

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC

CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FRANCIS ALBERT SCHNEIDER

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS (IQA) EM
ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DE UMA PEDREIRA**

CRICIÚMA

2014

FRANCIS ALBERT SCHNEIDER

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS (IQA) EM
ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DE UMA PEDREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador (a): Prof.^a. Msc. Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman.

CRICIÚMA

2014

FRANCIS ALBERT SCHNEIDER

**AVALIAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUAS SUPERFICIAIS (IQA) EM
ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DE UMA PEDREIRA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Criciúma, 27 de junho de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Marta Valéria Guimarães de Souza Hoffman - Mestre (UNESC) - Orientadora

Prof.^a Paula Tramontin Pavei - Mestre (UNESC)

Prof.^o Gustavo José Deibler Zambrano - Eng.^o Ambiental (UNESC)

**Dedico aos meus pais Lucio Guido
Schneider e Ermelita Maria Schneider**

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar meus votos de agradecimentos são a Deus, por me dar forças e me guiar em todos os momentos.

Aos meus pais Lucio Guido Schneider e Ermelita Maria Schneider, no qual tenho uma admiração infinita por tudo que são sempre corretos, honestos e por todo amor, compreensão, confiança, que depositaram em mim para mais essa jornada e conquista.

As minhas irmãs Graciela Schneider e Letícia Schneider, por todas as palavras de carinho e o amor recíproco.

Aos meus familiares que sempre me apoiaram para continuar em frente.

A UNESCO pelos ensinamentos e pela qualidade de ensino no qual tive a grande oportunidade de usufruir a mesma.

A professora Msc. Eng.^a. Química Marta de Souza Hoffmann, pela ajuda, orientação e dedicação para a conclusão deste importante trabalho.

Aos meus supervisores de campo Esp. Eng.^o. de Minas Leo Antônio Rubensam e Eng. Ambiental Joel Fin, pelos seus ensinamentos.

A todos da empresa Geológica Engenharia e Meio Ambiente, pelo apoio e colaborações, para a conclusão desta importante etapa da minha vida.

Aos meus amigos que me apoiaram em especial ao meu amigo de longa data Msc. Eng.^o. Florestal Alexandre Behling, pelo qual tenho muita admiração, sempre honesto e correto, apesar de longe me ajudando em muitos momentos difíceis.

A todas as pessoas que de alguma forma me ajudaram para a conclusão desta importante etapa profissional.

Aos professores da banca de avaliação Eng.^o Ambiental Gustavo José Deibler Zambrano e Msc. Eng.^a. Ambiental Paula Tramontin Pavei.

“A água é esquisita. É um líquido, quando deveria ser um gás; expande, quando deveria contrair; e dissolve quase tudo que toca, se tiver tempo suficiente. No entanto, sem a esquisitice da água, a Terra deveria ser mais uma bola de gelo sem vida no espaço”

Yuan Lee - Nobel em Química

RESUMO

A falta de controles e técnicas corretas para minimizar os impactos da mineração na qualidade das águas resultou em grandes áreas degradadas em diversas regiões do Brasil. Estas áreas, por sua vez, contribuem de forma negativa na qualidade dos recursos hídricos. Com a necessidade da avaliação e controle da qualidade de águas naturais, foi criado na década de 1970 pela NSF - *National Sanitation Foundation* dos Estados Unidos o IQA (índice de qualidade da água), sendo o mesmo, definido e ajustado posteriormente pela CETESB em 1975, com objetivo de qualificar os recursos hídricos no Brasil. Na resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), são descritos os limites de concentração ou medida dos poluentes hídricos referentes às classes de águas superficiais e os respectivos usos preponderantes. A atividade de mineração de granito da área de estudo alterou a topografia e o meio ambiente da área de exploração e esta alteração, conjuntamente com as atividades de beneficiamento do mineral, podem gerar efeitos negativos nos recursos hídricos. Para avaliar a interferência deste empreendimento na qualidade do recurso hídrico correspondente a área de influência direta e em um ambiente lântico, este trabalho teve como objetivo analisar o índice de qualidade das águas (IQA) de acordo com CETESB (2014), na microbacia do Rio Tavares e em um ambiente lântico denominado como Lagoa Pequena, sendo os mesmos localizados ao sul do município de Florianópolis, SC. As áreas de coleta de água foram delimitadas através da análise de ortofotos e avaliações *in-loco*. Foram escolhidos locais de maior representatividade ambiental dos recursos hídricos a jusante e a montante da atividade de mineração. Os resultados obtidos nos parâmetros compreendidos no IQA foram comparados com o padrão definido na legislação supracitada para águas doces classe 2 (dois). Através da análise dos resultados nos parâmetros foi possível avaliar a influência e interferência da atividade de mineração e contribuintes secundários para com os recursos hídricos da área, sendo a mesma compreendida pela Microbacia Hidrográfica do Rio Tavares e a Lagoa Pequena. Com base nos resultados, tendo em vista apenas os parâmetros sólidos totais e turbidez compreendidos no IQA que se relacionam com a atividade minerária, os mesmos apresentaram mínima influência no Rio Tavares e na Lagoa Pequena em função da maior importância do peso e a quantificação dos parâmetros que estão relacionados principalmente aos esgotos domésticos. Ainda verificou-se que a maior concentração para os parâmetros turbidez e sólidos totais, respectivamente, nas ECRHS-03, 04 e 05, sejam possivelmente indicadores de alguma influência do empreendimento, conjuntamente com os despejos domésticos. Por sua vez os maiores contribuintes de poluição hídrica, tendo em vista o respectivo peso no parâmetro correspondente e as análises quantitativas, podem ser atribuídos aos efluentes e esgotos domésticos principalmente na ECRHS-05, verificados através das análises físico-químicas e biológicas realizadas. No ponto de coleta caracterizado como ECRHS-01 (ponto branco) a montante do empreendimento, verificou-se que o mesmo é um recurso hídrico de ótima qualidade.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Índice de qualidade das águas. IQA. Mineração.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Regiões hidrográficas no estado de Santa Catarina.....	23
Figura 2 - Curvas médias da variação de qualidade das águas dos parâmetros para o cálculo do IQA.....	34
Figura 3 - Localização das Estações de Coleta de Recursos Hídricos Superficiais (ECRHS)	51
Figura 4 - Mapa geológico parcial e localização aproximada da mineração na ilha de Florianópolis.....	55
Figura 5 - Processo produtivo na atividade de mineração	57
Figura 6 Representação gráfica de oxigênio dissolvido respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	62
Figura 7 - Representação gráfica de coliformes fecais respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	64
Figura 8 - Representação gráfica do parâmetro temperatura respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	66
Figura 9 - Representação gráfica do pH respectivamente no ambiente lótico e lêntico	67
Figura 10 - Representação gráfica de nitrogênio total respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	69
Figura 11 - Representação gráfica do fósforo total respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	70
Figura 12 – Representação gráfica do parâmetro turbidez respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	72
Figura 13 - Representação gráfica de sólidos totais respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	73
Figura 14 – Representação gráfica do parâmetro $DBO_{(5,20)}$ respectivamente no ambiente lótico e lêntico.....	74
Figura 15 - Representação gráfica do IQA no Rio Tavares (barras azuis) e na Lagoa Pequena (barra verde)	76
Figura 16 - Categorias e Ponderações do IQA.....	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Subdivisões da quantidade de água existente no planeta	17
Quadro 02 - Características das fontes de poluição.....	21
Quadro 03 - Etapas de um empreendimento minerário	30
Quadro 04 - Parâmetros do Índice de Qualidade das Água - (IQA) e seus respectivos pesos.....	35
Quadro 05 – Categorias e Ponderações dos valores do IQA.....	36, 54
Quadro 06 - Oxigênio dissolvido em função da Temperatura e Altitude	37
Quadro 07 – Classificação da ictiofauna em função do oxigênio dissolvido	38
Quadro 08 - Classificação dos microrganismos em função das temperaturas de crescimento.....	41
Tabela 01 – Resultados das análises físico-químicas e biológicas da água	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CNRH	Conselho Nacional dos Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
ECRHs	Estação de Coleta de Recursos Hídricos Superficiais
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
ICMSF	<i>International Commission on Microbiological Specifications for Foods</i>
IPUF	Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
IQA	Índice de Qualidade das Águas
LAEI	Laboratório de Águas e Efluentes Industriais
NSF	National Sanitation Foundation
PNRH	Plano Nacional dos Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1. HIDROLOGIA.....	16
3.2. CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA	17
3.3. CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	19
3.4. ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.4.1. Região Hidrográfica Litoral Centro de Santa Catarina	23
3.4.1.1. Microbacia hidrográfica do Rio Tavares	24
3.4.2. Poluição Hídrica na Região Hidrográfica Litoral Centro	25
3.4.3. Aspectos pluviométricos no estado de Santa Catarina	27
3.4.4. Classificação climática em Florianópolis	27
3.4.5. Características geológicas na área de estudo	28
3.5. PROCESSO DE MINERAÇÃO	29
3.6. IMPACTOS AMBIENTAIS NA MINERAÇÃO	30
3.7. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – IQA.....	31
3.7.1. Parâmetros de qualidade das águas	33
3.7.2. Determinação do IQA	33
3.7.3. Parâmetros determinantes do IQA	36
3.7.3.1. Oxigênio dissolvido.....	36
3.7.3.2. Coliformes fecais	38
3.7.3.3. Temperatura.....	39
3.7.3.4. Potencial hidrogeniônico	41
3.7.3.5. Nitrogênio total	42
3.7.3.6. Fósforo total	43
3.7.3.7. Turbidez	45
3.7.3.8. Sólidos totais	46
3.7.3.9. Demanda bioquímica de oxigênio	46
4. METODOLOGIA	48

4.1. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL	48
4.2. DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA	48
4.2.1. Critérios na determinação dos pontos de coleta	48
4.2.2. Caracterização da área e identificação dos pontos de coleta	49
4.3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DO IQA	52
4.4. CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DO IQA	52
4.5. ANÁLISES DOS RESULTADOS	53
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	55
5.1. ÁREA DE ESTUDO.....	55
5.1.1 Descrição litológica na área do empreendimento	55
5.1.2. Processo produtivo na atividade de mineração	56
5.1.2.1. Decapeamento	58
5.1.2.2. Preparação e desmonte	58
5.1.2.3. Carregamento e transporte	59
5.1.2.4. Britagem primária secundária e terciária	59
5.1.2.5. Separação granulométrica	60
5.2. ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS NO IQA	60
5.2.1. Oxigênio dissolvido	62
5.2.2. Coliformes termotolerantes.....	64
5.2.3. Temperatura.....	65
5.2.4. Potencial hidrogeniônico.....	67
5.2.5. Nitrogênio total.....	68
5.2.6. Fósforo total	70
5.2.7. Turbidez	71
5.2.8. Sólidos totais.....	73
5.2.9. Demanda bioquímica de oxigênio.....	74
5.3. AVALIAÇÃO DO IQA NO RIO TAVARES E NA LAGOA PEQUENA	75
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	78
REFERÊNCIAS.....	81

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um país que possui uma grande disponibilidade hídrica em quase todas as suas regiões. Entretanto, considerando maior concentração de populacional, principalmente no sul e sudeste, com o manejo inadequado dos recursos ambientais, acompanhados pela alta demanda de água e ao lançamento dessas águas sem prévio tratamento, tem gerado grandes problemáticas no meio ambiente e aos recursos hídricos, citando-se dentre estas, lançamento de esgotos sem tratamento, atividades industriais, atividades de mineração e agropecuária. Como exemplo de alteração de recursos hídricos, pode-se citar, segundo Alexandre (1995), a variação do pH nas águas em regiões de mineração de carvão, morte da ictiofauna e alteração da flora aquática, dentre outros.

Tendo em vista o desenvolvimento econômico pelo qual o país apresenta diante das atividades minerárias, é importante salientar que o crescimento traz paralelamente a degradação ambiental.

Diante desse fator, é imprescindível a manutenção e melhoria contínua da qualidade do meio ambiente, visto que, segundo o Art. 225 da Constituição Federal de 1988 em que:

“[...] Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988) [...]”

A qualidade do meio ambiente é de fundamental importância nas atividades de mineração, sendo assim, estudos, monitoramentos e relatórios de qualidade dos recursos hídricos tornam-se necessários para o controle e, conseqüentemente, o pleno equilíbrio do meio ambiente para que seja possível mitigar os aspectos e impactos ambientais negativos e aprimorar aspectos e impactos positivos.

A avaliação quantitativa e qualitativa de parâmetros químicos, físicos e biológicos para águas doces de acordo com CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), compreende a análise dos recursos hídricos no qual é possível, determinar, quantificar e qualificar os parâmetros e os resultados obtidos perante a resolução supracitada e através do cálculo do IQA índice de qualidade das águas

correlacionando-os com os possíveis efeitos da alteração do meio ambiente diante dos aspectos e impactos físicos, químicos e biológicos.

Diante disso, o estudo visa correlacionar a variação dos parâmetros compreendidos no IQA na qualidade dos recursos hídricos, conjuntamente com a alteração da biota e contribuintes de poluição hídrica secundários, em uma atividade de mineração e relacionar com o padrão estabelecido, conforme Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), para águas doces classe 2(dois), avaliando o impacto ao compartimento hídrico e à adequação para com a legislação vigente.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o índice de qualidade de águas superficiais (IQA) em área de influência direta de uma pedreira.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar coleta e encaminhar para análise as amostras de águas da área de influência direta e em um ambiente lântico;

Determinar o IQA nos pontos das ECRHS (Estações de Coleta de Recursos Hídricos Superficiais);

Avaliar os resultados obtidos dos parâmetros que determinam o IQA e comparar com a legislação vigente CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para águas doces classe 2;

Elaborar mapa de localização das ECRHS;

Correlacionar os resultados obtidos nos parâmetros compreendidos no IQA com os impactos aos compartimentos bióticos e abióticos dos recursos hídricos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. HIDROLOGIA

De acordo com Braga et al. (2005), a importância da hidrologia é facilmente compreensível quando se considera o papel da água na vida humana. Ainda que os fenômenos hidrológicos mais comuns como as chuvas e o escoamento dos rios, possam parecer suficientemente conhecidos, devido à regularidade com que se verifica, basta lembrar os efeitos catastróficos das grandes cheias e estiagens para constatar o inadequado domínio do homem sobre as leis naturais, que regem os fenômenos hidrológicos e a necessidade de se aprofundar nesse conhecimento.

Pinto et al. (1973), salienta que, a Hidrologia de superfície trata especialmente do escoamento superficial, ou seja, da água em movimento sobre o solo. Uma de suas finalidades é o estudo dos processos físicos entre a precipitação e o escoamento superficial e o desenvolvimento ao longo dos rios.

De acordo com Pinto et al. (1973), a correlação entre o progresso econômico e o grau de utilização dos recursos hídricos, evidencia também o importante papel da Hidrologia na complementação dos conhecimentos necessários ao seu melhor aproveitamento.

Segundo Braga et al. (2005), o quadro 01 demonstra a estimativa da massa total de água existente em nosso planeta, na ordem de 265.400 trilhões de toneladas. A água é encontrada em diversas formas na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície terrestre.

Quadro 01 - Subdivisões da quantidade de água existente no planeta

Localização	Porcentagem de água total
Oceanos	96,5
Água subterrânea	1,7
Doce	0,055
Umidade do solo	0,05
Calotas polares	1,74
Geleiras	0,003
Lagos	0,013
Doce	0,007
Salgado	0,006
Pântanos	0,0008
Rios	0,0002
Biomassa	0,003
Vapor na Atmosfera	0,04
Total	100

Fonte: Adaptado de (Braga et al., 2005).

De acordo com Braga et al. (2005), nos mais diversos meios bióticos e abióticos, não deve haver apenas água em quantidade, mas em qualidade suficiente para o pleno equilíbrio ambiental. Através do quadro 01, pode-se verificar que a quantidade de água doce disponível é muito pequena quando comparada à quantidade total de água no planeta Terra.

3.2. CICLO HIDROLÓGICO E BACIA HIDROGRÁFICA

Conforme Pinto et al. (1973), a água pode ser encontrada em estado sólido, líquido ou gasoso, na atmosfera na superfície da Terra, no subsolo ou nas grandes massas constituídas pelos oceanos, mares e lagos. Em sua constante movimentação, configura o que se convencionou chamar de ciclo hidrológico.

Os componentes do ciclo hidrológico são vaporização, condensação, precipitação, interceptação, infiltração, percolação e escoamento superficial, sendo os mesmos de papel fundamental na formação de águas superficiais e subterrâneas (TUCCI et al, 2001).

De acordo com Tucci et al. (2001), o ciclo hidrológico é normalmente estudado com maior interesse na fase terrestre onde o elemento fundamental é a bacia hidrográfica. A bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água de

precipitação que faz convergir os escoamentos (talwegues) para um único ponto de saída (rios). Compõe-se basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem.

Segundo Tucci et al. (2001), a bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório, considerando-se como perdas intermediárias os volumes evaporados e transpirados e também os infiltrados profundamente.

De acordo com Pinto et al. (1973), a contribuição total mássica que produz o escoamento da água na área de bacias hidrográficas é devido em partes:

- a) à precipitação recolhida diretamente pela superfície livre das águas;
- b) ao escoamento superficial propriamente dito;
- c) ao escoamento subsuperficial;
- d) à contribuição do lençol de água subterrâneo.

Segundo Salles (1993), o leito de um rio compreende uma parte de uma bacia hidrográfica no qual é verificado que, todo o terreno ocupado por ele conforme o seu habitualismo de desenvolvimento no seu curso, limitado pelo plano superior correspondente ao nível mais elevado atingido pela cota mais alta das suas águas.

De acordo com Tucci et al. (2001), as águas naturais classificam-se em águas marinhas e continentais, as águas marinhas caracterizam-se pela presença em maior quantidade de cloreto de sódio (NaCl) e possui uma composição iônica estável e quase uniforme, variando apenas a concentração total em locais diferentes, a segunda classifica-se em águas doces, por conter uma quantidade inferior de cloreto de sódio e as águas salobras que são a mistura de águas continentais e marinhas denominando-se como estuários onde ocorre a mistura da água de rio e mar.

As águas continentais são muito heterogêneas caracterizando-se pela presença constante de bicarbonato de cálcio. São chamadas de águas doces por conterem quantidades ínfimas de cloreto de sódio, em locais como estuários a uma mescla de águas doces e salgadas formando assim águas salobras (TUCCI et al, 2001).

Segundo Tucci et al. (2001), entre as águas continentais encontram-se os rios e lagos. Os rios apresentam declividade de seus leitos com fluxo contínuo da

nascente até a foz e em função das características de movimentação da água estabelecem comunidades aquáticas. Já nos lagos ocorre processo diferenciado por este meio apresentar depressões e vales em sistema fechado onde a circulação da água vem principalmente da ação dos ventos na superfície, das variações de temperatura e índices pluviométricos verificando-se ainda que as comunidades bióticas existentes estejam relacionadas ao meio físico e químico disponível.

3.3. CONTAMINAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

O termo poluição de recursos hídricos pode ser definido como a alteração na normalidade das características físicas, químicas e biológicas de águas naturais decorrentes de atividades humanas e/ou impactos naturais, como por exemplo, erupção vulcânica. Algumas fontes de poluição antrópica tem assumido grande importância na alteração do meio ambiente e em especial aos recursos hídricos, como por exemplo: esgotos sanitários, águas residuárias industriais, resíduos sólidos, resíduos sólidos industriais, águas de drenagem industrial, atividades minerárias, águas de drenagem urbana, fontes acidentais e fontes atmosféricas (TUCCI et al, 2001).

A exploração da natureza pelo homem afeta toda a biosfera, alterando o equilíbrio existente. Especificamente em relação aos recursos hídricos, muitos são os usos que causam poluição nestes meios, podendo se destacar dentre estes: abastecimento humano, industrial, irrigação, geração de energia, navegação, assimilação, transporte e dissolução de poluentes, preservação da flora e fauna, aquicultura e não menos importantes, atividades recreativas (BRAGA et al, 2005).

Segundo Braga et al. (2005), nos diversos usos da água estas acabam sofrendo alterações físicas, químicas e biológicas ocasionando o desequilíbrio na fauna e flora e como fatores resultantes destes pode-se citar, o aumento da temperatura superficial da água; aumento da matéria orgânica dissolvida, proveniente da decomposição de vegetação e de resíduos de origem antropogênica; aumento de sólidos em suspensão e dissolvidos, ocasionando a turvação da água; e dentre outros elementos poluentes naturais e antropogênicos como por exemplo, microrganismos, plânctons e bactérias.

Ainda de acordo com Braga et al. (2005), as águas de superfície possuem uma composição que varia muito em determinadas épocas do ano, possuindo elevado grau de turvação em climas de temperaturas baixas e formação de algas em épocas de temperaturas elevadas. As águas superficiais podem conter também partículas em suspensão, partículas dissolvidas, substâncias químicas e microrganismos que as tornam impróprias para consumo humano sem tratamento.

Braga et al. (2005), salienta que é imprescindível que os recursos hídricos apresentem características físicas, químicas e biológicas adequadas para o desenvolvimento dos seres vivos e o crescimento sustentável das populações.

Macêdo (2004), afirma que os impactos nos recursos hídricos do Brasil são variados e característicos de determinadas regiões. Os diversos graus de impactos aos recursos hídricos se devem em grande parte à urbanização, aos usos para atividades agrícolas e industriais. O problema principal está na má disposição dos resíduos gerados, sejam sólidos ou líquidos, e no consumo excessivo dos recursos hídricos, como resultado do constante aumento do volume para abastecimento de residências e indústrias.

Pereira (2004) cita as atividades que emitem poluentes característicos e sintetiza as informações de acordo com o nível de significância/potencial poluidor, fontes e poluentes. No quadro 02, estão listadas diversas atividades potencialmente geradoras de poluição dos sistemas hídricos, e identificados os principais poluentes emitidos.

Quadro 02 - Características das fontes de poluição

Fontes	Bactéria	Nutrientes	Pesticidas	Orgânicos Industriais	Óleo e Graxa
Atmosfera	-	1	3-G	3-G	-
Fontes Pontuais					
Esgoto Doméstico	3	3	1	3	-
Esgoto Industrial	-	1	-	3-G	2
Fontes Difusas					
Agrícolas	2	3	3-G	-	-
Dragagem	-	1	2	3	1
Navegação e portos	1	1	-	1	3
Fontes Mistas					
Escoamento Urbano	2	2	2	2	2
Cargas Industriais	-	1	1	3	1

(1) Fonte de significância local; (2) de moderada significância local/regional; (3) de significância regional; (G) de significância global.

Fonte: (TUCCI et al. 1998 apud PEREIRA 2004).

Tucci et al. (1998 apud Pereira 2004), salientam que a poluição hídrica pode ser classificada de forma genérica como sendo a poluição das águas decorrente da adição de substâncias ou de energia, que diretamente ou indiretamente, alteram e/ou degradam as características físicas e químicas de um corpo de água, de uma determinada maneira em que o seu uso se torna impróprio tanto direto como indiretamente para usos benéficos. Torna-se importante ressaltar a existência dos tipos de fontes de poluição atmosféricas, pontuais, difusas e mistas.

De acordo com Tucci et al. (1998 apud Pereira 2004), são caracterizadas como fontes pontuais as fontes onde as mesmas possuem uma possível quantificação, a citar, despejos de esgotos sanitários através de tubulações hidráulicas. Caracteriza-se como fonte de poluição mista a poluição de difícil caracterização quantitativa e qualitativa, a citar, escoamento urbano, aonde os poluentes vindos de diversas direções e locais compreendem uma grande variedade de poluentes. Assim como as fontes mistas, as fontes difusas também são de difícil caracterização, pois os poluentes hídricos, vindos de diversas direções, alcançam um manancial em diversos pontos de recebimento.

Ainda de acordo com Tucci et al. (2004), as fontes de poluição possuem, através do seu potencial poluidor, determinada força de alteração nos recursos hídricos, principalmente de acordo com a sua capacidade de interação física,

química e biológica na integralização com os fatores bióticos e abióticos no meio ambiente.

De acordo com Pereira (2004) e segundo EMBRAPA (1994; RSC, 1992 apud MACÊDO, 2004) as principais fontes de contaminação dos recursos hídricos são: esgotos sem tratamento, de cidades, lançados em rios e lagos; lixões que afetam os lençóis freáticos e os defensivos agrícolas escoando com as chuvas, sendo arrastados para rios e lagos os garimpos jogando produtos químicos, como o mercúrio em rios e córregos e indústrias utilizando os rios como carreadores de seus resíduos tóxicos.

Em processos minerários os recursos hídricos podem ser alterados por partículas sólidas vindas do processo de pesquisa, beneficiamento e da infraestrutura, além de óleos, graxas e elementos químicos deixados no solo que podem alterar águas subterrâneas, contribuindo direta de águas superficiais, poluindo, dessa forma a matéria prima indispensável para a atividade humana (MODESTO 2007).

Em atividades minerárias de argila e areia, nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina, Rio Grande do Norte, Paraíba e Rio de Janeiro, têm sido grandes causadoras de impactos ambientais negativos ao meio físico dos recursos hídricos, como por exemplo, assoreamento e mudanças de percursos dos rios e de sistemas de drenagens (KOPEZINSKI, 2000).

O assoreamento das calhas dos rios é outro problema correlacionado com o acúmulo dos resíduos e a drenagem das minas. A erosão carrega materiais sólidos que se acumulam em diversos locais, causando inundações (BARRETO, 2001).

De acordo com Kopezinski (2000) a possibilidade de impactos na qualidade das águas superficiais, é relacionada principalmente em função da retirada da flora local (mata ciliar), causando um carreamento aos recursos hídricos.

Segundo Kopezinski (2000), o impacto causado com a alteração da topografia original e desvio dos cursos d'água, causam o carreamento para o meio hídrico de materiais suspensos, dissolvidos e sintéticos, bem como interferindo em nascentes, nos sentidos do fluxo de escoamento superficial e as vazões. Ainda descreve que com o aumento da área de expansão de lavra da mineração, ocorre o

aumento da turbidez e sólidos em suspensão nas águas superficiais devido principalmente ao decapeamento do solo e o carreamento de sedimentos pelas águas pluviais.

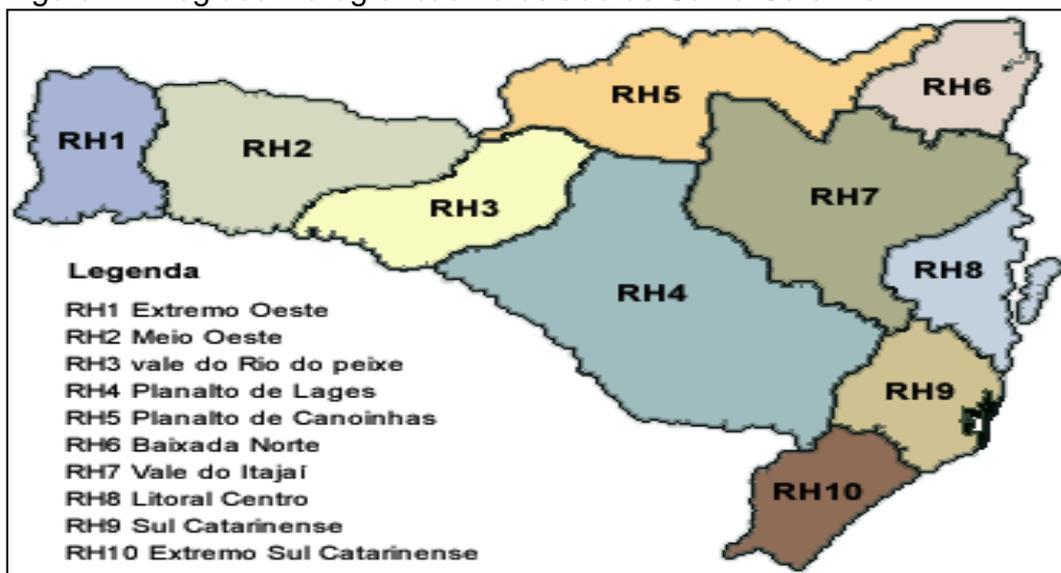
Pereira (2004) descreve que a poluição dos sistemas hídricos é um problema de toda sociedade e se esta pretende consumir água potável, deve antes de tudo rever o seu tipo de consumo, seja doméstico, industrial ou comercial, para que assim seja possível garantir a qualidade da água, pois todos os usos de maneira direta ou indireta afetam a qualidade dos mananciais hídricos disponíveis.

3.4. ÁREA DE ESTUDO

3.4.1. Região Hidrográfica Litoral Centro de Santa Catarina

A ilha de Santa Catarina possui uma área territorial de 415 km² com forma alongada e comprimento médio de 54 km e 18 km de largura. Situa-se paralela ao continente, separada por um estreito canal, tendo uma linha de costa bastante recortada, com aproximadamente 172 km de comprimento. Está incluída na Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão do Sul e contida na Região Hidrográfica Litoral Centro (PERH, 2007), identificado na figura 1.

Figura 1 - Regiões hidrográficas no estado de Santa Catarina.



Fonte: (PVSC, 2014).

A Região Hidrográfica 8 Litoral Centro, possui uma área de 5.262 km², com 4 bacias independentes que fluem em direção ao oceano atlântico: Tijucas 2.859 km², Cubatão do Sul 1.428 km², Biguaçu 424 km² e da Madre 551 km², sendo que as duas últimas representam as menores bacias hidrográficas do Estado de Santa Catarina (PERH, 2007).

Dentro da hierarquia da divisão no estado de Santa Catarina, a região de estudo se enquadra na Região Hidrográfica Litoral Centro, que comporta a bacia do Rio Cubatão do Sul, sendo caracterizada como Região Hidrográfica Catarinense RH-8, no Plano Estadual dos Recursos Hídricos (PERH, 2007).

3.4.1.1. Microbacia hidrográfica do Rio Tavares

A Microbacia Hidrográfica do Rio Tavares definida como área de influência direta da atividade de mineração está situada ao sul da ilha de Santa Catarina, segundo BRASIL (2002 apud ESPINOZA 2008), a Microbacia Hidrográfica do Rio Tavares possui uma área total de 31,7km², é a segunda maior microbacia da ilha. Sua nascente ocorre na localidade denominada de Rio Tavares, sendo esse rio o principal corpo d'água da bacia, com uma extensão de 9,2 km. O Rio Tavares possui na sua foz o manguezal do mesmo nome, influenciando diretamente na preservação do mesmo. A foz do Rio Tavares é na Baía Sul, caracterizando-se como os principais afluentes o Ribeirão Fazenda e o Rio Pirajubaé. A Microbacia do Rio Tavares tem importância fundamental na preservação do manguezal Rio Tavares.

Ainda de acordo com BRASIL (2002 apud ESPINOZA 2008), a Microbacia Hidrográfica do Rio Tavares é formada também pelo Rio dos Defuntos e outros nove riachos, que também desembocam na Baía Sul.

Segundo BRASIL (2005), a área definida como de influência direta da atividade de mineração nos recursos hídricos é classificada nos seus usos preponderantes como classe 2 (dois).

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005, p.3,4), dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. A

Resolução divide as águas doces conforme seus usos preponderantes em classes de qualidade:

[...] De acordo com CONAMA 357, Art. III. Capítulo II, que estabelece a Classificação dos Corpos de Água:

As águas doces do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em classes de qualidade.

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

Seção I - Das Águas Doces

Art. 4º - As águas doces são classificadas em:

I - classe especial: águas destinadas:

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

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

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

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

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

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

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

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística [...] (BRASIL, 2005).

3.4.2. Poluição Hídrica na Região Hidrográfica Litoral Centro

Segundo SANTA CATARINA (1997), todos os rios da Região Hidrográfica Litoral Centro apresentam alguma intensidade de poluição, principalmente por esgoto domiciliar e hospitalar, resíduos, agrotóxicos, efluentes industriais e sedimentos do solo. A bacia do Rio Cubatão do Sul é a que mais preocupa, tendo

em vista a sua importância para o abastecimento da capital do estado. O problema das enchentes também está presente com alguma frequência na Região Hidrográfica Litoral Centro, principalmente na grande Florianópolis, causando problemas periódicos nas áreas baixas.

Ainda segundo SANTA CATARINA (1997), as principais fontes poluidoras são:

- I. Esgoto domiciliar e hospitalar: presentes nas concentrações urbanas, mais especificamente nas Baías norte e sul da ilha de Santa Catarina e nos rios Maruim, Tijucas, Biguaçu e Cubatão;
- II. Resíduos Sólidos/Lixo: Presente em praticamente todas as bacias da região;
- III. Agrotóxicos: de uma maneira geral, à exceção dos cursos d'água localizados na ilha de Santa Catarina, todas as demais bacias da região apresentam problemas de contaminação por agrotóxicos;
- IV. Poluição Industrial: pela ordem, a poluição está presente em intensidade variável nas bacias do rio Maruim, Tijucas, Biguaçu e Cubatão (esta última, menos comprometida em seu terço superior, dá suporte ao abastecimento urbano da Região Metropolitana de Florianópolis);
- V. Degradação do Solo: embora a degradação do solo esteja presente em toda região hidrográfica, este processo é mais intenso nas bacias da ilha e dos rios Tijucas, Biguaçu, Cubatão e da Madre.

Ainda de acordo com SANTA CATARINA (1997), no que tange a classificação da bacia do Rio Cubatão do Sul, a qualidade dos recursos hídricos superficiais está contida na classe 1 (um) CONAMA 357/05 (rios sem poluição), junto as cabeceiras e seus afluentes principais, no entanto, próximo a foz da vertente atlântica, a qualidade deste manancial situa-se na classe 3 (três) (rios com poluição significativa) (CONAMA 357/05), por consequência da alta urbanização, industrialização, atividades agrícolas, etc.

3.4.3. Aspectos pluviométricos no estado de Santa Catarina

O regime de precipitação em Santa Catarina caracteriza-se por ser distribuído ao longo do ano. No geral a precipitação está bem distribuída durante as 4(quatro) estações devido às características do relevo e a atuação de Massa de Ar Polar Atlântica e da Massa Tropical Atlântica, que por sua estabilidade funcional, fazem com que não ocorra uma estação seca (ORSELLI, 1986 apud BACK, 2009).

Segundo Nimer (1989 apud Back, 2009), na área do litoral catarinense o máximo pluviométrico normalmente ocorre no verão, enquanto o índice mínimo, na maioria das vezes, é registrado no inverno e no outono.

A média de precipitação total durante o ano no estado de Santa Catarina varia de 1.220 a 2.200 mm, verificando-se que os valores mais altos são observados no litoral norte do Estado e no extremo oeste (EPAGRI, 1999 apud BACK, 2009).

A Precipitação média para Florianópolis apresenta:

[...] um índice de precipitação anual de 1600 mm no norte da ilha e 1400 mm no sul, o que justifica um clima com umidade relativa anual de 85%, apresentando uma média de 140 dias de chuvas por ano [...] (ELETROSUL, 2014).

Portanto, verifica-se assim, uma pequena variação na precipitação dentro da região insular, em geral a pluviosidade é menor na planície litorânea e os maiores valores de pluviosidade são observados próximos às encostas. Essa variação é consequência em parte do efeito da orografia, ou seja, na geomorfologia na origem das chuvas (SANTA CATARINA, 1997 apud BACK, 2009).

3.4.4. Classificação climática em Florianópolis

Segundo ELETROSUL (2014), a temperatura anual situa-se em torno de 20°C junto à orla marítima e 22°C no interior da ilha de Florianópolis, o que demonstra a amenidade do clima junto ao mar. A temperatura média mensal é de 24°C em janeiro e 16°C em julho.

De acordo com ELETROSUL (2014), as características climáticas que compreendem a ilha são as seguintes:

[...] O clima é definido como mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas durante todo o ano. Na classificação segundo NIMER (1979) o clima é definido como sendo do tipo Tropical Temperado subsequente, super úmido, apresentando verão quente e inverno ameno, subseco.

O caráter temperado do clima confere a esta ilha, ao longo do ano, uma oscilação térmica amena. A presença de lagoas, com a existência de superfícies líquidas extensas, é causa de ativo processo de evaporação. Por sua vez, a formação de nuvens e aspectos químicos/ físicos favoráveis, tais como a presença de partículas de cloreto de sódio, ativam a condensação, e é um dos muitos fatores responsáveis pela presença de chuvas constantes, equitativamente distribuídas por todo o ano, sendo impossível prever a época ou trimestre do ano em que as máximas ou mínimas concentrações se verificam [...].

RIVERO (1985 apud ELETROSUL, 2014) salienta que o clima na capital do estado de Santa Catarina possui uma maior nebulosidade no verão que no inverno, o que faz diminuir as diferenças de temperaturas máximas e mínimas durante o ano.

A proximidade do mar ameniza as temperaturas na região insular, devido à água ter uma grande capacidade térmica, transparência, radiação solar e pela transferência de calor gerada pelo processo de evaporação e condensação (ELETROSUL, 2014).

3.4.5. Características geológicas na área de estudo

A ilha de Florianópolis é caracterizada por possuir maciços rochosos do período (Pré-Cambriano) integrantes da área montanhosa, entremeadas por áreas mais baixas e planas (Cobertura Sedimentar Quaternária) denominadas Planícies Costeira, compreendido pelas áreas sedimentares, contendo nestas percentuais variáveis de areia, silte, argila e conglomerados (ALMEIDA, 2010).

Essa área montanhosa da ilha de Florianópolis está representada pelo granito Ilha. Segundo a mesma autora o granito ilha pertence à suíte pedras grandes, que também reúne os granitos vila da penha e serra do tabuleiro (ALMEIDA, 2010).

Segundo Bitencourt et. al. (2008) o granito ilha pertence ao magmatismo ácido da suíte plutono-vulcânica cambirela, devido a sua contemporaneidade com as rochas hipabissais dessa suíte.

De acordo com Almeida (2010), o termo granito ilha corresponde ao granito grosseiro ilha de coloração cinza rosada. Este granito varia de monzogranitos a sienogranitos, com textura alotriomórfica e equigranular média a grossa, contendo algumas variedades porfíricas. A composição mineralógica é de biotita, quartzo, k-feldspato e plagioclásio, com teor variável de minerais máficos.

Os diques de diabásios são rochas encaixantes no granito ilha, as mesmas expõem texturas que variam de afaníticas sendo afanítica à porfíricas, estas mais raras, com o predomínio de trama intergranular fina ou subofítica (BITENCOURT et. al. 2008).

3.5. PROCESSO DE MINERAÇÃO

De acordo com Kopezinski (2000), a atividade de mineração é um dos aspectos humanos mais primitivos exercidos atualmente, sendo uma fonte de sobrevivência para a produção de bens sociais e industriais. A forma de extrair os bens minerais tem sido aprimorada nos últimos cinquenta anos porém, quando a atividade extrativa de mineração é exercida sem técnicas adequadas e sem controle, pode deixar um quadro de degradação oneroso na área que a abriga. Toda ação de minerar a processos subterrâneos ou à superfície, modifica a forma e estrutura do terreno e de deposição dos rejeitos.

Segundo Machado (2009 apud Luz, Possa e Almeida 1998) o beneficiamento ou o tratamento de um bem mineral em um processo de produção consiste nas etapas e operações aplicadas a bens minerais, que visam modificar e forma e o tamanho dos grãos do bem mineral, sem alterar as características químicas do mesmo.

A atividade mineral requer, para seu êxito, planejamento adequado, com o conhecimento da situação, a adoção da tecnologia evoluída e aplicável ao caso específico de operação (KOPEZINSKI, 2000).

Ainda de acordo com Kopezinski (2000), os processos de mineração possuem as mais variadas formas de extração e como princípio, ocorrem em dois ambientes: a céu aberto, extração subterrânea ou em corpos de água (rios ou lagos). No quadro 03 são identificadas as etapas das atividades modificadoras do

meio ambiente, as mesmas compreendem três processos macro de desenvolvimento: implantação, funcionamento, desativação e 13 fases desenvolvidas, subdivididas nos processos da mineração.

Quadro 03 - Etapas de um empreendimento minerário

Processos	Fases desenvolvidas	Operações
Implantação	Pesquisa mineral	Processo de desmatamento, estaqueamento e escavação.
	Abertura de vias de acesso	
	Instalação de equipamentos	
Funcionamento	Decapeamento	Remoção, desagregação, transferência, purificação, armazenamento, construção e manutenção.
	Desmonte	
	Transporte	
	Beneficiamento	
	Disposição de rejeitos	
	Estocagem do bem mineral	
	Operações auxiliares	
Desativação	Reabilitação	Uso futuro.
	Restauração	
	Recuperação	

Fonte: (FORNASARI, 1995 apud KOPEZINSKI, 2000).

Kopezinski (2000) cita que o bem mineral extraído não retorna ao local de origem e fica a disposição do homem, servindo a sua necessidade. Este aspecto traz uma dualidade na questão, pois se de certa maneira o terreno é degradado, este mesmo pode ser recuperado de maneira aceitável em certo período de tempo. A reestruturação é um dos elementos que devem ser objetos de preocupação e de ações de mitigação para os processos negativos desde o planejamento para a exploração de jazida até a desativação do local.

3.6. IMPACTOS AMBIENTAIS NA MINERAÇÃO

A degradação da paisagem é um impacto visual que se constitui num problema sério em regiões carboníferas, especialmente quando o minério é extraído a céu aberto. A degradação do solo tem duas fontes principais: a mineração a céu aberto e o depósito de resíduos, sendo que a sedimentação pode ser considerada

outra forma de degradação do solo que afeta tanto áreas rurais como urbanas (BARRETO, 2001).

Bitar (1997) cita que as principais alterações no meio de exploração são: supressão de áreas de vegetação, desconfiguração da topografia, aceleração de processos erosivos, modificação de cursos de água, aumento da turbidez e de sólidos em suspensão em corpos receptores, lançamento de fragmentos rochosos à distância com as detonações na área diretamente afetada, compreendida pela área de mineração, ainda um aumento na pressão do ar e propagação de vibrações no solo.

De acordo com Bitar (1997), os impactos ambientais, positivos ou negativos, causados pela atividade extrativa dependerão exclusivamente da ação antrópica. A atividade humana é que determinará o tipo, a magnitude e as consequências da alteração ambiental no meio a ser minerado. Embora se utilizem técnicas avançadas e modernas para amenizar os aspectos degradacionais produzidos, muitos procedimentos necessários para a implantação dos empreendimentos mineiros não podem ser evitados, ocasionando muitas vezes impactos inevitáveis nos meios físico, biótico e antrópico.

Assim, os impactos causados pela mineração, associados à competição pelo uso e ocupação do solo, geram conflitos socioambientais pela falta de metodologias de intervenção, que reconheçam a pluralidade dos interesses envolvidos (FARIAS, 2002).

Derisio (2000) salienta que, diante dos impactos da mineração é verificada a necessidade da análise dos recursos hídricos superficiais, para que seja possível determinar, quantificar, qualificar e analisar os resultados obtidos correlacionando-os com os possíveis efeitos da alteração do meio ambiente diante dos aspectos físicos, químicos e biológicos.

3.7. ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS – IQA

De acordo com CETESB (2014), o Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi elaborado em 1970 pelo *National Sanitation Foundation* (NSF), dos Estados Unidos, a partir de uma pesquisa de opinião realizada com especialistas em

qualidade de águas. O índice define parâmetros de qualidade que refletem principalmente a contaminação dos corpos hídricos, ocasionado pelo lançamento de esgotos domésticos.

Segundo CETESB (2014) é importante salientar que o índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas para abastecimento público, considerando assim os aspectos relativos aos tratamentos necessários a essas águas.

No Brasil a CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental ligada à Secretaria do Meio Ambiente do governo paulista, utiliza desde 1975 uma versão do IQA adaptada da versão original. Nesta versão, o parâmetro nitrato foi substituído por nitrogênio total e o parâmetro fosfato, substituído por fósforo total, mantendo-se os mesmos pesos e as respectivas curvas de qualidade CETESB (2014).

Logo, de acordo com CETESB (2014), o IQA é determinado pelos seguintes parâmetros: oxigênio dissolvido, coliformes fecais, potencial hidrogeniônico, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais.

Os parâmetros que fazem parte do IQA indicam, principalmente, a descarga de esgotos domésticos e cargas orgânicas de origem industrial. As atividades industriais e agrícolas geram elevadas cargas de poluentes hídricos que não são analisadas no IQA. Assim, a avaliação da qualidade da água, obtida pelo IQA, apresenta sobreamentos, entre elas a de considerar apenas sua utilização para o abastecimento público. Além disso, mesmo se considerando apenas o uso para abastecimento público, o IQA não analisa outros parâmetros importantes para esse uso, tais como substâncias mutagênicas e as substâncias que afetam as propriedades organolépticas da água (CETESB, 2003).

Logo, de acordo com Braga et al (2005), cada parâmetro possui uma determinada importância no meio aquático, sendo o mesmo definido no nível de capacidade de alteração/interação e energia a nível molecular/atômico com o padrão aceitável para cada meio biótico ou abiótico. Os parâmetros estão interligados, seja de forma direta ou indireta, afetando de maneira direta ou indireta determinado meio biótico ou abiótico.

3.7.1. Parâmetros de qualidade das águas

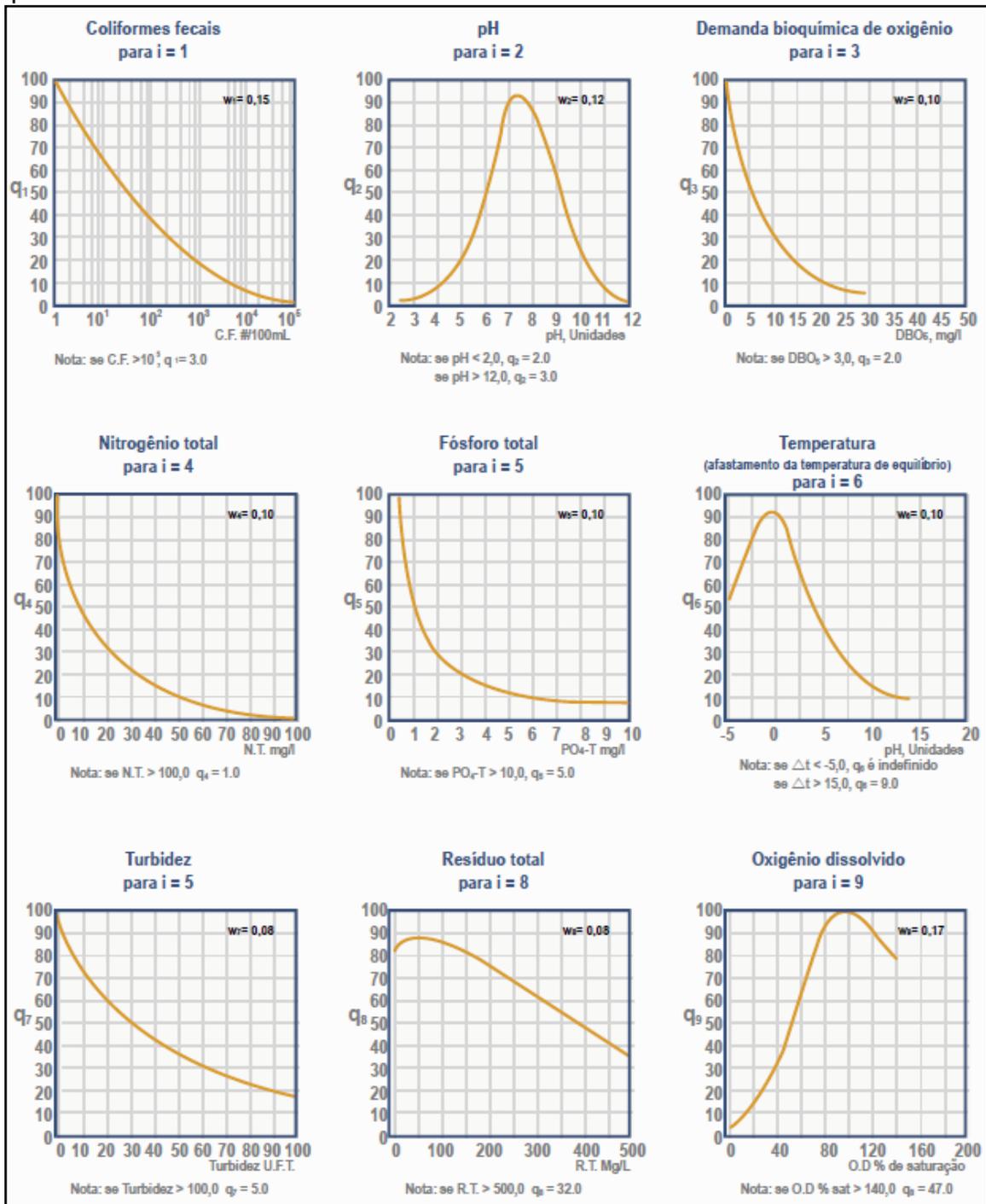
Segundo CETESB (2003) o IQA é uma ferramenta interessante para analisar a qualidade dos recursos hídricos, porém a mesma pode mascarar a real qualidade, tendo em vista que diversos parâmetros não são analisados. A análise de um recurso hídrico pelo IQA (índice de qualidade de água) denota principalmente a qualidade do meio hídrico em função de despejos domésticos e industriais que alteram a qualidade do recurso hídrico principalmente em função de oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico e coliformes fecais, por isso a importância da análise pela Resolução CONAMA 357/2005.

A água devido as suas características únicas como solvente universal, possui a capacidade de transportar partículas, reage com compostos químicos, altera a concentração de nutrientes, etc. Devido a esta capacidade incorpora a si, inúmeras partículas, definindo assim a qualidade da mesma. Esta qualidade está relacionada a fenômenos naturais e antropogênicos. O lançamento de efluentes industriais altera a temperatura da água, conjuntamente com outros parâmetros físicos, químicos e biológicos (SPERLING, 1996).

3.7.2. Determinação do IQA

O IQA é composto por nove parâmetros, com os respectivos pesos (w_i) que foram fixados em relação a sua importância na conformação global. Conforme figura 2, cada parâmetro possui um valor de qualidade (q) obtido através da leitura do gráfico em função da concentração ou medida da análise laboratorial (CETESB, 2003).

Figura 2 - Curvas médias da variação de qualidade das águas dos parâmetros para o cálculo do IQA



Fonte: (BRASIL, 2014).

Obs: Onde se lê $DBO_5 > 3,0$, $q_3 = 2,0$, troca-se por $DBO_{(5,20)} > 30,0$, $q_3 = 2,0$.

Os pesos correspondentes (valores fixos), para cada parâmetro, quadro 04, variam entre 0 e 1, que são fixados em função da sua importância no meio hídrico para o cálculo do IQA.

Quadro 04 - Parâmetros do Índice de Qualidade das Águas - (IQA) e seus respectivos pesos

PARÂMETROS	PESOS
Oxigênio dissolvido	W= 0,17
Coliformes fecais	W= 0,15
Potencial hidrogeniônico (pH)	W= 0,12
Demanda bioquímica de oxigênio DBO _(5,20)	W= 0,10
Temperatura	W= 0,10
Nitrogênio total	W= 0,10
Fósforo total	W= 0,10
Turbidez	W= 0,08
Sólidos totais	W= 0,08

Fonte: (BRASIL, 2014).

Conforme CETESB (2014) é utilizada a seguinte fórmula para determinação do IQA:

Equação 01- Fórmula para determinação do IQA.

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;

Qi: Do inglês “*quality indices*”, índice de qualidade do parâmetro analisado no gráfico, um número entre 0 e 100, obtido da leitura dos respectivos gráficos da curva média de variação de qualidade;

Wi: Do inglês “*weight indices*”, o peso correspondente (valor fixo) ao parâmetro, um número entre 0 e 1, fixado em função da sua importância.

De acordo CETESB (2014), no caso de não se dispor do valor de algum dos 9 (nove) parâmetros, o cálculo do IQA é inutilizado.

Ainda de acordo com CETESB (2014), a partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade de águas naturais, indicando assim a (categoria), do IQA, variando numa escala de 0 a 100, conforme indicado no quadro 05.

Quadro 05 – Categorias e ponderações dos valores do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: (CETESB, 2014).

No quadro 05 são apresentados os valores entre $IQA \leq 19$ à $IQA \leq 100$ para cada ponto de coleta em análise.

3.7.3. Parâmetros determinantes do IQA

3.7.3.1. Oxigênio dissolvido

O Oxigênio (O_2) é um elemento químico imprescindível e limitante para a manutenção da vida de seres aeróbicos, pois os mesmos são dependentes diretos deste elemento para a realização da atividade metabólica (SPERLING, 1996).

O oxigênio disponível na atmosfera é constantemente renovado através da respiração da flora terrestre e algumas algas. A concentração do elemento se dá em função do meio onde está disponível. Em sistemas aquáticos o oxigênio dissolvido possui concentração de acordo com a variação de temperatura do meio, níveis de $DBO_{(5,20)}$, altitude, etc, (CETESB, 2014). A variação do oxigênio dissolvido com a temperatura do corpo hídrico e a altitude em que o mesmo se encontra, condicionam a base de um processo dinâmico, como analisado no quadro 06.

Quadro 06 - Oxigênio dissolvido em função da Temperatura e Altitude

Temperatura °C	Altitude (m)			
	0	500	1000	1500
14	10,04	9,8	9,3	8,7
16	10	9,5	8,9	8,4
18	9,5	9	8,5	8
20	9,2	8,7	8,2	7,7
22	8,8	8,3	7,9	7,4
24	8,5	8,1	7,5	7,1
25	8,4	8	7,5	7,1

Fonte: (SPERLING, 1996)

A concentração de oxigênio dissolvido em recursos hídricos é inversamente proporcional à altitude e a temperatura, ou seja, quanto maior a altitude e a temperatura, menor a quantidade de oxigênio dissolvido (FUZINATTO, 2009).

A quantidade de matéria orgânica no meio hídrico está diretamente relacionada com a concentração de oxigênio disponível no meio, devido à atividade metabólica de microrganismos aeróbios, por isso quanto maior a quantidade de matéria orgânica no meio hídrico, menor será a quantidade de OD e consequentemente maiores serão os valores de $DBO_{(5,20)}$ (SPERLING, 1996).

O oxigênio dissolvido influencia de maneira diretamente proporcional na degradação e oxidação da matéria orgânica, quanto maior a quantidade de oxigênio disponível no meio, maior será a cinética de oxidação e degradação de compostos orgânicos (CETESB, 2014).

No quadro 07 é quantificada a necessidade de oxigênio dissolvido para a ictiofauna e como esta variação afeta a sobrevivência do mesma. Sendo o oxigênio dissolvido um elemento essencial na manutenção de todos os seres aeróbios o mesmo é passível de limites mínimos de concentração diante de normativas ambientais (FUZINATTO, 2009).

Quadro 07 – Classificação da ictiofauna em função do oxigênio dissolvido

Grupo	Característica (exigência de OD)
Grupo 1	Espécies com elevadas exigências de oxigênio, em torno de 7 a 11 cm ³ /L, não sobrevivem a concentrações inferiores a 5 cm ³ /L ex: truta.
Grupo 2	Espécies que se contentam com 5 a 7 cm ³ /L ex: certas espécies de salmão.
Grupo 3	Espécies que se contentam com 4 cm ³ /L e espécies menos exigentes em oxigênio.
Grupo 4	Espécies que sobrevivem em águas pouco oxigenadas ex: carpa ou tenca sobrevivem em águas com 0,5 cm ³ /L.

Fonte: (NETO, 1993 apud MACÉDO, 2004).

Águas eutrofizadas podem apresentar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20°C, caracterizando uma situação de supersaturação (CETESB, 2014).

A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), recomenda em águas doces classe 2 (dois), para qualquer amostra, um limite de OD não inferior a 5,0 mg/L (BRASIL, 2005).

3.7.3.2. Coliformes fecais

De acordo com CETESB (2003), coliformes totais são definidos como microrganismos do grupo coliforme capazes de fermentar a lactose a 44-45°C, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella*, *Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre esses microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente fecal ou termotolerante, estando sempre presente, em densidades elevadas nas fezes de humanos, mamíferos e pássaros, ou seja, em animais de sangue quente, sendo raramente encontrada na água ou solo que não tenham recebido contaminação fecal. Os demais podem ocorrer em águas com altos teores de matéria orgânica, como por exemplo, efluentes industriais, ou em material vegetal e solo em processo de decomposição.

Podem ser encontrados igualmente em águas de regiões tropicais ou subtropicais, sem qualquer poluição evidente por material de origem fecal. Entretanto, sua presença em águas de regiões de clima quente não pode ser

ignorada, pois não pode ser excluída, nesse caso, a possibilidade da presença de microrganismos patogênicos (CETESB, 2003).

Relacionando a importância da qualidade ambiental dos recursos hídricos com o lazer e dia-a-dia das populações que interagem com estes micróbios a CETESB (2003, p.38), aborda um fator essencial na determinação da qualidade das águas de um sistema hídrico:

[...] A determinação da concentração dos coliformes fecais assume a importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifoide, febre paratifoide, disenteria bacilar e cólera.

De acordo com Alexandre (1995), tendo em vista apenas os coliformes fecais, os mesmos não apresentam riscos à saúde humana, porém como estão presentes nos excrementos de animais de sangue quente, incluindo-se o homem, são indicadores de esgotos cloacais e por consequente a presença de organismos patogênicos, como por exemplo, microrganismos transmissores de doenças, tais como febre tifoide, paratifoide, disenteria bacilar, dentre outras.

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) no seu Art. 15, parágrafo II, determina que o Número Mais Provável (NMP) para águas doces de classe 2 (dois) é de até 1000 (um mil) coliformes termotolerante em 100 mL (cem mililitros), em 80% (oitenta por cento) ou mais de, pelo menos, 6 (seis) amostras colhidas, num período de até 1 (um) ano com frequência bimestral.

3.7.3.3. Temperatura

A temperatura é um fator físico de grande valia para a manutenção da biota, a alta variação da temperatura em um compartimento hídrico influencia de maneira negativa a reprodução de seres aquáticos, a cinética química, física e biológica, alteração do metabolismo de seres aquáticos, influencia na distribuição anormal de oxigênio, formando zonas de convecção hídrica, alteração da dispersão de elementos químicos, aumento da entropia molecular e consequentemente o desarranjo de elementos químicos estáveis. A temperatura é inversamente

proporcional à concentração de oxigênio dissolvido, temperaturas mais baixas possui maiores concentrações (SPERLING, 1996).

Fuzinato (2009, p.33) descreve os efeitos da temperatura na água:

[...] A temperatura da água afeta diretamente os processos físico-químicos e biológicos que ocorrem na água. A temperatura exerce influência marcante na velocidade das reações químicas, nas atividades metabólicas pela absorção de oxigênio dos organismos e na solubilidade de substâncias minerais através da precipitação de compostos [...].

A temperatura tem influência nos processos biológicos, reações químicas e bioquímicas que ocorrem nas águas e em outros processos, como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais. Com o aumento da temperatura, a solubilidade dos gases diminui e a dos sais minerais aumenta, influencia ainda o crescimento microbiológico, pois cada microrganismo possui uma faixa ideal de temperatura (MACÊDO, 2004).

Atividades fisiológicas vitais de peixes, tais como a respiração, digestão, excreção, alimentação e movimentação são fortemente influenciadas pela temperatura da água, uma vez que os peixes não tem capacidade de manter a temperatura interna de seus corpos, ficando a mesma governada pela temperatura do meio aquático (BOYD 1997 apud MACÊDO, 2004).

Segundo CETESB (2003), as variações na temperatura fazem parte do regime climático normal. Os corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como, latitude, altitude, estações do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade.

CETESB (2003) salienta que ocorre um aquecimento normal da temperatura do corpo hídrico por consequência dos fatores supracitados e também por ocorrência de aquecimento antrópico e industrial.

O quadro 08 classifica os microrganismos na sua melhor temperatura de crescimento em termófilos, mesófilos, psicrófilos e psicrotrófilos conforme a variação no meio hídrico, segundo ICMSF, *International Commission on Microbiological Specifications for Foods*, (1980 apud MACÊDO, 2004).

Quadro 08 - Classificação dos microrganismos em função das temperaturas de crescimento

Grupo	Temperatura (°C)		
	Mínima	Ótima	Máxima
Termófilos	40 a 45	55 a 75	60 a 90
Mesófilos	5 a 15	30 a 45	35 a 47
Psicrófilos	-5 a 5	12 a 15	15 a 20
Psicrotróficos	-5 a 5	25 a 30	30 a 35

Fonte: (ICMSF 1980 apud MACÉDO, 2004).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005, p. 21), águas doces sem contribuição de efluentes industriais ou domésticos, não possuem limites específicos de temperatura, porém a mesma indica os padrões de qualidade quando há alteração por efluentes: “Deve ser inferior a 40 °C, sendo que a elevação de temperatura no corpo receptor não deverá exceder a 3 °C na zona de mistura”.

3.7.3.4. Potencial hidrogeniônico

O pH é um fator de fundamental importância no meio hídrico, pois, o mesmo afeta diretamente a cadeia biótica e abiótica de um sistema ambiental. Este fator influencia de maneira diretamente proporcional à sua concentração de íons ácidos e básicos na água e aos organismos vivos nesta. Cada ser vivo possui uma faixa de tolerância ideal de pH paralelamente com a sua estrutura biológica (FUZINATTO, 2009).

A variação do pH interfere diretamente no equilíbrio de minerais, elementos químicos, seres vivos aquáticos, compostos químicos, cinética de formação de compostos químicos, reprodução da biota aquática, desenvolvimento da fauna aquática, ligação de compostos químicos, atividades enzimáticas, distribuição química e biológica, metabolismo de seres aquáticos e movimentação de macro e micronutrientes, etc. Por ser o pH uma medida da dissolução antilogarítmica da concentração de íons ácidos e básicos, a sua capacidade de modificação de um ambiente aquático se torna mais rápida pela sua capacidade de reação química com o composto químico e solvente universal água, haja vista que este é o nicho ecológico de milhões de seres vivos no planeta (SPERLING, 1996).

O pH pode ser influenciado pela temperatura e por sais minerais, valores de pH afastados da neutralidade podem afetar a taxa de crescimento de

microrganismos. Valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas (SPERLING, 1996). A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), recomenda em águas doces classe 2 (dois) que o pH esteja no intervalo de 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005).

3.7.3.5. Nitrogênio total

De acordo com Esteves (1998), o nitrogênio é um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos e quando presente em baixas concentrações pode atuar como fator limitante na produção primária. Esta importância deve-se principalmente à sua participação na formação de proteínas, um dos componentes básicos da biomassa. O nitrogênio atua como fator preponderante na eutrofização de sistemas aquáticos, atuando com similaridade ao parâmetro fósforo nesse meio.

As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: chuva, material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação de nitrogênio molecular dentro do próprio lago. O nitrogênio está presente nos ambientes aquáticos sob várias formas, por exemplo: nitrato (NO_3^-), nitrito (NO_2), amônia (NH_3), íon amônio (NH_4^+), óxido nitroso (N_2O), nitrogênio molecular (N_2), nitrogênio orgânico dissolvido (peptídeos, purinas, aminas, aminoácidos, etc.), nitrogênio orgânico particulado (bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos), etc. (SPERLING, 1996).

Segundo CETESB (2014) a amônia é um tóxico bastante restritivo à vida dos peixes, sendo que muitas espécies não suportam concentrações acima de 5 mg/L e valores acima de 0,01 mg/L podem ser tóxicos. Além disso, a amônia provoca consumo de oxigênio dissolvido das águas naturais ao ser oxidada biologicamente, a chamada $\text{DBO}_{(5,20)}$ de segundo estágio. Por estes motivos, a concentração de nitrogênio amoniacal é importante parâmetro de classificação das águas naturais e normalmente utilizado na constituição de índices de qualidade das águas.

De acordo com CETESB (2003) os níveis de amônia na superfície da água doce crescem com o aumento do pH e temperatura. Em baixos pH e

temperatura, a amônia se combina com a água para produzir um íon amônio (NH_4^+) e um íon hidróxido (OH^-).

Segundo (CETESB, 2003, p. 35), a contribuição da atmosfera no processo de fixação de nitrogênio, pode ser observada, através de alguns mecanismos, citando-se dentre estes:

[...] fixação biológica desempenhada por bactérias e algas, que incorporam o nitrogênio atmosférico em seus tecidos, contribuindo para a presença de nitrogênio orgânico nas águas, a fixação química, reação que depende da presença de luz, concorre para as presenças de amônia e nitratos nas águas, as lavagens da atmosfera poluída pelas águas pluviais concorrem para as presenças de partículas contendo nitrogênio orgânico bem como para a dissolução de amônia e nitratos. Nas áreas agrícolas, o escoamento das águas pluviais pelos solos fertilizados também contribui para a presença de diversas formas de nitrogênio. Também nas áreas urbanas, as drenagens de águas pluviais associadas às deficiências do sistema de limpeza pública, constituem fonte difusa de difícil caracterização [...].

Segundo Macêdo (2004), o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas, entretanto quando em grande quantidade, pode levar a um processo de eutrofização de lagos e represas, ou seja, ambientes lênticos.

Macêdo (2004) cita que, águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal caracterizam poluição por descarga de esgoto recente, já os nitratos indicam poluição remota, porque os nitratos são os produtos finais da oxidação do nitrogênio.

Segundo resolução CONAMA nº 357/05, quando fator limitante de eutrofização, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência em águas doces classe 2 (dois) (BRASIL, 2005).

3.7.3.6. Fósforo total

De acordo com Macêdo (2004), há muito é conhecida a importância do fósforo nos sistemas biológicos. Esta importância deve-se à participação deste elemento em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como:

armazenamento de energia (forma uma fração essencial da molécula de ATP) e estruturação da membrana celular (através dos fosfolípidios). Na maioria das águas continentais o fósforo é o principal fator limitante de sua produtividade. Além disso, tem sido apontado como o principal responsável pela eutrofização artificial destes ecossistemas.

De acordo com CETESB (2003), a concentração de fósforo em meio aquoso advém de forte influência antrópica, verificando-se que o mesmo aparece em águas naturais devido principalmente às descargas de esgotos sanitários, no qual, os agentes tensoativos contendo elevadas concentrações de fósforo, são empregados em larga escala constituindo-se assim a principal fonte, além da própria matéria fecal.

De acordo com o Sperling (1996), o fósforo em recursos hídricos apresenta-se principalmente na forma de ortofosfato, polifosfatos e fósforo orgânico. Os ortofosfatos estão diretamente disponíveis na cadeia biológica, sem a necessidade de conversões. As formas em que os ortofosfatos se apresentam na água (PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4), dependem do pH, sendo o pH mais comum para HPO_4^{2-} . Os polifosfatos possuem 2(dois) ou mais átomos de fósforo, o fósforo orgânico é normalmente de menor importância. Possui origem natural e antropogênica, quando natural apresentam-se na dissolução de compostos no solo e decomposição da matéria orgânica, quanto à origem antropogênica o fósforo é caracterizado em despejos domésticos, despejos industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes na agricultura.

O fósforo é um elemento indispensável no crescimento de algas, e quando em grandes quantidades, pode levar a um processo de eutrofização de um recurso hídrico. É também o elemento essencial para o crescimento das bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica (MACÊDO 2004).

Em muitas regiões, notadamente nas regiões industrializadas e com elevada densidade populacional, as fontes artificiais de fosfato são mais importantes do que as naturais (SPERLING, 1996).

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 os níveis limites para águas doces variam até 0,03 mgP/L de em ambiente lântico e limite de 0,05 mgP/L, em

ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico em águas doces classe 2 (dois) (BRASIL, 2005).

3.7.3.7. Turbidez

Segundo Sperling (1996), a turbidez de uma água é o grau da redução da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessar a amostra, e esta redução se dá pela absorção que ocorre principalmente nos sólidos em suspensão e dissolvidos e espalhamento do feixe de luz ao passar pela amostra contendo partículas inorgânicas e de detritos orgânicos tais como, algas bactérias e detritos em geral, tal fato pode ser caracterizado, visto que as partículas que estão nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca.

A origem do parâmetro turbidez nas águas, quando natural, não caracteriza problemas sanitários, mas causa efeitos estéticos indesejáveis, porém quando de origem antrópica, caracteriza-se pela possibilidade de conter compostos tóxicos e organismos patogênicos, podendo estar adsorvidos nos sólidos do parâmetro turbidez (SPERLING, 1996).

De acordo com CETESB (2014) a principal fonte de turbidez é a erosão dos solos que quando na época das chuvas, as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Relata que atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez reduz a zona eufótica, que é a zona de luz onde a fotossíntese ainda é possível de ocorrer, assim o aumento deste parâmetro ocasiona o desequilíbrio da fauna e flora aquática, por afetar diretamente os gradientes fóticos hídricos (MACÊDO, 2004).

De acordo com Sperling (1996), pode ser destacada como principais causas da presença deste parâmetro nas águas, a origem natural através de partículas de rocha, argila, silte, alga e microrganismos. Na origem antropogênica através de esgotos domésticos, despejos industriais, microrganismos e erosão.

A Resolução CONAMA 375/05 (BRASIL, 2005) admite para padrões de qualidade de águas doces classe 2(dois) uma concentração máxima de 100 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

3.7.3.8. Sólidos totais

Sólidos totais são determinados pelo somatório de sólidos dissolvidos voláteis e fixos e sólidos suspensos voláteis e fixos. Em ambientes aquáticos a variação da concentração de sólidos dissolvidos totais, é em função principalmente de despejos industriais e efluentes domésticos. Para abastecimento público o tratamento de águas com altos valores de sólidos totais é de extrema importância, pois o mesmo acarreta em problemas de saúde pública, processos industriais, e atividades relacionadas (SPERLING, 1996).

De acordo com CETESB (2003), sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um período pré-determinado.

Segundo CETESB (2003), as determinações dos níveis de concentração de sólidos resultam, através de estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente na caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho (sólidos em suspensão e dissolvidos) e com relação à natureza (fixos ou minerais e voláteis ou orgânicos).

A Resolução CONAMA nº 357/05, estabelece limite de 500mg/L para sólidos dissolvidos totais em águas doces classe 2 (dois) (BRASIL, 2005).

3.7.3.9. Demanda bioquímica de oxigênio

O fator $DBO_{(5,20)}$, (Demanda Bioquímica de Oxigênio), é uma medida indireta da quantidade de oxigênio necessário para oxidar a matéria orgânica em determinado tempo e temperatura, através da atividade metabólica de microrganismos aeróbios. Em função do uso do oxigênio dissolvido pelos

microrganismos aeróbios, altos valores de DBO afetam a cadeia biológica pelo uso do oxigênio dissolvido para a degradação da matéria orgânica (SPERLING, 1996).

De acordo com CETESB, (2003) na $DBO_{(5,20)}$ mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais esse valor se aproximar da demanda química de oxigênio DQO, significa que mais biodegradável será o efluente. Efluentes de origem orgânica contribuem com elevados valores de $DBO_{(5,20)}$, devido ao aporte de matéria orgânica nos recursos hídricos e contribuindo assim para a diminuição de oxigênio na água.

Sperling (1996) salienta que, a maior quantidade de matéria orgânica em suas diversas fases, haverá uma maior demanda na quantidade de oxigênio necessário para os microrganismos. O parâmetro bioquímico $DBO_{(5,20)}$ é uma medida diretamente proporcional à matéria orgânica disponível no meio, e inversamente proporcional à quantidade de oxigênio para os microrganismos no meio de consumo e conseqüentemente a pior qualidade do meio hídrico. Ou seja, quanto maior a quantidade de matéria orgânica, menor será a quantidade de oxigênio disponível para a contínua degradabilidade.

Altos valores de $DBO_{(5,20)}$ interferem diretamente na concentração de oxigênio dissolvido, afetando diretamente vertebrados e invertebrados aquáticos, variação do estado trófico, reprodução da biota aquática, desenvolvimento da fauna aquática, atividade aeróbia aquática, sendo o mesmo passível de normativas ambientais e limites aceitáveis para a manutenção da biodiversidade aquática (SPERLING, 1996).

A Resolução CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005), estabelece $DBO_{(5,20)}$ um limite de 5 mg/L de O_2 para águas doces classe 2(dois) (BRASIL, 2005).

4. METODOLOGIA

Dentro da metodologia proposta para a elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso, foram realizadas pesquisas em livros, artigos, revistas científicas, sites de órgãos oficiais, dentre outros, relacionados à área de hidrologia, poluição hídrica, clima, pluviometria, geologia, mineração e qualidade da água da região compreendida na área de estudo.

Para a contemplação das fases propostas na metodologia, foram desenvolvidas as etapas mencionadas na sequência:

4.1. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

Primeiramente foi realizada a caracterização do ambiente geológico e do processo produtivo do empreendimento através de uma pesquisa bibliográfica da região correspondente e visitas *in-loco*.

Com o diagnóstico realizado, acompanhou-se o processo produtivo de funcionamento da pedreira, realizando o levantamento dos poluentes gerados que possivelmente afetam e/ou degradam o meio hídrico e os impactos para com este compartimento ambiental.

4.2. DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DE COLETA

4.2.1. Critérios na determinação dos pontos de coleta

Para que se pudesse proceder a análise do IQA na qualidade dos recursos hídricos da área de influência direta, compreendida pela microbacia do Rio Tavares e em um ambiente lêntico denominado como Lagoa Pequena, foi definida a coleta seguindo as normas do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras, elaboradas pela ANA no ano de 2011, as NBR's 9898, 9897 e Standard Methods, as quais orientam detalhadamente as formas de coleta, preservação, técnicas e planejamento de amostragem em recursos hídricos, bem como metodologias para a determinação das variáveis físicas-químicas e biológicas.

Segundo Bitar (1997), a integração e inter-relação de todos os processos minerários ocasiona alteração na topografia, aceleração de processos erosivos, modificação de cursos de água, aumento da turbidez e de sólidos em suspensão em corpos receptores.

De acordo com os estudos realizados pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente (Santa Catarina, 1997), verificou-se que a região do empreendimento é caracterizada pela alta urbanização, e conseqüentemente com geração de efluentes domésticos, além de outros poluentes hídricos correlacionados a ambientes urbanos. Estes fatores foram levados em consideração para a definição dos pontos de coleta, delimitando-se os principais locais a jusante e a montante do empreendimento minerário.

Portanto, a determinação dos pontos levou em consideração a provável influência da atividade de mineração com os recursos hídricos, considerando-se também a união de outros contribuintes com o recurso hídrico principal.

4.2.2. Caracterização da área e identificação dos pontos de coleta

Na seleção dos pontos, alguns critérios foram levados em consideração:

O ponto de coleta denominado como ECRHS-01 (anexo a) refere-se à estação de coleta caracterizada como ponto branco. O mesmo foi delimitado por ser um recurso hídrico contribuinte de águas perenes à montante do Rio Tavares. É caracterizado por estar dentro de vegetação nativa densa, a montante do empreendimento minerário e longe de ocupações habitacionais. Não possui influência/interferência antrópica ou da atividade de mineração.

O ponto ECRHS-02 (anexo b), foi caracterizado como sendo a união de 4(quatro) recursos hídricos temporários (efêmeros) e um contribuinte perene. O mesmo foi escolhido por apresentar em seu ponto a provável contribuição de esgotos domésticos, a união de 5 (cinco) recursos hídricos e por não possuir influência direta da atividade de mineração, em razão de estar localizado a montante do empreendimento minerário.

O ponto ECRHS-03 (anexo c), foi caracterizado como sendo o primeiro local com a possível influência da atividade de mineração com as águas superficiais.

O mesmo está dentro da área de influência direta da mineração e a aproximadamente 90 metros do beneficiamento de rocha. Este ponto drena todos os talvegues com seus respectivos recursos hídricos temporários (efêmeros) e perenes à montante do empreendimento. Verificou-se ainda neste ponto, a provável influência da atividade de mineração na alteração da qualidade dos recursos hídricos superficiais.

O ponto ECRHS-04 (anexo d), foi caracterizado como sendo o primeiro ponto a jusante do empreendimento sofrendo a influência de esgotos domésticos, a montante do recurso hídrico.

O ponto ECRHS-05 (anexo e), foi caracterizado como sendo o ponto a jusante do empreendimento com a provável maior contribuição de esgoto doméstico.

Já o ponto ECRHS-06 (anexo f), denominado Lagoa Pequena, se encontra mais afastado do empreendimento minerário e localizado próximo a divisão de duas micro bacias hidrográficas. O ponto foi escolhido por ser uma representatividade hídrica da região do empreendimento.

Com a definição, identificação e delimitação das ECRHS (Estações de Coleta de Recursos Hídricos Superficiais), foi elaborado um mapa, figura 3, de localização dos pontos de coleta.

Figura 3 - Localização das Estações de Coleta de Recursos Hídricos Superficiais (ECRHS)



Fonte: Do autor, (2014).

4.3. DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS DO IQA

Definidas as variáveis compreendidas no IQA a serem analisadas e delimitadas as estações de coleta dos recursos hídricos superficiais, definidos como ECRHs (Estações de Coleta de Recurso Hídrico Superficial), a equipe técnica do laboratório de Hidrometria e Coleta de Amostras do Iparque, Parque Científico e Tecnológico, (UNESC) realizaram as coletas das amostras.

As análises de IQA (Índice de Qualidade das Águas) compreenderam a determinação quantitativa e qualitativa, tendo como referência o determinado pela CETESB em 1975, dos seguintes parâmetros: pH (potencial Hidrogeniônico); DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio em 5 dias a 20°C); T (Temperatura); NT (Nitrogênio Total); FT (Fósforo Total), CF (Coliformes Fecais), OD (Oxigênio Dissolvido), ST (Sólidos Totais), T (Turbidez).

4.4. CÁLCULO PARA DETERMINAÇÃO DO IQA

Foi usada como referência para o cálculo do IQA, a metodologia determinada pela CETESB, já descrita no referencial teórico deste trabalho. O procedimento foi realizado através de três parâmetros físicos (temperatura, turbidez e sólidos totais), cinco parâmetros químicos (potencial hidrogeniônico, nitrogênio total, fósforo total, demanda bioquímica de oxigênio e oxigênio dissolvido) e um parâmetro biológico (coliformes fecais). De acordo com CETESB (2014), cada parâmetro possui um determinado peso (valor fixo) em função da sua importância no meio hídrico.

Os parâmetros do IQA na análise laboratorial devem estar de acordo com as unidades de medidas e as suas respectivas nomenclaturas, de acordo com os ajustes feitos pela CETESB em 1975.

Com base em CPRH (2014), seguem orientações para determinação do IQA:

Para realizar o cálculo é ajustado 2 (dois) parâmetros: OD (oxigênio dissolvido) e temperatura da amostra. A temperatura da amostra é ajustada apenas quando necessário.

Para a correção do OD é necessário verificar a relação entre a temperatura (°C) por altitude (m) do ponto de coleta da amostra e assim determinar o valor medido para o parâmetro, esta relação encontra-se no quadro 06 do referencial teórico. O valor compreendido na relação é definido como OD de saturação o valor obtido na análise *in-loco* é definido como OD medido. O resultado da divisão dos valores multiplicado por 100 (cem) é utilizado para a leitura do gráfico qualitativo.

A correção para o parâmetro temperatura se faz apenas necessário, quando há interferência em despejos que alteram a temperatura na zona de mistura do recurso hídrico, verificando-se assim a necessidade da medição a montante do ponto de despejo de efluentes industriais, calculando-se assim a diferença em °C (graus Celsius). Não havendo diferença, mantem-se o valor encontrado *in-loco*.

Para proceder ao cálculo do IQA é necessário comparar cada valor resultante das análises de cada parâmetro com os gráficos qualitativos. A leitura de cada gráfico denota a qualidade de cada parâmetro no recurso hídrico. Os resultados obtidos nos gráficos são calculados através do produtório ponderado de cada parâmetro, ou seja, o valor encontrado nas respectivas curvas de cada gráfico, que varia de 0 a 100 (q_i), elevado ao peso (w_i) correspondente (valor fixo) ao parâmetro, com número entre 0 a 1.

O resultado da multiplicação entre os 9 (nove) parâmetros caracteriza-se pelo resultado do IQA, nas respectivas ECRHs.

4.5. ANÁLISES DOS RESULTADOS

Os resultados e interpretações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados foram interpretados individualmente em cada ponto de coleta comparando-se com a Resolução CONAMA 357/05 para águas doces classe 2. Posteriormente, foi realizada a aplicação da metodologia intitulada Índice de Qualidade da Água (IQA). A metodologia de cálculo representa, conforme CETESB

(2014), o produtório ponderado das diversas variáveis para cada ponto de coleta das ECRHS.

Para que se pudesse proceder à análise do IQA (índice de qualidade das águas) e dos respectivos pontos de coleta de água dos recursos hídricos da região do empreendimento, optou-se por desenvolver gráficos individuais para cada parâmetro analisado, utilizando o *software Office- Excel*.

Com a quantificação e qualificação das amostras dos pontos de coleta, foi elaborado um mapa utilizando-se o *software Autocad Map* com as respectivas ECRHS, através de imagens aerofotogramétricas digitais fornecidas pelo IPUF (Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis). Após foi atribuído aos pontos de coleta uma simbologia com as suas respectivas cores do Índice de qualidade das águas (IQA), conforme quadro 05 a seguir, já apresentado no trabalho.

Quadro 05 – Categorias e ponderações dos valores do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: (CETESB, 2014).

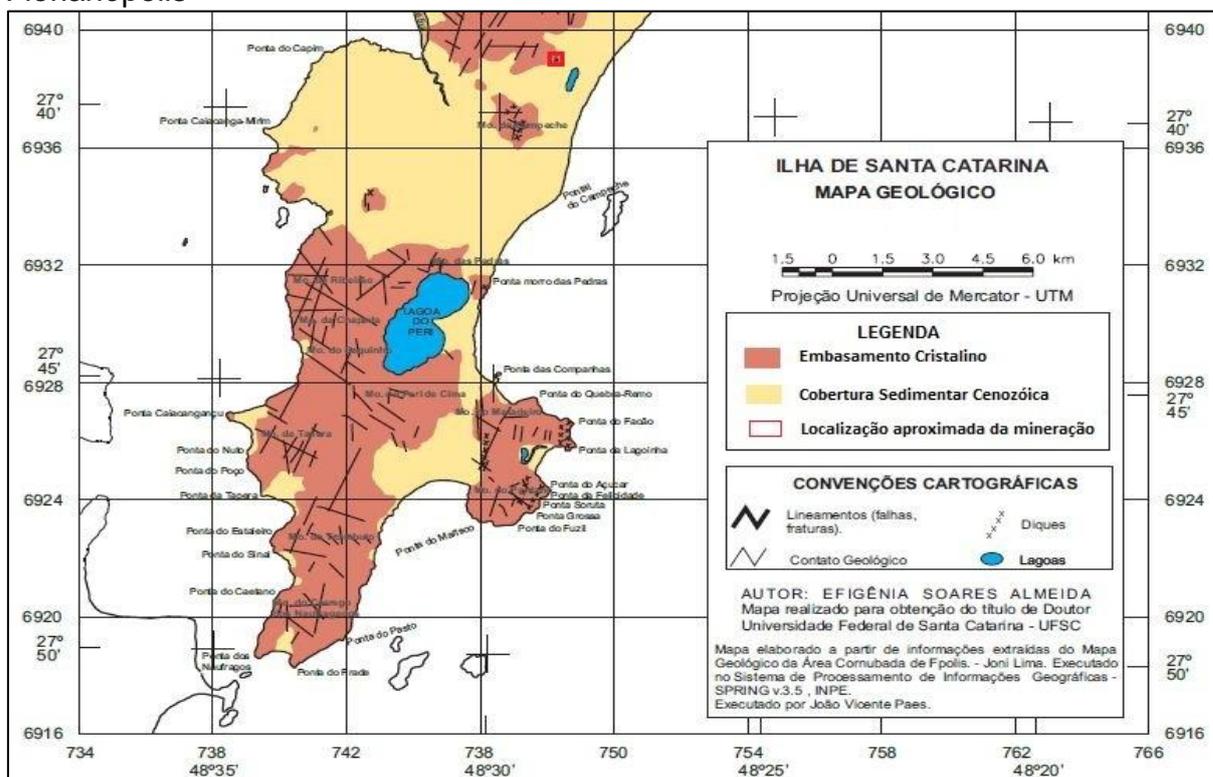
5. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

5.1. ÁREA DE ESTUDO

5.1.1 Descrição litológica na área do empreendimento

A área do empreendimento é caracterizada pela presença de granito ilha (Figura 4) que faz parte do embasamento cristalino, o qual é cortado por diques de diabásio (ALMEIDA, 2010).

Figura 4 - Mapa geológico parcial e localização aproximada da mineração na ilha de Florianópolis



Fonte: (ALMEIDA, 2010). Adaptado pelo autor.

Segundo Bitencourt et al. (2008) os afloramentos rochosos da Ilha de Santa Catarina e também em algumas ilhas oceânicas próximas, em grande parte são compostos pelo granito Ilha.

Os diabásios (rocha encaixante no granito) expõem texturas que variam de afaníticas no qual se caracteriza por cristais de pequena e grande dimensão de

forma bem definida, com o predomínio de trama fina entre os grãos de cristais (BITENCOURT et al. 2008).

5.1.2. Processo produtivo na atividade de mineração

Kopezinski (2000), a atividade de mineração é um dos processos humanos mais primitivos. É utilizado como fonte de sobrevivência para a produção de bens sociais e industriais. Quando o processo de mineração não é planejado com técnicas adequadas e sem controles, pode deixar um quadro de degradação na área de influência direta e área diretamente afetada.

A atividade mineral requer, para seu êxito, planejamento adequado, com o conhecimento da situação, a adoção da tecnologia evoluída e aplicável ao caso específico de operação (KOPEZINSKI, 2000).

O método de mineração da pedreira é a céu aberto (Figura 5), em meia encosta, com desmonte por explosivos, com bancadas sucessivas de altura pré-determinada. Compreendem as operações de remoção do estéril (decapeamento), perfuração, desmonte com explosivos, carregamento e transporte do minério para subsequentes britagens e estoque.

A pedreira produz diversas granulometrias de brita para construção civil proveniente do granito ilha e dos diques de diabásio que cortam o afloramento. Este tipo de rocha gera sólidos finos no processo, denominado como pó de brita e agregados em partículas finas, no qual as mesmas alteram a característica física das águas da área de influência direta.

Figura 5 - Processo produtivo na atividade de mineração

Preparação e desmonte



Transporte



Britagem secundária e terciária



Britagem primária



Separação granulométrica



Estoque



Fonte: Do autor, (2014).

5.1.2.1. Decapeamento

O processo de decapeamento da área é diretamente afetada pela mineração consiste na remoção da camada de solo e agregados.

O material resultante do decapeamento, composto em parte por solo, solo orgânico, flora, material em decomposição, etc, cuja característica não engloba o bem mineral a ser lavrado, é denominado estéril. Com a remoção do estéril promove-se a exposição da rocha a ser lavrada.

Avaliando a relação entre o processo de decapeamento e os parâmetros correlacionados ao IQA, esta etapa torna-se como a principal responsável pela alteração dos recursos hídricos da área diretamente afetada (área de exploração mineral) e conseqüentemente, pela alteração da qualidade dos recursos hídricos da área de influência direta (compreendida pela microbacia do Rio Tavares), levando em consideração que haverá a supressão de vegetação da mata, ocasionando um carreamento de sólidos para o corpo hídrico.

Segundo Bitar, (1997) dentre os impactos pode-se citar a ocorrência da supressão de áreas de vegetação, desconfiguração da topografia, aceleração de processos erosivos, modificação de cursos de água.

5.1.2.2. Preparação e desmonte

Os processos de preparação e desmonte tem por objetivo a desestruturação física através de explosivos nos maciços rochosos, formando assim blocos passíveis de adequação e conformação final para os sistemas de britadores.

O processo em si apresenta pouca influência em função apenas dos parâmetros do IQA na alteração da qualidade dos recursos hídricos da área de influência direta, tendo em vista que a etapa mais impactante foi realizada no decapeamento.

5.1.2.3. Carregamento e transporte

Uma vez executada a perfuração da rocha e o desmanche por explosivos, inicia-se o carregamento do minério através de escavadeiras em caminhões convencionais, onde o mineral será encaminhado para a britagem primária.

O processo apresenta menor influência na alteração da qualidade das águas superficiais, tendo em vista que os sólidos gerados dentro da área diretamente afetada são carregados para a bacia de contenção. A bacia de contenção é uma área de drenagem dentro da área de exploração mineral, no qual a mesma tem a função de conter as águas pluviais da área e decantar os sólidos carregados para a mesma. Nesta etapa pode haver retorno de águas pluviais em locais de menor contenção, haja vista a capacidade de armazenamento e infiltração das águas na bacia, de acordo com a variação de índices pluviométricos (SANTA CATARINA, 1997 apud BACK, 2009).

5.1.2.4. Britagem primária secundária e terciária

A britagem primária é composta por sistema de mandíbulas onde a rocha sofre desestruturação e redução física. O britador primário descarrega o material britado para o transportador que encaminha o material para a pilha pulmão de alimentação dos próximos britadores. A britagem secundária e terciária tem por objetivo a cominuição do material britado.

A pilha pulmão tem a função de estocagem e regularização da alimentação dos circuitos de britagem secundária e terciária, fazendo com que estes equipamentos trabalhem de maneira contínua.

Estas etapas apresentam maior influência na alteração da qualidade dos recursos hídricos, tendo em vista que são gerados maiores quantidades de sólidos, sendo os mesmo carregados para a bacia de contenção na área diretamente afetada.

5.1.2.5. Separação granulométrica

É o processo do beneficiamento de minério onde é feito a classificação granulométrica do material. O processo de separação é realizado por calhas vibratórias, separando-se em pilhas para posterior comercialização.

A separação granulométrica apresenta maior influência na geração de sólidos na área, tendo em vista que os mesmos são carregados por águas pluviais para a bacia de contenção.

5.2. ASPECTOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS DOS PARÂMETROS ANALISADOS NO IQA

Na tabela 01 a seguir, encontram-se os resultados das análises das águas superficiais da Microbacia do Rio Tavares e do ambiente lântico denominado como Lagoa Pequena.

Os parâmetros fósforo total na ECRHS – 03 e 05, coliformes fecais na ECRHS – 05 e oxigênio dissolvido na ECRHS – 05, encontram-se fora do padrão de classificação de acordo com a resolução CONAMA 357/05 para água doce classe 2 (dois).

Tabela 01 – Resultados das análises físico-químicas e biológicas da água

Pesos	Parâmetros	ECRHS						Padrões Classe 2 CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005)
		1	2	3	4	5	6	
0,17	Oxigênio dissolvido	9,60	7,10	6,20	9,20	3,90	8,60	Não inferior a 5,0 mg/L
0,15	Coliformes fecais	2,00	4,90E2	3,30E2	2,30E2	3,50E3	2,30E1	NMP até 1000/100mL
0,10	Temperatura	19,00	19,50	20,50	22,00	21,00	22,20	Sem interferência
0,12	pH	6,90	6,70	6,80	6,80	6,40	7,00	Intervalo de 6,0 a 9,0
0,10	Nitrogênio total	0,60	0,40	1,20	0,50	0,90	1,00	(1)
0,10	Fósforo total	0,01	0,02	0,10	0,03	0,05	0,02	(2)
0,08	Turbidez	1,60	3,60	7,60	5,70	7,70	3,30	Máximo 100 UNT
0,08	Sólidos totais	65,00	94,00	102,00	106,00	125,00	67,00	500mg/L
0,10	DBO ₅ a 20°C	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	Máximo 5,0 mg/L

Fonte: LAEI/UNESC, (2014), adaptado pelo autor.

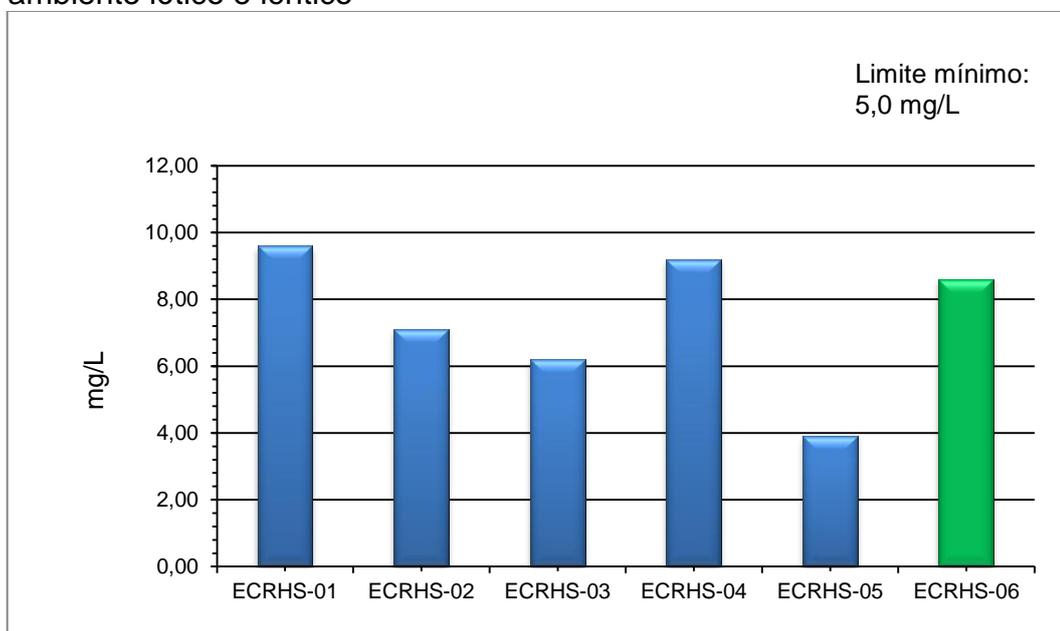
(1) 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5; 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0; 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5; 0,5 mg/L N, para pH > 8,5. Para águas doces de classes 1 e 2, quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, o valor de nitrogênio total (após oxidação) não deverá ultrapassar 1,27 mg/L para ambientes lênticos e 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

(2) a) Até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos; e, b) Até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lêntico. CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

5.2.1. Oxigênio dissolvido

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise química, figura 6, demonstra a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função do oxigênio dissolvido. Logo, segundo Braga et al. (2005), a variação da biota aquática está diretamente correlacionada à integralização dos fatores e parâmetros diretamente e indiretamente ligados ao oxigênio dissolvido. Os gráficos estão delimitados em lótico (barras azuis) e lântico (barra verde).

Figura 6 Representação gráfica de oxigênio dissolvido respectivamente no ambiente lótico e lântico



Fonte: Do autor, (2014).

A resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005, p.14) condiciona para águas doce classe 2 no Art. 15 Inc. VI "Oxigênio dissolvido, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L de OD". Somente a estação ECRHS-05 encontra-se em desacordo com a normativa. Tal fato pode estar relacionado à alta carga de despejos domésticos a montante do ponto de coleta. Nas estações de coleta com o valor mais próximo de 5,0, definido na resolução supracitada, pode ser caracterizado pela alta taxa de descarga de esgotos domésticos com alta carga orgânica, consumindo o OD e conseqüentemente, elevando a DBO_(5,20).

De acordo com CETESB (2014), o oxigênio dissolvido representa uma alta significância na variação do IQA em ambientes aquáticos, pois o mesmo

corresponde ao peso (w_i) de 0,17, verificando-se assim uma forte correlação da variação da biota em função do OD no compartimento hídrico.

No que tange a classificação da ictiofauna no meio hídrico apenas em função do oxigênio dissolvido, de acordo com (NETO, 1993 apud MACÊDO, 2004), podem sobreviver no ponto ECRHS-05, espécies que se contentam com $4 \text{ cm}^3/\text{L}$ e espécies menos exigentes em oxigênio.

Segundo Braga et al. (2005), importante salientar que, o aumento da temperatura acelera os processos metabólicos de microrganismos, causando uma diminuição no OD disponível no meio, acarretando uma variação na biota aquática, porém verificou-se nas amostras analisadas que os valores encontram-se dentro dos aceitáveis e sem variações significativas.

Outro ponto a destacar, conforme Sperling (1996) é de que as bactérias fazem uso do oxigênio em seus processos respiratórios, durante a estabilização da matéria orgânica, podendo vir a causar uma redução da concentração de oxigênio dissolvido no meio. Fato observado no ponto de coleta ECRHS-05, devido a presença de coliformes fecais (conjuntamente com esgoto doméstico) em desacordo com a resolução CONAMA 357/05 para classe 2 e que apresentaram valores baixos de oxigênio dissolvido.

De acordo com Braga et al. (2005) a quantidade de oxigênio dissolvido também está ligado ao turbilhamento de água a montante dos pontos de coleta, ou seja, quanto maior o índice de turbilhamento há uma reaeração no meio hídrico, havendo ainda uma relação do oxigênio dissolvido com a vazão em função da precipitação.

Na figura 6, verificou-se que o OD disponível no ambiente lântico (lagoa), encontra-se em acordo com a resolução. Tal fato pode ser qualificado, pelo fator área do meio hídrico, havendo assim uma constante movimentação das águas em função dos ventos da região litorânea e conseqüentemente reaeração, não havendo fator limitante nesse meio apenas em função do oxigênio dissolvido para a ictiofauna.

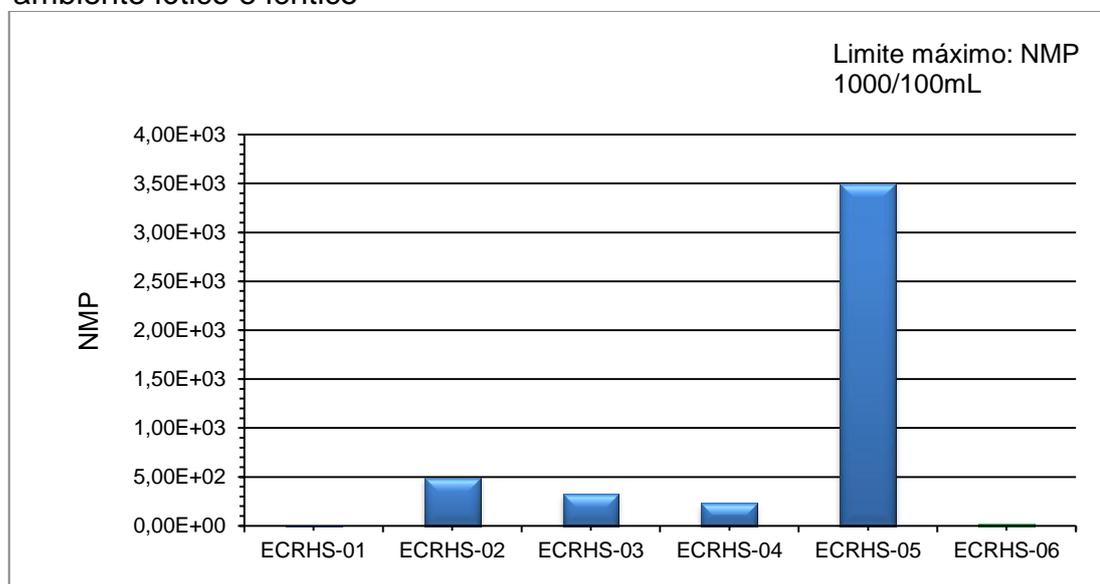
Segundo Braga et al. (2005), a precipitação é um fator limitante do oxigênio dissolvido no meio, em períodos de estiagem o mesmo é influenciado negativamente. A concentração de oxigênio dissolvido é influenciada pela

diferenciação em ambientes lóticos e lântico, ou seja, está ligada a movimentação das águas e a estratificação vertical térmica.

5.2.2. Coliformes termotolerantes

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise biológica, figura 7, a mesma demonstra a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função dos coliformes fecais.

Figura 7 - Representação gráfica de coliformes fecais respectivamente no ambiente lótico e lântico



Fonte: Do autor, (2014).

Segundo CETESB (2003), a quantificação de coliformes fecais assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microrganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica.

Através dos resultados, pode-se verificar a correlação da variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da quantidade de coliformes fecais, no qual os mesmos apresentam maior capacidade de alteração do meio hídrico, tendo em vista o respectivo peso (w_i) com importância de 0,15 no parâmetro qualitativo.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) e a figura 7, apenas a ECRHS-05 encontra-se fora do padrão para coliformes fecais,

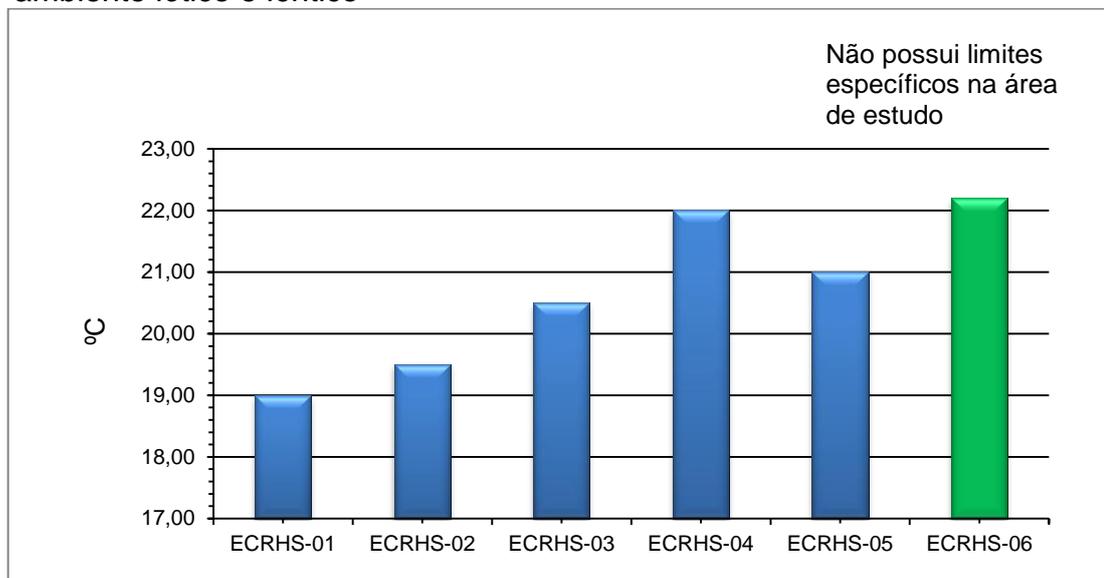
apresentando um valor de 3500, bem acima do determinado pela legislação vigente. Tal fato deve-se principalmente a atividades antrópicas e conseqüentemente geração de efluentes sanitários. A ECRHS-01, caracterizado como ponto branco, é visível a pouca influência de animais de sangue quente a montante do ponto de coleta. Os pontos a jusante das primeiras contribuições de esgoto doméstico, estão diretamente ligados à concentração habitacional próximo ao meio hídrico. Segundo Alexandre (1995), o fator coliformes fecais, é de suma importância para a avaliação da qualidade para o uso do meio, pois a concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de micro-organismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. Verificou-se *in-loco* que o ponto de coleta caracterizado como ECRHS-01, é utilizado para abastecimento domiciliar.

O ponto de coleta caracterizado como ECRHS-06, denominado Lagoa Pequena, está em acordo com a resolução 357/05 (BRASIL, 2005). Salienta-se que o valor encontrado na análise é possivelmente determinado pela influência de despejo de esgoto sanitário.

5.2.3. Temperatura

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise física, e representado na figura 8, verifica-se a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da variação da temperatura. De acordo com Sperling (1996), a temperatura é um fator físico de grande valia para a manutenção da biota e a alta variação da mesma em um compartimento hídrico, influencia de maneira negativa a reprodução de seres aquáticos, a cinética química, física e biológica, alteração do metabolismo de seres aquáticos, influencia na distribuição anormal de oxigênio em despejos de efluentes térmicos, formando zonas de convecção hídrica, alteração da dispersão de elementos químicos, aumento da entropia molecular e conseqüentemente o desarranjo de elementos químicos estáveis.

Figura 8 - Representação gráfica do parâmetro temperatura respectivamente no ambiente lótico e lêntico



Fonte: Do autor, (2014).

A resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005 p. 21) indica os padrões de qualidade: “Inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura no corpo receptor para efluentes industriais não deverá exceder a 3°C na zona de mistura”. Verificou-se *in-loco* que o gradiente térmico delimitados nas ECRHS-01, 02, 03 e 04 pode ser influenciado pela diminuição progressiva da mata ciliar e também, em função de períodos sazonais e diários, contribuindo no aumento e/ou diminuição da temperatura superficial. A carga poluidora doméstica e orgânica, verificado *in-loco* (ECRHS-05), também pode estar relacionado a uma característica na variação da temperatura do meio hídrico.

De acordo com Sperling (1996), os efeitos no aumento progressivo da temperatura contribuem para a evasão de substâncias orgânicas voláteis atuando como catalisador em reações químicas, portanto a temperatura é um fator limitante nas reações físico-químicas e processos biológicos atuando como regulador limitante em organismos vivos no meio hídrico.

Segundo Macêdo (2004), os microrganismos que sobrevivem nesse meio hídrico, apenas em função da temperatura ótima de crescimento, são determinados como sendo psicrófilos a psicrotóxicos.

Com aumento da temperatura no corpo hídrico a matéria orgânica tem o processo de decomposição acelerada pelos microrganismos aeróbios, causando um

efeito causa-consequência no meio, no qual haverá o aumento da demanda bioquímica de oxigênio e maior limitação da biota aquática, sendo este parâmetro uma limitante de qualidade ambiental.

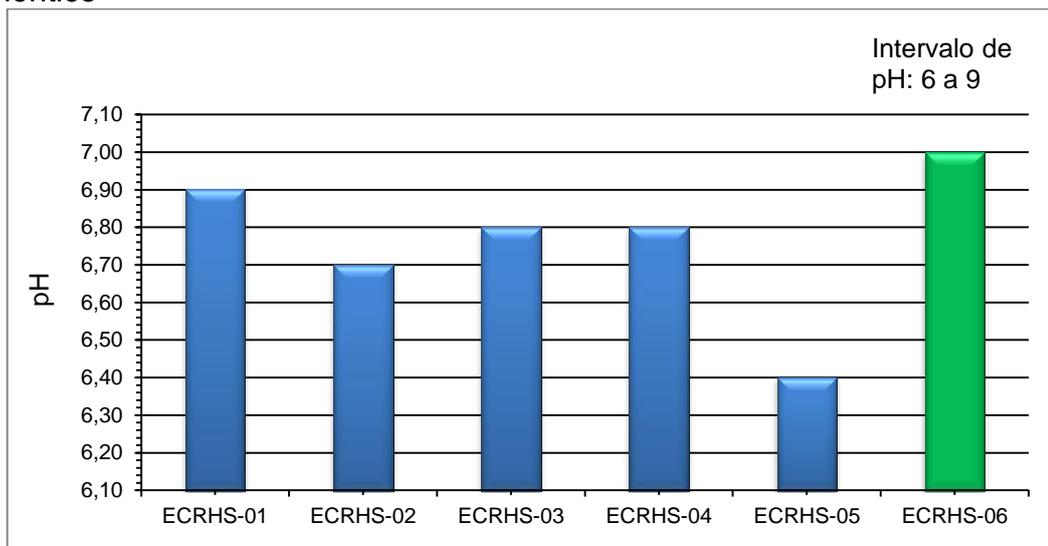
Segundo CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) verificou-se que a temperatura no ambiente lântico encontra-se em acordo com a resolução supracitada, constatando-se *in-loco*, a não existência de efluentes térmicos.

5.2.4. Potencial hidrogeniônico

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise química, constante na figura 9, a mesma demonstra a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da variação do pH.

Este é um parâmetro importante a se monitorar, pois segundo, Sperling, (1996) a alta variação do pH interfere diretamente no equilíbrio de minerais, elementos químicos, seres vivos aquáticos, cinética de formação de compostos químicos, reprodução da biota aquática, desenvolvimento da fauna aquática, ligação de compostos químicos, atividades enzimáticas, distribuição química e biológica e movimentação de macro e micronutrientes, etc.

Figura 9 - Representação gráfica do pH respectivamente no ambiente lótico e lântico



Fonte: Do autor, (2014).

O intervalo preconizado pela Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) para águas classe 2 indicado pelo parâmetro pH, situa-se entre 6 a 9. Todas as estações de amostragem delimitados na figura 9 atendem a tal requisito e enquadram-se na classificação estabelecida pela normativa. Segundo Macêdo (2004) os valores apresentados, apenas em função do pH, não causarão interferência significativa na fauna hídrica.

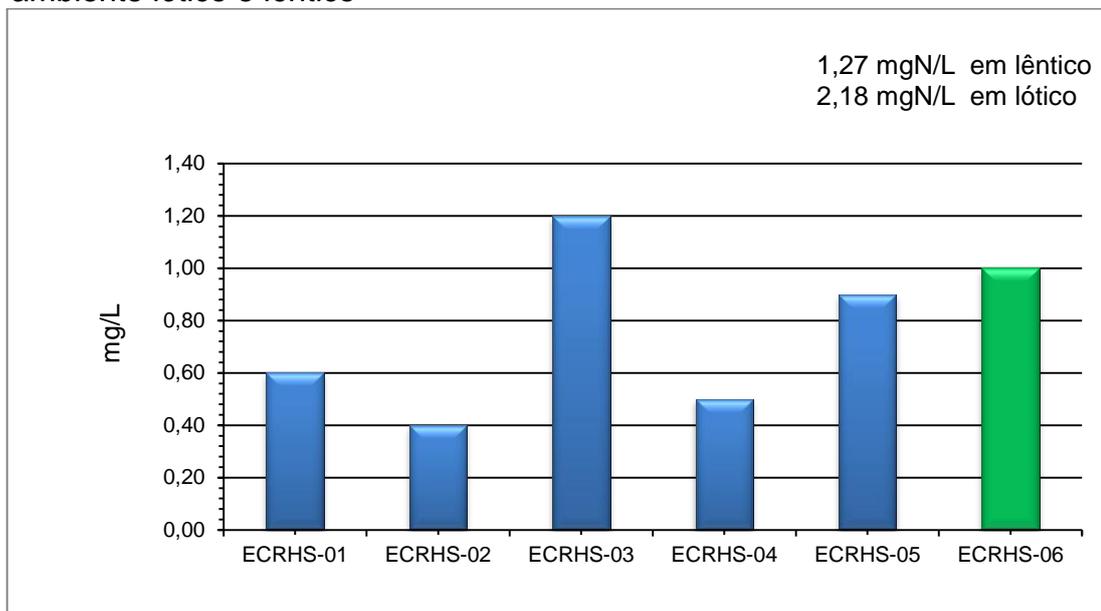
Todos os pontos do ambiente lótico apresentam um caráter levemente ácido, verificando-se ainda que nenhum ponto das amostragens apresentaram caráter básico. O único ponto onde foi verificado equilíbrio no meio hídrico, em função dos íons ácidos e básicos, foi o meio lântico.

De acordo com Sperling (1996), valores de pH afastados da neutralidade podem afetar organismos aquáticos, assim como valores elevados de pH podem estar associados à proliferação de algas.

5.2.5. Nitrogênio total

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise química, constante na figura 10, a mesma demonstra a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da variação do parâmetro nitrogênio total. Segundo Sperling, (1996) o nitrogênio é um elemento indispensável no crescimento de algas, e quando em grandes quantidades, pode levar a um processo de eutrofização de um recurso hídrico.

Figura 10 - Representação gráfica de nitrogênio total respectivamente no ambiente lótico e lêntico



Fonte: Do autor, (2014).

Segundo Macêdo (2004), o nitrogênio é um elemento indispensável para o crescimento de algas, entretanto, quando em grande quantidade, pode levar a um processo de eutrofização de lagos e represas, ou seja, ambientes lênticos. Com o aumento da temperatura, verifica-se que, no corpo hídrico ocorre um aumento na concentração de amônia em relação ao íon amônio fixo, ocasionando um fator limitante na biota do meio, fato importante a se considerar já que a amônia é um parâmetro limitante, conforme Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005).

Na figura 10 verificou-se as concentrações mais altas nos pontos de coleta 03, 05 e 06, embora atendendo o que determina a resolução CONAMA 357/05 que é de, 1,27 mgN/L em ambiente lêntico e 2,18 mgN/L em ambiente lótico. Importante salientar que o ponto 05 está localizado no local de maior contribuição de esgoto doméstico. Ainda pode-se verificar que nenhuma das estações de coleta está fora da normativa. Segundo CETESB (2014), águas com predominância de nitrogênio orgânico e amoniacal são caracterizadas por poluição de esgoto recente, tendo em vista a distância de habitações em que há despejo de efluentes, verificando-se assim que os nitratos indicam poluição remota porque os nitratos são os produtos finais da oxidação do nitrogênio.

Segundo CETESB (2003), os níveis de amônia na superfície da água doce crescem com o aumento do pH e temperatura. Em baixos pH e temperatura, a

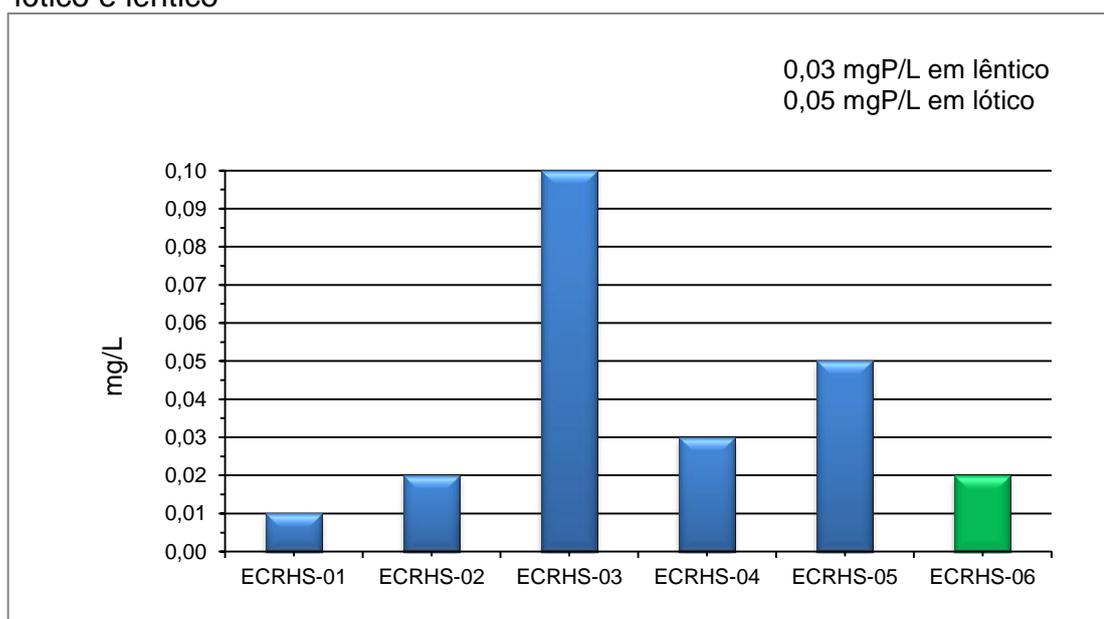
amônia se combina com a água para produzir um íon amônio (NH_4^+) e um íon hidróxido (OH^-).

De acordo com Sperling (1996), o parâmetro nitrogênio é importante na correlação com a variação da biota aquática, pois o mesmo altera a quantidade de algas no meio, influenciando de maneira negativa o oxigênio dissolvido, conseqüentemente gerando mortandade da ictiofauna e organismos que necessitam de uma quantidade adequada de oxigênio dissolvido.

5.2.6. Fósforo total

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise química constante na figura 11, a mesma demonstra a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da variação do parâmetro fósforo total. Segundo CETESB (2003), a concentração de fósforo em meio aquoso advém de forte influência antrópica e aparece em água natural devido, principalmente, às descargas de esgotos sanitários. Nestes, os detergentes superfosfatados empregados em larga escala constituem a principal fonte doméstica, além da própria matéria fecal, que é rica em proteínas.

Figura 11 - Representação gráfica do fósforo total respectivamente no ambiente lótico e lêntico



Fonte: Do autor, (2014).

A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) contempla padrão de qualidade referente à concentração limite de fósforo total para águas doce classe 2, que é de 0,05 mg/L para ambientes lóticos e 0,03 para ambientes lântico. Na figura 11, o valor aferido está fora da normativa na estação de coleta 03 e na estação de coleta 05.

De acordo com Sperling (1996) os parâmetros fósforo total e nitrogênio total são nutrientes relacionados ao crescimento acelerado de algas, ocasionando assim um aumento do estado de eutrofização. Verificou-se assim que os pontos caracterizados como ECRHS-03, 04 e 05 apresentaram uma similaridade com a variação dos nutrientes, nitrogênio total e fósforo total, logo se comprovou a forte influência de despejos domésticos nestes pontos. Segundo CETESB (2003), o parâmetro fósforo total é também um fator essencial no crescimento de bactérias responsáveis pela estabilização da matéria orgânica, assim quanto maior a quantidade de fósforo total em um recurso hídrico maior será a variação de oxigênio dissolvido no meio, sendo este um fator de forte correlação à variação da fauna e flora aquática, pois, como citado anteriormente o parâmetro participa em 1,7 decimais no total do IQA.

5.2.7. Turbidez

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise física constante na figura 12, demonstra-se a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da variação do parâmetro turbidez.

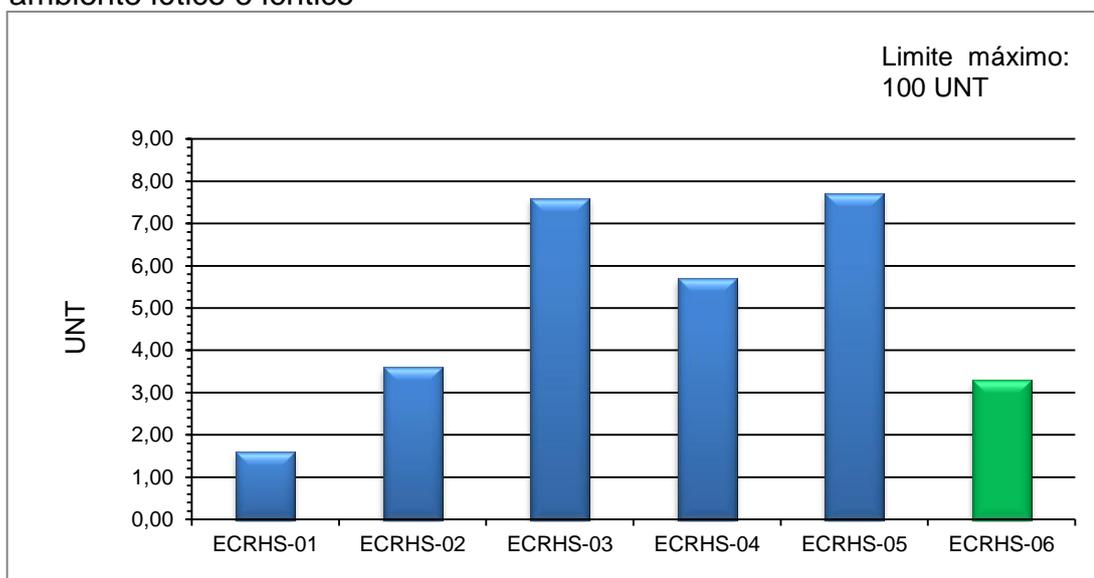
A origem deste parâmetro, quando natural, não apresenta problemas sanitários diretos, mais causa efeitos estéticos indesejáveis (SPERLING, 1996).

De acordo com Sperling (1996), a origem antrópica caracteriza-se pela alta periculosidade de conter compostos tóxicos e organismos patogênicos, podendo muitos destes estar adsorvidos nos sólidos em suspensão.

De acordo com CETESB (2014), a principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as água pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água.

Atividades de mineração, assim como o lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas (CETESB, 2014).

Figura 12 – Representação gráfica do parâmetro turbidez respectivamente no ambiente lótico e lêntico



Fonte: Do autor, (2014).

A Resolução CONAMA 375/05 (BRASIL, 2005) admite para padrões de qualidade de águas doces classe 2 uma concentração de 100 UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez), assim sendo todas as estações representadas na figura 12 apresentaram valores em acordo com a normativa.

De acordo com BRAGA et al. (2005), as águas de superfície possuem uma composição que varia muito em determinadas épocas do ano, possuindo elevado grau de turvação em climas de temperaturas baixas e formação de algas em épocas de temperaturas elevadas. Logo, para a região de estudo, o fator clima demonstra que a mesma afeta insignificamente os resultados obtidos no parâmetro turbidez, pois, segundo, ELETROSUL (2014), a temperatura média anual situa-se em torno de 20°C junto à orla marítima (parte costeira da ilha) e 22°C no interior da ilha, o que demonstra a amenidade do clima junto ao mar, apresentando pouca variação durante o ano, tendo em vista a proximidade do empreendimento em relação ao oceano Atlântico.

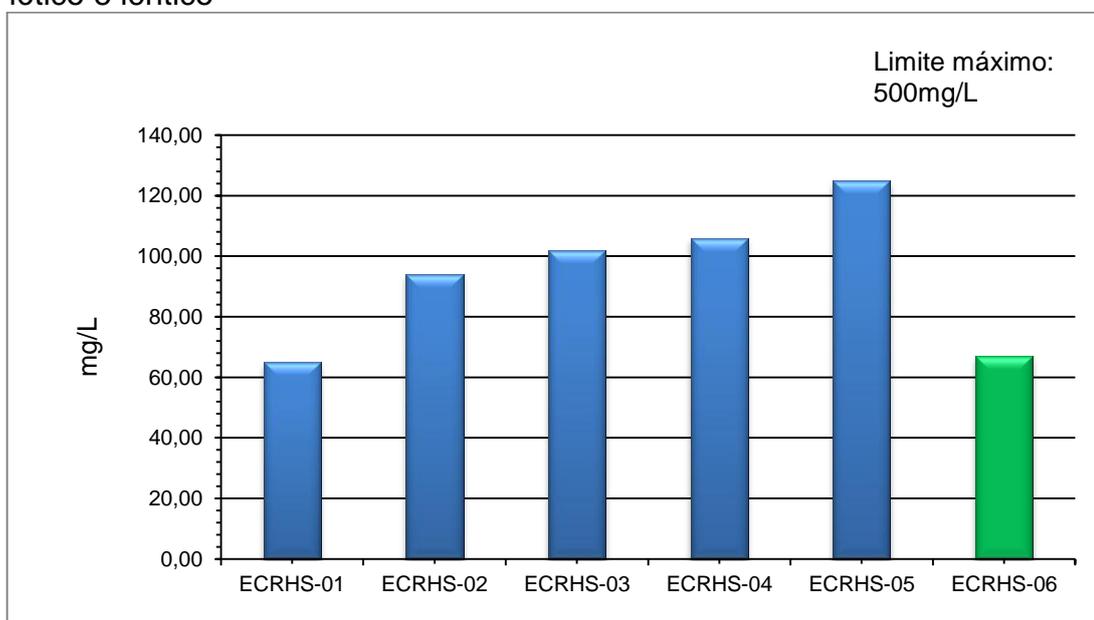
A ECRHS-03 é o primeiro ponto onde possa haver alguma relação com o empreendimento minerário, pois o mesmo encontra-se próximo ao beneficiamento de rocha. Verificou-se nos pontos 03, 04 e 05 um resultado maior que nos outros pontos de coleta, possivelmente seja pela forte influência antrópica e baixa densidade de mata ciliar, ocasionando em períodos chuvosos um carreamento de sólidos ao corpo hídrico.

5.2.8. Sólidos totais

De acordo com os dados quantitativos obtidos através da análise física constante na figura 13, demonstra-se a variação da qualidade do meio hídrico apenas em função da variação do parâmetro sólidos totais.

Segundo CETESB (2003), as determinações dos níveis de concentração de sólidos resultam, através de estudos de controle de poluição das águas naturais e principalmente na caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, em um quadro geral da distribuição das partículas com relação ao tamanho.

Figura 13 - Representação gráfica de sólidos totais respectivamente no ambiente lótico e lântico



Fonte: Do autor, (2014).

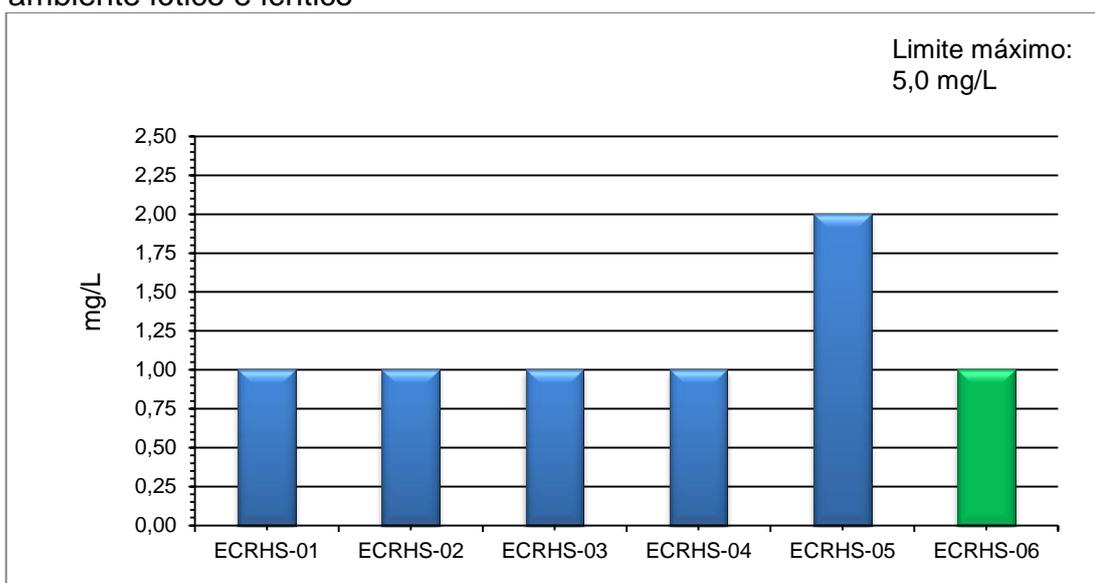
Em virtude da Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), adotar apenas o parâmetro sólidos dissolvidos para caracterização de qualidade de água na classe de uso do corpo hídrico, será considerado o mesmo valor máximo permitido para sólidos totais, que é de 500 mg/L.

Segundo Sperling (1996), o aumento gradativo dos sólidos totais pode afetar a biota aquática em geral, reter bactérias e resíduos orgânicos nos rios resultando em decomposição e aumento no consumo de oxigênio dissolvido, afetando assim gradativamente a biota aquática. Percebe-se claramente o aumento gradativo da concentração de sólidos totais, quando correlacionados a concentração de unidades habitacionais, conseqüentemente com o despejo de esgoto doméstico, a montante dos pontos de coleta. Os menores valores encontrados situam-se no ponto branco e no ambiente lântico, logo, segundo Santa Catarina (1997), comprovou-se a forte influência antrópica nos pontos de coleta na área a jusante do empreendimento minerário.

5.2.9. Demanda bioquímica de oxigênio

Na figura 14 verifica-se os resultados obtidos referentes à DBO (demanda bioquímica de oxigênio em 5 dias a 20°C) das amostras coletadas.

Figura 14 – Representação gráfica do parâmetro $DBO_{(5,20)}$ respectivamente no ambiente lótico e lântico



Fonte: Do autor, (2014).

O parâmetro demanda bioquímica de oxigênio não demonstrou variação até o ponto 4, devido ao fato da análise em laboratório possuir uma quantificação mínima de 1,0 mg/L de $DBO_{(5,20)}$. Já no ponto 05 o resultado dobrou em relação aos outros pontos, embora ainda dentro do padrão determinado pela legislação vigente. Foi verificado, *in-loco* (anexo e), maior lançamento de esgotos domésticos e baixa velocidade das águas, ocorrendo uma estagnação do meio hídrico em função também dos baixos e irregulares índices pluviométricos e conseqüentemente o agravamento na qualidade do meio.

Segundo CETESB (2014), o parâmetro DBO possui um peso de 0,10 na determinação do IQA. Altos valores de DBO afetam drasticamente a fauna aquática e de acordo com a NSF (*National Sanitation Foundation*) é verificado que o mesmo possui uma influência de 1,0(um) decimal no peso (relevância) do total correspondente ao IQA.

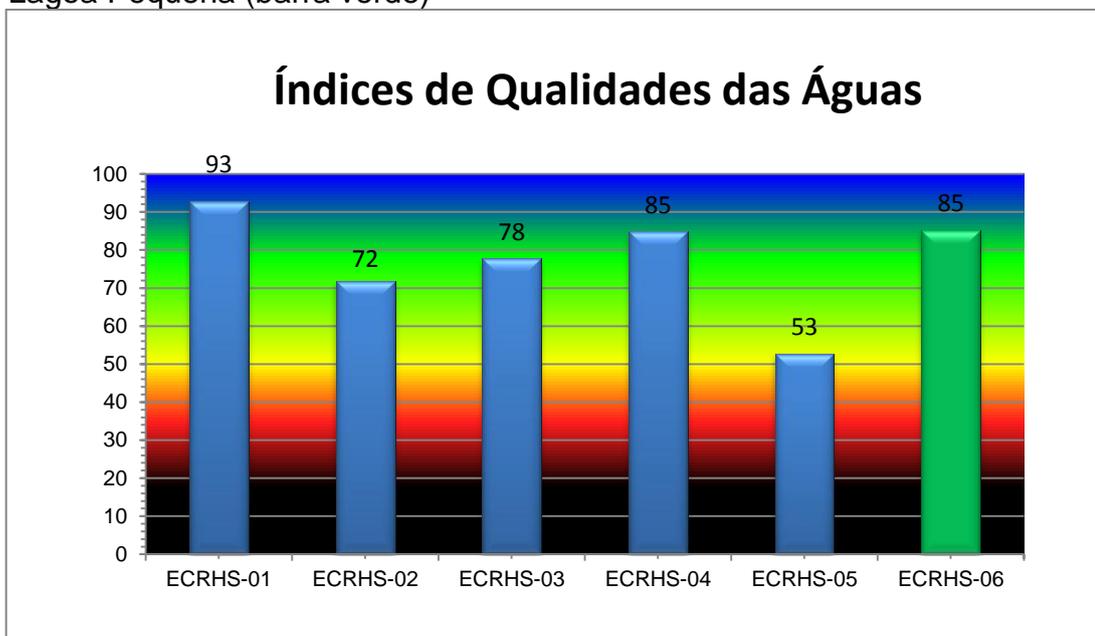
A Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005) permite para padrões de qualidade das águas doces classe 2, $DBO_{(5,20)}$ a 20°C de até 5 mg/L. O parâmetro delimitado na figura 14 encontra-se em acordo com a normativa. O ponto de coleta caracterizado como ECRHS-05, está relacionado ao oxigênio dissolvido disponível no meio, o aumento de 2,0 mg/L nesse ponto está correlacionado pelo baixo nível de oxigênio dissolvido especificamente 3,9 mg/L analisado em laboratório. Verifica-se ainda através deste fator que o ponto é caracterizado pela alta carga orgânica dissolvida e em suspensão no meio hídrico, devido ao fato do meio possuir a montante contribuição de esgoto doméstico. Logo, segundo Sperling (1996), há uma correlação forte da $DBO_{(5,20)}$ com o (oxigênio dissolvido), ocorrendo assim a oxidação de compostos orgânicos de despejos domésticos neste ponto de coleta.

5.3. AVALIAÇÃO DO IQA NO RIO TAVARES E NA LAGOA PEQUENA

Com base nos resultados obtidos dos 9 (nove) parâmetros, a citar, oxigênio dissolvido, coliformes fecais, temperatura, potencial hidrogeniônico, nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais e demanda bioquímica de oxigênio constantes na figura 15, foi determinado o IQA de cada ponto coletado,

conforme o procedimento realizado no item 4.4 da metodologia de cálculo para determinação do IQA. Os resultados dos IQA's referentes aos ambientes lóticos e lântico, apresentaram em média águas de boa à ótima qualidade.

Figura 15 - Representação gráfica do IQA no Rio Tavares (barras azuis) e na Lagoa Pequena (barra verde)



Fonte: Do autor, (2014).

Legenda IQA:

Figura 16 - Categorias e Ponderações do IQA

Categoria	Ponderação
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
REGULAR	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

Fonte: (CETESB, 2014)

Segundo CETESB, (2014) o ponto de maior agravante está localizado na ECRHS-05 salienta-se ainda que é o ponto com maior carga de poluentes hídricos, a de maior concentração de despejos domésticos e por consequência a de menor qualidade de água a jusante do empreendimento minerário, estando assim no limite de qualidade de índice regular a bom.

De acordo com CETESB (2003), deve-se interpretar tal resultado com cautela, tendo em vista que a metodologia do IQA não inclui muitos grupos de elementos e organismos tóxicos que podem causar danos fisiológicos se ingeridos.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Por meio dos métodos de estudo propostos, buscou-se avaliar, perante os parâmetros correspondentes ao IQA, a interferência do empreendimento de mineração e pontos de poluição hídrica secundários com os recursos hídricos. Através destes resultados, quantificaram-se os níveis de degradação do Rio Tavares e o ambiente lântico denominado como Lagoa Pequena. Os dados quantitativos das análises foram importantes para correlacionar a qualidade nos pontos de coleta, com os principais impactos no meio hídrico e ao meio biótico.

Com a obtenção das análises dos parâmetros realizadas em laboratório, foi possível analisar, avaliar e qualificar os resultados obtidos correlacionando-os com os possíveis efeitos da alteração do meio ambiente diante dos aspectos físicos, químicos e biológicos.

Com os dados obtidos no IQA, o ponto 04 do recurso hídrico foi considerado de ótima qualidade e o ponto 05 com qualidade boa a regular, verificando-se assim a interferência do despejo de esgotos domésticos com maior intensidade neste ponto. Pode-se destacar que pontos de coleta a jusante do ponto 05 até a foz, caracterizado como manguezal do rio Tavares, os parâmetros apresentaram maior variação de qualidade, em função da maior concentração de unidades habitacionais verificadas *in-loco*. Nos pontos 01, 02 e 03 a montante do empreendimento minerário, os recursos hídricos foram considerados com qualidade de água boa à ótima. No ponto 06, denominado Lagoa Pequena, o recurso hídrico foi considerado de ótima qualidade.

Através da análise dos resultados, pode-se verificar a pouca influência da atividade de mineração nos resultados obtidos no IQA. Verificou-se ainda que os índices para coliformes fecais no ponto 05, fósforo total nos pontos 03 e 05 e oxigênio dissolvido no ponto 05, encontraram-se em desacordo com a resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), que determina os limites estabelecidos para a classe de uso destes recursos hídricos, confirmando a predominância da interferência antrópica nos resultados obtidos.

Verificou-se que os parâmetros coliformes fecais e oxigênio dissolvido no ponto de coleta 05, em desacordo com a legislação CONAMA 357/05 para a classe

deste recurso hídrico, contribuíram para uma alta taxa de degradabilidade em função da quantificação verificada em análises laboratoriais e aos respectivos pesos dos parâmetros.

Por meio da metodologia proposta buscou-se avaliar a relação entre os aspectos bióticos e abióticos e a variação dos resultados das análises, em relação à uma atividade de mineração e aos despejos domésticos na qualidade dos recursos hídricos. Verificou-se ainda que, levando em consideração os parâmetros determinados para determinação do IQA e os principais poluentes da mineração apenas em função do IQA, turbidez e sólidos totais, a atividade de mineração na área de estudo não apresentaria um impacto ambiental significativo no que se refere a contaminação dos recursos hídricos.

De acordo com o estudo feito por SANTA CATARINA (1997), comprovou-se que a área da região é afetada pela alta carga de despejos urbanos, em função da alta concentração de residências próximas ao empreendimento minerário e aos recursos hídricos.

A atividade de mineração pode possuir um impacto negativo mais significativo, apenas nos parâmetros turbidez e sólidos totais, porém verifica-se que estes parâmetros possuem peso de 0,08 no IQA, respectivamente, pouco significativo em relação ao peso total na variação do IQA, devido a tal fato deve-se calibrar o modelo de IQA, para obter assim, uma maior representatividade da variação da qualidade dos recursos hídricos em função dos parâmetros relacionados à atividade de mineração. O aumento da turbidez e dos sólidos totais é ocasionado pelo carreamento de sedimentos da mineração para o corpo hídrico receptor interferindo na qualidade do mesmo. Estes parâmetros podem ser verificados principalmente nas etapas transporte, armazenamento e decapeamento. O aumento gradativo do parâmetro sólidos totais na qualidade das águas superficiais no ambiente lótico se deve também ao fato da ocorrência dos despejos domésticos.

Como recomendação para estudos posteriores, sugere-se quantificar e qualificar de forma otimizada cada compartimento ambiental supracitado, pesquisando assim, em longo prazo, a variação do IQA em períodos sazonais, em relação a constituição química de diversos minérios ou à um bem mineral específico,

em períodos mais e menos chuvosos, efetivando-se resultados mais precisos em pontos de maior relevância de cada compartimento ambiental.

Para uma quantificação e qualificação otimizada do IQA na microbacia hidrográfica do rio Tavares seria necessário uma maior quantidade de pontos de coleta a jusante do empreendimento minerário até a foz, para assim ser possível correlacionar a quantificação no poder de autodepuração do recurso hídrico e a concentração de poluentes no meio. Logo, haveria uma melhor visualização de quais são os parâmetros do IQA com maior variação em relação ao ponto branco.

REFERÊNCIAS

ALEXANDRE, Nadja Zim; KREBS, Antonio Silvio Jornada. . Qualidade das águas superficiais do município de Criciúma, SC. Porto Alegre: CPRM, 1995. 73 p.

ALMEIDA, Efigênia Soares et al. **Formação natural**. IN: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GEOGRAFIA, maio de 2010, Florianópolis. **Anais eletrônicos** Florianópolis: UFSC, 2010. Disponível em: http://parquemunicipalmaciodacosteira.files.wordpress.com/2010/05/atlas_ipuf.pdf Acesso em: 15 de mar. 2014, as 16:14.

BACK, Álvaro José. Caracterização climática. In: MILIOLI, Geraldo; SANTOS, Robson dos; ZANETTE, Vanilde Citadini (Coord.). **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar**. Curitiba: Juruá, 2009.

BARRETO, Maria Laura. **Mineração e desenvolvimento sustentável: Desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215p. Disponível em: <<http://pubs.iied.org/pdfs/G00580.pdf>> . Acesso em: 25 de abr de 2014, 20:00:00

BITAR, Omar Yazbek. **Avaliação da recuperação de áreas degradadas por mineração na região metropolitana de São Paulo**. Tese de Doutorado em Engenharia Mineral. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997. 184 p. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3134/tde-25102001.../Tese.PDF>> Acesso em: 20 de abr. 2014.

BITENCOURT MF, BONGIOLO EM, PHILIPP RP, MORALES LFG, RUBERT RR, MELO CL AND LUFT Jr. 2008. **Estratigrafia do Batólito Florianópolis, Cinturão Dom Feliciano, na Região de Garopaba-Paulo Lopes**, SC. Rev. Pesq. em Geociências (UFRGS) 35:109-136. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/22647/000671498.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 09 de abr. de 2014, 18:00:00.

BRAGA, Benedito et al. **Introdução à Engenharia Ambiental - 2ª Ed**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Águas. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**: Brasília: ANA, 2012. 264 p.; il. Disponível em: <http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/publicacoes/Panorama_Qualidade_Aguas_Superficiais_BR_2012.pdf>. Acesso em: 15 de abr de 2014. as 15:00:00.

BRASIL. **Panorama dos Recursos Hídricos em Santa Catarina**. Santa Catarina. 2005. 315 p.: il. Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/biblioteca_visualizar_arquivos.jsp?idEmpresa=1&idPasta=182>. Acesso em: 16 de abr. de 2014. abr 15:00:00

BRASIL. **CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL DE 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 04 de mar. 2014, 13:00:00.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente Resolução n.357**, de 17 de março de 2005. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011. Brasília, DF, 18 mar.2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 06 de mar. 2014, 14:00:00.

CARDOSO, Murilo Raphael Dias, 2009. **[Mapas] Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Sub-bacias do Brasil**. Disponível em: <<http://murilocardoso.com/2012/01/23/mapas-regioes-hidrograficas-bacias-hidrograficas-e-sub-bacias-do-brasil/>>. Acesso em: 18 de abr. 2014 às 20:00:00.

CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – Estado de São Paulo**.2014. Disponível em: [http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-\(iqa\)](http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-(iqa)). Acesso em: 21 de abr. 2014, 17:00:00.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de Qualidade das Águas Interiores do Estado de São Paulo 2003**. São Paulo: CETESB, 2003 (Série Relatórios). Disponível em: <http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/biblioteca_virtual/bv_informativos_tecnicos/Relat%C3%B3rio%20Anual.pdf>. Acesso em: de abr de 2014.às19:00:00.

CPRH, Agência Estadual do Meio Ambiente. **Seleção De Índices E Indicadores De Qualidade Da Água Aplicação Dos Índices Selecionados**. Pernambuco, 2014. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/pnma2/qualidade-agua/selecaoIndiceIndicadores.pdf>>. Acesso em: 10 de jun. 2014, as 13:00

DERISIO, José Carlos. **Introdução ao Controle de Poluição Ambiental**. 2ª ed. São Paulo: Signus Editora, 2000. 164p

ELETROSUL. **Caracterização Climática de Florianópolis - GERAL**. Disponível em: <http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/conteudo.php?cd=32_>> Acesso em: 21 de abr. 2014, 15:00:00.

ESPINOZA, Helia Del Carmen Farias. **Evolução Temporal da Cobertura Vegetal do Manguezal do Rio Tavares (Florianópolis-SC) empregando Sensoriamento Remoto e SIG**. 2008. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental), Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2008. Disponível em: <http://www6.univali.br/tede/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=475>. Acesso em: 23 abr. 2014, 17:00.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 1998. 226p.

PVSC, 2014. Regiões Hidrográficas de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.pvsc.org.br/site/content/coord_regionais/>. Acesso em: 28 de jun. de 2014. as 20:40:00

FARIAS, Carlos Eugenio Gomes. **Mineração e Meio Ambiente no Brasil** Contribuição: José Mário Coelho, DSc Outubro de 2002. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf>. Acesso em: 28 de abr. 2014, 15:00:00.

FUZINATTO, Cristiane Funghetto **Avaliação da qualidade da água de rios localizados na ilha de Santa Catarina utilizando parâmetros toxicológicos e o índice de qualidade de água** [dissertação] / Cristiane Funghetto Fuzinato; orientador, William Gerson Matias. - Florianópolis, SC 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/92241> >. Acesso em: 15 de abr de 2014. as 16:00:00.

KOPEZINSKI, Isaac. **Mineração x meio ambiente:** considerações legais, principais impactos ambientais e seus processos modificadores. Porto Alegre: UFRGS, 2000. 103 p.

MACHADO, Gustavo Scheidt. **Avaliação de Impacto e Plano de Controle Ambiental para uma empresa de beneficiamento de minérios.** IN: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL, junho de 2009, Criciúma. Disponível em: <http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/00003D/00003DC1.pdf> Acesso em: 15 de mar. 2014, as 16:00.

MACÊDO, Jorge Antonio de. **Águas & Águas** / Jorge Antonio Barros de Macêdo – Belo Horizonte: CRQ-MG, 2004.

MILIOLI et al, 2009. **Mineração de Carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar.** / Geraldo Milioli, Robson dos Santos, Vanilde Citadini-Zanete (coords.)./Curitiba: Juruá, 2009.

MODESTO, R. **Impactos causados pela mineração.** webartigos.com. Jun. 2007. disponível em: <<http://www.webartigos.com/artigos/impactos-ambientais-causados-pela-mineracao/7774/>> Acesso em: 05 de mar. 2014 às 13:30:00.

PEREIRA, R. S. **Identificação e Caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos.** Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. IPH UFRGS. V. 1, N. 1 P. 20-36. 2004. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 30 de abr de 2014. As 10:00:00.

PERH, 2007. **Plano Estadual De Recursos Hídricos De Santa Catarina.** Disponível em: <<http://www.aguas.sc.gov.br/sirhsc/index.jsp?idEmpresa=33>>. Acesso em: 18 de abr. 2014 às 23:30:00.

PINTO, Nelson L. de Souza, et al. **Hidrologia básica.** São Paulo: Edgard Blucher,

1973.

SALLES, Colombo Machado. **Rios e Canais** – Florianópolis: Elbert, 1993.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. **Bacias Hidrográficas do Estado de Santa Catarina: Diagnostico Geral**. Florianópolis, 1997. 163p.

SPERLING, Marcos Von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2ª Edição. Princípios do tratamento biológico de águas Residuárias. Editora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG – Belo Horizonte, 1996.

TUCCI et al, 2001. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2001. 943 p.

ANEXO(S)

Anexo A – Relatório de ensaio da ECRHS – 01



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1248/2014	
DADOS DO CLIENTE	
Cliente: Geológica Engenharia e Meio Ambiente LTDA	
Projeto: **	Campanha: **
Interessado: Joel Fin	Fone: (48) 3437- 1763
Endereço: Almirante Barroso, 664 – Criciúma – SC	
DADOS DE AMOSTRAGEM	
Data de Coleta da Amostra: 21/05/2014 09:00	Data de Entrada no LAEI: 21/05/2014 16:40
Descrição da Amostra: Rio Tavares (Montante – Ponto Branco)	
Ponto de Coleta: ECRHS-01	
Tipo de Amostragem: Simples (pontual)	
Condições Climáticas: **	
Temperatura da Amostra (°C): 19,0	Temperatura do Ar (°C): 23,0
Aparência da Amostra: **	
Coletor: Patrick Mandelli e Rodrigo Bonfante (IPAT/UNESC)	
Obs:	
Código da amostra IPAT/UNESC: 88867	
	
Ponto de coleta Coordenadas: UTM (Sigas 2000) : N = 6940363914 E = 747834891	

RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1248/2014				
PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO				
Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
pH (27,0°C)	6,9	6,0 a 9,0	Faixa (0,1 a 14)	Potenciométrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	9,6	5,0 (não inferior)	0,1	Potenciométrico
RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS				
Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
DBO ₅ (5 dias) (mg.L ⁻¹)	< 1	5	1	Teste DBO 5 dias
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	< 0,01	0,05	0,01	Colorimétrico
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	0,6	(Obs: 2)	0,1	Macro Kjeldahl / Titulométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	65	(Obs: 2)	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	1,6	100	0,1	Nefelométrico
<p>Obs: (1) = Valores Máximos permitidos (LMP) de acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 - Art ° 15°-. Para Águas de Classe 2. (2) = Parâmetro não contemplado para esta resolução.</p> <p>*****</p>				
Notas:				
Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.				
Este relatório de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.				
Criciúma, 29 de maio de 2014.				
<p>----- M^a Glória S. Santos – MSc CRQ XIII - 13300056 Responsável Técnico</p>				



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
 IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico
 Instituto de Alimentos - IALI
 Laboratório de Microbiologia

Endereço: ROD. GOVERNADOR JORGE LACERDA, KM 4.5 - SANGÃO
 Cx Postal 3167, CRICIÚMA - SC, 88805-350
 Fone/Fax: (048) 3444-3727 E-mail: ial@unesc.net
 www.unesc.net/iparque

Credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Pág.: 1 de 1

RELATÓRIO DE ANÁLISES

Data de Emissão: 27/05/2014 Relatório N°: 88333 / 2014 Via: 4 Amostra N°: 88851 Amostra Cliente N°:

DADOS DA AMOSTRA

Cliente: GEOLÓGICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA (41561) **Endereço:** Almirante Barroso, 664 **Cidade:** CRICIÚMA
Interessado: JOEL FIN **Coletor:** RODRIGO / PATRICK
Descrição: Água - Ponto 01
Temp. de Coleta: **Lote:**
Data de Produção: **Data de Coleta:** 21/05/2014 09:00 **Data de Entrada no Laboratório:** 21/05/2014 16:50 **Data de Início das Análises:** 22/05/2014 09:00

RESULTADOS

Análise	Unidade	Resultado	Limite Inferior de Detecção	Máximo Permitido	Metodologia
NMP de coliformes totais	NMP/100 mL	1,1 x 10 ²	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p. 9-45-4-76.
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	2,0 x 10 ⁰	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p. 9-46-9-76.

Observação: Os valores apresentados nas colunas de resultado, limite inferior de detecção e limite máximo permitido estão expressados em notação científica, sendo equivalentes ao seguinte exemplo: 3200 = 3,2 x 10³

<p><i>Miriam F. Colombo</i> Responsável Técnica Miriam Fabiola Colombo CRBIO 53.777 - 03 D</p>	<p>Cláusulas de Responsabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do coletor. 2) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido às análises. 3) O laboratório não se torna responsável, em nenhum caso, de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial, sem autorização expressa, está totalmente proibida ou pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venha a dar aos dados ou indicações contidas no certificado, em prejuízo ou benefício de marcas comerciais que o cliente tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo. <p style="text-align: right;">Nro Orçamento: 5112</p>
---	---

Anexo B – Relatório de ensaio da ECRHS – 02



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1249/2014	
DADOS DO CLIENTE	
Cliente: Geológica Engenharia e Meio Ambiente LTDA	
Projeto: **	Campanha: **
Interessado: Joel Fin	Fone: (48) 3437- 1763
Endereço: Almirante Barroso, 664 – Criciúma – SC	
DADOS DE AMOSTRAGEM	
Data de Coleta da Amostra: 21/05/2014 10:00	Data de Entrada no LAEI: 21/05/2014 16:40
Descrição da Amostra: Rio Tavares (Montante)	
Ponto de Coleta: ECRHS-02	
Tipo de Amostragem: Simples (pontual)	
Condições Climáticas: **	
Temperatura da Amostra (°C): 19,5	Temperatura do Ar (°C): 25,0
Aparência da Amostra: **	
Coletor: Patrick Mandelli e Rodrigo Bonfante (IPAT/UNESC)	
Obs:	
Código da amostra IPAT/UNESC: 88869	
	
Ponto de coleta Coordenadas: UTM: N = 6940065,984 E = 478062,989	

RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1249/2014				
PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO				
Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
pH (27,0°C)	6,7	6,0 a 9,0	Faixa (0,1 a 14)	Potenciométrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	7,1	5,0 (não inferior)	0,1	Potenciométrico
RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS				
Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
DBO ₅ (5 dias) (mg.L ⁻¹)	< 1	5	1	Teste DBO 5 dias
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,02	0,05	0,01	ICP - OES
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	0,4	(Obs: 2)	0,1	Macro Kjeldahl / Titulométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	94	(Obs: 2)	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	3,6	100	0,1	Nefelométrico
<p>Obs: (1) = Valores Máximos permitidos (LMP) de acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 - Art ° 15°-. Para Águas de Classe 2.</p> <p>(2) = Parâmetro não contemplado para esta resolução.</p> <p>*****</p>				
<p>Notas:</p> <p>Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.</p> <p>Este relatório de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.</p>				
Criciúma, 29 de maio de 2014.				
<p>M^g Glória S. Santos – MSc CRQ XIII - 13300056 Responsável Técnico</p>				



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
 IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico
 Instituto de Alimentos - IALI
 Laboratório de Microbiologia

Endereço: ROD. GOVERNADOR JORGE LACERDA, KM 4.5 - SANGÃO
 Cx Postal 3167, CRICIÚMA - SC, 88805-350
 Fone/Fax: (048) 3444-3727 E-mail: ial@unesc.net
 www.unesc.net/iparque

Credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Pág.: 1 de 1

RELATÓRIO DE ANÁLISES

Data de Emissão: 27/05/2014 Relatório N°: 88334 / 2014 Via: 4 Amostra N°: 88852 Amostra Cliente N°:

DADOS DA AMOSTRA

Cliente: GEOLÓGICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA (41561) Endereço: Almirante Barroso, 664 Cidade: CRICIÚMA
 Interessado: JOEL FIN Coletor: RODRIGO / PATRICK
 Descrição: Água - Ponto 2
 Temp. de Coleta: Lote:
 Data de Produção: Data de Coleta: 21/05/2014 10:00 Data de Entrada no Laboratório: 21/05/2014 16:50 Data de Início das Análises: 22/05/2014 09:05

RESULTADOS

Análise	Unidade	Resultado	Limite Inferior de Detecção	Máximo Permitido	Metodologia
NMP de coliformes totais	NMP/100 mL	$1,4 \times 10^3$	$1,8 \times 10^0$		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p. 9-45-4-76.
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	$4,9 \times 10^2$	$1,8 \times 10^0$		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p. 9-46-9-76.

Observação: Os valores apresentados nas colunas de resultado, limite inferior de detecção e limite máximo permitido estão expressados em notação científica, sendo equivalentes ao seguinte exemplo: 3200 = $3,2 \times 10^3$

<p><i>Miriam F. Colombo</i> Responsável Técnica Miriam Fabiola Colombo CRBIO 53.777 - 03 D</p>	<p>Cláusulas de Responsabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do coletor. 2) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido às análises. 3) O laboratório não se torna responsável, em nenhum caso, de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial, sem autorização expressa, está totalmente proibida ou pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venha a dar aos dados ou indicações contidas no certificado, em prejuízo ou benefício de marcas comerciais que o cliente tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo. <p style="text-align: right;">Nro Orçamento: 5112</p>
---	---

Anexo C – Relatório de ensaio da ECRHS – 03



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1250/2014	
DADOS DO CLIENTE	
Cliente: Geológica Engenharia e Meio Ambiente LTDA	
Projeto: **	Campanha: **
Interessado: Joel Fin	Fone: (48) 3437- 1763
Endereço: Almirante Barroso, 664 – Criciúma – SC	
DADOS DE AMOSTRAGEM	
Data de Coleta da Amostra: 21/05/2014 12:00	Data de Entrada no LAEI: 21/05/2014 16:40
Descrição da Amostra: Rio Tavares (Entrada-Empreendimento)	
Ponto de Coleta: ECRHS-03	
Tipo de Amostragem: Simples (pontual)	
Condições Climáticas: **	
Temperatura da Amostra (°C): 20,5	Temperatura do Ar (°C): 23,0
Aparência da Amostra: **	
Coletor: Patrick Mandelli e Rodrigo Bonfante (IPAT/UNESC)	
Obs:	
Código da amostra IPAT/UNESC: 88871	
	
Ponto de coleta Coordenadas: UTM: N = 6936576,239 E = 748474,4	

RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1250/2014

PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
pH (27,0°C)	6,8	6,0 a 9,0	Faixa (0,1 a 14)	Potenciométrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	6,2	5,0 _(mínimo inferior)	0,1	Potenciométrico

RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
DBO _(5 dias) (mg.L ⁻¹)	< 1	5	1	Teste DBO 5 dias
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,10	0,05	0,01	ICP - OES
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	1,2	(Obs: 2)	0,1	Macro Kjeldahl / Titulométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	102	(Obs: 2)	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	7,6	100	0,1	Nefelométrico

Obs: (1) = Valores Máximos permitidos (LMP) de acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 - Art ° 15°-. Para Águas de Classe 2.
(2) = Parâmetro não contemplado para esta resolução.

Notas:

Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.
Este relatório de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Criciúma, 29 de maio de 2014.

M^a Glória S. Santos – MSc
CRQ XIII - 13300056
Responsável Técnico



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
 IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico
 Instituto de Alimentos - IALI
 Laboratório de Microbiologia

Endereço: ROD. GOVERNADOR JORGE LACERDA, KM 4,5 - SANGÃO
 Cx Postal 3167, CRICIÚMA - SC, 89805-350
 Fone/Fax: (048) 3444-3727 E-mail: ial@unesc.net
 www.unesc.net/iparque

Credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Pág.: 1 de 1

RELATÓRIO DE ANÁLISES

Data de Emissão: 27/05/2014 Relatório N°: 88335 / 2014 Via: 4 Amostra N°: 88853 Amostra Cliente N°:

DADOS DA AMOSTRA

Cliente: GEOLÓGICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA (41561) Endereço: Almirante Barroso, 664 Cidade: CRICIÚMA
 Interessado: JOEL FIN Coletor: RODRIGO / PATRICK
 Descrição: Água - Ponto 3
 Temp. de Coleta: Lote:
 Data de Produção: Data de Coleta: 21/05/2014 12:00 Data de Entrada no Laboratório: 21/05/2014 16:50 Data de Início das Análises: 22/05/2014 09:10

RESULTADOS

Análise	Unidade	Resultado	Limite Inferior de Detecção	Máximo Permitido	Metodologia
NMP de coliformes totais	NMP/100 mL	3,3 x 10 ²	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 23rd Edition, Section 9221, p.9-45-9-76.
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	3,3 x 10 ²	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 23rd Edition, Section 9221, p.9-45-9-76.

Observação: Os valores apresentados nas colunas de resultado, limite inferior de detecção e limite máximo permitido estão expressados em notação científica, sendo equivalentes ao seguinte exemplo: 3200 = 3,2 x 10³

<p><i>Miriam F. Colombo</i> Responsável Técnica Miriam Fabíola Colombo CRBIO 53.777 - 03 D</p>	<p>Cláusulas de Responsabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do coletor. 2) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido às análises. 3) O laboratório não se torna responsável, em nenhum caso, de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial, sem autorização expressa, está totalmente proibida ou pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venha a dar aos dados ou indicações contidas no certificado, em prejuízo ou benefício de marcas comerciais que o cliente tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo. <p style="text-align: right;">Nro Orçamento: 5112</p>
--	---

Anexo D – Relatório de ensaio da ECRHS – 04



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1251/2014	
DADOS DO CLIENTE	
Cliente: Geológica Engenharia e Meio Ambiente LTDA	
Projeto: **	Campanha: **
Interessado: Joel Fin	Fone: (48) 3437- 1763
Endereço: Almirante Barroso, 664 – Criciúma – SC	
DADOS DE AMOSTRAGEM	
Data de Coleta da Amostra: 21/05/2014 12:00	Data de Entrada no LAEI: 21/05/2014 16:40
Descrição da Amostra: Rio Tavares (Saída-Empreendimento)	
Ponto de Coleta: ECRHS-04	
Tipo de Amostragem: Simples (pontual)	
Condições Climáticas: **	
Temperatura da Amostra (°C): 22,0	Temperatura do Ar (°C): 23,0
Aparência da Amostra: **	
Coletor: Patrick Mandelli e Rodrigo Bonfante (IPAT/UNESC)	
Obs:	
Código da amostra IPAT/UNESC: 88872	
	
Ponto de coleta Coordenadas: UTM (Sirgas 2000): N = 6938944,854 E = 748532,221	

RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1251/2014				
PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO				
Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
pH (27,0°C)	6,8	6,0 a 9,0	Faixa (0,1 a 14)	Potenciométrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	9,2	5,0 (não inferior)	0,1	Potenciométrico
RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS				
Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
DBO ₅ (5 dias) (mg.L ⁻¹)	< 1	5	1	Teste DBO 5 dias
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,03	0,05	0,01	ICP - OES
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	0,5	(Obs: 2)	0,1	Macro Kjeldahl / Titulométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	106	(Obs: 2)	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	5,7	100	0,1	Nefelométrico
<p>Obs: (1) = Valores Máximos permitidos (LMP) de acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 - Art ° 15°-. Para Águas de Classe 2. (2) = Parâmetro não contemplado para esta resolução.</p> <p>*****</p>				
<p>Notas: Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada. Este relatório de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.</p>				
Criciúma, 29 de maio de 2014.				
<p>M^g Glória S. Santos – MSc CRQ XIII - 13300056 Responsável Técnico</p>				



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
 IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico
 Instituto de Alimentos - IALI
 Laboratório de Microbiologia

Endereço: ROD. GOVERNADOR JORGE LACERDA, KM 4,5 - SANGÃO
 Cx Postal 3167, CRICIÚMA - SC, 88805-350
 Fone/Fax: (048) 3444-3727 E-mail: ial@unesc.net
 www.unesc.net/iparque

Credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Pág.: 1 de 1

RELATÓRIO DE ANÁLISES

Data de Emissão: 27/05/2014 Relatório N°: **88336 / 2014** Via: **4** Amostra N°: **88854** Amostra Cliente N°:

DADOS DA AMOSTRA

Cliente: GEOLÓGICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA (41561) Endereço: Almirante Barroso, 664 Cidade: CRICIÚMA
 Interessado: JOEL FIN Coletor: RODRIGO / PATRICK
 Descrição: Água - Ponto 4
 Temp. de Coleta: Lote:
 Data de Produção: Data de Coleta: 21/05/2014 12:30 Data de Entrada no Laboratório: 21/05/2014 16:50 Data de Início das Análises: 22/05/2014 09:15

RESULTADOS

Análise	Unidade	Resultado	Limite Inferior de Detecção	Máximo Permitido	Metodologia
NMP de coliformes totais	NMP/100 mL	3,5 x 10 ⁰	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, Section 9221, p.9-45-4-76.
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	2,3 x 10 ²	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 22nd Edition, Section 9221, p.9-45-4-76.

Observação: Os valores apresentados nas colunas de resultado, limite inferior de detecção e limite máximo permitido estão expressados em notação científica, sendo equivalentes ao seguinte exemplo: 3200 = 3,2 x 10³

<p><i>Miriam F. Colombo</i> Responsável Técnica Miriam Fabíola Colombo CRBIO 53.777 - 03 D</p>	<p>Cláusulas de Responsabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do coletor. 2) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido às análises. 3) O laboratório não se torna responsável, em nenhum caso, de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial, sem autorização expressa, está totalmente proibida ou pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venha a dar aos dados ou indicações contidas no certificado, em prejuízo ou benefício de marcas comerciais que o cliente tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo. <p style="text-align: right;">Nro Orçamento: 5112</p>
---	---

Anexo E – Relatório de ensaio da ECRHS – 05



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1252/2014	
DADOS DO CLIENTE	
Cliente: Geológica Engenharia e Meio Ambiente LTDA	
Projeto: **	Campanha: **
Interessado: Joel Fin	Fone: (48) 3437- 1763
Endereço: Almirante Barroso, 664 – Criciúma – SC	
DADOS DE AMOSTRAGEM	
Data de Coleta da Amostra: 21/05/2014 11:20	Data de Entrada no LAEI: 21/05/2014 16:40
Descrição da Amostra: Rio Tavares (Jusante)	
Ponto de Coleta: ECRHS-05	
Tipo de Amostragem: Simples (pontual)	
Condições Climáticas: **	
Temperatura da Amostra (°C): 21,0	Temperatura do Ar (°C): 23,0
Aparência da Amostra: **	
Coletor: Patrick Mandelli e Rodrigo Bonfante (IPAT/UNESC)	
Obs:	
Código da amostra IPAT/UNESC: 88873	
	
Ponto de coleta Coordenadas: UTM(Sigas 2000) : N = 6938673,224 E = 747852,241	

RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1252/2014

PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
pH (27,0°C)	6,4	6,0 a 9,0	Faixa (0,1 a 14)	Potenciométrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	3,9	5,0 _(mínimo inferior)	0,1	Potenciométrico

RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
DBO _(5 dias) (mg.L ⁻¹)	2	5	1	Teste DBO 5 dias
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,05	0,05	0,01	ICP - OES
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	0,9	(Obs: 2)	0,1	Macro Kjeldahl / Titulométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	125	(Obs: 2)	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	7,7	100	0,1	Nefelométrico

Obs: (1) = Valores Máximos permitidos (LMP) de acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 - Art ° 15°-. Para Águas de Classe 2.

(2) = Parâmetro não contemplado para esta resolução.

Notas:

Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.

Este relatório de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Criciúma, 29 de maio de 2014.

M^a Glória S. Santos – MSc
CRQ XIII - 13300056
Responsável Técnico



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
 IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico
 Instituto de Alimentos - IALI
 Laboratório de Microbiologia

Endereço: ROD. GOVERNADOR JORGE LACERDA, KM 4,5 - SANGÃO
 Cx Postal 3167, CRICIÚMA - SC, 88805-350
 Fone/Fax: (048) 3444-3727 E-mail: ial@unesc.net
 www.unesc.net/iparque

Credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Pág.: 1 de 1

RELATÓRIO DE ANÁLISES

Data de Emissão: 27/05/2014 Relatório N°: 88337 / 2014 Via: 4 Amostra N°: 88855 Amostra Cliente N°:

DADOS DA AMOSTRA

Cliente: GEOLÓGICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA (41561) Endereço: Almirante Barroso, 664 Cidade: CRICIÚMA
 Interessado: JOEL FIN Coletor: RODRIGO / PATRICK
 Descrição: Água - Ponto 5
 Temp. de Coleta: Lote:
 Data de Produção: Data de Coleta: 21/05/2014 11:20 Data de Entrada no Laboratório: 21/05/2014 16:50 Data de Início das Análises: 22/05/2014 09:20

RESULTADOS

Análise	Unidade	Resultado	Limite Inferior de Detecção	Máximo Permitido	Metodologia
NMP de coliformes totais	NMP/100 mL	9,2 x 10 ³	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p.9-45-4-76.
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	3,5 x 10 ³	1,8 x 10 ⁰		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p.9-45-4-76.

Observação: Os valores apresentados nas colunas de resultado, limite inferior de detecção e limite máximo permitido estão expressados em notação científica, sendo equivalentes ao seguinte exemplo: 3200 = 3,2 x 10³

<p><i>Miriam F. Colombo</i> Responsável Técnica Miriam Fabíola Colombo CRBIO 53.777 - 03 D</p>	<p>Cláusulas de Responsabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do coletor. 2) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido às análises. 3) O laboratório não se torna responsável, em nenhum caso, de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial, sem autorização expressa, está totalmente proibida ou pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venha a dar aos dados ou indicações contidas no certificado, em prejuízo ou benefício de marcas comerciais que o cliente tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo. <p style="text-align: right;">Nro Orçamento: 5112</p>
---	---

Anexo F – Relatório de ensaio da ECRHS – 06



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC
Laboratório de Águas e Efluentes Industriais – LAEI



RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1253/2014	
DADOS DO CLIENTE	
Cliente: Geológica Engenharia e Meio Ambiente LTDA	
Projeto: **	Campanha: **
Interessado: Joel Fin	Fone: (48) 3437- 1763
Endereço: Almirante Barroso, 664 – Criciúma – SC	
DADOS DE AMOSTRAGEM	
Data de Coleta da Amostra: 21/05/2014 11:20	Data de Entrada no LAEI: 21/05/2014 16:40
Descrição da Amostra: Lagoa Pequena	
Ponto de Coleta: ECRHS-06	
Tipo de Amostragem: Simples (pontual)	
Condições Climáticas: **	
Temperatura da Amostra (°C): 22,2	Temperatura do Ar (°C): 25,0
Aparência da Amostra: **	
Coletor: Patrick Mandelli e Rodrigo Bonfante (IPAT/UNESC)	
Obs:	
Código da amostra IPAT/UNESC: 88873	
	
Ponto de coleta Coordenadas: UTM (Sirgas 2000): N = 6938264,926 E = 748634,376	

RELATÓRIO DE ENSAIO N°: 1253/2014

PARÂMETROS MEDIDOS EM CAMPO

Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
pH (27,0°C)	7,0	6,0 a 9,0	Faixa (0,1 a 14)	Potenciométrico
Oxigênio Dissolvido (mg.L ⁻¹)	8,6	5,0 _(mínimo inferior)	0,1	Potenciométrico

RESULTADOS DAS ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

Parâmetros	Resultados	LMP ⁽¹⁾	LQ	Método Analítico
DBO _(5 dias) (mg.L ⁻¹)	< 1	5	1	Teste DBO 5 dias
Fósforo Total (mg.L ⁻¹)	0,02	0,05	0,01	ICP - OES
Nitrogênio Total (mg.L ⁻¹)	1,0	(Obs: 2)	0,1	Macro Kjeldahl / Titulométrico
Sólidos Totais (mg.L ⁻¹)	67	(Obs: 2)	10	Gravimétrico
Turbidez (NTU)	3,3	100	0,1	Nefelométrico

Obs: (1) = Valores Máximos permitidos (LMP) de acordo com a Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005 - Art ° 15°-. Para Águas de Classe 2.

(2) = Parâmetro não contemplado para esta resolução.

Notas:

Os resultados apresentados no presente relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.

Este relatório de análise só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Criciúma, 29 de maio de 2014.

M^a Glória S. Santos – MSc
CRQ XIII - 13300056
Responsável Técnico



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
 IPARQUE - Parque Científico e Tecnológico
 Instituto de Alimentos - IALI
 Laboratório de Microbiologia

Endereço: ROD. GOVERNADOR JORGE LACERDA, KM 4.5 - SANGÃO
 Cx Postal 3167, CRICIÚMA - SC, 88805-350
 Fone/Fax: (048) 3444-3727 E-mail: ial@unesc.net
 www.unesc.net/iparque

Credenciado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Pág.: 1 de 1

RELATÓRIO DE ANÁLISES

Data de Emissão: 30/05/2014 Relatório N°: **88338 / 2014** Via: **4** Amostra N°: **88856** Amostra Cliente N°:

DADOS DA AMOSTRA

Cliente: GEOLÓGICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA (41561) **Endereço:** Almirante Barroso, 664 **Cidade:** CRICIÚMA
Interessado: JOEL FIN **Coletor:** RODRIGO / PATRICK
Descrição: Água - Ponto 6
Temp. de Coleta: **Lote:**
Data de Produção: **Data de Coleta:** 21/05/2014 11:40 **Data de Entrada no Laboratório:** 21/05/2014 16:50 **Data de Início das Análises:** 22/05/2014 09:25

RESULTADOS

Análise	Unidade	Resultado	Limite Inferior de Detecção	Máximo Permitido	Metodologia
NMP de coliformes totais	NMP/100 mL	$7,9 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^0$		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p. 9-45-4-76.
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	$2,3 \times 10^{-1}$	$1,8 \times 10^0$		Standard Methods for the examination of Water and Wastewater, 2012, 22nd Edition, Section 9221, p. 9-46-9-76.

Observação: Os valores apresentados nas colunas de resultado, limite inferior de detecção e limite máximo permitido estão expressados em notação científica, sendo equivalentes ao seguinte exemplo: 3200 = $3,2 \times 10^3$

<p><i>Miriam F. Colombo</i> Responsável Técnica Miriam Fabiola Colombo CRBIO 53.777 - 03 D</p>	<p>Cláusulas de Responsabilidade:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) A identificação do material a ser analisado é responsabilidade do coletor. 2) Os resultados obtidos somente se referem ao material submetido às análises. 3) O laboratório não se torna responsável, em nenhum caso, de interpretação ou uso indevido que se possa fazer dos resultados, cuja reprodução parcial, sem autorização expressa, está totalmente proibida ou pelo uso que o solicitante, outra pessoa ou entidade venha a dar aos dados ou indicações contidas no certificado, em prejuízo ou benefício de marcas comerciais que o cliente tenha podido citar como identificação das amostras submetidas ao estudo. <p style="text-align: right;">Nro Orçamento: 5112</p>
---	---