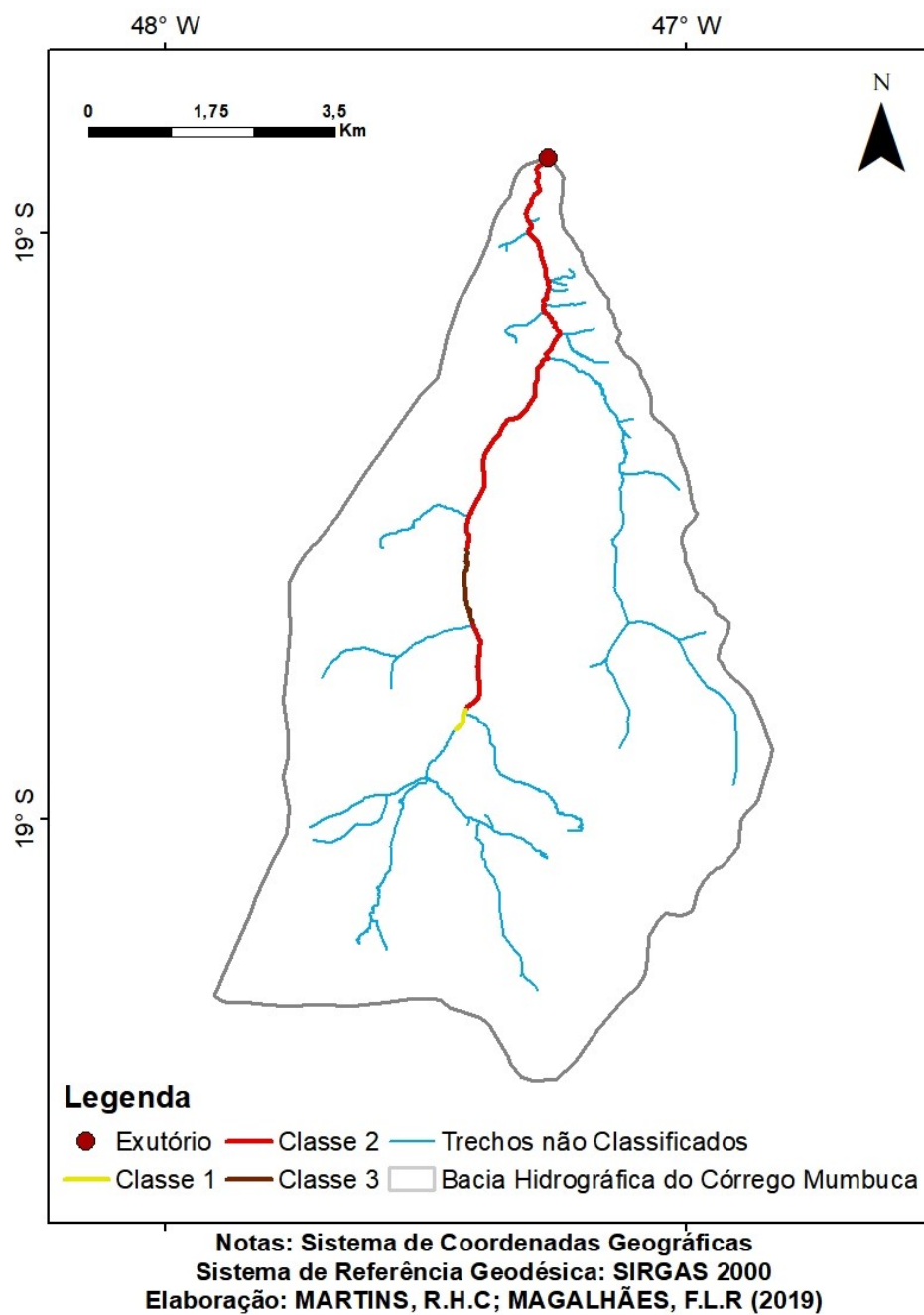
ZHU, W.; NIU, Q; ZHANG, R.; YE, R.; QIAN, X; QUIAN, Y. *Application of QUAL2K model to assess ecological purification technology for a polluted river. **International ournal of Environmental Research and Public Health**, vol.12, p. 2215-2229, 2015.*

APÊNDICE A - Mapa de classes da DBO



Fonte: autora.

APÊNDICE B - Mapa de classes do E.Coli



Fonte: Autora