

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**PAOLA GUOLLO DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO MANANCIAL DO RIO TIGRE QUANTO À CONTAMINAÇÃO  
MICROBIOLÓGICA, MUNICÍPIO DE COCAL DO SUL (SC)**

**CRICIÚMA  
2016**

**PAOLA GUOLLO DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO MANANCIAL DO RIO TIGRE QUANTO À CONTAMINAÇÃO  
MICROBIOLÓGICA, MUNICÍPIO DE COCAL DO SUL (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientadora: Prof. MSc. Nadja Zim Alexandre

**CRICIÚMA**

**2016**

**PAOLA GUOLLO DE SOUZA**

**AVALIAÇÃO DO MANANCIAL DO RIO TIGRE QUANTO À CONTAMINAÇÃO  
MICROBIOLÓGICA, MUNICÍPIO DE COCAL DO SUL (SC)**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel no Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Biologia.

Criciúma, 20 de junho de 2016.

**BANCA EXAMINADORA**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup> MSc. Nadja Zim Alexandre (UNESC)**

**MSc. Jader Lima Pereira (UNESC)**

**MSc. Yasmine de Moura da Cunha (UNESC)**

Dedico aos meus pais e amigos pelo incentivo e determinação em tornar possíveis meus ideais.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao iniciar meus agradecimentos, primeiramente, recordo-me de Deus. Graças a Ele, tive a oportunidade de ingressar na Graduação e conseguir percorrer todo este processo dentro da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC).

Agradeço à minha família, que me deu todo o suporte durante a minha vida, amou-me, educou-me e me ensinou preciosidades, como, por exemplo, o respeito e a perseverança. Em especial, agradeço aos meus pais, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões, desde as mais fáceis àquelas mais difíceis. E obrigada por terem aceitado a minha escolha.

Aos professores, que com grande dedicação, amizade, compreensão e esforço, transmitiram seus conhecimentos e experiências de vida. Faço esta menção com profundo sentimento de gratidão.

Muito obrigada! É o mínimo que posso dizer a todos que, mesmo indiretamente, contribuíram para a conclusão do curso de Ciências Biológicas e cumprir mais uma etapa da minha vida.

A todos, muito obrigada!

**“A água é o princípio de todas as coisas”.**

**Tales de Mileto**

## RESUMO

A poluição e o uso desordenado dos recursos hídricos, aos poucos, estão tornando a água imprópria para o consumo humano. Para tanto, há que se adotar formas de gestão que possibilitem zelar pela conservação quantitativa e qualitativa das águas e pela racionalidade dos usos e seu justo compartilhamento. Este trabalho consiste em avaliar os resultados de qualidade da água do rio Tigre e associar os problemas identificados com as fontes de poluição presentes na sua microbacia de drenagem. As fontes de contaminação microbiológica estão associadas principalmente à contribuição de esgoto doméstico na microbacia e a criação de animais destinados à alimentação humana. O aumento da poluição microbiológica em períodos de maior precipitação pluviométrica relaciona-se às atividades agrícolas de subsistência, incluindo o uso de dejetos dos animais para incorporação de matéria orgânica no solo. O estudo aponta ainda como fonte de poluição a presença de antigas áreas de mineração de carvão que contribuem com o incremento de ferro e manganês no manancial de abastecimento da cidade de Cocal do Sul.

**Palavras-chave: Água. Gestão de Recursos Hídricos. Fontes de Poluição.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da microbacia do rio Tigre, Cocal do Sul, SC.....	16
Figura 2 – Distribuição das unidades de mapeamento de solos na bacia do rio Urussanga. ....	18
Figura 3 – Reservatório formado com o barramento do rio Tigre.....	20
Figura 4 – Fluorescência na Amostra Contaminada .....	24
Figura 5 – Colônia de bactérias heterotróficas após 48 horas de inoculação .....	24
Figura 6A – Ocupação da microbacia por residências a montante do ponto de captação de água para abastecimento da população de Cocal do Sul.....	28
Figura B – Ocupação da microbacia por residências a montante do ponto de captação de água para abastecimento da população de Cocal do Sul .....	28
Figura 7A – Atividades antrópicas (aviário e fábrica de embalagens plásticas) observadas a montante do ponto de captação de água para abastecimento da população de Cocal do Sul .....	28
Figura B – Atividades antrópicas (aviário e fábrica de embalagens plásticas) observadas a montante do ponto de captação de água para abastecimento da população de Cocal do Sul .....	28
Figura 8 – Ausência de vegetação arbórea na APP do reservatório do rio Tigre.....	29
Figura 9 – Principais fontes de poluição observadas no rio Tigre .....	30
Figura 10 – Relação entre o NMP de bactérias <i>Escherichia coli</i> e volume de chuva acumulado em cinco dias que antecederam a amostragem.....	31
Figura 11 – Relação entre os dados de cor e turbidez com a precipitação pluviométrica mensal durante o ano de 2015 .....	32
Figura 12 – Aspectos de turbidez da água no reservatório no rio Tigre.....	33
Figura 13 – Amostra da água coletada no rio Tigre.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Número de análises realizadas e método analítico adotado para caracterização físico-química da qualidade da água de Cocal do Sul .....	22
Tabela 2 - Características microbiológicas da água em NMP/100mL no reservatório do rio Tigre durante o ano de 2015.....	26
Tabela 3 - Características físico-químicas da água do rio Tigre e dados pluviométricos dos valores médios mensais para o ano de 2015.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP - Ação Civil Pública

APP - Área de Preservação Permanente

CETEM - Centro de Tecnologia Mineral

CETESB - Companhia Ambiental do Estado/SP

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ENGEMAP - Engenharia, Mapeamento e Aerolevantamento Ltda

EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural

ETA - Estação de Tratamento da Água

FUNASA - Fundação Nacional de Saúde

GPS - Sistema de Posicionamento Global

GTA - Grupo Técnico de Assessoramento

IPAT - Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas

NMP - Número Mais Provável

pH - Potencial Hidrogeniônico

SAMAE - Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 METODOLOGIA .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
2.2.1 Identificação de fontes poluentes .....	21
2.2.2 Caracterização da qualidade da água .....	22
2.2.2.1 Seleção de parâmetros .....	22
2.2.2.1.1 Amostragem de água para caracterização microbiológica.....	23
2.2.2.1.2 Análises microbiológicas da água.....	23
2.2.2.1.3 Interpretação dos dados .....	25
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>4 CONCLUSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estima-se que 80% de todas as moléstias sejam causadas pelo consumo de água contaminada e, em média, até, um décimo do tempo produtivo de cada pessoa se perde devido a doenças relacionadas à água. Além disso, mais de um terço dos óbitos dos países em desenvolvimento são causados por doenças transmitidas por água (GOMES; BASTOS; LEITE, 2008).

As principais fontes de poluição têm sido identificadas como sendo as descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e das regiões agriculturáveis. Por esta razão, os recursos hídricos devem ser monitorados através de parâmetros ou indicadores de qualidade de água físico-químicos e biológicos, devendo os resultados serem comparados com padrões estabelecidos em conformidade com o uso que se pretende destinar à água (SPERLING, 1996).

As atividades praticadas na bacia de drenagem a montante de determinado ponto de captação, contribuem de forma direta para a qualidade da água naquele ponto. Neste sentido, Mosca (2003) ressalta que é na microbacia, a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada a delicada relação de interdependência entre os fatores bióticos (organismos vivos autotróficos que produzem o próprio alimento como as plantas, as algas e algumas bactérias); e abióticos (componentes não vivos que influenciam a vida dos seres vivos presentes no ecossistema como a luz, a temperatura, o vento, o pH), dentre outros.

Para Lima (1976), o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica é função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, área, geologia, rede de drenagem, solo, etc.) e do tipo da cobertura vegetal existente.

Assim, as características físicas e bióticas de uma bacia possuem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, o escoamento superficial e subsuperficial. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo hidrológico (TONELLO, 2005).

Vários contaminantes químicos e biológicos podem ser encontrados na água bruta que servirá à determinada população após o seu tratamento (VIEIRA, 2010); e se não tratados de forma adequada ou se a contaminação ocorrer após o

tratamento, poderão trazer efeitos adversos na saúde dos consumidores. Assim, o autor alerta que é fundamental estudar a natureza ou origem de uma possível contaminação, a forma como esta pode entrar no sistema de abastecimento de água e o desenvolvimento de uma estratégia baseada na abordagem de barreiras múltiplas, com o objetivo de garantir o fornecimento de água para o consumo humano (VIEIRA, 2010).

O lançamento “in natura” de esgotos domésticos, águas residuárias de criatórios de animais e de agroindústrias se constituem em uma das principais fontes de poluição de lagos, rios e córregos. Não se descarta também, o uso da terra para cultivo que requer frequente utilização de agrotóxico, além de expor o solo às intempéries fazendo com que o arraste de partículas de solo, nutrientes e do próprio agroquímico cheguem com maior frequência e rapidez à água. A exploração inadequada de minérios também degrada os recursos hídricos, pois estas atividades vêm associadas à presença de metais e sólidos na água (BRAGA, 2002).

A água a ser utilizada para o abastecimento de uma comunidade deve apresentar algumas características que a torne agradável ao consumo humano, que são estabelecidas pela Portaria vigente. Não deve ser quimicamente pura, pois a água carente de matéria dissolvida não tem sabor, odor e gosto agradáveis, além do mais, a presença de certos minerais na água é essencial à saúde (GRAY, 2008).

Conforme Franco e Landgraf (1996) microrganismos indicadores vêm sendo utilizados na avaliação da qualidade microbiológica da água há longo tempo. Microrganismos indicadores são grupos ou espécies de microrganismos que, quando presentes em um alimento ou água podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal, sobre a provável presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial do alimento (FRANCO; LANDGRAF, 1996).

Porém, a contaminação pode ocorrer não só na fonte, mas também durante a distribuição ou nos reservatórios das residências. As causas mais frequentes de contaminação muitas vezes vêm das caixas d'água abertas ou mal fechadas e, sobretudo, à carência de hábitos de higiene pessoal e ambiental. Além disso, a água pode ser contaminada devido ao fenômeno da aderência de bactérias às superfícies (canos, torneiras) que causam a formação de um biofilme, a partir do qual estas mesmas bactérias podem gradualmente serem liberadas nesta água (SIQUEIRA; OKURA, 2005).

A água segura para o consumo deve estar livre de microrganismos patogênicos e substâncias químicas prejudiciais à saúde e é denominada água potável. A água não potável ou água bruta, por outro lado, deve ser tratada antes do seu uso para o consumo humano. Os métodos de tratamento variam, dependendo da fonte de água bruta e da quantidade de água necessária (PELCZAR; CHAN; KRIEG, 1996).

A Resolução CONAMA 357/2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento estabelece 13 categorias de classe de água, considerando-se água doce, salobra e salgada. Para água doce, esta resolução traz 5 classes: especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Este sistema de classificação leva em conta a destinação das águas, sendo que elas podem ser utilizadas para várias finalidades, como consumo humano após o tratamento simplificados, convencional e avançado, dessedentação de animais, balneabilidade, irrigação, piscicultura, navegação, paisagismo, entre outros exemplos.

Segundo a Portaria 2914/2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; e se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento. Quando o manancial subterrâneo apresentar contaminação por *Escherichia coli*, no controle do processo de desinfecção da água, devem ser observados os valores do produto de concentração residual de desinfetante na saída do tanque de contato e o tempo de contato expressos nos Anexos IV, V e VI a esta Portaria ou a dose mínima de radiação ultravioleta expressa no § 4º do art. 32 da mesma.

Geralmente, na determinação de coliformes, realiza-se a diferenciação entre os de origem fecal e não-fecal. Os coliformes não-fecais como a *Serratia aeromonas*, são encontradas no solo e vegetais, possuindo a capacidade de se multiplicarem na água com relativa facilidade. No entanto, os coliformes de origem fecal não se multiplicam facilmente no ambiente externo e são capazes de sobreviver de modo semelhante às bactérias patogênicas (ZULPO et al., 2006).

A presença de coliformes termotolerantes em água e alimentos é menos representativa, como indicação de contaminação fecal, do que a enumeração direta de *Escherichia coli*, porém, muito mais significativa do que a presença de coliformes totais, dada a alta incidência de *Escherichia coli* dentro do grupo fecal. A *Escherichia*

*coli* é o microrganismo mais estudado em todo o mundo, considerado o principal representante do grupo. A ocorrência de *Escherichia coli* é considerada um indicador específico de contaminação fecal e a possível presença de patógenos entéricos. Atualmente sabe-se, entretanto, que o grupo dos coliformes fecais inclui pelo menos três gêneros, *Escherichia coli*, *Enterobacter* e *Klebsiellados* quais dois gêneros (*Enterobacter* e *Klebsiella*) incluem cepas de origem não fecal (GUERRA et al., 2006).

Por sua vez, as bactérias heterotróficas são definidas como microrganismos que requerem carbono orgânico como fonte de nutrientes para seu crescimento e para a síntese de material celular (BRASIL, 2004).

A maioria das bactérias heterotróficas, geralmente, não é patogênica. Entretanto alguns membros desse grupo, incluindo *Legionella spp.*, *Micobacterium spp.*, *Pseudomonas spp.*, *Aeromonas spp.*, podem ser patógenos oportunistas (QUIROZ, 2002).

Algumas bactérias heterotróficas podem exercer influência inibidora sobre alguns organismos, podendo impedir a detecção de coliformes (CETESB, 1978). A presença dessas bactérias também pode indicar uma deterioração na qualidade da água de consumo ou um processo de desinfecção inadequado no sistema de produção (NASCIMENTO et al., 2000).

A turbidez é uma característica da água devido à presença de partículas suspensas. Conforme os autores, a turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais: partículas inorgânicas (argila, lodo, areia, silte) e descarga de esgoto doméstico ou industrial; e ainda pode ser causada por detritos orgânicos, algas, bactérias e plâncton em geral (RICHTTER; AZEVEDO NETTO, 2002).

Os esgotos sanitários e diversos efluentes industriais provocam elevações na turbidez das águas. Um exemplo típico deste fato ocorre em consequência das atividades de mineração, onde os aumentos excessivos de turbidez têm provocado formação de grandes bancos de lodo em rios e alterações no ecossistema aquático (CETESB, 2010).

Segundo Richtter e Azevedo Netto (2002), a água pura é virtualmente ausente de cor. A presença de substâncias dissolvidas ou em suspensão altera a cor da água, dependendo da quantidade e da natureza do material presente. Normalmente, a cor na água é devida aos ácidos húmicos e tanino, originados de decomposição de vegetais e, assim, não apresenta risco para a saúde.

Os metais, nos corpos d'água, podem estar presentes nas formas coloidais, dissolvidas e particuladas (em suspensão ou sedimento de fundo), sendo constantemente redistribuído entre estas fases durante o transporte. Por processos dinâmicos, concentrações, desses metais, aparentemente baixas na coluna d'água e nos sedimentos, podem ser potencialmente disponíveis para acúmulo pelos organismos, tornando-se eventualmente tóxicas. Os níveis de metais dissolvidos na água são extremamente variáveis e sua avaliação isolada fornece pouca informação sobre a contaminação do ambiente. Esse material na forma particulada representa importante parâmetro na análise da dinâmica e distribuição de metais (TOMAZELLI, 2003).

O ferro é o segundo metal mais comum na crosta terrestre, apenas em menor quantidade que o alumínio. Suas fontes são minerais escuros (máficos) como: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios e no ambiente natural, a origem desse elemento pode estar relacionada a depósitos orgânicos, detritos de plantas, podendo associar-se a coloides ou húmus, o que dá a cor amarelada à água (CPRM, 1997). O ferro pode ocorrer sob diversas formas químicas e, frequentemente, aparece associado ao manganês.

Teores elevados destes elementos são encontrados, com maior frequência nas águas superficiais ricas em matéria orgânica, nas quais o ferro se apresenta ligado ou combinado com esta e frequentemente em estado coloidal; assim com nas águas que drenam distritos industriais e de mineração.

Nas águas subterrâneas com pH naturalmente ácido, ou seja, naquelas ricas em gás carbônico, o ferro encontra-se frequentemente sob a forma dissolvida e é proveniente da dissolução das rochas.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a qualidade da água do rio Tigre no ponto de captação para o abastecimento humano, no que diz respeito à contaminação microbiológica.

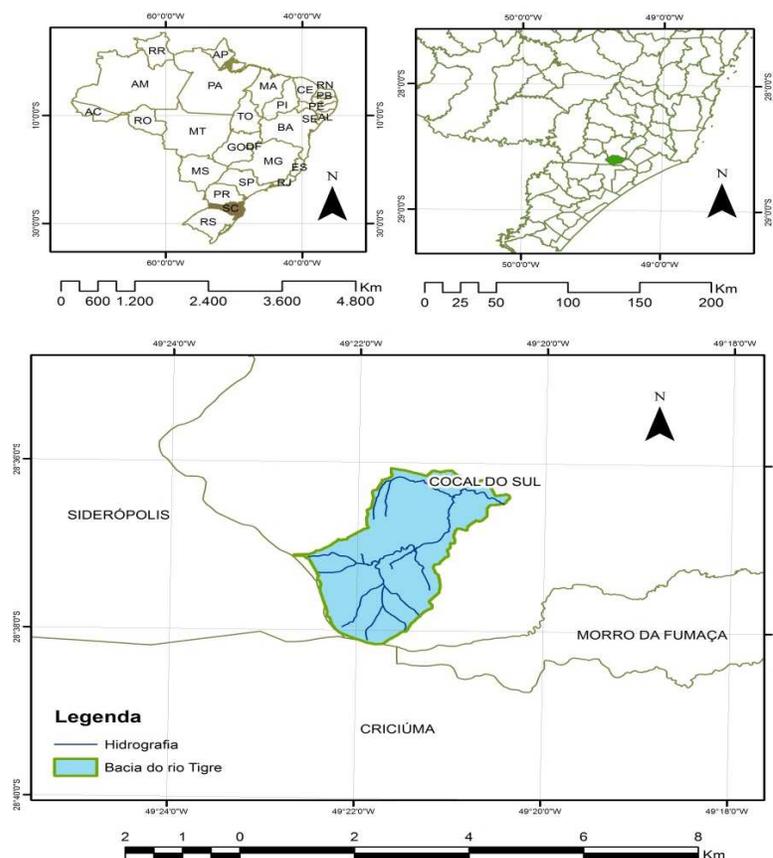
Para alcançar este objetivo principal, foram traçados os seguintes objetivos específicos: a) avaliar a microbacia contribuinte do ponto de captação da água no rio Tigre; b) analisar a qualidade da água bruta com base nos resultados fornecidos pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMAE); c) identificar as principais fontes de poluição do manancial.

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo se localiza no município de Cocal do Sul, no sul de Santa Catarina, especificamente na microbacia do rio Tigre. O estudo abrange uma área territorial com aproximadamente 7,6 km<sup>2</sup> (IPAT/UNESC, 2013). A poligonal que delimita a área é definida pelas coordenadas UTM 662010mE com 68344475mS a nordeste; 661250mE com 683211mS a sudeste; 661444mE com 6833175mS ao sul; 658571mE com 6833062mS a noroeste e 660266mE com 6835037mS ao norte (Figura 1).

Figura 1 – Localização da microbacia do rio Tigre, Cocal do Sul, SC



Fonte: IPAT/UNESC (2016).

O clima na região sul de Santa Catarina onde está inserida a área de estudo, é classificado, segundo a classificação climática de Köppen, como do tipo Cfa (Mesotérmico, úmido e com verão quente), temperatura média do mês mais frio inferior a 18 °C, sem estação seca definida e com verões quentes (temperatura média do mês mais quente superior a 22 °C); embora ocorram variações significativas em alguns elementos climáticos, como a precipitação e a temperatura (EPAGRI/CIRAM, 2001).

A maior parte do tempo, a região é dominada pelo anticiclone subtropical do Atlântico Sul e desta forma, submetida a grandes movimentos descendentes. Os ventos predominantes na baixa atmosfera são do quadrante S-SE. Durante o ano, a região é invadida por sistemas extratropicais associados a massas de ar frio vindas do sul, levando a baixas temperaturas no inverno, chuvas nos meses de primavera e verão, e ventos predominantes dos quadrantes S-SE e N-NE (EPAGRI/CIRAM, 2001).

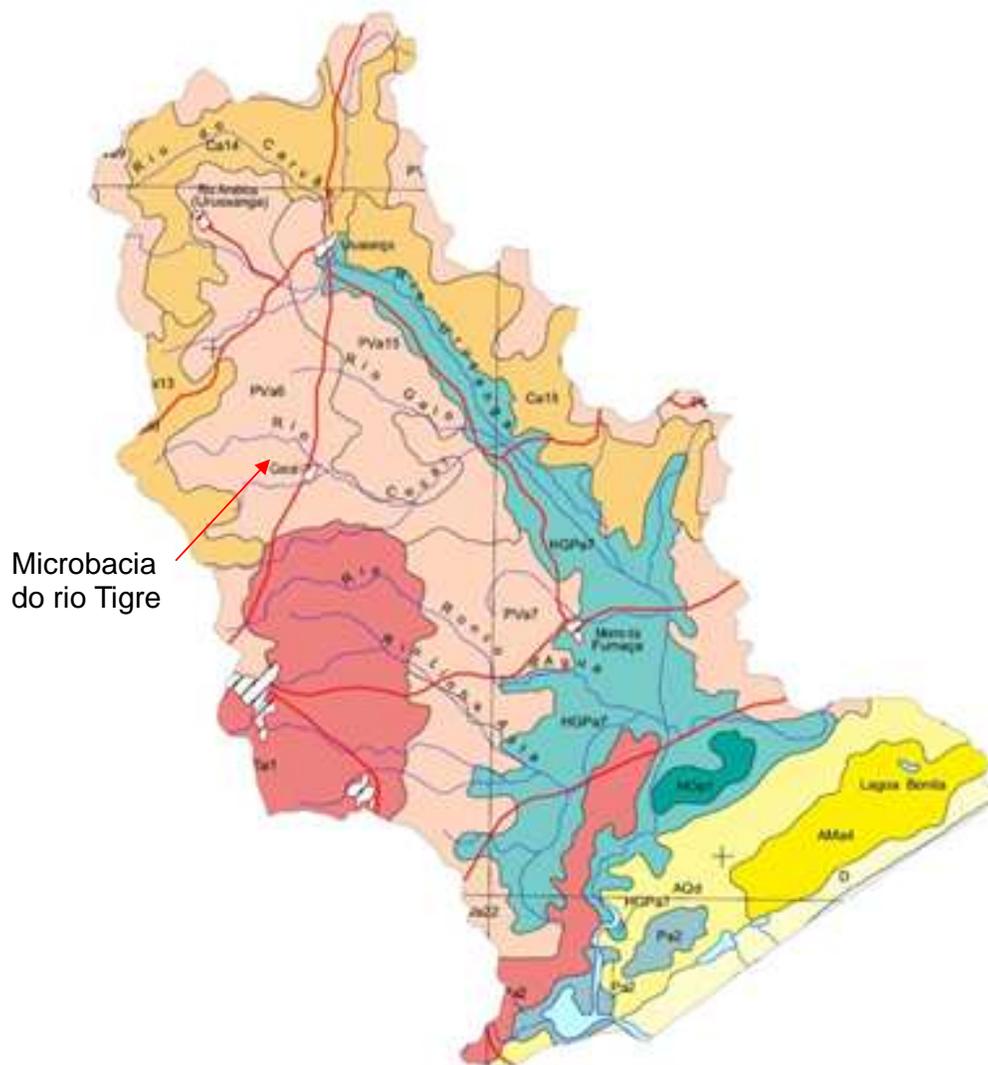
O rio Tigre é contribuinte do rio Cocal, pertencente à bacia hidrográfica do Urussanga. Segundo dados levantados pelo IPAT/UNESC (2015) a geologia local é constituída por rochas da bacia sedimentar do Paraná. Arenitos e siltitos de origem flúvio-deltáica da Formação Rio Bonito, portadora das camadas de carvão mineradas no passado na área de estudo. Possui contato superior concordante com a Formação Palermo, a qual é caracterizada por uma sequência de arenitos de textura fina, grossa à conglomeráticas e por sedimentos pelíticos a argilosos.

A Lei nº. 1.164, de 04 de setembro de 2013 do município de Cocal do Sul no Art. 1º declara que a Política Municipal de Saneamento Básico reger-se-á pelas disposições desta Lei, de seus regulamentos e das normas administrativas deles decorrentes e tem por finalidade assegurar a proteção da saúde da população e a salubridade do meio ambiente urbano e rural, além de disciplinar o planejamento e a execução das ações, obras e serviços de saneamento básico do Município.

O Plano Municipal de Saneamento Básico contemplará um período de 20 (vinte) anos e contém um diagnóstico da situação e de seus impactos nas condições de vida, utilizando sistema de indicadores sanitários, epidemiológicos, ambientais e socioeconômicos e apontando as causas das deficiências detectadas (IPAT/UNESC, 2015).

De acordo com a análise do Mapa de Solos de Santa Catarina, elaborado pela EMBRAPA (1998), na escala 1:250.000, para a área da bacia hidrográfica do rio Urussanga (Figura 2), os ARGISSOLOS ocorrem na totalidade da área de estudo.

Figura 2 – Distribuição das unidades de mapeamento de solos na bacia do rio Urussanga, com destaque (seta em vermelho) para a área de estudo.



Fonte: IPAT/UNESC (2013).

Os ARGISSOLOS são solos não hidromórficos, com perfis profundos e pouco profundos, ocorrendo em relevo ondulado e suave ondulado. De modo geral estes ARGISSOLOS são atualmente utilizados para cultivos anuais, fruticultura e

implantação de pastagens, possuindo ainda certa limitação de fertilidade natural e suscetibilidade a erosão (BACK, 2009).

Ao longo de toda a encosta atlântica e das planícies quaternárias, que confinam com a vegetação litorânea, a formação vegetal mais exuberante e complexa encontrada originalmente na área de estudo é denominada Floresta Tropical Atlântica ou Floresta Ombrófila Densa pertencente ao Bioma Mata Atlântica (KLEIN, 1978).

Por se encontrar em cotas topográficas entre 70 e 300 metros, a formação vegetal característica da Floresta Ombrófila Densa Submontana (VELOSO et al., 1991) encontra-se representada por remanescentes florestais de vegetação secundária de estágio médio e avançado de regeneração que ocorrem principalmente nas porções Oeste e Sudoeste da microbacia, onde ocorrem também as principais nascentes.

Observa-se ainda um mosaico de remanescentes bem preservados por toda a área de drenagem do rio Tigre, com a presença de copas densas, abundância de serrapilheira e espécies como *Euterpe edulis* (palmitheiro), *Hieronyma alchorneoides* (licurana), *Nectandra oppositifolia* (canela-amarela), *Casearia sylvestris* (chá-de-bugre), *Guapira opposita* (maria-mole), *Jacaranda puberula* (jacarandá) e outras (IPAT/UNESC, 2015).

Na microbacia do rio Tigre se observam sistemas agropastoris, plantação de banana e culturas de subsistência (IPAT/UNESC, 2013).

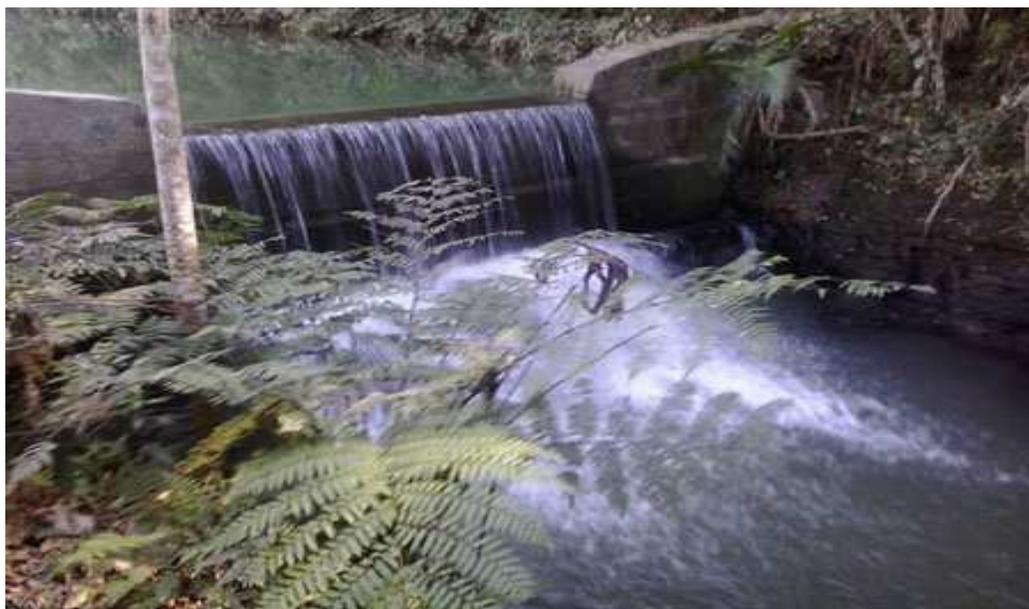
Com objetivo de possibilitar a captação de água para atendimento da demanda da população do município de Cocal do Sul, o SAMAE realizou um barramento de nível no curso d'água, sendo que com isso se formou uma área alagada de aproximadamente 0,5 ha (Figura 3).

A barragem está localizada em área urbana do município, próximo e a montante da área industrial, na Avenida Valdemar Kleinubing, na Linha Vicentina. O ponto de captação de água encontra-se nas coordenadas UTM 661929m E e 6834450m N a uma altitude de 69,8 metros.

O rio Tigre forma uma microbacia com 8,76 km<sup>2</sup> (IPAT/UNESC, 2013), cujas nascentes dos principais contribuintes e formadores ocorrem na Área de Preservação Ambiental. A Lei Municipal nº 270, de 28 de fevereiro de 1997 expressa no Art. 2º a obrigação de preservar as nascentes e olhos d'água que abastecem a população do Município, a fauna e a floresta nativa e transplantada, compreendendo

as bacias e sub-bacias dos rios Cocal, Tigre, Perso e seus afluentes, bem como possibilitar e melhorar o nível de vida da população sulcocalense. Esta Lei cria a Área de Preservação Ambiental, nas Linhas Ferreira Pontes, Vicentina, Rio Perso, Tigre e adjacências, situadas no Município de Cocal do Sul.

Figura 3 – Reservatório formado com o barramento do rio Tigre.



Fonte: SAMAE, Cocal do Sul (2016).

Conforme o IPAT/UNESC (2013), devido à presença em “elevados teores” de ferro, manganês e matéria orgânica na água do rio Tigre, a mesma só apresenta condições de potabilidade após o tratamento convencional realizado na ETA – Estação de Tratamento de Água.

A ETA de Cocal do Sul utiliza os processos de coagulação, decantação, filtração e desinfecção para obtenção da água em condições de potabilidade. Complementa o tratamento, a adição de flúor na água antes de sua distribuição.

O reservatório formado com a barragem tem volume aproximado de 20.000 m<sup>3</sup> e possibilita uma vazão de recalque de 30 a 50 Litros por segundo.

O Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAMAE) foi criado por meio da Lei Municipal nº09/1993. Trata-se de autarquia municipal para prestação de serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário em Cocal do Sul. Em seu Artigo 2º esta Lei, traz como objeto o estudo, projeto e execução, ampliação e remodelação de sistemas públicos de abastecimento de água potável e de esgotos sanitários. Outra Lei municipal de relevância para o assunto em questão é a Lei nº 019/93 que

dispõe sobre normas de saúde em vigilância sanitária. Conforme estabelecido no § 3º do Artigo 5º desta Lei deve haver orientação, controle e fiscalização sobre o meio ambiente, aplicação de agrotóxicos, saneamento urbano e rural, destacando especial importância aos mananciais de abastecimento.

## **2.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

Para possibilitar a análise da qualidade ambiental da microbacia do rio Tigre foram realizadas inspeções em campo objetivando a identificação de atividades que podem interferir na qualidade da água captada pelo SAMAE. Na segunda etapa da pesquisa, foram realizadas amostragem da água no ponto de captação do SAMAE para caracterização físico-química e também microbiológica.

### **2.2.1 Identificação de fontes poluentes**

As atividades consideradas potencialmente causadoras de impacto na qualidade da água foram identificadas com incursões a campo e pesquisa junto aos técnicos do SAMAE.

Previamente observaram-se imagens aéreas e do *Google Earth* para delimitação da microbacia e planejamento dos trabalhos em campo. As principais fontes poluidoras da água (pontuais ou difusas) foram identificadas com o auxílio de um GPS e complementadas com registros fotográficos.

Para identificação de fontes poluentes associadas à mineração de carvão, consultou-se o Cadastro de Bocas de Mina e Passivos Ambientais, elaborado pelo GTA – Grupo Técnico de Assessoramento do Ministério Público Federal no âmbito da Ação Civil Pública n. n. 2000.72.04.002543-9/SC (ACP do Carvão, 2000).

A restituição da hidrografia na área de estudo foi obtida do Levantamento Aerofotogramétrico do Estado de Santa Catarina realizado a pedido da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Econômico Sustentável (SDR – ENGEMAP, 2010/2013) arquivo digital. Para facilitar a espacialização das informações, o traçado dos rios foi convertido em arquivos compatíveis com o *Google Earth*, tipo kmz.

## 2.2.2 Caracterização da qualidade da água

### 2.2.2.1 Seleção de parâmetros

Como o estudo foi desenvolvido no laboratório de análise de água do SAMAE de Cocal do Sul, os parâmetros utilizados para descrever a qualidade da água foram selecionados dentro do conjunto de parâmetros analisados periodicamente pelo órgão. O SAMAE realiza os parâmetros regulamentados pela Portaria 2914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

A seleção dos parâmetros levou em conta o histórico dos dados de qualidade e os relatos dos técnicos do SAMAE a respeito dos principais problemas recorrentes na água bruta. Os parâmetros bacteriológicos constituem-se como principais indicadores de controle no presente estudo; enquanto que os parâmetros físico-químicos serviram para auxiliar a investigação das prováveis causas de contaminação bacteriológica da água.

Os resultados físico-químicos foram obtidos nos registros do SAMAE de Cocal do Sul e referem-se ao ano de 2015. Foram selecionados como parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, cor, ferro e manganês. A Tabela 1 mostra o número de amostragens realizadas em cada mês do ano de 2015 e o método de análise praticado pelo laboratório de análise físico-química do SAMAE de Cocal do Sul.

Tabela 1 – Número de análises realizadas e método analítico adotado para caracterização físico-química da qualidade da água de Cocal do Sul no ano de 2015.

Indicadores	Frequência	análises/mês	Método analítico	Equipamentos
pH	2 x dia	62	Potenciométrico	pHmetro Marca Quimis. Mod. Q400AS
Turbidez	2 x dia	62	Nefelométrico	Turbidímetro Marca Hach Mod. 2100P
Cor	2 x dia	62	Espectrofotometria	Espectrofotômetro Marca Hach. Mod DR 2800
Ferro total	2 x semana	08	Espectrofotometria leitura em 560 nm	Espectrofotômetro Marca Hach. Mod. DR 2800
Manganês	2 x semana	08	Espectrofotometria leitura em 610 nm	Espectrofotômetro Marca Hach. Mod. DR 2800

Fonte: autora com base em dados obtidos no SAMAE

### 2.2.2.1.1 Amostragem de água para caracterização microbiológica

A caracterização microbiológica da água levou em conta os parâmetros: coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas. As análises foram realizadas mensalmente durante o período compreendido entre janeiro e dezembro de 2015 totalizando doze amostras.

A amostragem é realizada em frascos esterilizados. O tempo entre a amostragem e o início do procedimento laboratorial é inferior a 4 horas. No momento da amostragem, são utilizadas luvas descartáveis para evitar contaminação cruzada e qualquer material ou recipiente utilizado para auxiliar a amostragem é também previamente esterilizado. Após a amostragem, os frascos são acondicionados em caixas térmicas e conduzidos imediatamente ao laboratório de análise microbiológica do SAMAE de Cocal do Sul.

### 2.2.2.1.2 Análises microbiológicas da água

As análises foram realizadas no laboratório de microbiologia da SAMAE de Cocal do Sul. Para determinação do número mais provável (NMP) de Coliformes totais e *Escherichia coli* foi utilizado o método de tubos múltiplos.

Denomina-se de bactérias do grupo coliforme bacilos gram-negativos, em forma de bastonetes, aeróbios ou anaeróbios facultativos que fermentam a lactose a 35-37 °C, produzindo ácido, gás e aldeído em um prazo de 24 a 48 horas. A razão da escolha desse grupo de bactérias como indicador de contaminação da água deve-se ao fato de que estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, inclusive os seres humanos; e porque sua presença na água possui uma relação direta com o grau de contaminação fecal (BRASIL, 2006).

A Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinados, na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma Portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deve exceder a 500 UFC/mL. Com o auxílio de uma lâmpada ultravioleta 365 nm, se observa a fluorescência azul no frasco amarelo aproximando a lâmpada do frasco (Figura 4). Caso isso aconteça, significa que há presença de *Escherichia coli* na amostra examinada.

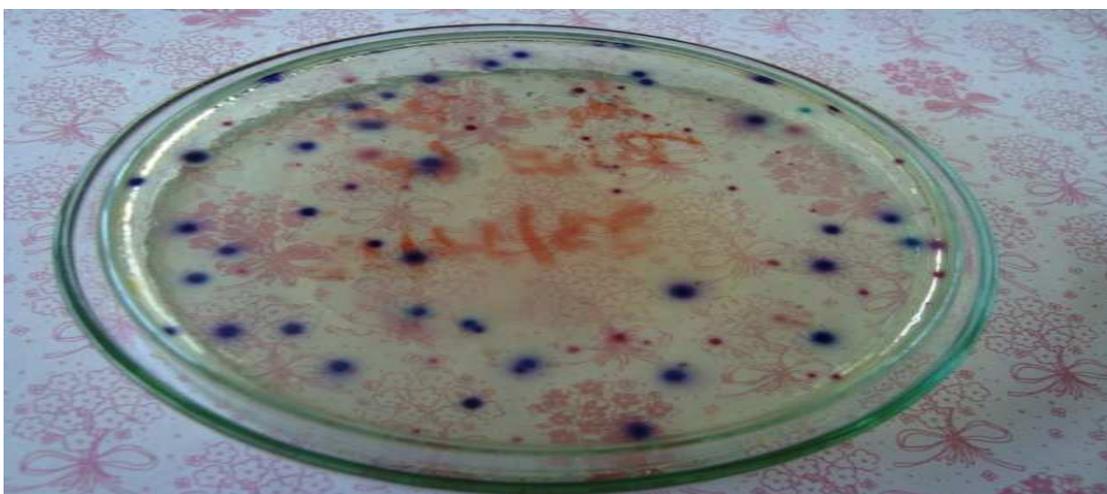
Figura 04 – Fluorescência na amostra contaminada. Método Fluorocult.



Fonte: Guollo, 2016.

Para determinação das bactérias heterotróficas utilizou-se o método do crescimento em placa de Petri com *Chromocult*<sup>®</sup> como meio de cultura. A técnica de inoculação em profundidade para contagem de bactérias heterotróficas baseia-se na inoculação de volumes adequados da amostra em placas de Petri, com posterior adição do meio de cultura. Após 48 horas de incubação a  $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , as bactérias viáveis presentes na amostra, que possam se desenvolver nessas condições, irão formar colônias que serão contadas com o auxílio do contador de colônia (Figura 5).

Figura 5 – Colônia de bactérias heterotróficas após 48 horas de inoculação.



Fonte: Guollo, 2016.

### **2.2.2.1.3 Interpretação dos dados**

Os dados de qualidade de água foram dispostos em planilha de Excel para facilitar a sua interpretação. Foram registrados também os dados pluviométricos correspondentes ao período de monitoramento. Os dados pluviométricos foram obtidos junto à EPAGRI/CIRAM e se referem à estação meteorológica de Urussanga da EPAGRI, distante aproximadamente 10 km da área de estudo.

Como valores de referência para qualidade da água foram utilizadas as normas regulamentadoras que norteiam a água de abastecimento à população e a qualidade da água bruta, ou seja, a Portaria 2914 de novembro de 2011 do Ministério da Saúde que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade; e a Resolução CONAMA 357 de março de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

Para efeito de avaliação da água captada no rio Tigre foram utilizados os padrões estabelecidos para água doce de classe 1 e 2 da citada Resolução CONAMA 357/05.

Posteriormente, foi realizada a avaliação dos dados da qualidade da água com os dados pluviométricos e relacionados com as fontes de poluição identificadas na bacia com o objetivo de se encontrar uma relação entre a causa (fontes de poluição) e o efeito (qualidade da água).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação das condições microbiológicas da qualidade da água no reservatório do rio Tigre levou em conta o monitoramento mensal realizado pelo SAMAE no ano de 2015. Os valores de NMP (número mais provável) de *Escherichia coli*, Coliformes totais e bactérias heterotróficas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Características microbiológicas da água em NMP/100mL no reservatório do rio Tigre durante o ano de 2015.

Amostragem	<i>Escherichia coli</i>	Coliformes Totais	Bactérias Heterotróficas	Chuva acumulada em 5 dias
23/janeiro	23	30	47	96,5
23/fevereiro	240	1600	55	91,5
31/março	23	300	49	65,2
30/abril	50	500	72	16,1
27/maio	240	1600	53	90,8
27/junho	9	70	38	3,9
29/julho	130	1600	61	51,5
28/agosto	9	170	27	15,4
30/setembro	23	900	44	64,2
23/outubro	90	1600	82	54,6
26/novembro	14	30	21	30,4
29/dezembro	14	18	17	25,8

Fonte: SAMAE adaptado pela autora.

A Resolução n. 357/2005 do CONAMA que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, estabelece para águas de classe 1 (abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário; irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e proteção das comunidades aquáticas em terras indígenas), o limite de 200 NMP/100 mL para bactérias termotolerantes ou *Escherichia coli*. Para águas de classe 2 (abastecimento para consumo humano, após o tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas recreação de contato primário; irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com

os quais o público possa vir a ter contato direto e aquicultura e atividade de pesca), a mesma Resolução estabelece o limite de 1000 NMP/100 mL para estes indicadores.

As águas doces de classe 1 são aquelas que têm como uso pretendido o abastecimento doméstico após o tratamento simplificado; enquanto que as de classe 2 necessitam de tratamento convencional antes de serem distribuídas para a população.

O tratamento de água realizado pelo SAMAE em Cocal do Sul é realizado em uma estação de tratamento (ETA) convencional e inclui além das etapas de clarificação e filtração, também a desinfecção com cloro da água distribuída para a população.

Desta forma, os resultados das análises de *Escherichia coli* demonstram que o rio Tigre, se apresenta em boas condições de qualidade para uso doméstico, após o tratamento convencional apresentando 83% das amostras analisadas em 2015 com valores abaixo do limite estabelecido para água doce classe 1.

Importante destacar que a água do rio Tigre não é considerada própria para abastecimento antes de passar pelo tratamento convencional da SAMAE, e que além da presença constante de *Escherichia coli* nas amostragens realizadas em 2015, foi registrada a presença de bactérias do tipo coliformes totais e heterotróficas. Este fato serve para alertar a respeito do uso do solo na área de drenagem da microbacia do rio Tigre.

Observam-se a montante do ponto de captação de água, atividades que podem contribuir com a degradação da qualidade da água, e em especial com o incremento de patógenos. São exemplos destas atividades: a ocupação da microbacia por residências (mesmo que com pouca expressão), a presença de granjas de suínos, aviários e uma fábrica de embalagens plásticas (Figura 06A e B).

Figura 06 – Ocupação da microbacia por residências a montante do ponto de captação de água para abastecimento da população de Cocal do Sul.



Fonte: Guollo, (2016).



Fonte: Guollo, (2016).

Figura 07 – Atividades antrópicas (aviário e fábrica de embalagens plásticas) observadas a montante do ponto de captação de água para abastecimento da população de Cocal do Sul.



Fonte: Guollo, (2016).



Fonte: Guollo, (2016).

Ainda é possível observar a montante do reservatório, a presença de bovinos e equinos em toda a área de contribuição, inclusive na APP do lago formado pelo barramento. A falta de uma vegetação arbórea mais densa na APP do reservatório favorece a sua ocupação, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Ausência de vegetação arbórea na APP do reservatório do rio Tigre.



Fonte: Guollo, (2016).

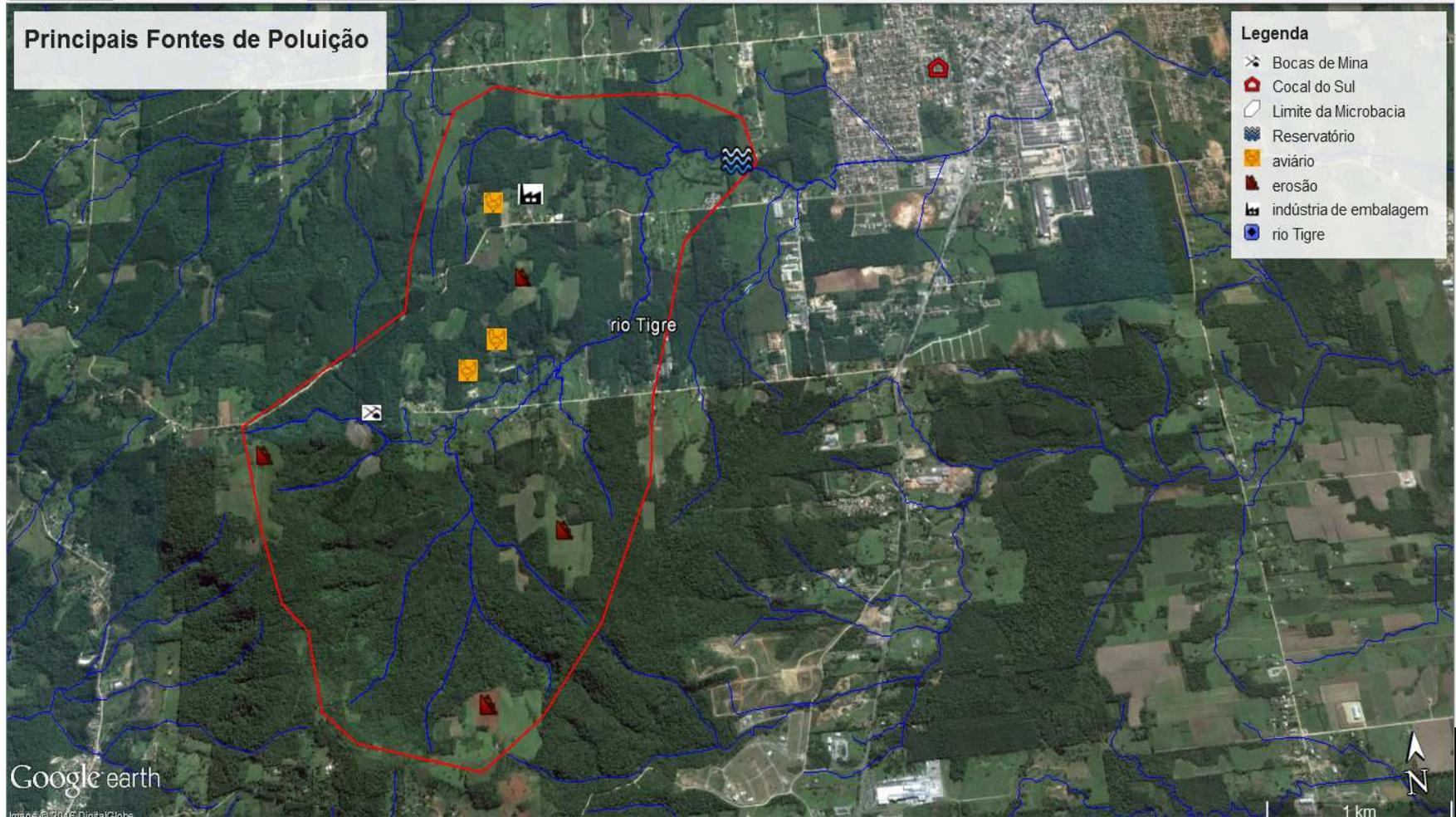
Também se observa o desenvolvimento de atividades agrícolas a montante da captação de água, principalmente com o plantio de cultura de subsistência (milho, feijão, mandioca, entre outros), além de pomares e cultivo de banana.

Além disso, observa-se pastagem para criação de gado e existência de solo sendo preparado para o cultivo, o que pode contribuir com o incremento de turbidez durante período de maior precipitação pluviométrica.

O uso da terra para o cultivo também favorece o incremento da poluição por organismos do tipo coliformes, e em especial, de bactérias termotolerantes na água do rio Tigre em período de maior precipitação pluviométrica. Esta situação deve estar relacionada com o uso de material orgânico, principalmente dejetos de suínos e cama de aviário, como fertilizantes do solo. O fato de existir na microbacia pelo menos um aviário de maior porte e granjas de suínos, favorece esta prática bem comum na área rural da região.

Além disso, consta ainda na microbacia do rio Tigre três antigas bocas de mina de carvão. A Figura 09 mostra as principais fontes de poluição observadas na área de estudo.

Figura 09 – Principais fontes de poluição observadas no rio Tigre

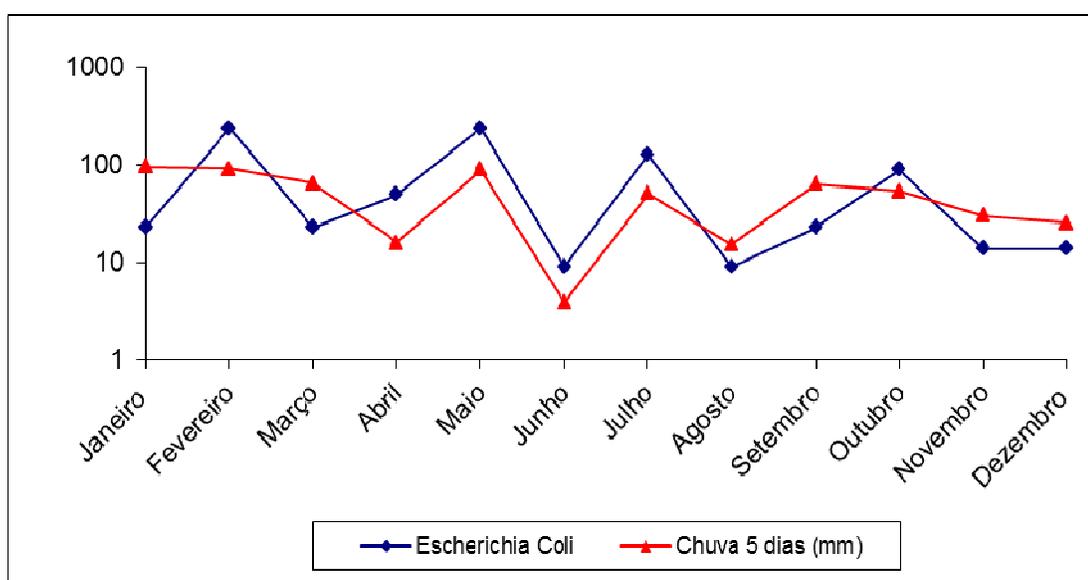


Fonte: Guollo (2016).

A figura 10 mostra a relação entre o NMP de bactérias *Escherichia coli* e o volume de chuva nos cinco dias que antecederam a amostragem.

Conforme os resultados de acordo com o regime de chuvas, nos meses em que mais choveu, ocorreu um aumento de bactérias *Escherichia coli*. Evidencia-se um grande aumento no número da população microbiológica do reservatório correspondendo ao período chuvoso.

Figura 10 – Relação entre o NMP de bactérias *Escherichia coli* e volume de chuva acumulado em 05 dias que antecederam a amostragem.



Fonte: Guollo (2016)

Na tabela 3 são apresentados as médias dos valores obtidos mensalmente durante o ano de 2015 para os indicadores pH, Turbidez, Cor, Ferro Total e Manganês. O número de dados representados nos valores médios mensais se encontra na tabela 1.

Os resultados analíticos demonstram uma relação entre períodos de maior precipitação pluviométrica com a variação de turbidez e cor da água do rio Tigre (Figura 10). De acordo com o regime de chuvas, nos meses em que mais choveu, ocorreu um aumento de turbidez, causado por detritos das margens e que escoaram para dentro do reservatório.

Segundo Sperling (1996) a turbidez da água está relacionada com a presença de sólidos em suspensão e pode aumentar com o aumento da pluviometria

em bacias hidrográficas onde não se observam boas práticas de conservação do solo.

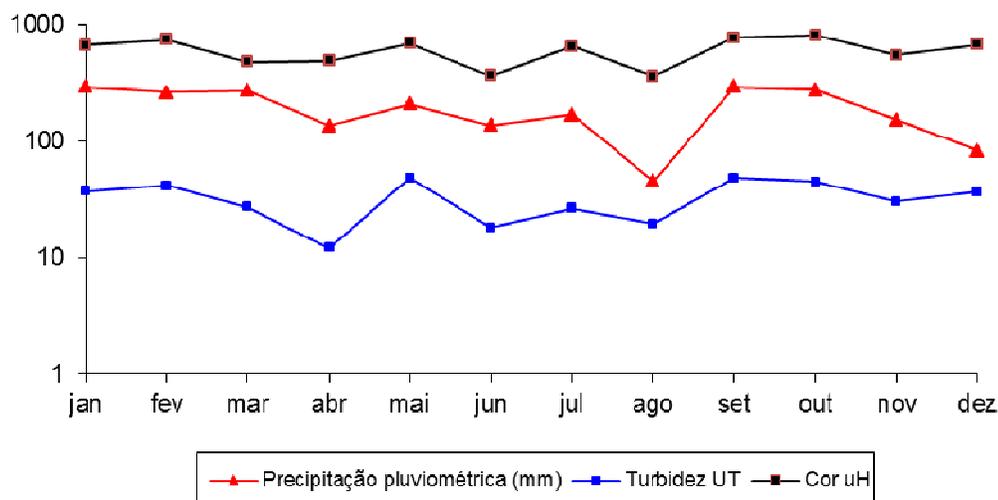
Tabela 3 - Características físico-químicas da água do rio Tigre e dados pluviométricos dos valores médios mensais para o ano de 2015.

	Número Análises Mensais	pH	Turbidez (UNT)	Cor (uH)	Ferro Total (mg/L)	Manganês (mg/L)	Pluviosidade (mm)
Janeiro	62	6,5	37	662	1,2	0,5	291,0
Fevereiro	62	6,4	42	747	1,0	0,5	260,8
Março	62	6,4	27	476	1,4	0,6	271,6
Abril	62	6,5	12	489	1,0	0,5	135,3
Mai	62	6,6	48	690	0,9	0,8	206,4
Junho	62	6,4	18	365	0,5	0,3	135,7
Julho	62	6,5	26	650	0,4	0,3	167,2
Agosto	62	6,6	19	360	0,5	0,3	45,4
Setembro	62	6,6	48	767	0,6	0,4	291,5
Outubro	62	6,6	45	809	0,6	0,4	273,4
Novembro	62	6,6	30	547	1,0	0,5	152,5
Dezembro	62	6,5	37	670	1,2	0,6	82,7

Fonte: Guollo (2016) com base em SAMAE, (2015).

Obs.: O número de análises mensais do Ferro e Manganês totalizaram 08 vezes.

Figura 11 – Relação entre os dados de cor e turbidez com a precipitação pluviométrica mensal durante o ano de 2015.



Fonte: Guollo (2016)

Sperling (1996) esclarece ainda que a cor da água de um rio ou lago está relacionada com a presença de sólidos dissolvidos e podem estar associados naturalmente em águas que drenam solos húmicos ou solos formados a partir de rochas sedimentares enriquecidas com ferro, principalmente.

Para Braga (2002) a cor de um corpo d'água está relacionada com a formação geológica, e muitas vezes, independe do tipo de uso do solo.

Em resumo, a turbidez da água no caso do rio Tigre está relacionada com a presença de partículas do solo; enquanto que a cor se deve à dissolução de íons presentes no solo. A Figura 12 mostra os aspectos de turbidez da água do rio Tigre.

Figura 12 - Aspectos de turbidez da água no reservatório no rio Tigre.



Fonte: Guollo, (2016).

Observa-se na Figura 13 a cor amarelada e acentuada da amostra obtida no reservatório do rio Tigre. Esta coloração pode estar relacionada com a presença de ferro na água.

Figura 13 - Amostra da água coletada no reservatório do rio Tigre.



Fonte: Guollo, (2016).

Os dados da Tabela 3 mostram que a concentração de ferro no rio Tigre se encontra acima dos valores estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005 para água doce de classe 2 que é de 0,3 mg/L.

Deste maneira, destaca-se a presença de manganês também acima do limite estabelecido pela citada Resolução para classe 2 que é de 0,1 mg/L. O ferro é o segundo metal mais comum na crosta terrestre, apenas em menor quantidade que o alumínio. Suas fontes são minerais escuros (máficos) como: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios e no ambiente natural, a origem desse elemento pode estar relacionada a depósitos orgânicos, detritos de plantas, podendo associar-se a coloides ou húmus, o que dá a cor amarelada à água (CPRM, 1997). O ferro pode ocorrer sob diversas formas químicas e, frequentemente, aparece associado ao manganês.

Segundo CPRM (1997) no corpo humano, o ferro atua na formação da hemoglobina (pigmento do glóbulo vermelho que transporta oxigênio dos pulmões para os tecidos). A sua carência pode causar anemia e seu excesso pode aumentar a incidência de problemas cardíacos e diabetes. A avaliação do ferro nas águas subterrâneas para o consumo humano se dá em função de suas propriedades organolépticas. DELVIN, et al (1998) afirma que o acúmulo de ferro no fígado, no pâncreas e no coração pode levar a cirrose e tumores hepáticos, diabetes *mellitus* e insuficiência cardíaca, respectivamente.

Ainda relacionada a esta questão, o estudo do IPAT/UNESC (2013)

detectou e alertou a presença em “elevados teores de ferro, manganês e matéria orgânica na água do rio Tigre”. O manganês é considerado dos elementos de menor toxicidade. A sua presença em águas de consumo humano não é prejudicial à saúde pública. No entanto valores superiores a 0,1 mg/L podem originar cor e sabor na água, assim como causar nódoas na lavagem da roupa e formar depósitos no interior das canalizações, na rede de distribuição e no interior dos reservatórios.

Destaca-se ainda a presença na microbacia do rio Tigre de antigas bocas de mina de mina, totalizando 3 pontos onde no passado serviu de acesso a uma antiga mina de carvão em subsolo. A *homepage* do Ministério Público Federal, especificamente na ACP do Carvão, cita que uma destas bocas de mina apresenta drenagem ácida conduzida ao corpo receptor. Esta situação pode contribuir com os teores detectados de ferro e manganês na água do reservatório.

## 4 CONCLUSÃO

A água é um recurso natural imprescindível às diversas atividades do homem e indispensável para sua própria sobrevivência. A água necessária para suprir todas as exigências do mundo moderno provém de mananciais de superfície ou subterrâneos.

No entanto, a qualidade da água dos nossos rios, lagoas e outros reservatórios está comprometida pelos poluentes que nela são lançados, provenientes de esgotos domésticos ou efluentes industriais, ou de outras fontes decorrentes do carreamento de contaminantes pela água de chuva que escoam pela superfície do solo ou pavimentação.

Os dados de qualidade de água do rio Tigre no ponto de captação para abastecimento de água para Cocal do Sul, demonstram que se não forem tomadas ações para garantir a qualidade ambiental da área de drenagem a montante do reservatório, o uso deste manancial poderá ser inviabilizado.

Observa-se a presença de contaminantes microbiológicos, além da concentração de ferro e manganês acima dos valores estabelecidos pela resolução do CONAMA 357/2005 para água de classe 2.

Esta situação requer o tratamento da água do rio Tigre em ETA convencional com a finalidade de tornar a água adequada ao uso pela população.

Foram identificadas as principais fontes de poluição da água, destacando-se passivos ambientais da mineração de carvão, criação de animais e atividades agrícolas, além de uma fábrica de embalagens plásticas.

Como forma de melhorar a qualidade ambiental da microbacia do rio Tigre, principalmente na porção a montante do barramento construído para propiciar a captação de água para o município de Cocal do Sul, se faz necessário a adoção de algumas intervenções.

Entre estas, a avaliação do real impacto causado pelas bocas de mina abandonadas e sua recuperação; a proibição de instalação de atividades industriais e a regularização daquelas já instaladas, avaliando se as mesmas cumprem à legislação ambiental.

O mesmo se aplica às atividades relacionadas com a criação de animais (aves e suínos).

Deverá ser incentivado o uso de fossas sépticas e sumidouros para tratamento dos esgotos das residências, assim como propiciar a coleta de resíduos domiciliares com frequência para que não se acumulem estes resíduos no local, ou ainda que se evite “soluções caseiras” como “enterrar o lixo no quintal de casa”.

Deve ser incentivado o uso de práticas conservacionistas, evitando-se o uso de agrotóxicos nas plantações, e ainda que se evite a exposição do solo e os processos erosivos.

E finalizando, alerta-se para duas ações de muita importância para a melhoria da qualidade da água no reservatório: a) restauração das áreas de preservação permanente (APP), não só do reservatório, mas considerando o rio Tigre e seus afluentes a montante do ponto de captação; b) um programa de educação ambiental envolvendo os moradores da microbacia, para que estes apliquem e fiscalizem as ações aqui sugeridas.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**AÇÃO CIVIL PÚBLICA DO CARVÃO.** Disponível em:  
<[https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/portal/conteudo\\_portal/conteudo.php?cat=35](https://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/portal/conteudo_portal/conteudo.php?cat=35)>.  
Acesso em 08 mai. 2016.

BACK, J. A. Solos. In: **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar.** Curitiba: Juruá, 2009, pág. 36-40.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental.** Prentice Hall, São Paulo, 2002.

BRASIL. Portaria nº 518, de 25 de março de 2004. Le gislação para águas de consumo humano. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de mar. 2004. Seção 1.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água.** Rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006.146 p.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** 2011. Disponível em: <[http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria\\_MS\\_2914-11.pdf](http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_2914-11.pdf)>. Acesso em: 09 mar. de 2016.

CETESB. **Qualidade de água.** São Paulo, 2010. Disponível em:  
<[http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas superficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis\\_fisicas/turbidez](http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas_superficiais/aguasinteriores/variaveis/aguas/variaveis_fisicas/turbidez)>; acesso em 16 mai. 2016.

CETESB. **Contagem padrão de colônias de bactérias.** São Paulo, 1978. 11p. (Normalização Técnica – L5. 201).

COCAL DO SUL. **Lei nº 09/1993, de 16 de março de 1993.** Estabelece a Criação do SAMAE – Serviço Autônomo Municipal de Cocal do Sul. Disponível em:  
<<http://www.cocaldosul.sc.gov.br/legislacao/index/detalhes/codMapaltem/54900/codNorma/195093/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

COCAL DO SUL. **Lei nº 19/1993, de 21 de maio de 1993.** Dispõe Sobre Normas de Saúde em Vigilância e dá Outras Providências. Disponível em:  
<<http://www.cocaldosul.sc.gov.br/legislacao/index/detalhes/codMapaltem/54900/codNorma/189794/>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

COCAL DO SUL. **Lei nº 270/1997, de 28 de fevereiro de 1997.** Dispõe Sobre a Área de Preservação Ambiental Permanente. Disponível em:  
<http://cocaldosul.sc.gov.br/legislacao/index/detalhes/codMapaltem/54900/codNorma/189305>. Acesso em: 27 jun. 2016.

COCAL DO SUL. **Lei nº 1.164, de 04 de setembro de 2013.** Estabelece a Política Municipal de Saneamento Básico e dá Outras Providências. Disponível em: <http://cocaldosul.sc.gov.br/legislacao/index/detalhes/codMapaltem/54900/codNorma/190407>. Acesso em: 25 jun. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA 357 de 17/03/2005. **Dispõe sobre a classificação das águas.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/resl>>. Acesso em: 1 mai. 2016.

CPRM. Companhia de pesquisa de Recursos Minerais. **Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** Coordenadores: Feitosa F. A. C. & Filho, J. M. Fortaleza: CPRM, LABHID - UFPE, 1997.

DELVIN T. M. et al. **Manual de Bioquímica com correlações clínicas.** Editora Edgard Blucher Ltda. 1998.

EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento:** normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, 1998. 67p. (EMBRAPA-SNLCS. Documentos, 11).

FRANCO, B.D. de M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos.** São Paulo: Editora Atheneu, 1996.

GOMES, Ivana Silva; BASTOS, Joseilton; LEITE, Clícia Capibaribe. Perfil microbiológico de água de bebedouros de unidades de ensino da Universidade Federal da Bahia, campus Olinda. **Revista Higiene Alimentar.** São Paulo: V. 22; 1. ed. p.68 -71, out. 2008.

GRAY, N.F. **Drinking water quality: problems and solutions.** Cambridge: Cambridge University Press, 520 p., 2008.

GUERRA, N. M. M.; OTENIO, M. H.; SILVA, M. E. Z.; GUILHERMETTI, M.; NAKAMURA, C. V.; NAKAMURA, T. U.; DIAS FILHO, B. P. Ocorrência de *Pseudomonas aeruginosa* em água potável. **Acta Sci. Biol. Sci.**, v. 28, n.1, p.13-18, 2006.

IPAT/UNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Plano Municipal de Saneamento Básico de Cocal do Sul, SC. **Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de Água.** Cocal do Sul, 2013. 132 p.

IPATUNESC. Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas – Universidade do Extremo Sul Catarinense. **Geologia da Bacia Carbonífera.** 2015.

KLEIN R. M. Mapa fitogeográfico do estado de Santa Catarina. **Flora Ilustrada Catarinense.** 1978.

LIMA, W.P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas.** Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.

- MOSCA, A.A.O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando à identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas.** 2003.96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- NASCIMENTO, A. R.; AZEVEDO, T. K. L.; MENDES FILHO, N. E.; ROJAS, M. O. A. I. Qualidade microbiológica das águas minerais consumidas na cidade de São Luís-MA. **Hig. Alim.**, v.14, n.76, p.69-72, 2000.
- PELCZAR, Michael Jr.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, Noel R. **Microbiologia: conceitos e aplicações.** V. 2; 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1996, 517 p.
- QUIROZ, C. C. Água embotellada y su calidad bacteriológica. **Água Latinoamérica.** Set/out. 2002. Disponível em: <<http://www.agualatinoamerica.com/docs/PDF/9-10-02aguaemb.pdf>>. Acesso em: 06 mar. 2009.
- RICHTER, C. A., AZEVEDO NETTO José Martiniano de. **Tratamento de água: tecnologia atualizada.** São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 332 p.
- SANTA CATARINA. Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural - EPAGRI. Disponível em: <[http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=506](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=506)>. Acesso em: 09 mar. 2016.
- SIQUEIRA, K.B.; OKURA, M.H. Enumeração de coliformes totais e coliformes termotolerantes em água de abastecimento e de minas. **Rev. Hig. Alim.** São Paulo, v. 19, n. 135, p. 86-91, 2005.
- TOMAZELLI, A. C. **Estudo comparativo das concentrações de cádmio, chumbo, e mercúrio em seis bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.** Tese de Doutorado – Departamento de Biologia - FFCLRP. Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto – SP, 2003.
- TONELLO, K.C. **Análise hidroambiental da bacia hidrográfica da cachoeira das Pombas, Guanhões, MG.** 2005. 69 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** IBGE, Rio de Janeiro, 1991.
- VIEIRA, J. M. P. Uma abordagem estratégica para a implementação de Planos de Segurança da Água à escala nacional. **Revista Água & Resíduos.** Setembro a dezembro, 2010, pág. 4-13.
- ZULPO, D. L., PERETTI, J., ONO, L. M., GARCIA, J. L. Avaliação microbiológica da água consumida nos bebedouros da Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias,** Londrina, v. 27, n.1, p. 107-110, 2006.