

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE
CULTIVO DE HORTALIÇAS – ESTUDO
PRELIMINAR DO CÓRREGO ÁGUA
COMPRIDA, BARRA MANSA - RJ

Renata Lopes Duarte

Juiz de Fora

2017

QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE
CULTIVO DE HORTALIÇAS – ESTUDO
PRELIMINAR DO CÓRREGO ÁGUA
COMPRIDA, BARRA MANSA - RJ

Renata Lopes Duarte

Renata Lopes Duarte

QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE
CULTIVO DE HORTALIÇAS – ESTUDO
PRELIMINAR DO CÓRREGO ÁGUA
COMPRIDA, BARRA MANSA - RJ

Trabalho Final de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Área de concentração: Meio Ambiente

Linha de pesquisa: Qualidade da Água

Orientador: Jonathas Batista Gonçalves Silva

Coorientadora: Renata de Oliveira Pereira

Juiz de Fora

Faculdade de Engenharia da UFJF

2017

**“QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREA DE CULTIVO DE
HORTALIÇAS – ESTUDO PRELIMINAR DO CÓRREGO ÁGUA
COMPRIDA, BARRA MANSA – RJ”**

Renata Lopes Duarte

Trabalho Final de Curso submetido à banca examinadora constituída de acordo com o artigo 9º da Resolução CCESA 4, de 9 de abril de 2012, estabelecida pelo Colegiado do Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Ambiental e Sanitarista.

Aprovada em 23 de Novembro de 2017.

Por:



Prof. DSc. Otávio Eurico de Aquino Branco



Prof. DSc. Edgard Henrique Oliveira Dias



Prof. DSc. Renata de Oliveira Pereira (Coorientadora)



Prof. DSc. Jonathas Batista Gonçalves Silva (Orientador)

AGRADECIMENTOS

Mais uma etapa se concluindo e este trabalho, ao qual me dediquei durante meses e agora vejo com satisfação os resultados, fecha com chave de ouro alguns dos anos mais felizes da minha vida. Assim, não poderia deixar de agradecer algumas pessoas fundamentais para que este sonho se tornasse realidade.

Primeiramente agradeço a Deus, por nunca ter me faltado nos momentos em que mais precisei. Agradeço aos meus pais, Marisa e Érico, por terem me dado toda a base necessária para chegar até aqui e, principalmente, por serem meus bens maiores, meus portos seguros, meus principais exemplos de caráter e honestidade, os maiores responsáveis por me tornar a pessoa que sou hoje. Agradeço à minha irmã, Carol, que desde sempre foi minha melhor amiga, conselheira, companheira de todos os momentos, minha influência ao escolher seguir a carreira de engenharia e hoje, meu maior exemplo de profissional dedicada e competente, o qual pretendo seguir. Ao Rogger, por sempre me incentivar e acreditar em mim, por toda paciência, companheirismo, amor e dedicação que tem comigo, e que tornaram esses anos de faculdade bem mais leves. A todos os meus professores ao longo desta jornada, cada um deles foi essencial para a minha formação. Em especial, agradeço aos meus orientadores Jonathas e Renata, que me deram a oportunidade, apoio, ensinamentos e ferramentas necessárias para realização deste trabalho. Ao professor Marconi, meu orientador na Iniciação Científica. Ao professor Otávio e à Sônia, por sempre me receberem de forma gentil. Aos meus colegas e orientadores da Secretaria de Meio Ambiente, onde tive a oportunidade de aprender muito a respeito da profissão que escolhi. Aos meus amigos, presentes que a faculdade me deu e que levarei comigo para sempre!

Finalmente, agradeço a todos que de alguma forma estiveram presentes em minha vida acadêmica, em especial àqueles que tornaram possível a realização deste: ao Giordano, meu colega de trabalho, à Isabela, Lucas e Guilherme, que foram essenciais na coleta e análise das amostras, ao Cláudio, engenheiro da EMBRAPA que nos acompanhou, a todos do LAQUA que se mobilizaram para nos ajudar nas análises, em especial agradeço à Iramaia por todo suporte e ao professor Edgard pelos treinamentos.

A todos que me ajudaram nesta maravilhosa (algumas vezes amarga), porém, majoritariamente doce jornada, o meu MUITO OBRIGADA! Sem vocês nada disso seria possível.

RESUMO

A horticultura possui papel relevante na economia brasileira. No entanto, a mesma produz passivos ambientais, notadamente quando mal manejada. Neste trabalho objetivou-se avaliar a água da microbacia do córrego Água Comprida, no distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa /RJ, conhecida pela produção de hortaliças, a fim de se estabelecer relações entre tal atividade e a qualidade da água. Foram analisadas amostras coletadas durante período de estiagem hídrica (novembro/2016), em 4 açudes (A), 5 pontos de curso d'água (C) e água de um poço (P), ao longo do trecho de maior concentração de hortas neste córrego. Para tal, os resultados foram comparados com a Resolução CONAMA nº 357/2005, para classes 1 e 2 de águas superficiais, e com a Portaria do Ministério da Saúde nº 2.914/2011, para a água do poço. Foram ainda obtidos o Índice de Qualidade da Água (IQA) e de Estado Trófico (IET), e a realização da interpretação de dados relacionados à qualidade da água para fins de irrigação. Vários parâmetros analisados, como DBO, ferro total, fósforo total, nitrito, oxigênio dissolvido (OD) e *E-coli*, encontraram-se acima dos padrões estabelecidos, indicando a relação entre as atividades praticadas ao longo do trecho com a degradação do meio. Os resultados do IQA indicaram avançado estado de degradação, tendo a qualidade, segundo este índice, variado de média (A1) a muito ruim (C4). Os parâmetros que mais influenciaram nestes resultados negativos foram OD, DBO, fósforo total e *E-coli*. Ainda, os resultados do IET indicam elevado estado de eutrofização do córrego, a partir dos pontos de maior influência das atividades agrícolas, bem como da urbanização, principalmente no ponto C4, classificado como hipereutrófico, segundo este índice. Finalmente, a qualidade da água para irrigação também não é ideal, tanto pelo panorama técnico quanto sanitário. Concluiu-se, portanto, que a atividade agrícola, associada aos processos de urbanização desordenados, se mostraram os principais agentes causadores da deterioração das águas do córrego Água Comprida.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1 - Caracterização do local.....	4
2.2 – Qualidade da Água.....	6
2.2.1 – Coletas	7
2.2.2 – Índice de Qualidade da Água (IQA)	14
2.2.3 – Índice de Estado Trófico (IET)	15
2.2.4 – Qualidade da Água para Irrigação.....	16
2.3 – Caracterização do Solo	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1 – Caracterização do Solo	18
3.2 – Qualidade da Água.....	20
3.2.1 – Índice de Qualidade da Água (IQA)	32
3.2.2 – Índice de Estado Trófico (IET)	35
3.2.3 – Qualidade da água para irrigação	39
3.3 – Comentários finais	40
4. CONCLUSÕES.....	42
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Microbacia Córrego Água Comprida.	5
Figura 2 - Mapa da localização do município de Barra Mansa, no Estado do Rio de Janeiro.....	5
Figura 3 - Localização do Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa/ RJ.	6
Figura 4 - Localização de cada ponto de coleta, na micro bacia hidrográfica córrego Água Comprida: Açudes A1 a A4; Cursos d'água C1 a C5 e Poço P1.....	8
Figura 5 - Imagens dos locais de coleta: Açudes A1 a A4; Cursos d'água C1 a C5 e Poço P1.....	9
Figura 6 - Equipamentos utilizados em campo.	11
Figura 7 - pH nos pontos analisados.....	22
Figura 8 - Concentrações de DBO _{5,20} nos pontos analisados.	23
Figura 9 - Concentrações de OD nos pontos analisados.	24
Figura 10 - Concentrações de ferro nos pontos analisados.	26
Figura 11 - Concentrações de nitrato e nitrito nos pontos analisados.	27
Figura 12 - Degradação ambiental em alguns pontos ao longo do trecho estudado do córrego Água Comprida.	34
Figura 13 - Concentrações de Fósforo total nos pontos de coleta.	36
Figura 14 - Correlação entre as concentrações de fósforo no solo e na água, para os pontos A1, A4 e C2.	37
Figura 15 - Correlação entre as concentrações de fósforo no solo e na água, para os pontos A1, A4, C2, C3 e C5.	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos de coleta, coordenadas de GPS, descrição do ambiente e análises realizadas em cada ponto.....	12
Tabela 2 - Parâmetros e métodos utilizados na determinação da qualidade das amostras de águas superficiais.....	13
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.....	14
Tabela 4 - Classificação do Índice de Qualidade da Água, segundo o IGAM.....	15
Tabela 5 - Classificação do Estado Trófico para ambientes lóticos e lênticos segundo o Índice de <i>Carlson</i> modificado.	16
Tabela 6 - Critérios de avaliação da qualidade da água de irrigação.	17
Tabela 7 - Caracterização física e química de amostras de solo coletadas próximo aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 e C5, na microbacia do córrego Água Comprida.....	18
Tabela 8 - Resultado das análises para 9 dos 10 pontos de coleta ao longo do trecho estudado do córrego Água Comprida.	21
Tabela 9 - Resultados dos parâmetros analisados para o poço P1.....	30
Tabela 10 - Resultados calculados do IQA para os pontos analisados.....	32
Tabela 11 - Resultados calculados do IET para os pontos analisados.....	38

1. INTRODUÇÃO

O agronegócio é um setor econômico que atua de forma significativa no desenvolvimento do país. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), somente em 2015 o agronegócio brasileiro foi responsável por 46,67% das exportações e 12,18% das importações do país. O Produto Interno Bruto (PIB) gerado pelo agronegócio representou 21,46% do PIB nacional, uma alta de 1,8% em relação ao ano anterior, chegando a R\$ 263,6 bilhões em 2015. Tais resultados são motivos de comemoração para o setor, principalmente por se tratar de um ano de extremas dificuldades econômicas (MAPA, 2016). Ainda em 2015, dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) apontam que o setor agropecuário gerou cerca de 9,8 mil empregos, sendo o único a apresentar saldo positivo, graças ao aumento das produções e exportações de produtos agrícolas, mostrando que os produtores brasileiros mantêm forte confiança no setor e seguem investindo na produção de alimentos para abastecer tanto o mercado interno quanto externo (CAGED, 2016).

Neste contexto, pode-se destacar a horticultura como forte contribuinte para o sucesso do setor. Segundo o MAPA, o cultivo de hortaliças (verduras e legumes), gera mais lucro por hectare do que o de outras culturas, como grãos, por exemplo (MAPA, 2016). Esta atividade pode ser realizada por micro, pequenas, médias e grandes propriedades, localizadas tanto no interior quanto nas proximidades de grandes centros urbanos (SEBRAE NACIONAL, 2016). Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), a cadeia produtiva de hortaliças no Brasil movimenta cerca de R\$ 55 bilhões por ano e ocupa uma área aproximada de 820 mil hectares, produtora de 20 milhões de toneladas de 18 hortaliças diferentes, sendo que tomate, cebola e alface são responsáveis por quase 50% deste total (ABCSEM, 2016). Por ser extremamente dependente de mão de obra, desde sua semeadura até comercialização, a cultura de hortaliças gera por ano um grande número de empregos. Segundo o SEBRAE (2016), estima-se que cada hectare de hortaliças produza, em média, entre 3 a 6 empregos diretos e um número idêntico de empregos indiretos.

No entanto, apesar da atividade de horticultura ter papel relevante na economia brasileira, a mesma produz passivos ambientais, notadamente quando mal manejada,

principalmente devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. O emprego destes produtos químicos na agricultura irrigada gera um passivo, visto que, por meio do escoamento superficial e subterrâneo, a água leva consigo estes elementos, tendo como destino final os rios e aquíferos (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, a forma de uso e ocupação do solo pela atividade agrícola é outro exemplo de geração de passivos ambientais, uma vez que pode causar erosão nas margens dos rios e assoreamento do curso d'água, evidenciados nas alterações de parâmetros de qualidade da água, como pH e turbidez (MAIA *et al.*, 2015).

Maia *et al.* (2015) realizaram estudos nos quais avaliaram os impactos da agricultura urbana na qualidade da água da bacia hidrográfica do Igarapé - AM, e puderam observar valores de pH variando entre 6,6 e 7,7 e de condutividade elétrica, parâmetro de qualidade importante para fins de irrigação e avaliação indireta da salinidade, entre 0,16 e 0,32 mS/cm. Pôde-se observar que os valores referentes aos parâmetros aumentavam em áreas de maior concentração de horticulturas que se utilizavam de fertilizantes. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de a solução nutritiva presente nestes fertilizantes ser composta, em grande parte, por elementos metálicos condutores de corrente elétrica (STAFF, 1998).

Lucas *et al.* (2010) avaliaram a qualidade da água em uma microbacia hidrográfica a qual recebe influência de uma área produtora de hortaliças. Os autores compararam os resultados obtidos em suas análises com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (BRASIL, 2005) que, entre outros, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. O corpo d'água em estudo se enquadra como Classe 2 para águas doces e, segundo os autores, em alguns pontos parâmetros como nitrato (NO_3^-), ferro (Fe^{2+}), oxigênio dissolvido (OD) e cor não apresentaram qualidade compatível com a norma, o que pode evidenciar a relação entre o uso e ocupação do solo com a degradação do ambiente. Além disso, pôde-se observar uma maior concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH_3) em áreas de maior concentração de hortas, o que pode ser justificado pelo fato dessa área ter recebido maior influência antrópica das atividades agrícolas praticadas, como o uso de ureia na adubação nitrogenada. Por meio do escoamento superficial, houve carreamento de nutrientes, matéria orgânica e sedimentos para o curso d'água, alterando de forma significativa este parâmetro.

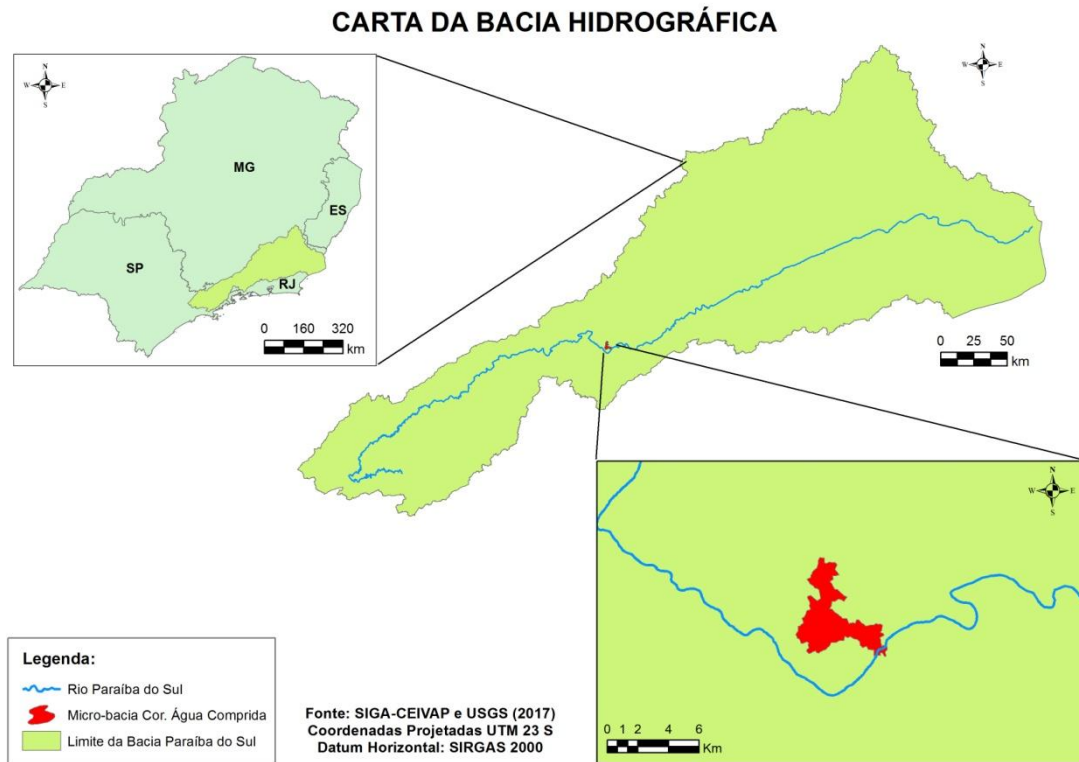
Fica então evidenciada a importância do monitoramento da qualidade da água, acompanhando as alterações nas características físicas, químicas e biológicas desta, decorrentes de atividades antrópicas e fenômenos naturais. Sendo assim, o trabalho teve por objetivo analisar a qualidade da água na microbacia do córrego Água Comprida, no distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa /RJ, conhecida pela produção de hortaliças, a fim de se estabelecer relações entre tal atividade e a qualidade da água e efeitos no solo. Pretendeu-se ainda avaliar a qualidade da água para a irrigação de tais hortaliças. Para tal, realizou-se estudo do Índice de Qualidade da Água (IQA) e Índice de Estado Trófico (IET), além da caracterização química do solo da região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 - Caracterização do local

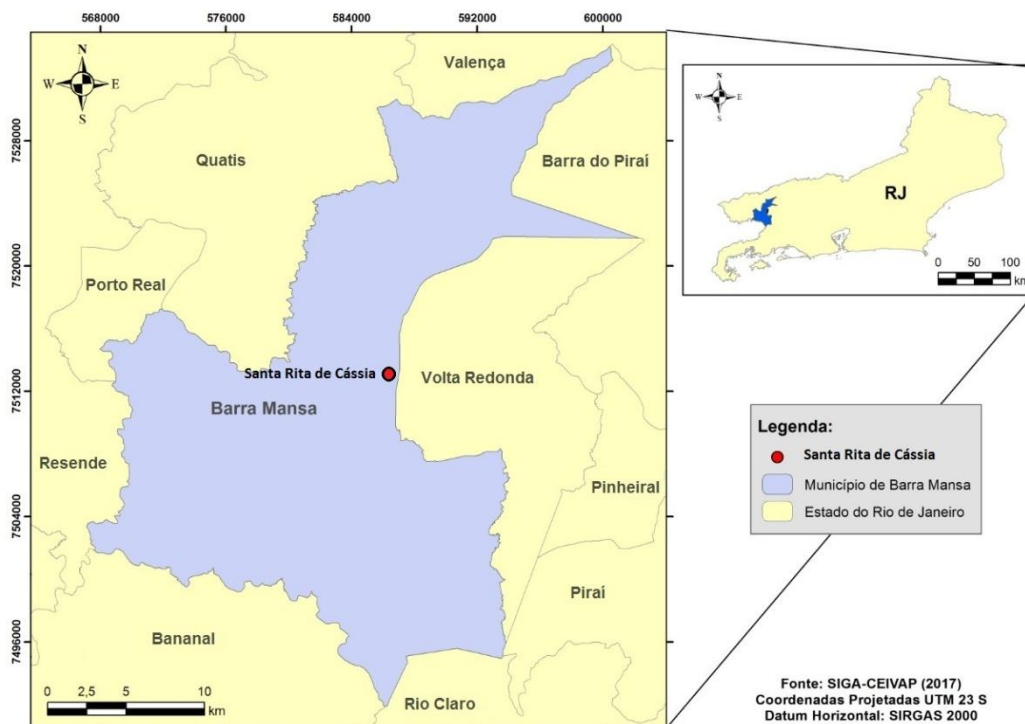
A área de estudo compreende a microbacia hidrográfica do córrego Água Comprida, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Figura 1), na região do distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa / RJ (Figuras 2 e 3). O distrito se encontra a uma altitude de 381 metros, coordenadas 22°29'32,05" Sul e 44°09'55,88" Oeste e possui clima mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e inverno seco. A umidade relativa do ar varia entre 69% e 77% e a temperatura média local se encontra entre 22 e 25°C, sendo as mais baixas observadas no período de maio a setembro (média mínima de 13,7°) e as mais altas entre novembro e março (média máxima de 29,7°). O período de chuvas está entre os meses de outubro a abril, com pluviosidade de 1.192,8 mm. A precipitação média anual varia em torno de 1.592,5 mm de chuva, sendo de dezembro a março o período mais chuvoso, com média de 247,87 mm/mês, e de maio a setembro o mais seco, com média de 36,02 mm/mês (PMBM, 2015). Ainda, segundo Gomes *et al.* (2009), há no distrito aproximadamente 102 nascentes, sendo que a maioria se apresenta em elevado grau de degradação.

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Microbacia Córrego Água Comprida.



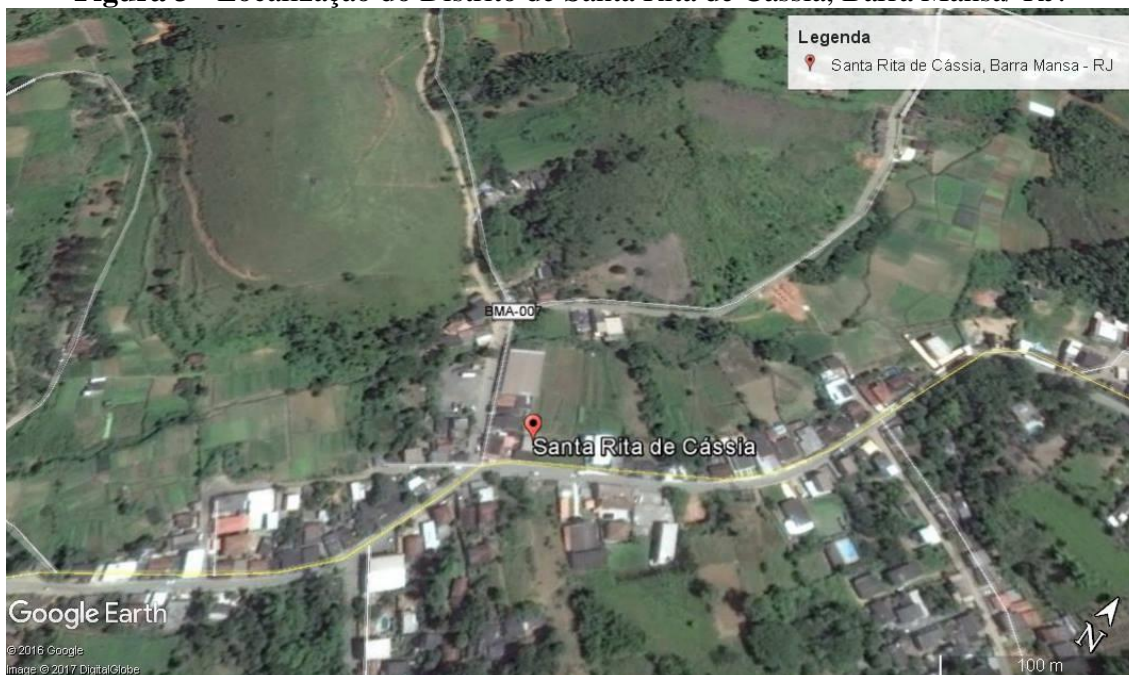
Fonte: Acervo próprio (Adaptado).

Figura 2 - Mapa da localização do município de Barra Mansa, no Estado do Rio de Janeiro.



Fonte: Acervo próprio (Adaptado).

Figura 3 - Localização do Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa/ RJ.



Fonte: Adaptado de Google Earth.

A principal atividade desenvolvida no distrito é o cultivo de hortaliças, contando com aproximadamente 160 horticultores, sendo alface e couve as principais culturas produzidas. Há também pequenas produções de milho, abóbora, chuchu e jiló. A produção é totalmente escoada nos mercados da região, sendo eles restaurantes, supermercados, escolas e hospitais (DIÁRIO DO VALE, 2016).

2.2 – Qualidade da Água

Para determinação da qualidade da água, foram coletadas amostras da mesma ao longo do córrego Água Comprida, nas proximidades dos canteiros plantados com hortaliças. Para tal, analisou-se parâmetros de qualidade, como cloretos, Cl^- , condutividade elétrica (CE), cor aparente, cor verdadeira, demanda bioquímica de oxigênio ($DBO_{5,20}$), demanda química de oxigênio (DQO), dureza cálcio, ferro total, fósforo total, nitrato, nitrito, oxigênio dissolvido (OD), pH, resistividade, salinidade, sódio total, sólidos dissolvidos totais (SDT), sólidos totais (ST), temperatura e turbidez, além do parâmetro microbiológico *Escherichia coli*. Destaca-se ainda que foi avaliado o teor do defensivo agrícola glifosato em alguns pontos do córrego Água Comprida, ao longo do trecho estudado.

De acordo com a Portaria MINTER nº 86 (1981), o trecho do Rio Paraíba do Sul que compreende a área em estudo é classificado como Classe 2, segundo o enquadramento

de corpos hídricos em classes, instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997). Sendo assim, pôde-se determinar se o corpo d'água em questão manteve-se com a qualidade da água de seu enquadramento, de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005).

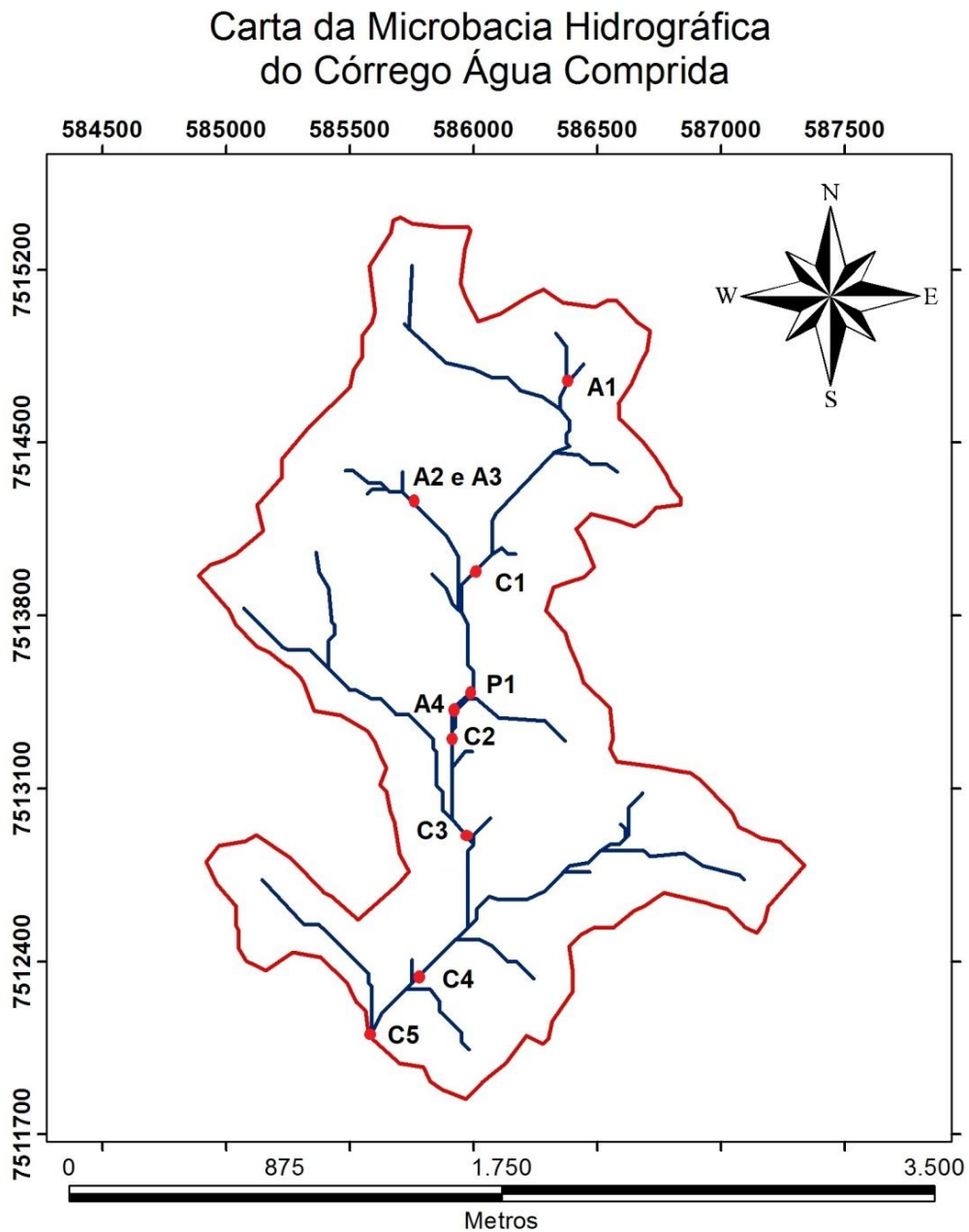
Ainda a fim de determinar a qualidade da água na microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida, foram estabelecidos o Índice de Estado Trófico (IET), através do parâmetro fósforo total, e o Índice de Qualidade da Água (IQA) estabelecido e utilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), utilizando 9 parâmetros de qualidade: OD, *Escherichia coli*, pH, DBO_{5,20}, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e ST. Além disso, avaliou-se a qualidade da água do córrego, para fins de irrigação, através de parâmetros como Cl⁻, CE, ferro total, pH, sódio (Na⁺) e salinidade.

2.2.1 – Coletas

Foram selecionados 10 pontos amostrais, com a finalidade de obter boa representatividade da região de estudo. No total foram analisadas águas de quatro açudes (A), cinco pontos de curso d'água (C) e água de um poço (P), numerando-os de montante para jusante.

Na Figura 4 está elucidada a delimitação do trecho estudado da microbacia hidrográfica córrego Água Comprida, com a localização de cada ponto. Já na Figura 5 apresentam-se imagens dos locais de coleta, no dia da mesma.

Figura 4 - Localização de cada ponto de coleta, na micro bacia hidrográfica córrego Água Comprida: Açudes A1 a A4; Cursos d'água C1 a C5 e Poço P1.



FONTE: ALOS/PALSAR
PROJEÇÃO: UNIVERSAL TRANSVERSA DE MERCATOR
DATUM : CÓRREGO ALEGRE
SISTEMA DE COORDENADAS: CÓRREGO ALEGRE UTM 23 SUL
AUTOR: GIORDANO AKIRA

Fonte: Acervo próprio (Adaptado).

Figura 5 - Imagens dos locais de coleta: Açudes A1 a A4; Cursos d'água C1 a C5 e Poço P1.






Fonte: Arquivo pessoal.

Os pontos A1, A2 e A3, açudes mais à montante da bacia hidrográfica, foram escolhidos uma vez que se assumiu que são os que apresentam menor influência do uso e ocupação do solo pela atividade agrícola. O ponto C1 drena uma área onde há maior ocupação agrícola e também já se encontram algumas residências, logo considerou-se a possibilidade de existir certa influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água. O ponto A4 se encontra em um açude localizado no meio da horta e, assim como o ponto C2, esperou-se observar esta influência nas análises, uma vez que ambos contemplam uma área ainda maior de contribuição. A partir do ponto C3 já se começou a observar, além da influência das hortaliças, a relevante contribuição de lançamento de efluentes domésticos e sanitários. Os pontos C4 e C5, mais à jusante, são os que mais sofrem influência tanto da horticultura quanto dos lançamentos de efluentes, logo se esperou que apresentassem maior alteração na qualidade da água. Finalmente, o ponto P1 foi escolhido por se tratar de um poço, o qual permitiu a avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea, para fins comparativos.

As coletas das amostras de água nos pontos selecionados foram realizadas no dia 3 de novembro de 2016, período de estiagem hídrica, seguindo a ordem de montante para jusante, e iniciaram-se às 08h30min, com condições de tempo estáveis. A última coleta foi realizada às 16h00min, com tempo nublado.

Nos locais da coleta, foram recolhidos alguns dados iniciais, como coordenadas dos pontos das amostras, através de aparelho de GPS, modelo *Garmin etrex venture cx* (Figura 6a). Utilizando duas sondas multiparamétricas, modelos *Hanna HI9828* e *Hach HQ40d* (Figuras 6b e 6c), foi possível determinar alguns parâmetros *in loco*, como pH, temperatura, CE, SDT, salinidade, resistividade e OD. Para os demais parâmetros, foram coletados 4 litros de amostra para as análises físico químicas e 1 litro de amostra para análises microbiológicas, em recipiente devidamente esterilizado e tomando-se o cuidado para que não houvesse contaminação. As amostras foram então acondicionadas em caixas térmicas, a fim de se manter as condições ambientais do momento da coleta, de acordo com as recomendações previstas na NBR 9.898 (ABNT, 1987). Finalmente foram levadas para análise no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA), na Universidade Federal de Juiz de Fora / MG.

Figura 6 - Equipamentos utilizados em campo.

GPS <i>Garmin etrex venture cx</i> (a)	Sonda multiparamétrica <i>Hanna H19828</i> (b)	Sonda multiparamétrica <i>Hach HQ40d</i> (c)
		
Fonte: garmin.com	Fonte: hannainst.com	Fonte: hach.com

Foram recolhidas ainda em alguns pontos, amostras para determinação de glifosato nos corpos hídricos, e posteriormente estas foram encaminhadas ao Laboratório Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda, especializado para realização da análise.

Na Tabela 1 apresentam-se a localização de cada ponto no GPS, a descrição do ambiente e as análises realizadas em cada um deles.

Tabela 1 - Pontos de coleta, coordenadas de GPS, descrição do ambiente e análises realizadas em cada ponto.

Ponto	Coordenadas (UTM)	Descrição do ambiente	Parâmetros de Qualidade da água
A1	23K 0586354 7514750	Lêntico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DBO _{5,20} , DQO, Dureza Cálcio, <i>Escherichia coli</i> , Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT ³ , ST ⁴ , Temperatura, Turbidez e Glifosato.
A2	23K 0585783 7514292	Lêntico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio, Ferro total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, SDT ³ , Temperatura e Turbidez.
A3	23K 0585783 7514292	Lêntico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio, Ferro, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, SDT ³ , Temperatura e Turbidez.
A4	23K 0585947 7513487	Lêntico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio, <i>Escherichia coli</i> , Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, SDT ³ , Temperatura e Turbidez.
C1	23K 0585954 7513944	Lótico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DBO _{5,20} , Dureza Cálcio, Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT ³ , ST ⁴ , Temperatura, Turbidez e Glifosato.
C2	23K 0585937 7513304	Lótico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DBO _{5,20} , Dureza Cálcio, Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, SDT ³ , ST ⁴ , Temperatura e Turbidez.
C3	23K 0585995 7512989	Lótico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DBO _{5,20} , Dureza Cálcio, Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT ³ , ST ⁴ , Temperatura, Turbidez e Glifosato.
C4	23K 0585784 7512432	Lótico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DBO _{5,20} , Dureza Cálcio, <i>Escherichia coli</i> , Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, SDT ³ , ST ⁴ , Temperatura e Turbidez.
C5	23K 0585591 7512201	Lótico	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, DBO _{5,20} , Dureza Cálcio, <i>Escherichia coli</i> , Ferro total, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT ³ , ST ⁴ , Temperatura, Turbidez e Glifosato.
P1	23K 0585882 7513390	-	Cloretos, Cloro, CE ¹ , Cor aparente e verdadeira, Dureza Cálcio, Ferro total, Nitrato, Nitrito, OD ² , pH, Resistividade, Salinidade, SDT ³ , Temperatura, Turbidez e Glifosato.

Nota: (-) Não se enquadra neste tipo de classificação; 1. Condutividade elétrica; 2. Oxigênio dissolvido; 3. Sólidos dissolvidos totais; 4. Sólidos totais.

Na Tabela 2 estão apresentados os parâmetros analisados, assim como o método empregado nas análises, segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998) e segundo a *Environmental Protection Agency* (USEPA). Destacando-se ainda as análises realizadas através de sonda multiparamétrica, no momento da coleta. Ressalta-se que as análises foram feitas dentro do tempo máximo estipulado para cada parâmetro, segundo sua metodologia específica.

Tabela 2 - Parâmetros e métodos utilizados na determinação da qualidade das amostras de águas superficiais.

Parâmetro	Método
Cor Aparente	APHA 2120 C
Cor Verdadeira	APHA 2120 C
Temperatura	Sonda Multiparamétrica
Turbidez	APHA 2130 B
CE ¹	Sonda Multiparamétrica
Cloretos	APHA 4500-CI
DBO _{5,20} ³	APHA 5210 B
DQO ⁴	APHA 5220 D
Dureza Cálcio	APHA 2340 C
Ferro Total	Kit Hach IR – 18C 0-10 mg/L*
Fósforo Total	APHA 4500 P E**
Nitrato	Kit Hach Nitriver 5 PP 10 mL*
Nitrito	Kit Hach Nitriver 3 PP 10 mL*
OD ²	Sonda Multiparamétrica
pH	Sonda Multiparamétrica
Resistividade	Sonda Multiparamétrica
Salinidade	Sonda Multiparamétrica
Sódio Total	APHA 3120 B**
SDT ⁵	Sonda Multiparamétrica
ST ⁶	APHA 2540 B
<i>Escherichia coli</i>	APHA 9222 B
Glifosato	EPA SW 846 – 300.1** (LQ = 60µg/L)

Nota: 1. Condutividade elétrica; 2. Oxigênio Dissolvido; 3. Demanda bioquímica de oxigênio após 5 dias a uma temperatura de 20°C; 4. Demanda química de oxigênio; 5. Sólidos dissolvidos totais; 6. Sólidos totais.

* Especificações do Fabricante. ** Análises realizadas em laboratório externo.

LQ: Limite de Quantificação.

2.2.2 – Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA foi calculado de acordo com a metodologia utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). São considerados nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que foram fixados em função de sua importância para conformação global da qualidade da água, expressos na Tabela 3.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.

Parâmetro de Qualidade da Água	Peso (w)
Oxigênio Dissolvido (% OD saturação)	0,17
Coliformes Termotolerantes* (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
DBO _{5,20} (mg/L)	0,10
Temperatura da Água (°C)	0,10
Nitrato (mg/L)	0,10
Fosfato Total (mg/L)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

Fonte: Adaptado de ANA, 2016.

Nota: *Substituído por *E-coli* a partir de 2013; NMP – Número Máximo Permitido; UNT – Unidade de Turbidez.

A partir de 2013, o parâmetro Coliformes Termotolerantes foi substituído por *Escherichia coli* (IGAM, 2013), que foi utilizado para o cálculo do IQA deste estudo. Ainda, o parâmetro fosfato foi utilizado no lugar do fósforo total, sem que haja comprometimento dos resultados, uma vez que este é a forma principal presente nas águas (von SPERLING, 2005).

O cálculo do IQA é feito por meio do produtório ponderado dos nove parâmetros, segundo a Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad (1)$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade da Água;

q_i : qualidade do parâmetro i obtido pela curva média específica de qualidade;
 w_i : peso atribuído ao parâmetro, em função de sua importância na qualidade, entre 0 e 1.

Os valores do IQA são classificados em faixas, conforme a Tabela 4. E as curvas médias de qualidade obtidas para os nove parâmetros encontram-se disponíveis em ANA (2016).

Tabela 4 - Classificação do Índice de Qualidade da Água, segundo o IGAM.

Faixas de IQA	Avaliação da Qualidade da Água
$90 < IQA \leq 100$	Excelente
$70 < IQA \leq 90$	Bom
$50 < IQA \leq 70$	Médio
$25 < IQA \leq 50$	Ruim
$IQA \leq 25$	Muito Ruim

Fonte: Adaptado de IGAM (2012).

Foram analisados os pontos A1, açude e ponto mais à montante dentre os estudados, e os pontos C4 e C5, pontos mais à jusante, a fim de se comparar os dois extremos. O cálculo do IQA foi realizado através das equações disponibilizadas pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD, 2005).

2.2.3 – Índice de Estado Trófico (IET)

No IET, os resultados obtidos que correspondem ao fósforo, IET (PT), expressam o potencial de eutrofização do corpo d'água, uma vez que este nutriente atua como causador do processo (CETESB, 2007).

Como o método foi desenvolvido em ambientes de clima temperado, sua aplicação em regiões tropicais deve ser feita de forma cuidadosa (XAVIER, 2005). Sendo assim, utiliza-se uma adaptação para ambientes tropicais do índice adotado por *Carlson* em 1977. Método também utilizado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB), em sua rede de monitoramento (BUCCI e OLIVEIRA, 2014).

Dessa forma, é possível estabelecer o Índice de Estado Trófico para ambientes lóticos (Córregos e Rios) e para ambientes lênticos (Reservatórios e Lagos), segundo as Equações 2 e 3 (CETESB, 2007).

- Ambientes Lóticos:

$$IET (PT) = 10 x \left(6 - \left\{ \frac{0,42 - 0,36 x \ln [PT]}{\ln 2} \right\} \right) - 20 \quad (2)$$

- Ambientes Lênticos:

$$IET (PT) = 10 x \left(6 - \left\{ \frac{1,77 - 0,42 x \ln [PT]}{\ln 2} \right\} \right) \quad (3)$$

Onde:

IET (PT): Índice de Estado Trófico correspondente ao fósforo;

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L.

Os limites estabelecidos para as diferentes classes de trofia para ambientes lóticos e lênticos estão descritos na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação do Estado Trófico para ambientes lóticos e lênticos segundo o Índice de *Carlson* modificado.

Categoria (Estado Trófico)	Ponderação
Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

Fonte: Adaptado de ANA (2016).

Para o cálculo do IET foram utilizados os pontos A1, A4, C1, C2, C3, C4 e C5, a fim de se obter uma boa representação do grau de trofia ao longo do trecho estudado.

2.2.4 – Qualidade da Água para Irrigação

Foram utilizados os dados coletados nos pontos A1, C1, C3 e C5 na análise da qualidade da água para irrigação, considerando os parâmetros Cl⁻, condutividade elétrica (CE), ferro total, pH e sódio (Na⁺). Para a interpretação dos dados, utilizaram-se as diretrizes de qualidade da água para irrigação, conforme expressos na Tabela 6.

Tabela 6 – Critérios de avaliação da qualidade da água de irrigação.

Problemas e constituintes relacionados com	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Moderado	Severo
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para as plantas)				
CE ¹ da água de irrigação (CE _{ai})	dS.m ⁻¹	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
Toxicidade				
Sódio (Na ⁺)				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	mmol _e .L ⁻¹	< 3,0	> 3,0	-
Cloro (Cl ⁻)				
Irrigação por superfície	mmol _e .L ⁻¹	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	mmol _e .L ⁻¹	< 3,0	> 3,0	-
Miscelâneos				
pH		Amplitude Normal de 6,5 a 8,4		

Nota: 1 – Condutividade Elétrica.

Fonte: Adaptado de Ayers e Westcost, apud Bernardo, Soares e Montavani (2005).

2.3 – Caracterização do Solo

As amostras de solo foram retiradas próximas aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 e C5 de coleta de água, na camada de 0-0,20 m, a fim de se realizar a caracterização química deste, segundo métodos descritos em EMBRAPA (2011). Após coletadas, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, sendo em seguida levadas ao Laboratório de Fertilidade e Rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A caracterização química do solo incluiu pH em água, acidez trocável e potencial, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica efetiva (CTC_i) e potencial (CTC_T), soma de bases (SB), saturação por alumínio (m), por bases (V) e sódio (ISNA), teores trocáveis de Ca, K, Mg e Na, disponível de P, metais (Cu, Mn, Zn, Fe), B, S e matéria orgânica.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Caracterização do Solo

Na Tabela 7 apresenta-se a caracterização física e química das amostras de solo coletadas próximo aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 e C5.

Tabela 7 - Caracterização física e química de amostras de solo coletadas próximo aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 e C5, na microbacia do córrego Água Comprida.

Parâmetros	A1	A2	A4	C2	C3	C5
pH	6,67	5,96	7,08	6,49	6,41	5,96
P (mg.dm ⁻³)	34,8	31,3	170,8	449,4	36,7	31,3
K (mg.dm ⁻³)	122	179	261	251	30	179
Ca (cmol _c .dm ⁻³)	2,1	3,95	8,27	6,97	6,9	3,95
Mg (cmol _c .dm ⁻³)	0,68	0,95	2,02	1,73	0,98	2,33
Al (cmol _c .dm ⁻³)	0	0	0	0	0	0
H + Al (cmol _c .dm ⁻³)	1,5	3,3	2	3,5	3	2,8
SB (cmol _c .dm ⁻³)	3,09	5,36	10,96	9,34	7,96	12,25
t (cmol _c .dm ⁻³)	3,09	5,36	10,96	9,34	7,96	12,25
T (cmol _c .dm ⁻³)	4,59	8,66	12,96	10,96	10,96	15,05
V (%)	67,3	61,9	84,6	72,7	72,6	81,4
m (%)	0	0	0	0	0	0
MO (dag.kg ⁻¹)	1,04	1,04	3	2,87	2,87	1,7
S (mg.dm ⁻³)	14,3	8,7	30,7	9,7	3,6	0
B (mg.dm ⁻³)	0,42	0,42	1,08	0,83	0,35	0,96
Cu (mg.dm ⁻³)	2,26	2,7	7,12	9,92	5,36	7,48
Mn (mg.dm ⁻³)	27,5	45	134,7	45,2	80,3	89
Fe (mg.dm ⁻³)	73,3	618,9	167,4	262,6	438,6	100,6
Zn (mg.dm ⁻³)	3,92	9,55	28,4	35,6	11,44	48,8

Nota: H+Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; T – CTC potencial; V – índice de saturação por bases; m – índice de saturação por alumínio; MO – matéria orgânica.

No geral todas as amostras indicam um solo fértil, com altos teores de bases, CTC e, conseqüentemente, um elevado índice de saturação por bases ($V > 50\%$) e baixo índice de saturação por alumínio ($m < 15\%$). Destaca-se também o elevado teor de fósforo na área ($P > 30 \text{ mg.dm}^{-3}$), uma vez que os solos da região são pobres em P disponíveis. Tal

comportamento pode ser explicado por se tratar de uma área agrícola e que conta com adubação frequente, utilizando notadamente cama de frango. Observa-se ainda que as amostras coletadas dentro de área de produção (A4, C2 e C5) são aquelas que apresentaram maior fertilidade.

Observa-se também elevados concentrações de micronutrientes, tais como os metais. Os teores de Ferro ($> 45 \text{ mg.dm}^{-3}$), Manganês ($> 12 \text{ mg.dm}^{-3}$), Cobre ($> 1,8 \text{ mg.dm}^{-3}$) e Zinco ($> 2,2 \text{ mg.dm}^{-3}$) estão acima do limite muito crítico, de acordo com o manual de adubação de solos do estado de Minas Gerais (ALVAREZ *et al.*, 1999), tal comportamento pode causar danos à atividade agrícola e também ao meio físico ambiental. Os teores de Enxofre e Boro variam entre crítico e muito crítico (ALVAREZ *et al.*, 1999), o que também pode acarretar danos e à atividade agrícola e ao meio físico ambiental.

Os elevados teores de metais e demais micronutrientes podem estar associados ao uso da cama de frango na adubação do solo, uma vez que este resíduo é muito rico em ferro (1800 mg.kg^{-1}), manganês (688 mg.kg^{-1}), cobre (399 mg.kg^{-1}) e zinco (581 mg.kg^{-1}) (BRATTI, 2013; FUKAYAMA, 2008). A dose e a frequência podem colaborar para o incremento considerável destes elementos no solo, sendo necessária a recomendação de adubação adequada para a área. Ressalta-se que no ponto A2 o teor de Ferro ($618,9 \text{ mg.kg}^{-1}$) se apresentou muito alto e este valor pode ser explicado pelo fato da área ser encharcada e este elemento se apresentar predominantemente na sua forma reduzida, portanto não disponível e pouco móvel, o que colabora para maior concentração de ferro nesta área.

Por fim, evidencia-se que o manejo e cobertura do solo são de extrema importância para a qualidade da água superficial, pois a ocorrência de escoamento superficial pode carrear sedimentos ricos nos elementos supracitados e comprometer a característica do corpo hídrico bem como dos sedimentos de fundo do canal. Sendo assim, a adoção de medidas conservacionistas, tais como plantio em curva de nível, aração em curva, cordões vegetativos, adoção correta da irrigação, manutenção da mata de topo e ciliar são fundamentais para a redução do escoamento superficial e consequente carreamento de sedimentos.

3.2 – Qualidade da Água

Na Tabela 8 encontram-se expressos, de maneira sucinta, os resultados obtidos para as amostras de água analisadas em 9 dos 10 pontos de coleta ao longo do trecho estudado no córrego Água Comprida. Encontram-se também os valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357 de 2005 (BRASIL, 2005) tanto para corpos de água doce enquadrados como classe 2, classe de enquadramento do trecho do Rio Paraíba do Sul que compreende a área em estudo (PORTARIA MINTER, 1981), quanto para corpos de água doce enquadrados como classe 1, para águas destinadas à irrigação de hortaliças consumidas cruas (BRASIL, 2005). As classes 1 e 2 foram utilizadas a fim de se verificar se as atividades desenvolvidas estão prejudicando a qualidade da água, e com a finalidade de se verificar se as águas utilizadas na irrigação das hortaliças atendem aos padrões estabelecidos, respectivamente.

Os resultados das análises para a água coletada no poço (P1) foram discutidos separadamente, uma vez que o mesmo é utilizado para o abastecimento de casas localizadas no entorno. Logo, os resultados foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde n° 2.914 de 2011, que estabelece os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2011).

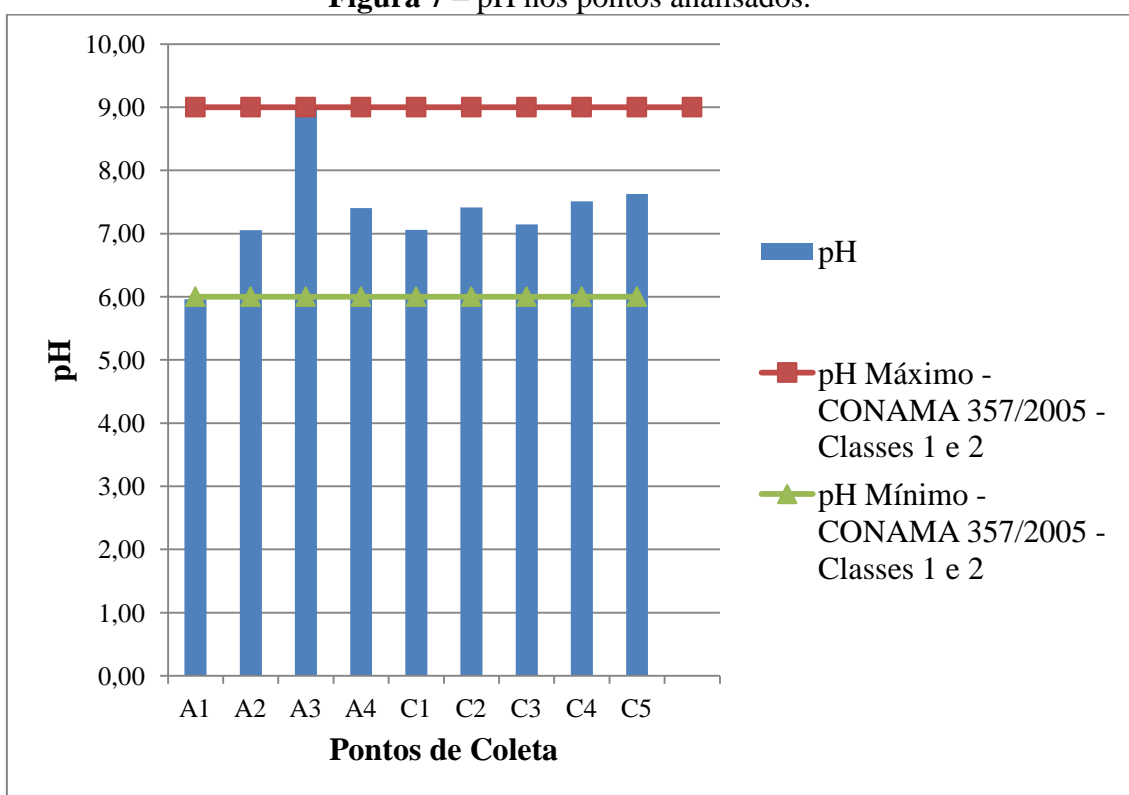
Tabela 8 – Resultado das análises para 9 dos 10 pontos de coleta ao longo do trecho estudado do córrego Água Comprida.

Parâmetro	A1	A2	A3	A4	C1	C2	C3	C4	C5	Resolução CONAMA 357/2005	
										Classe 1	Classe 2
Cor Aparente (uC)	153,0	202	103,5	116	59,1	74,05	133	256,5	206,5	-	-
Cor Verdadeira (uC)	6,1	9,9	8,9	6	7	8,3	13,3	25,2	9,5	-	75
Temperatura (°C)	22	25	28	26	21	27	28	25	26	-	-
Turbidez (uT)	50,4	81,6	52,3	32,1	10	10	59,7	98,9	83,7	40	100
Cloretos (mg/L)	0	0,99	5,47	0	1,49	0	0	0	11,94	250	250
Cloro residual (mg/L)	0	0,1	0,55	0	0,15	0	0	0	1,16	0,01	0,01
Condutividade Elétrica (µS/cm)	30	62	93	90	82	74	128	338	256	-	-
DBO _{5,20} (mg/L)	2	-	-	-	< 1	< 1	6	32	9	3	5
DQO (mg/L)	3	17	21	6	-	-	-	-	-	-	-
Dureza Cálcio (mg/L)	23	25,3	36,8	55,2	41,4	36,8	52,9	34,5	71,3	-	-
Ferro total (mg/L)	5,20	4,12	1,29	1,59	1,72	1,63	1,60	7,21	8,47	0,30	0,30
Fósforo Total (mg/L)	0,015	-	-	0,040	0,017	0,064	0,252	0,91	0,201	0,02* ou 0,1**	0,03* ou 0,1**
Nitrato (mg/L)	2,8	3,8	3,2	3	1,6	2,7	2,8	7,5	3,3	10	10
Nitrito (mg/L)	6	10	10	4	3	5	8	23	14	1	1
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	2,1	6,1	11,1	8,1	4,8	8,4	5,0	1,5	1,9	> 6	> 5
pH	5,96	7,06	9,02	7,41	7,06	7,42	7,15	7,51	7,63	6 a 9	6 a 9
Resistividade (µΩ.cm)	0,034	0,016	0,011	0,011	0,012	0,014	0,008	0,003	0,004	-	-
Salinidade (PSU)	0,01	0,03	0,05	0,04	0,04	0,03	0,06	0,16	0,12	-	-
Sódio Total (mg/L)	3,79	-	-	-	6,41	-	7,39	-	25,60	-	-
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	15	31	48	45	41	37	64	169	128	500	500
Sólidos Totais (mg/L)	85	-	-	-	95	55	180	420	220	-	-
<i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL)	0	-	-	0	-	-	-	230000	6000	200	1000

Nota: (-) – não foi realizada a análise / valores não estabelecidos; uC – Unidade de Cor; UFC – Unidade Formadora de Colônia; PSU – *Practical Salinity Units* (Unidades Práticas de Salinidade); ppm – partes por milhão; uT – Unidades de Turbidez; *Concentração de fósforo para ambientes lênticos; **Concentração de fósforo para ambientes lóticos.

O parâmetro pH manteve-se próximo à faixa de neutralidade nos pontos A2, A4, C1, C2, C3, C4 e C5 (pH médio desses pontos = 7,32). No entanto, conforme pode ser observado na Figura 7, os pontos A1 e A3 destacam-se dos demais por não corresponderem a esta tendência, sendo mais ácido (pH = 5,96) e básico (pH = 9,02), respectivamente. Como estes valores encontram-se muito próximos à faixa de pH padronizada para corpos hídricos classes 1 e 2 (pH entre 6 e 9), os resultados não chegam a representar riscos. Contudo, ressalta-se a importância de se realizar a análise da Clorofila, a fim de investigar se as variações de pH estão relacionadas a processos fotossintéticos.

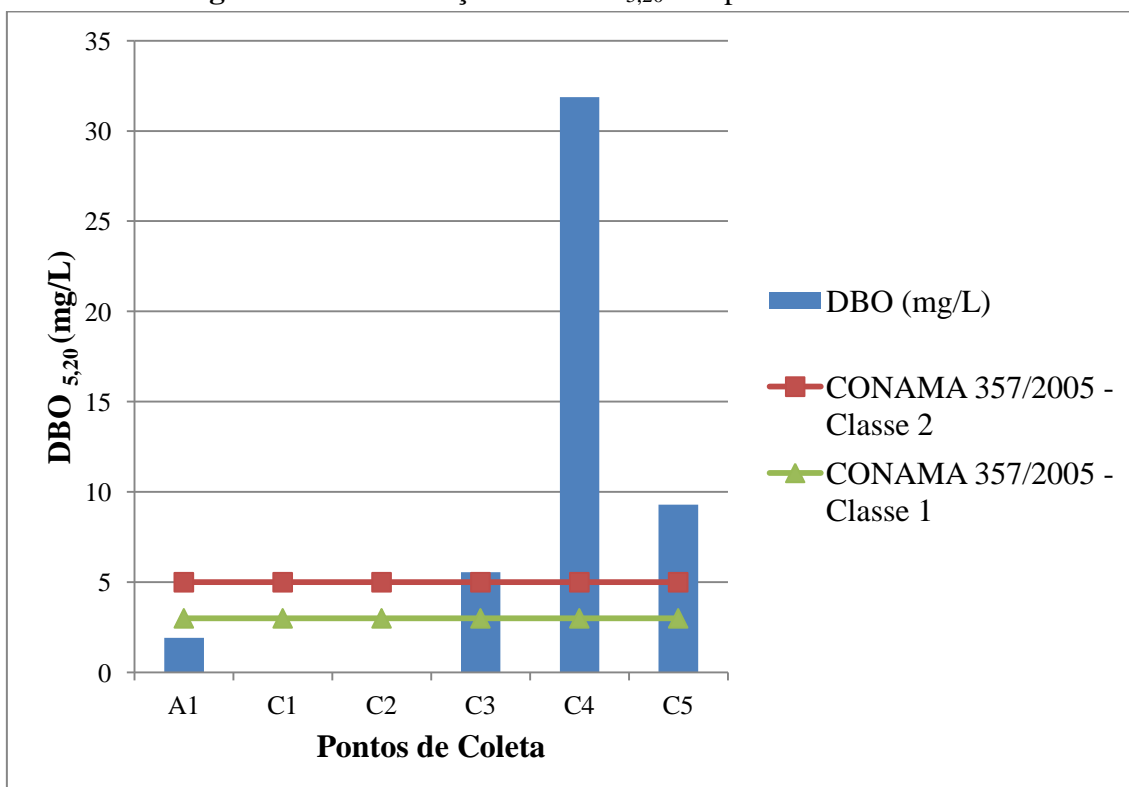
Figura 7 – pH nos pontos analisados.



Os valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio ($DBO_{5,20}$) determinados nos 6 pontos analisados tiveram uma grande variação, de 0 a 32 mg/L, sendo que nos pontos C3, C4 e C5 os mesmos se apresentaram superiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357 (BRASIL, 2005) tanto para corpos hídricos de água doce de classe 1 quanto para classe 2, conforme ilustrado na Figura 8. Os altos valores obtidos para estes pontos sugerem grande quantidade de substâncias biodegradáveis, além de elevada descarga de matéria orgânica (LIBÂNIO, 2010) que pode ser justificada pela relevante contribuição de efluentes sanitários sem tratamento, observada a partir do ponto C3. No

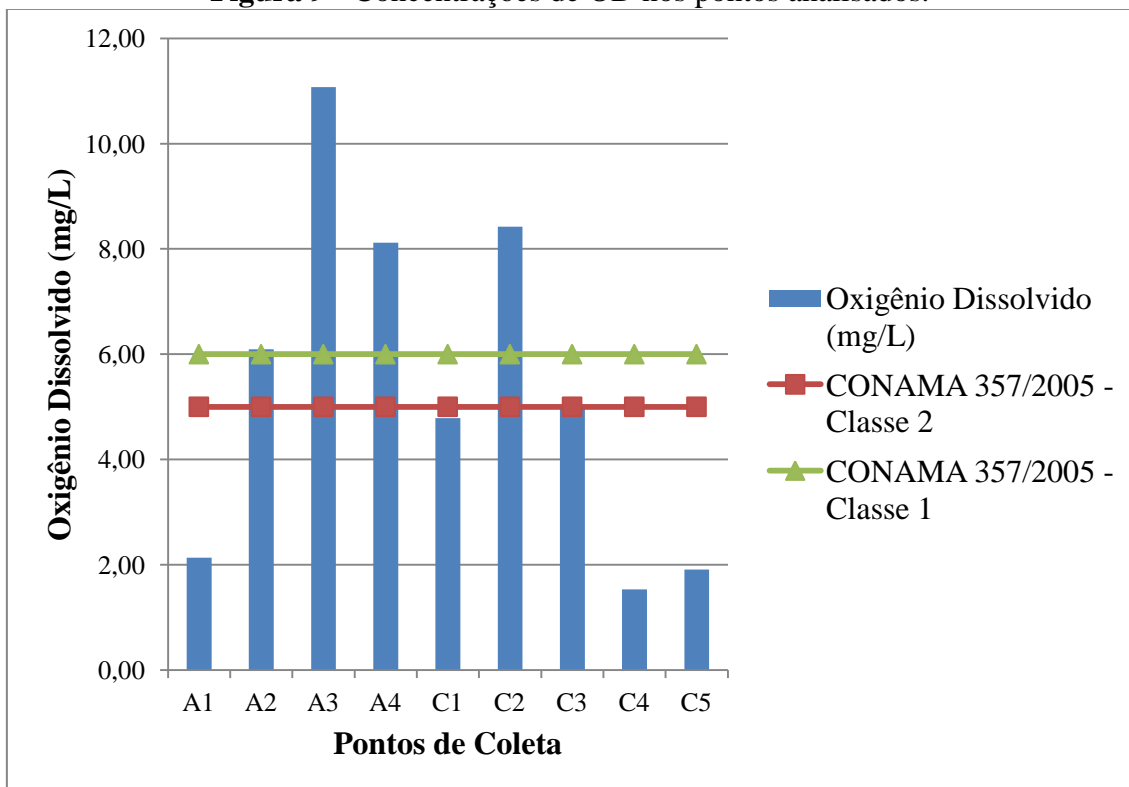
ponto C4, pode-se observar um pico de $DBO_{5,20}$ que destoa dos valores dos demais pontos, o que pode ser explicado por este ser o local onde se observou a maior contribuição de despejos sanitários. No ponto C5, apesar da $DBO_{5,20}$ continuar acima do estabelecido pela norma, pode-se observar um decaimento no valor da mesma, que deve ser explicado pelo fato de haver a contribuição de 3 afluentes entre C4 e C5, conforme pôde ser observado na Figura 4, indicando assim a diluição dos efluentes.

Figura 8 - Concentrações de $DBO_{5,20}$ nos pontos analisados.



Os valores encontrados para o Oxigênio Dissolvido (OD) variam de 1,5 a 11,1 mg/L. O OD é o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (von SPERLING, 2005). Sendo assim, é estabelecido que as concentrações de OD para corpos d'água enquadrados como classe 1 e classe 2 não sejam inferiores a 6,0 e 5,0 mg/L, respectivamente (BRASIL, 2005). Conforme ilustrado na Figura 9, os pontos A1, C1, C4 e C5 apresentaram valores de OD inferiores aos padrões para ambas as classes.

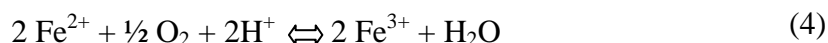
Figura 9 - Concentrações de OD nos pontos analisados.



Para os pontos C4 e C5, é possível realizar um paralelo entre os resultados obtidos nas análises da DBO e do OD. Como a DBO indica a intensidade de consumo de oxigênio necessário às bactérias na estabilização da matéria orgânica carbonácea (LIBÂNIO, 2010), é natural observar que nos pontos em que foram obtidos maiores concentrações de DBO_{5,20}, foram também obtidos as menores concentrações de oxigênio dissolvido. Isto porque a adição de matéria orgânica no curso d'água consome o oxigênio deste, através principalmente da oxidação da mesma via respiração dos microrganismos. Logo, a poluição orgânica do curso d'água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de OD ou pela concentração de oxigênio necessária para a oxidação da matéria orgânica (VALENTE *et al.*, 1997). A mesma explicação pode ser aplicada para os resultados obtidos para a concentração de OD no ponto C3: como neste ponto já se começa a observar certa influência de despejos sanitários e domésticos, é natural que a concentração de OD seja baixa, no entanto maior que quando comparada aos pontos C4 e C5, onde são observadas as maiores contribuições destes efluentes.

Quanto à concentração de oxigênio dissolvido dos pontos A1 e C1, não se pode aplicar a mesma explicação dos pontos anteriores, uma vez que em ambos não se observa significativa contribuição de despejos sanitários. Além disso, o baixo valor na

concentração de DBO (2 mg/L em A1 e < 1 mg/L em C1) corrobora a inexistência de uma relação direta entre OD e matéria orgânica nestes pontos. Logo, a explicação deve estar na elevada concentração de ferro (5,20 e 1,72 mg/L) presente nas águas dos pontos A1 e C1, respectivamente. Miranda *et al.* (2009) relacionaram em seus estudos elevados teores de ferro na água com a redução do oxigênio dissolvido. O consumo de O₂ se dá pela oxidação do Fe²⁺ a Fe³⁺, de acordo com a Equação 4.

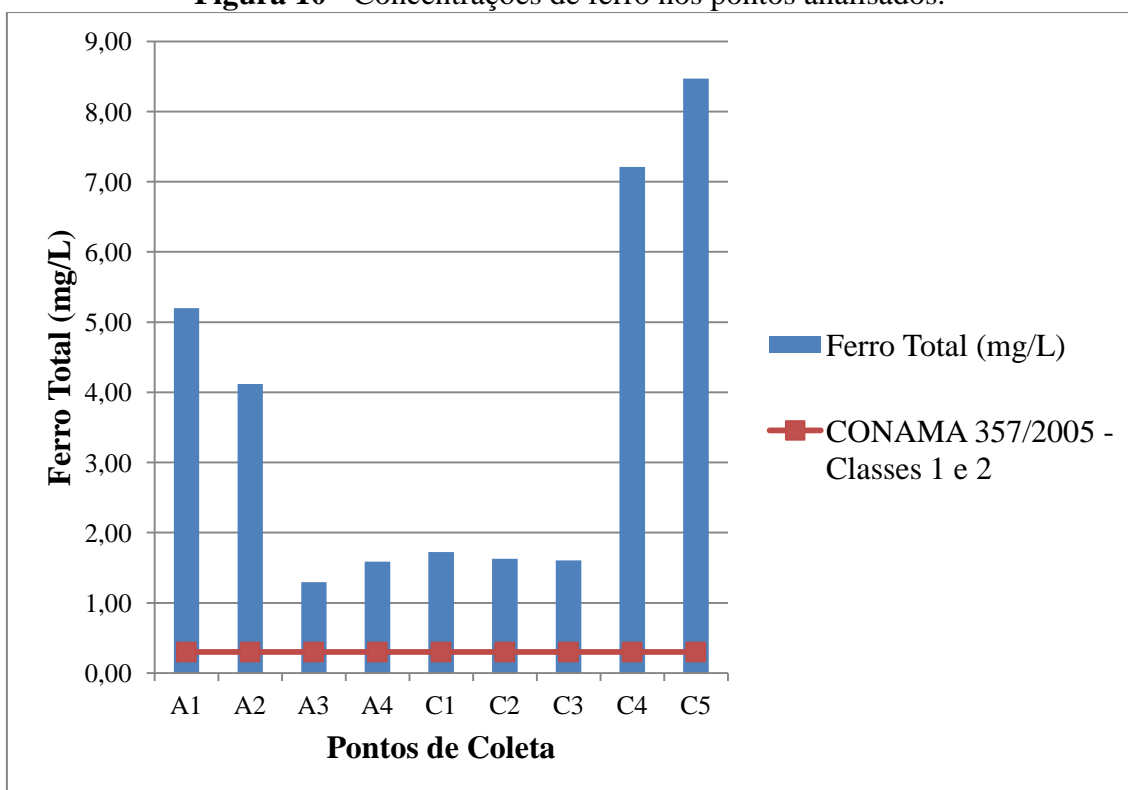


Ainda, outro fator que pode ter contribuído para os baixos valores de OD em grande parte dos pontos analisados é o pequeno fluxo d'água observado, característico do período de estiagem no qual foram realizadas as coletas. Estudos realizados por Grieco *et al.* (2017) mostram esta relação, na qual o aumento do fluxo de água leva ao aumento da turbulência, da aeração do corpo hídrico e conseqüentemente da solubilidade do oxigênio. Importante salientar que valores de oxigênio dissolvido menores que 2,0 mg/L, que correspondem ao limite mínimo para corpos hídricos classe 4, podem representar o comprometimento da integridade ecológica do ecossistema aquático, dificultando a manutenção da vida e da autodepuração deste sistema, além de dificultar a deterioração de contaminantes passíveis de degradação por vias oxidativas (ANA, 2013).

Conforme ilustrado na Figura 10, as concentrações de ferro total variaram de 1,29 a 8,47 mg/L e se mostraram para todos os pontos bastante acima dos valores máximos estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357, de 0,30 mg/L para classes 1 e 2 (BRASIL, 2005). Tais concentrações podem ser explicadas devido à presença do nutriente em elevados teores no solo da região, conforme apresentado anteriormente. Através da dissolução de compostos do solo, este micronutriente pode chegar ao corpo hídrico, causando alterações no mesmo (von SPERLING, 2005). Um dos maiores problemas relacionados às altas concentrações de ferro nas águas do córrego Água Comprida na região de estudo diz respeito aos sistemas de irrigação das hortaliças. Segundo Ribeiro *et al.* (2005), o ferro precipitado forma uma incrustação vermelha, a qual pode aderir ao PVC da tubulação e entupir os emissores. De acordo com a classificação da água de irrigação proposta por Nakayama e Bucks (1991), apenas as águas do ponto A3 (1,29 mg/L) apresentam nível moderado de risco de entupimento

dos emissores (0,2 – 1,5 mg/L Fe). Em todos os demais pontos, o risco de entupimento é considerado severo (> 1,5 mg/L Fe).

Figura 10 - Concentrações de ferro nos pontos analisados.

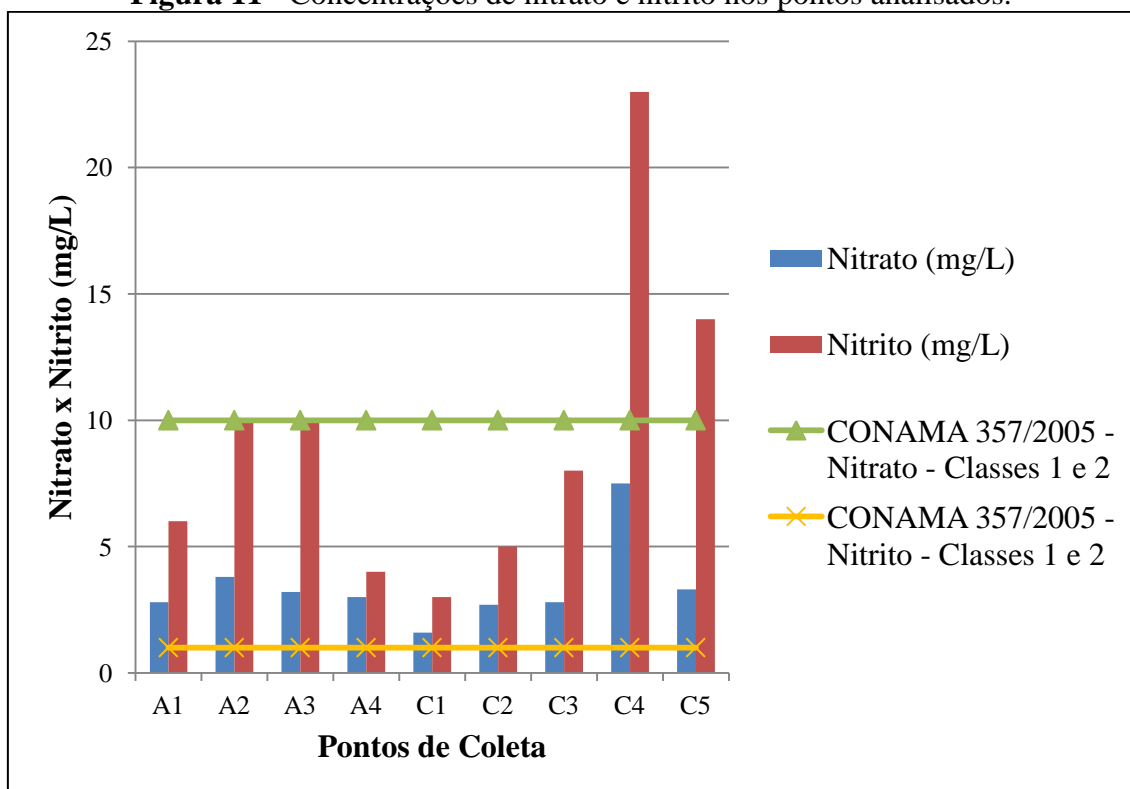


As elevadas concentrações de ferro presentes na água podem ainda estar associadas à má conservação ambiental do solo na região, aos processos erosivos, à ausência de práticas conservacionistas do solo e à carência de mata ciliar (SILVA *et al.*, 2006).

Quanto à presença de nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-), pode-se observar através da Figura 11 que as concentrações destes nutrientes foram elevadas em todos os pontos de coleta, variando de 1,6 a 7,5 mg/L para o NO_3^- e de 3 a 23 mg/L para o NO_2^- . O uso e ocupação do solo têm afetado de forma significativa os ciclos biogeoquímicos, como o do nitrogênio, o que se deve principalmente ao uso de fertilizantes nos cultivos agrícolas (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2017). Segundo EMBRAPA (2002) o nitrato é a principal forma do Nitrogênio associada à contaminação das águas pelas atividades agrícolas. Isto se deve ao fato de o ânion ser fracamente retido nas cargas positivas dos coloides, tendendo a permanecer em solução principalmente nas camadas mais superficiais do solo, nas quais a matéria orgânica acentua o caráter eletronegativo da fase sólida, repelindo o nitrato, e os fosfatos aplicados na adubação ocupam as cargas

positivas disponíveis. Quando em solução no solo, o nitrato fica extremamente propenso ao processo de lixiviação, podendo haver ao longo do tempo aumento considerável na concentração deste ânion nas águas mais profundas.

Figura 11 - Concentrações de nitrato e nitrito nos pontos analisados.



As diferentes formas dos compostos de nitrogênio encontradas no meio aquático podem ser utilizadas como indicadores da qualidade sanitária das águas, sendo que a parcela predominante deste nutriente fornece informações sobre o estágio da poluição. Os compostos de nitrogênio na forma orgânica ou amoniacal estão associados à poluição recente, enquanto que as formas de nitrato e nitrito à poluição mais remota (von SPERLING, 2005). Logo, pode-se associar as concentrações de nitrato e nitrito nos pontos estudados a um processo de poluição contínuo e que vem perdurando há algum tempo.

Ainda como ilustrado na Figura 11, as concentrações de nitrato apresentam-se abaixo dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357, de 10 mg/L para classes 1 e 2, em todos os pontos analisados. No entanto, as concentrações de nitrito estão extremamente acima do limite, de 1 mg/L para classes 1 e 2 (BRASIL, 2005). É preciso ressaltar que é raro encontrar resultados que indiquem concentrações tão elevadas deste

elemento em águas superficiais, uma vez que o nitrito é a forma intermediária do nitrogênio, encontrada em concentrações insignificantes sob condições aeróbias, em virtude da quase instantânea oxidação a nitrato (LIBÂNIO, 2010), conforme apresentado nas Equações de reação 5, 6 e 7, disponíveis em von Sperling (1996).



(Reação de transformação de amônia em nitritos)



(Reação de oxidação de nitritos a nitratos)



(Reação global da nitrificação)

Em baixas concentrações de oxigênio, pode haver a redução do nitrato, elevando as concentrações de nitrito (MAArE – UFSC, 2017). No entanto, isto não explicaria os elevados valores encontrados para o nutriente nos pontos A2, A3, A4 e C2, nos quais as concentrações de OD encontram-se dentro do limite estabelecido, tanto para classe 1 quanto classe 2 (> 6 mg/L). Logo, os resultados incomuns encontrados para o NO_2^- podem ser justificados pela inexistência de tempo hábil para a completa oxidação do nitrito a nitrato, baixa concentração de bactérias autótrofas quimiossintetizantes, responsáveis pelo processo de nitrificação (von Sperling, 1996), ou ainda pela hipótese mais coerente: presença de fatores intervenientes nos resultados que podem ter levado à falha das análises. Fatores como cor e turbidez da amostra podem influenciar diretamente este tipo de análise. Como pôde ser observado na Tabela 8, apesar dos valores encontrados para a cor verdadeira terem sido todos dentro dos padrões estabelecidos (< 75 uC), os valores encontrados para a cor aparente, na qual pode estar incluída uma parcela devida à turbidez da água, encontram-se bastante elevados, variando de 59,1 a 256,5 uC. Com a finalidade de reduzir a interferência destes parâmetros, deve ser realizada a remoção de partículas, filtrando as amostras através de lã de vidro (APHA, 1998).

Para o parâmetro *Escherichia coli*, foram analisadas águas de quatro pontos. Nos pontos A1 e A4 não foi detectada presença do microrganismo, indicando que não exista contaminação fecal considerável nesses pontos. Já nos pontos C4 e C5 foram observadas concentrações altas e acima do estabelecido pela Resolução CONAMA n° 357 (BRASIL, 2005), tanto para classe 1 (máximo de 200 UFC por 100 mL), quanto

para classe 2 (máximo de 1.000 UFC por 100 mL). Segundo Silva *et al.* (2001), a *E-coli* constitui cerca de 95% dos coliformes existentes em fezes humanas e de animais de sangue quente e é considerada o melhor indicador de contaminação fecal conhecido, por satisfazer todas as exigências de um indicador ideal. Esta explicação mostra-se coerente com o observado nos pontos de coleta, uma vez que C4 e C5 foram os pontos em que se observaram maiores contribuições diretas de efluentes sanitários sem tratamento. Ainda, a explicação da diferença significativa nas concentrações de *E-coli* do ponto C4 para o C5 pode estar na ocorrência da diluição do efluente, uma vez que há contribuição de água de 3 afluentes no ponto C5.

Segundo Santana *et al.* (2006), no Brasil estudos têm constatado verduras com alto grau de contaminação por coliformes termotolerantes, sendo que a água utilizada na irrigação das mesmas constitui sua principal fonte. Águas poluídas usadas na irrigação de culturas constituem formas de contaminação não só do solo, como também dos próprios vegetais e dos trabalhadores que irão manipulá-los, já que comprovadamente esses microrganismos patogênicos possuem alta capacidade de sobrevivência nas hortaliças. De maneira mais direta, essas hortaliças ingeridas cruas irão afetar a saúde de seus consumidores (CHRISTOVÃO, 1987). Ainda, segundo a classificação da água de irrigação proposta por Nakayama e Bucks (1991), a água do ponto C4 apresenta concentração de população bacteriológica que a caracteriza como nível severo no que diz respeito ao risco de entupimento de emissores (> 50.000 UFC/100 mL).

No que diz respeito à presença do defensivo agrícola glifosato, sua detecção não foi possível em nenhuma das 4 amostras de água superficial analisadas, o que não significa necessariamente a ausência do mesmo, apenas que sua concentração se encontra abaixo do limite de quantificação do método empregado ($< 60\mu\text{g/L}$). Apesar de largamente utilizado nas práticas agrícolas, o herbicida *Roundup*, formulado a base de glifosato (MALTY *et al.*, 2006), apresenta baixa capacidade de lixiviação no perfil do solo (BRITTO *et al.*, 2012). No entanto, o princípio ativo presente no mesmo apresenta características que conferem a ele elevada solubilidade em água podendo, portanto, entrar em ambientes aquáticos por meio do escoamento superficial, ou transporte de massa nas áreas em que o herbicida é aplicado (SILVA *et al.*, 2003).

Para Garcia e Rollemberg (2007), a principal causa da contaminação das águas superficiais por glifosato resulta da ação das águas de chuva e de processos de irrigação,

que drenam os pesticidas presentes nas plantações e no solo para o curso d'água. Como as coletas foram realizadas ao fim de um período de severa estiagem hídrica, é possível associar os resultados obtidos à escassez de processos favoráveis ao escoamento superficial. Britto *et al.* (2012) mostram em seus estudos que picos de concentrações de glifosato em águas superficiais foram registrados logo após eventos de chuva de alta intensidade, corroborando tal associação. Ainda, estudo realizado por Queiroz *et al.* (2011) aponta a detecção do herbicida glifosato em águas superficiais até 60 dias após a aplicação do produto, indicando que esta substância é capaz de persistir no ambiente por determinado período de tempo.

Finalmente, ao se analisar a água coletada no poço do ponto P1, foram obtidos os resultados expressos na Tabela 9, comparados com a Portaria n° 2.914 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2011).

Tabela 9 - Resultados dos parâmetros analisados para o poço P1.

Parâmetro	Unidade	Valores (P1)	Portaria MS 2.914/2011 (VMP)
Cloretos	mg/L	2,98	250
Cloro residual livre	mg/L	0,3	5
Cor Aparente	uC	12,2	15
Ferro total	mg/L	1,65*	0,3
Nitrato	mg/L	2,8	10
Nitrito	mg/L	2*	1
Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	25	1000
Turbidez	uT	10*	5
Glifosato	µg/L	ND	500

Nota: *Valores em desacordo com o estabelecido pela Portaria MS n° 2.914/2011.

ND: Não detectável através do método.

É possível perceber que os parâmetros ferro total, nitrito e turbidez encontram-se acima do valor máximo permitido pela legislação. As justificativas para as altas concentrações de ferro total (1,65 mg/L) e nitrito (2 mg/L) podem se dar de forma análoga à feita para os demais pontos, observando ainda que, neste caso, o parâmetro que levou a uma possível falha nos resultados da análise de NO_2^- deve ter sido a elevada turbidez (10 uT). Como se trata de uma questão de saúde pública, é indicada a realização de novas análises, a fim de se detectar com precisão os níveis deste nutriente presente na água de consumo, uma vez que, em elevadas concentrações, pode levar a uma doença conhecida

como metahemoglobinemia (ou síndrome do bebê azul) em recém nascidos, ou até mesmo em adultos com particular deficiência enzimática, além de estar relacionada à incidência de vários tipos de câncer. (ANTONIAZZI, 2008).

É necessário também investigar de forma mais detalhada a origem da turbidez na água do ponto P1, já que a mesma é utilizada para fins domésticos pela comunidade no entorno, que em muitos casos, crê que águas subterrâneas e subsuperficiais sejam potáveis, desconhecendo os riscos relacionados ao consumo de água sem tratamento. Portanto, devido à elevada turbidez, o mais indicado seria a realização da análise de *E-coli* do ponto e o emprego de técnicas de tratamento desta água, adequadas à realidade do local. Lo Monaco *et al.* (2010) desenvolveram estudos nos quais avaliaram a eficiência do extrato de sementes de moringa (*Moringa oleifera*), como agente coagulante, na remoção de turbidez e coliformes em águas utilizadas no abastecimento público. Os autores observaram resultados positivos ao empregar esta técnica, com remoção de até 98% de turbidez e 100% de coliforme termotolerantes (*E-coli*) nas águas tratadas, a certas concentrações específicas de sementes de moringa. A técnica aplicada pelos autores seria uma boa alternativa para o tratamento das águas do poço localizado em Santa Rita de Cássia, uma vez que se mostra extremamente eficiente e, segundo os mesmos, trata-se de uma forma natural, com baixos custos financeiros, além de baixo índice de produção de lodos residuais.

A não detecção do defensivo agrícola glifosato pode ser justificada de forma análoga à feita para os demais pontos. No entanto, por se tratar de um poço, devem-se analisar as propriedades de lixiviação do herbicida. Para Júnior e Santos (2002), o glifosato tende a ser inativo quando em contato com o solo, desde que seja adsorvido por este e, devido à sua rápida adsorção, não é facilmente lixiviado, tornando pouco provável a contaminação de águas subterrâneas pelo mesmo. Ainda, de acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC, 2017), o coeficiente de adsorção ou coeficiente de partição solo/água (K_{oc}) para o glifosato é de 1.424 mL/g, classificando-o como “levemente móvel” (500 – 4.000 mL/g = Slightly mobile).

Cabe ainda ressaltar neste tópico as concentrações de turbidez, acima do padrão estabelecido para classe 1 (40 uT), em 67% das amostras analisadas. No Brasil as águas costumam ser naturalmente turvas, em regiões de solos erodíveis onde precipitações podem carrear partículas, fragmentos de rocha e óxidos metálicos do solo. Além disso,

as águas podem apresentar elevada turbidez devido às características geológicas das bacias de drenagem, dos índices pluviométricos e do uso de práticas agrícolas muitas vezes inadequadas (LIBÂNIO, 2010). No entanto, os sólidos em suspensão causadores da turbidez podem servir de abrigo para microrganismos patogênicos ou ainda ser o próprio microrganismo (von SPERLING, 2005). Logo, assim como na água do poço P1, é necessário realizar uma investigação mais detalhada da origem da turbidez elevada, uma vez que, como dito anteriormente, se proveniente da presença de microrganismos patogênicos, pode haver contaminação dos trabalhadores, que entram em contato direto com a água de irrigação, além da contaminação do consumidor das hortaliças possivelmente contaminadas.

3.2.1 – Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA calculado para os pontos A1, C4 e C5 variou de 18 a 62, classificando a qualidade da água nestes pontos como nível muito ruim a médio, de acordo com a classificação proposta pelo IGAM – MG, conforme apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados calculados do IQA para os pontos analisados.

Ponto	IQA	Nível de Qualidade (IGAM - MG)
A1	62	Médio
C4	18	Muito Ruim
C5	40	Ruim

Como o ponto A1 é um açude e corresponde ao ponto mais à montante dentre os estudados, onde não se observam lançamentos de efluentes sanitários, o parâmetro *E-coli* foi muito baixo, próximo a zero, fazendo com que, na conformidade global do cálculo do IQA, o mesmo se mantivesse na faixa de médio nível de qualidade. No entanto, dentre os pontos analisados, este é o que sofre a menor interferência do uso e ocupação do solo, esperando-se, portanto, um resultado mais positivo quanto à qualidade da água. Uma possível explicação para esta decorrência seria o baixo nível de OD presente na água deste ponto (2,14 mg/L). No cálculo do IQA, o parâmetro oxigênio dissolvido é o que possui maior peso ($w=0,17$), sendo, assim, o que maior influência exerce na qualidade da água, segundo este índice. Ao realizar o cálculo do IQA para o ponto A1 utilizando uma concentração hipotética de OD de 5 mg/L, valor

mínimo exigido para águas enquadradas como classe 2, é possível observar que a avaliação da qualidade passa a ser Boa, corroborando tal explicação.

Os pontos C4 e C5 são os mais à jusante e conseqüentemente, aqueles que mais sofrem influência do uso e ocupação do solo na deterioração da qualidade da água. As variáveis que mais influenciaram negativamente o IQA nesses dois últimos pontos foram os parâmetros *E-coli*, DBO_{5,20}, fósforo total, resíduo total e OD. Podendo-se ainda justificar a diferença de nível de qualidade entre os pontos (muito ruim e ruim) pela magnitude da diferença dos valores observados para estes parâmetros entre os pontos C4 e C5.

Estudo realizado por Pontes *et al.* (2012), no qual foram avaliados os efeitos do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro bacia do córrego Banguelo - MG, apontam para menores valores de IQA e áreas mais urbanizadas, devido principalmente ao lançamento de efluentes domésticos, com ocorrência de baixos níveis de oxigênio dissolvido, alta concentração de matéria orgânica e de nutrientes. Resultado análogo ao que foi observado nos trechos estudados do córrego Água Comprida. Os autores destacam ainda que em áreas com predominância de vegetação nativa observou-se acentuada diminuição na concentração de poluentes, indicando a importância da manutenção da vegetação como medida de melhoria da qualidade da água na região.

Ainda, sugere-se o tratamento do efluente gerado nesta comunidade, a fim de garantir melhorias na qualidade da água e conseqüentemente reduzir a incidência de problemas de saúde e ambientais, decorrentes do uso de água de má qualidade. No caso do município de Santa Rita de Cássia, o mais adequado seria o emprego de sistemas de tratamento simples, eficientes e economicamente viáveis. Tonetti *et al.* (2005) estudaram um sistema de tratamento de efluentes para ser empregado em pequenas comunidades de zonas rurais, que poderia ser aplicado no município em questão, atendendo de forma satisfatória às peculiaridades do local. Segundo os autores, o emprego de um filtro anaeróbio preenchido com bambu, combinado com filtros de areia, para baixas cargas de efluente anaeróbio nos filtros de areia, resultaria numa remoção de 96% da DBO. Para maiores cargas, os resultados mostraram-se um pouco menos eficientes, mas ainda assim satisfatórios. No que diz respeito ao OD, o efluente dos filtros anaeróbios, com concentrações médias de OD bastante baixas (1,72 mg/L) e próximas às concentrações encontradas nos pontos mais críticos do córrego Água

Comprida (1,54 e 1,91 mg/L para os pontos C4 e C5, respectivamente), quando aplicado nos filtros de areia, observou-se um acréscimo extremamente considerável nas concentrações de OD, superando, na maioria dos casos, os 6 mg/L exigidos para corpos hídricos enquadrados como classe 1, segundo a Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005). Logo, o tratamento dos efluentes resultaria numa menor concentração de matéria orgânica lançada no córrego e, conseqüentemente, menor consumo de OD para a degradação microbológica da mesma, acarretando no aumento da concentração de oxigênio dissolvido nessas águas.

De forma geral, pode-se dizer que a qualidade da água, segundo o IQA adotado pelo IGAM –MG, no trecho estudado do córrego Água Comprida não é ideal. Este fato pode ser justificado pela influência da urbanização no trecho, associada ao processo natural de erosão, ao uso inadequado do solo e à remoção quase que total da vegetação de entorno e mata ciliar, capazes de reter parte desta descarga, dando lugar às hortas (POLETO *et al.*, 2010), conforme ilustrado na Figura 12. Os valores encontrados para o IQA corroboram o nível de degradação do córrego ao longo do trecho estudado, com pontos mais degradados onde a influência do uso e ocupação do solo se mostra mais acentuada.

Figura 12 – Degradação ambiental em alguns pontos ao longo do trecho estudado do córrego Água Comprida.



Fonte: Arquivo pessoal (Adaptado).

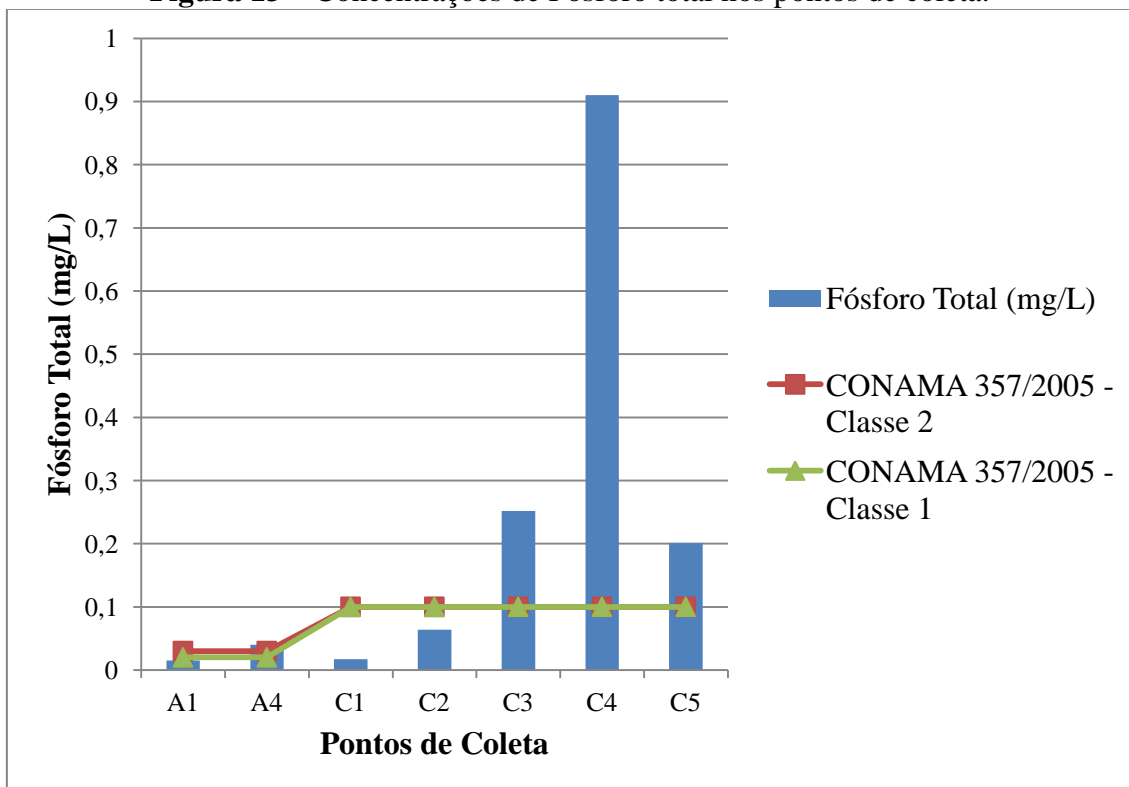
Vale ressaltar que o uso do IQA apresenta algumas limitações, uma vez que este índice não considera vários parâmetros importantes para a avaliação da qualidade da água, não devendo portanto ser parâmetro definitivo na caracterização da mesma (ANA, 2016). Segundo Lopes *et al.* (2008), o cálculo do IQA não abrange outros potenciais contaminantes importantes, como os agrotóxicos por exemplo, além de substâncias cujas concentrações podem ser tóxicas à biota, como hidrocarbonetos e metais pesados.

A sazonalidade pode influenciar os resultados do IQA, uma vez que períodos chuvosos podem acarretar o aumento nas concentrações de sólidos lixiviados, além do aumento no carreamento de matéria orgânica para o corpo hídrico (PALÁCIO, 2004). Fica assim evidenciada a necessidade de estudos complementares, nos quais possam ser calculados os valores de IQA para os pontos em questão em ambos os períodos (estiagem e chuvoso), para que se possa comparar os resultados e identificar se há ou não influência considerável da sazonalidade na qualidade da água no trecho estudado do córrego Água Comprida.

3.2.2 – Índice de Estado Trófico (IET)

O fósforo total foi discutido neste tópico uma vez que, dentre as variáveis estabelecidas para o cálculo do IET, o parâmetro mostra-se como o mais importante, pois este nutriente é, na maioria das vezes, o fator limitante para a produção primária. Os pontos que se apresentaram em desacordo com o padrão estabelecido foram A4, C3, C4 e C5, conforme Figura 13. O fósforo pode ter origem natural, através do intemperismo de rochas fosfáticas presentes na bacia hidrográfica. No entanto, quando da intervenção antrópica, sua origem pode ser resultado de atividades agrícolas, por meio de defensivos ricos neste nutriente, ou ainda através de despejos de esgotos urbanos (LAMPARELLI, 2004). Tal explicação encontra-se de acordo com os resultados obtidos, uma vez que o ponto A4 encontra-se no meio de uma área com elevada concentração de hortas e, a partir do ponto C3, como dito anteriormente, são observadas as maiores concentrações de residências e conseqüente elevação no volume de contribuições de efluentes. Ainda, a acentuada diferença nas concentrações do nutriente entre C4 e C5 pode ser explicada novamente através da diluição da carga por meio da contribuição de três afluentes entre os pontos.

Figura 13 – Concentrações de Fósforo total nos pontos de coleta.



De acordo com a Figura 14, com o aumento da concentração de fósforo no solo, pode-se observar um aumento linear na concentração deste nutriente na água, com uma boa correlação ($R^2 = 0,96$) para os pontos A1, A4 e C2, sendo o escoamento superficial, com carreamento de partículas de solo para o corpo hídrico, a principal forma de inserção do fósforo nestes pontos. Ao se observar o início do lançamento de efluentes no córrego, a partir do ponto C3, perde-se esta correlação, Figura 15, e observa-se um aumento expressivo na concentração de fósforo no corpo receptor, não representando, portanto, características exclusivamente do solo da região.

Figura 14 - Correlação entre as concentrações de fósforo no solo e na água, para os pontos A1, A4 e C2.

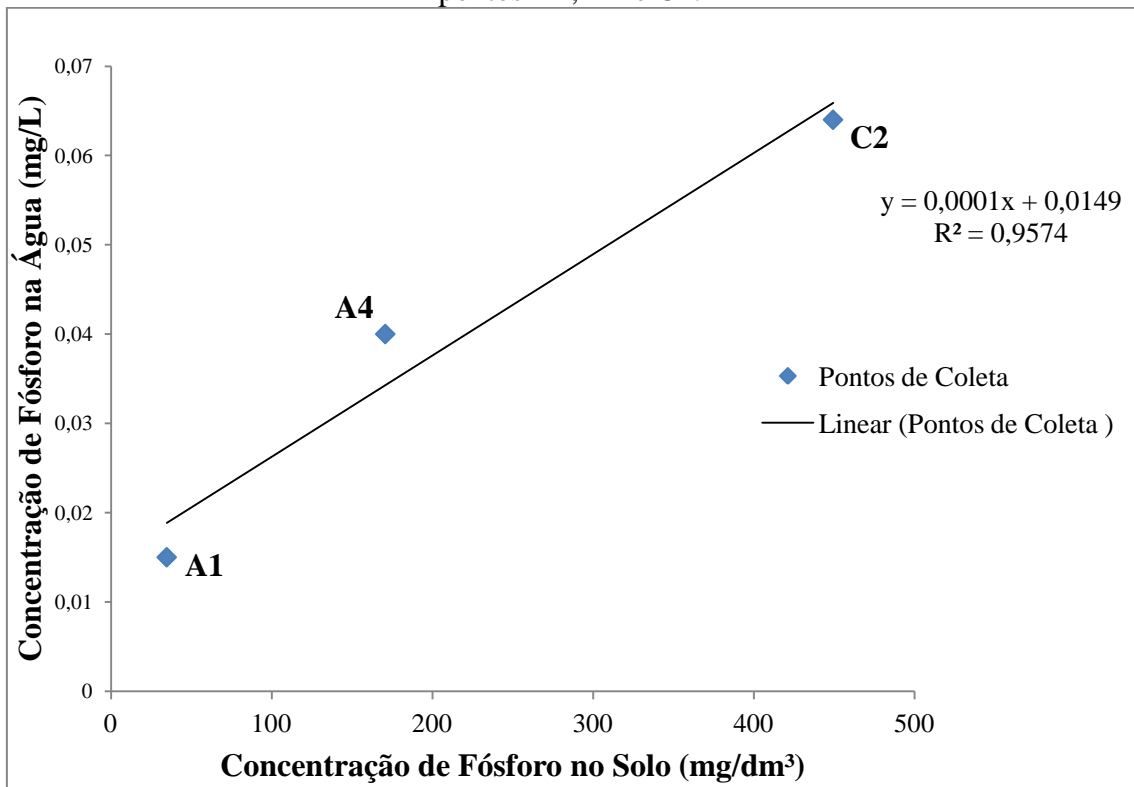
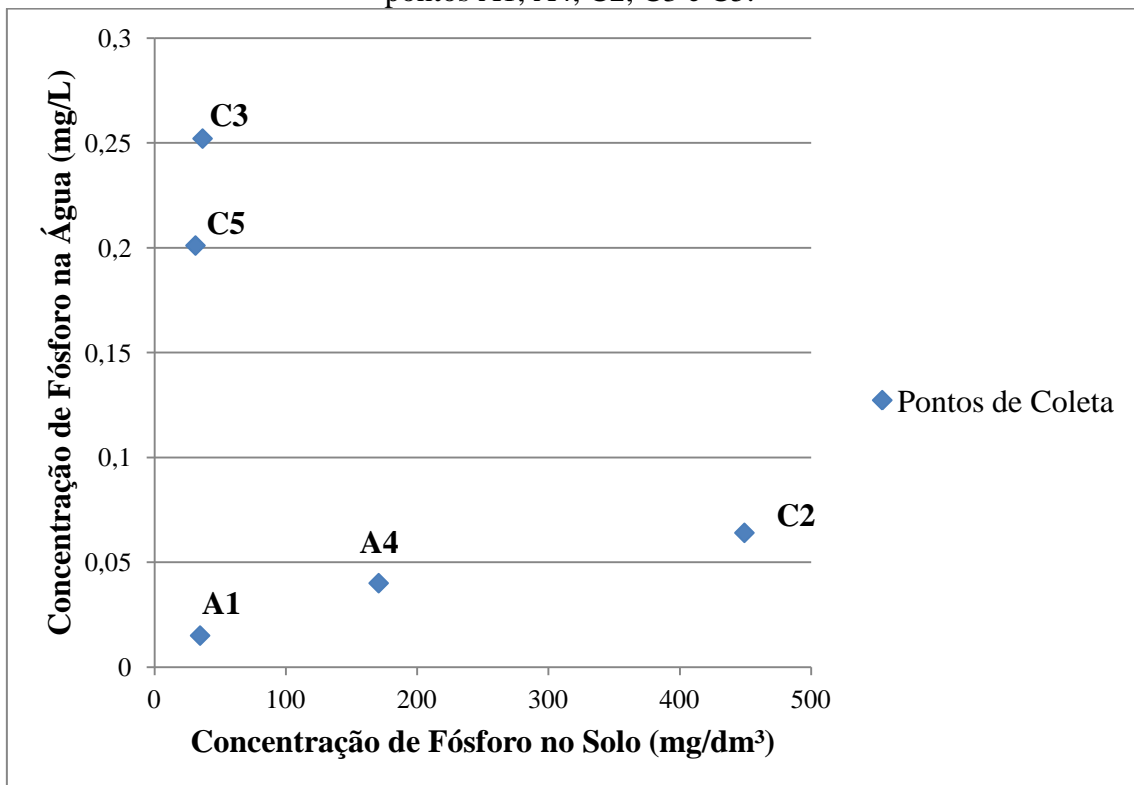


Figura 15 - Correlação entre as concentrações de fósforo no solo e na água, para os pontos A1, A4, C2, C3 e C5.



Os valores obtidos para o parâmetro fósforo total ilustram, de maneira coerente, os diferentes graus de trofia observados ao longo do trecho estudado. O cálculo do IET para os 7 pontos analisados mostra grande heterogeneidade no que diz respeito aos níveis (ou estados) tróficos ao longo do trecho estudado, conforme apresentado na Tabela 11. Ainda, pode-se observar que a partir do ponto C3 o nível trófico no trecho encontra-se bastante desenvolvido, uma vez que os valores encontrados para este índice apresentam-se elevados.

Tabela 11 - Resultados calculados do IET para os pontos analisados.

Ponto	Fósforo total (µg/L)	Ambiente	IET	Estado Trófico
A1	15	Lêntico	51	Oligotrófico
A4	40	Lêntico	57	Mesotrófico
C1	17	Lótico	49	Oligotrófico
C2	64	Lótico	56	Mesotrófico
C3	252	Lótico	63	Eutrófico
C4	910	Lótico	69	Hipereutrófico
C5	201	Lótico	61	Eutrófico

Estudo apresentado por Queiroz *et al.* (2017), aponta para uma maior concentração de nutrientes em trechos nos quais são observadas maiores concentrações de áreas ocupadas por agricultura, urbanização e maior densidade demográfica. Desta forma, uma possível associação para os resultados negativos observados nos pontos C3, C4 e C5 é a maior incidência de lançamentos domésticos, associada ao arraste de partículas provenientes das atividades agrícolas para o corpo hídrico, contribuindo assim para o aumento da produtividade de nutrientes nestes pontos. Os pontos A4 e C2 se encontram em estado moderado de trofia sendo, portanto classificados como mesotróficos, devido principalmente às médias concentrações do nutriente fósforo presente nas águas desses pontos. Finalmente, os pontos A1 e C1 representam, respectivamente, o açude e córrego mais à montante dentre os estudados, apontando que as fontes de contaminação antrópica são ainda incipientes neste trecho.

No entanto, tais considerações devem ser apenas preliminares, não devendo classificar de forma definitiva o grau de trofia nos pontos analisados. Alguns trabalhos evidenciam a influência da sazonalidade no grau de trofia de corpos hídricos, que muitas vezes mudam de estado trófico de acordo com o período do ano: chuvoso ou de estiagem.

Santos *et al.* (2016), em estudo sobre qualidade da água na bacia costeira do Sapucaia - Sergipe, realizaram análises trimestrais em 8 pontos amostrais ao longo da mesma, e observaram que os valores de fósforo total apresentavam-se acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357 (2005), principalmente em períodos chuvosos, o que pode ser explicado pela facilidade do carreamento do nutriente pelas águas pluviais, até o leito do corpo hídrico, uma vez que o processo conhecido como ciclo hidrológico, que envolve a precipitação, infiltração e escoamento superficial, é influenciado diretamente pelo uso e ocupação do solo. Nesse sentido, é natural se observar que a retirada da cobertura vegetal em áreas mais afetadas pelas atividades antrópicas contribui com o processo, culminando no carreamento do nutriente em períodos chuvosos (AGUIAR *et al.*, 2015).

Em contrapartida, Andrietti *et al.* (2016), em estudos realizados no rio Caiabi, MT, não observaram diferenças significativas nos níveis de estado trófico ao longo das estações do ano. Os autores salientam que estes resultados indicam que o acompanhamento do comportamento da qualidade da água no rio em questão não necessita de monitoramento constante. Logo, é importante a realização de estudos mais aprofundados na microbacia do córrego Água Comprida, a fim de se identificar qual a real influência dos períodos do ano no cálculo deste índice.

É importante destacar ainda que o fósforo é um nutriente de difícil remoção. Para minimizar os efeitos adversos provenientes de elevadas concentrações em corpos receptores, indica-se a adoção de medidas de controle, já que os tratamentos primário e secundário não são eficazes na remoção deste nutriente, que deve ser removido por processos de precipitação, sendo necessária a realização de um pós tratamento, ou tratamento terciário, dos efluentes (BERTONCINI, 2008). Práticas conservacionistas e de contenção da erosão, conscientização dos trabalhadores rurais quanto ao correto dimensionamento dos fertilizantes utilizados, evitando uma super adubação, e o uso de plantas com elevado potencial de extração deste nutriente, são algumas dessas medidas (KLEIN & AGNE, 2012).

3.2.3 – Qualidade da água para irrigação

Analisando individualmente os parâmetros Cl^- , condutividade elétrica e pH, pode-se observar que os mesmos se encontram dentro das recomendações e critérios estabelecidos por Ayers e Westcost, apud Bernardo, Soares e Montavani (2005), nos

pontos em que foi analisada a qualidade da água para irrigação, com exceção do pH no ponto A1, que encontra-se levemente mais ácido que a amplitude indicada. Segundo Conte e Leopoldo (2001), uma possível explicação para essa acidez pode estar associada à dissolução de rochas e processos de intemperismo.

No que diz respeito ao parâmetro ferro total, apesar de ser nutriente essencial às plantas, em altas concentrações pode causar toxicidade às mesmas, além de problemas de entupimento em emissores e tubulações do sistema de irrigação. Assim, alguns limites devem ser estabelecidos para a concentração de ferro total nas águas de irrigação. Segundo Ayers e Westcot (1991), estes limites devem ser de no máximo $0,5 \text{ mg.L}^{-1}$. Para Nakayama e Bucks (1991) os valores críticos estão acima de $1,5 \text{ mg.L}^{-1}$ e, conforme expresso na Tabela 8, os valores encontrados para o parâmetro estão acima deste limite em todos os 4 pontos analisados.

Os valores encontrados para a salinidade estão diretamente ligados à condutividade elétrica. Conforme pode ser observado, de forma geral, a condutividade elétrica foi elevada pelo incremento de sais da água de irrigação. Segundo a classificação proposta por Ayers e Westcot, apud Bernardo, Soares e Montavani (2005), as concentrações de sódio encontradas nas 4 amostras de água analisadas indicam grau de restrição ao uso da mesma, sendo nos pontos A1, C1 e C3 grau de restrição moderado e severo para a amostra de água do ponto C5. O excesso de sódio presente na água de irrigação pode levar ao desequilíbrio nutricional e consequente toxicidade da planta. No solo, este excesso pode provocar a dispersão das argilas e consequente formação de uma camada que impeça o crescimento, a respiração, expansão radicular, absorção de água e fixação de CO_2 pela planta (CAVALCANTE *et al.*, 2010).

3.3 – Comentários finais

É possível associar o uso e ocupação do solo aos processos de degradação do meio e da qualidade da água presente, uma vez que o mesmo altera as propriedades físicas, químicas e biológicas dos sistemas naturais. O estudo do conjunto causa/consequência é de extrema importância na elaboração de planos e políticas ambientais que visam à preservação e/ou recuperação dos recursos hídricos, a fim de melhorar a qualidade de vida da população, garantindo água de boa qualidade acessível às atuais e futuras gerações, diminuindo assim o risco de ocorrência de surtos e óbitos causados por doenças de veiculação hídrica. Neste sentido, algumas medidas como correta aplicação

das técnicas de irrigação e dos insumos agrícolas utilizados, plantio em curva de nível, manutenção da mata de topo e ciliar, tratamento dos efluentes, e ainda a criação de programas de educação ambiental para a população, elaboração de programas eficientes de manejo das microbacias e realização de obras de saneamento que atendam as áreas rurais, onde as mesmas se mostram deficitárias, são imprescindíveis.

Por fim, ressalta-se que o presente estudo é resultado de uma análise preliminar das condições gerais do solo e da água, no trecho de maior concentração da ocupação pela atividade agrícola, na micro bacia hidrográfica córrego Água Comprida. Sendo assim, enfatiza-se a importância da realização de estudos posteriores e complementares de acompanhamento da qualidade da água e que indiquem, entre outros, a influência da sazonalidade nos resultados obtidos, e consequente comportamento e resposta do corpo hídrico.

4. CONCLUSÕES

Quanto à qualidade da água, os valores obtidos para parâmetros, como DBO_{5,20}, ferro total, fósforo total, nitrito, OD e *E-coli* encontram-se em desacordo com os padrões estabelecidos para corpos hídricos enquadrados como classe 2.

A água utilizada para a irrigação das hortaliças não é adequada, uma vez que parâmetros como ferro total, salinidade e sódio, encontram-se fora do limite estabelecido para tal finalidade, sobretudo no ponto C5, onde o grau de restrição ao uso desta água é classificado como severo.

No que diz respeito à água do poço P1, ressalta-se a necessidade da realização de análises microbiológicas, principalmente devido à sua elevada turbidez (10 uT).

Os resultados obtidos no cálculo do IQA indicam avançado estágio de degradação do trecho estudado do córrego Água Comprida, o que pode ser justificado pela ausência de práticas conservacionistas, tanto do solo quanto da água.

Os valores de IET indicam elevado estado de eutrofização do córrego, a partir dos pontos de maior influência das atividades agrícolas, bem como da urbanização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013**. Brasília, 2013.
2. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: Portal da Qualidade das Águas – **Indicadores de Qualidade – Índice de Estado Trófico (IET)**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>, acessado em agosto de 2016.
3. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: Portal da Qualidade das Águas – **Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>, acessado em agosto de 2016.
4. AGUIAR, C. P. O. **Nível de trofia em microbacias hidrográficas sob diferentes usos de solo, na região amazônica**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, RBRH vol. 20 nº 4. Porto Alegre, 2015.
5. ALVAREZ V., V. H.; Novais, R. F.;Barros, N. F.;Cantarutti, R. B.; Lopes, A. S. **INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS DAS ANÁLISES DE SOLOS**. In: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais C733r **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5ª Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.**
6. ANDRIETTI, G. *et al.* **Índices de qualidade da água e de estado trófico do rio Caiabi, M**; Revista Ambiente e Água; vol. 11 n. 1. Taubaté – Jan/Mar. 2016.
7. ANTONIAZZI, L.B. Agricultura como provedora de serviços ambientais para proteção de Bacias Hidrográficas. Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. Junho de 2008.
8. APHA, AWWA, WEF – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 20th Ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS (ABCSEM). Disponível em <http://www.abcsem.com.br/>, acessado em agosto de 2016.

10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.** Rio de Janeiro, 1987.
11. AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1991. 218p
12. BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação.** 7ª edição atualizada e ampliada – editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2005.
13. BERTONCINI, E. I. **Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola.** Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária. Junho de 2008.
14. BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos.** Brasília, 1997.
15. BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria MS Nº 2914 de 12/12/2011 (Federal). **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 de Dezembro de 2011.
16. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente - CONAMA. Resolução nº357 de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá providências.** Diário oficial da república Federativa do Brasil, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Seção 1, p. 58-63.
17. BRATTI, F. C. **Uso de cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho.** Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.
18. BRITTO, F. B., *et al.* **Herbicidas no alto Rio Poxim, Sergipe e os riscos de contaminação dos recursos hídricos.** Revista Ciência Agronômica, v. 43, n.2, p. 390-398, abr-jun, 2012.
19. BUCCI, M. H. S. e OLIVEIRA, L. F. C. **Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG).** – Revista Ambient. Água, vol 9 n.1 Taubaté – Jan/Mar. 2014.
20. CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS (CAGED). Disponível em <http://trabalho.gov.br/trabalhador-caged>, acessado em agosto de 2016.

21. CAVALCANTE, L. F. *et al.* **Fontes e níveis da salinidade da água na formação de mudas de mamoeiro cv. Sunrise solo.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1281 – 1290, 2010.
22. CHRISTOVÃO, D. A. *et al.* **Condições sanitárias das águas de irrigação de hortas do município de São Paulo. I. Determinação da intensidade de poluição fecal através NMP de coliformes e de E-coli.** Ver. Saúde Pública, vol 1, n. 1. São Paulo, Junho de 1987.
23. COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). IET – Índice de Estado Trófico. São Paulo, 2007.
24. CONTE, M. L.. LEOPOLDO P. R. **Avaliação dos recursos hídricos: Rio Pardo, um exemplo.** São Paulo. UNESP, 2001.
25. DIÁRIO DO VALE. Disponível em <http://diariodovale.com.br/tag/santa-rita-de-cassia/>, acessado em Agosto de 2016.
26. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Agricultura e Qualidade da Água: Contaminação por Nitrato.** Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. ISSN 1571-5111. Dezembro, 2002.
27. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2ª edição revista. Rio de Janeiro, 2011, 225p.
28. FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante.** Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. 2008.
29. GARCIA, A. F. e ROLLEMBERG, M. C., **Determinação volumétrica do herbicida glifosato em águas naturais utilizando eletrodo de cobre.** Quim. Nova, vol. 30, nº 7, 1592-1596, 2007.
30. GARMIN. Disponível em <https://www.garmin.com/pt-BR>, acessado em abril de 2017.
31. GOMES, S. D. *et al.* **Recuperação de nascentes: subsídio para a gestão de recursos hídricos no distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Manda – RJ.** Trabalho desenvolvido com apoio da Prefeitura Municipal de Barra Mansa. 2009.
32. GRIECO, A. A. *et al.* **Diagnóstico espacial e temporal de condições físico-químicas e microbiológicas do Córrego do Tanquinho, Ribeirão Preto, SP, Brasil.** Ver. Ambient. Água. Vol. 12, n. 2. Taubaté – Mar. / Apr. 2017.

33. HACH. Disponível em <https://www.hach.com/hq40d-portable-ph-conductivity-dissolved-oxygen-orp-and-ise-multi-parameter-meter/product?id=7640501639>, acessado em abril de 2017.
34. HANNA instruments. Disponível em <http://hannainst.com/products/portable-meters/turbidity-portable/hi9829-multiparameter-ph-ise-ec-do-turbidity-waterproof-meter-with-gps-option.html>, acessado em abril de 2017.
35. Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2013. Disponível em http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf, acessado em Abril de 2017.
36. Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2012**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2012.
37. International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). Disponível em <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/Reports/373.htm>, acessado em novembro de 2017.
38. JUNIOR, O. P. A. e SANTOS, T. C. R., **Glifosato: propriedades, toxicidade, uso e legislação**. Quim. Nova. Vol. 25, nº 4, 589-593, 2002.
39. KLEIN, C. & AGNE, S. A. A. Fósforo: de nutriente à poluente. Ver. Elet. Em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental, v. 8, nº 8, p. 1713-1721, set-dez, 2012.
40. LAMPARELLI, M. C. **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo: Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Departamento de Ecologia. São Paulo, 2004.
41. LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas – SP. Editora Álamó, 3ª edição, 2010.
42. LO MONACO, P. A. V. *et al.* **Utilização de extrato de sementes de moringa como agente coagulante no tratamento de água para abastecimento e águas residuárias**. Ambi-Água, Taubaté, v.5, n.3, p. 222-231, 2010.
43. LOPES, F. B. *et al.* **Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e geoprocessamento**. Revista Ciência Agronômica, v. 39, n. 3, p. 392-402, 2008.

44. LUCAS, A. A. T. *et al.* **Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba, SP.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.9, p.937–943, 2010.
45. MONITORAMENTO AMBIENTAL DA RESERVA BIOLÓGICA MARINHA DO ARVOREDO E ENTORNO - MAArE – UFSC - **Protocolo para determinação de nitrato+nitrito (nid) dissolvidos na água do mar.** Disponível em http://www.maare.ufsc.br/wp-content/uploads/2016/08/Protocolo_Nitrato_Rev_03.pdf, acessado em novembro de 2017.
46. MAIA, S. A. *et al.* **Os impactos da agricultura urbana na qualidade da água na nascente do Igarapé do Mindu - comunidade Nova Esperança (Manaus – AM).** Boletim Amazônico de Geografia (ISSN: 2358-7040 - on line), Belém, v. 02, n. 04, p. 01-09. jul./dez. 2015.
47. MALTY, J. S. *et al.* **Efeitos do glifosato sobre microrganismos simbiotróficos de soja, em meio de cultura e casa de vegetação.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v. 41, n.2, p. 285-291, fev. 2006.
48. MIRANDA, R. G. *et al.* **Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia – Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos.** Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 4, núm. 2, PP. 75-92. Universidade de Taubaté, Taubaté – Brasil, 2009.
49. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/>, acessado em agosto de 2016.
50. NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. **Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity.** Transaction of the ASAE, St Joseph, v. 24, p.77-80, 1991.
51. PALÁCIO, H. A. Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará.** Dissertação de Mestrado em Irrigação e Drenagem. Universidade Federal do Ceará, 2004.
52. PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA (PMBM). Disponível em <http://www.prefeituradebarramansa.com.br/pmbm/perfil/page/fale.asp>, acessado em Outubro de 2015.

53. POLETO, C. *et al.* **Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP)**. HOLOS Environment, v. 10, n.1, 2010 – p. 96.
54. PONTES, P. P. *et al.* **Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro bacia do córrego Banguelo – Contagem**. Revista Ambiente e Água, vol. 7, num. 3, PP. 183-194. Universidade de Taubaté, 2012.
55. PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. **Remoção biológica de Nitrogênio em efluentes líquidos: uma revisão**. Disponível em: <https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/remocao-biologica-de-nitrogenio-em-efluentes-liquidos-uma-revisao/>. Acessado em Junho de 2017.
56. PORTARIA MINTER nº 86, de 4 de junho de 1981. **“Enquadra os cursos d’água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul”**. Disponível em: <http://igeologico.sp.gov.br/wp-content/uploads/cea/PortariaMinter.pdf>, acessado em agosto de 2016.
57. QUEIROZ, G. M. P. *et al.*, **Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola**. Quim. Nova, vol. 34, nº 2, 190-195, 2011.
58. QUEIROZ, L. G. *et al.*, **Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil**. Ver. Ambient. Água, vol. 12, n. 2. Taubaté - Mar – Abr, 2017.
59. RIBEIRO, T. A. P. *et al.* **Variação dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água em um sistema de irrigação localizada**. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.9 no.3. Campina Grande July/Sept. 2005.
60. SANTANA, L. R. R. *et al.* **Qualidade física, microbiológica e parasitológica de alfaces de diferentes sistemas de cultivo**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, abr-jun, 2006.
61. SANTOS, R. C. L. *et al.* **Aplicação de índices para avaliação da qualidade da água da Bacia Costeira do Sapucaia em Sergipe**. Eng. Sanit. Ambient. Reg. ABES 159832, 2016.

62. SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE MINAS GERAIS – SEMAD. **Sistema de cálculo da qualidade da água (SCQA) estabelecimento das equações do índice de qualidade das águas (IQA)**. Relatório I. Unidade de Coordenação Estadual - UCEMG / PNMA II Programa nacional do meio ambiente – PNMA II Subcomponente Monitoramento da Qualidade da Água. Junho de 2005.
63. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Disponível em <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae>, acessado em agosto de 2016.
64. SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE NACIONAL). Disponível em <http://sbri.ibict.br/instituicoes-integrantes/sebrae-nacional>, acessado em agosto de 2016.
65. SILVA, A. F. S., **Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas**. Revista Ambient. Água vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr./Jun. 2016.
66. SILVA, M. D., **Determinação de glifosato e ácido aminometilfosfônico em águas superficiais do Arroio Passo do Pilão**. R. Ecotoxicol. E Meio Ambiente, Curitiba, v. 13, p. 19-28, jan/dez. 2003.
67. SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2ª edição. São Paulo, SP. Editora Varela, 2001.
68. SILVA, P. T. P. *et al.* **Concentração de ferro na água de irrigação na microbacia do Boi, Estado de São Paulo**. Projeto apoiado financeiramente pelo FEHIDRO (Fundo Estadual de Recursos Hídricos). Contrato 161, 2006.
69. STAFF, H. Hidroponia. 2. ed. Cuiabá: Sebrae/MT, 1998. 86 p.
70. TONETTI, A. L. *et al.* **Remoção de matéria orgânica, coliformes totais e nitrificação no tratamento de esgotos domésticos por filtros de areia**. Eng. Sanit. Ambient. Vol. 10, nº 3 – jul-set, 2005.
71. VALENTE, J. P. S.; PADILHA, P. M.; SILVA, A. M. M. **Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu - SP**. Eclética Química, São Paulo, v. 22, p. 49-66, 1997.

72. von SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**, volume 1, 3ª edição, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.
73. von SPERLING, M. **Princípios básicos do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996.
74. XAVIER, C. F., **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná**. Curitiba, 2005.