UNIVERSIDADE DA REGIÃO DE JOINVILLE
MESTRADO EM SAÚDE E MEIO AMBIENTE

MILENA MULLER SCHUBERT

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA: O CASO DOS RIOS MORRO ALTO, MIRANDINHA E VERTENTE PARQUE DE FRANCE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA – JOINVILLE - SC

JOINVILLE/SC
2015

MILENA MULLER SCHUBERT

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA: O CASO DOS RIOS MORRO ALTO, MIRANDINHA E VERTENTE PARQUE DE FRANCE PERTENCENTE À BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO CACHOEIRA – JOINVILLE - SC

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade da Região de Joinville - UNIVILLE, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente. Orientador:
Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger.

JOINVILLE/SC
2015

Termo de Aprovação

"Avaliação da Qualidade de Água: O Caso dos Rios Morro Alto, Mirandinha e Vertente Parque de France da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira - Joinville - SC"

por

Milena Muller Schubert

Dissertação julgada para a obtenção do título de Mestre em Saúde e Meio Ambiente, área de concentração Saúde e Meio Ambiente e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente.

Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger
Orientador (UNIVILLE)

Profa. Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Saúde e Meio Ambiente

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger
Orientador (UNIVILLE)

Profa. Dra. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto
(UFSC)

Profa. Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira
(UNIVILLE)

Catalogação na publicação pela Biblioteca Universitária da Univille

Schubert, Milena Muller

S384 Avaliação da qualidade de água: o caso dos rios Morro Alto, Mirandinha e vertente Parque de France da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira – Joinville - SC / Milena Muller Schubert; orientador Dr. Gilmar Sidnei Erzinger – Joinville: UNIVILLE, 2015.

85 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Saúde e Meio Ambiente – Universidade da Região de Joinville)

1. Água - Qualidade. 2. Cachoeira, Rio (SC). I. Erzinger, Gilmar Sidney (orient.). II. Título.

CDD 628.16

AGRADECIMENTOS

Agradeço, carinhosamente, ao meu marido e meus filhos, pela compreensão, incentivo e força.

Agradeço, em especial, ao Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger, pelo aceite da orientação, e pelo grande auxílio prestado em todas as etapas deste trabalho.

Agradeço imensamente a todos os professores do curso, pelas belíssimas aulas e aprendizado adquirido.

Agradeço ao Engenheiro Químico Luis Carlos Boebel, proprietário do Laboratório de Análises Químicas Acquaplant, pela realização dos testes necessários para a avaliação do índice IQA.

Aos meus amigos queridos Gilivã, Vanilda, Thaina e Simone pelos bons momentos juntos.

RESUMO

A água é um recurso natural essencial à existência e manutenção da vida, ao bem-estar social e ao desenvolvimento socioeconômico. O Plano Nacional de Recursos Hídricos visa assegurar às atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. Das 12 regiões hidrográficas principais nas quais o Brasil foi dividido, o município de Joinville tem suas águas direcionadas para a Região Hidrográfica do Atlântico Sul, que abriga um expressivo contingente populacional, amplo desenvolvimento econômico e importância turística. O Rio Cachoeira, localizado no município de Joinville, SC, tem sua qualidade da água fortemente comprometida pela poluição antrópica ao longo dos anos. O monitoramento da qualidade da água dos corpos hídricos ocorre em um momento onde o município realiza ações de ampliação do sistema de esgotamento sanitário. O objetivo do trabalho foi realizar um estudo de caso em três sub bacias do Rio Cachoeira, que abriga aproximadamente metade da população do município e determinar se a coleta de esgoto doméstico pode ser significativa no aumento da qualidade da água do Rio Cachoeira. Estas três sub bacias apresentam área total de coleta de esgoto (vertente do Parque de France), área parcial de coleta de esgoto (Rio Morro Alto) e área total sem coleta de esgoto (Rio Mirandinha). As coletas foram realizadas ao longo do ano para avaliar a qualidade das suas águas por meio das variáveis: percentagem de saturação de oxigênio, DBO_5, pH, fósforo total, nitrato, coliformes fecais, turbidez, sólidos suspensos totais, condutividade elétrica, alcalinidade, cloretos e temperatura. Os resultados foram interpretados através do Índice de Qualidade de Água (IQA da NSF). Os resultados obtidos mostram que existe uma relação direta entre a implantação da coleta de esgoto e a melhoria da qualidade da água. Em termos de IQA, a sub bacia contendo 100% de coleta de esgoto apresentou 62,6 (± 11,77), sendo considerada uma qualidade de água boa. Por outro lado, a sub bacia sem tratamento, um IQA de 48,5 (± 9,14) sendo considerada aceitável. A sub bacia com coleta parcial apresentou um IQA de 30,9 (± 10,70) para o percurso sem coleta e para o percurso com coleta de 40,4 (± 11,02), demostrando uma melhora da qualidade após o tratamento. Apesar dos IQA conseguirem classificar as águas na condição de aceitável para boa, ficou observado que a quantidade de coliformes fecais, nas duas sub bacias em que a coleta de esgoto foi parcial ou inexistente, ficou muito acima

do padrão estabelecido pelo Conama, 11.288 (± 14.417) e 9.968 (± 14.544) para os rios Mirandinha e Morro Alto respectivamente.

ABSTRACT

Water is a natural resource essential to the existence and maintenance of life, social and socioeconomic development welfare. The National Water Resources Plan is intended to ensure the current and future generations the necessary water availability in quality standards appropriate to their uses. Of the 12 major river regions in which Brazil has been divided, the municipality of Joinville has its waters directed to the Hydrographic Region of the South Atlantic, which stands out for harboring a significant populations, the economic development and its importance for tourism. The Rio Cachoeira, located in the municipality of Joinville, SC, comes their water quality greatly compromised by human pollution over the years. The monitoring of water bodies water quality comes at a time where the municipality performs magnifying actions of sanitary sewage system. The aim of study was to conduct a case study of three sub Cachoeira River basin, home to about half of the local population and determine whether the domestic sewage can be significant in increasing the quality of the river waterfall. These three sub basins have total area of sewage collection (part of France Park), partial area of sewage collection (Rio Morro Alto) and total area without sewage (Rio Mirandinha). The waters were held four seasonal collections to assess the quality of its waters through the variables: percentage of oxygen saturation, BOD5, pH, total phosphorus, nitrate, fecal coliform, turbidity, total suspended solids, conductivity, alkalinity, chloride and temperature. The results were interpreted through a Water Quality Index (AQI NSF). The results show that there is a direct relationship between the implementation of sewage collection and improving water quality. In terms of IQA sub basin containing 100% sewage collection presented 62.6 (± 11.77) and is considered a good water quality. On the other hand, the sub basins untreated one IQA 48.5 (± 9.14) is considered acceptable. The sub basin with partial collection presented an AQI of 30.9 (± 10.70) for the route without collecting and the route to collect 40.4 (± 11.02), showing an improvement in quality after treatment. Despite the IQA get classify waters in acceptable condition for good, it was observed that the amount of fecal coliform in the two sub basin where sewage was partial total stay well above the standard set by CONAMA, 11,288 (± 14,417) and 9,968 (± 14 544) for Mirandinha and Morro Alto rivers respectively.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Área de uma bacia hidrográfica e seu divisor de águas.....18
Figura 02: Área total de uma bacia hidrográfica, desde os divisores de água até a foz....19
Figura 03: Ilustra o mapa geral do sistema de esgotamento sanitário existente em Joinville com indicação das bacias/etapas e localização das estações de tratamento de esgoto.....23
Figura 04: Esquema de uma Bacia Hidrográfica.....24
Figura 05: Bacias hidrográficas do Município de Joinville 25
Figura 06: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas.....28
Figura 07: Principais Bacias Hidrográficas do Município de Joinville-SC 36
Figura 08: Localização geografia de Joinville.....36
Figura 09: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.....38
Figura 10: Principais afluentes componentes da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira tendo os afluentes utilizados para no estudo o Rio Mirandinha (09), Rio Morro Alto (10) e o Vertente Parque de Françe (11) 39
Figura 11: Pontos de coleta da vertente do Parque de France.....40
Figura 12: Pontos de coleta da sub Bacia do Rio Mirandinha.....41
Figura 13: Pontos de coleta da Sub bacia do Rio Morro Alto e a indicação das áreas com cobertura de rede coletora de esgoto segundo a AMAE.....42
Figura 14: Relação dos pontos de Coleta de amostra no Rio Cachoeira e os respectivos afluentes utilizados neste trabalho (Vertente do Parque de France Rio Mirandinha, e Rio Morro Alto).....44
Figura 15: Classificação geológica da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira e áreas urbanizadas.....45
Figura 16: Índice da qualidade da água (IQA) do Rio Cachoeira no ano de 2012.....46
Figura 17: Resultados médios, em termo de IQA, da sub bacia da Vertente do Parque de France.....49
Figura 18: Resultados médios, em termo de Coliformes Termotolerantes, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial

segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....50
Figura 19: Resultados médios, em termo de Oxigênio Dissolvido, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....51
Figura 20: Resultados médios, em termo de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-5 dias), da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....52
Figura 21: Resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....53
Figura 22: Resultados médios, em termo de Fosforo Total, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....54
Figura 23: Resultados médios, em termo de Turbidez, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....55
Figura 24: Resultados médios, em termo de Sólidos Totais, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....55
Figura 25: Resultados médios, em termo de pH, da sub bacia da Vertente do Parque de France.....56
Figura 26: Resultados médios, em termo de Temperatura, da sub bacia da Vertente do Parque de France.....56
Figura 27: Resultados médios, em termo de IQA, da sub bacia do Rio Mirandinha.....57
Figura 28: Resultados médios, em termo de Coliformes Termotolerantes, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....58
Figura 29: Resultados médios, em termo de Oxigênio Dissolvido, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....59

Figura 30: Resultados médios, em termo de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-5 dias), da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....60
Figura 31: Resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....61
Figura 32: Resultados médios, em termo de Fosforo Total, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....61
Figura 33: Resultados médios, em termo de Turbidez, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....62
Figura 34: Resultados médios, em termo de Sólidos Totais, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.....62
Figura 35: Resultados médios, em termo de pH, da sub bacia do Rio Mirandinha.....63
Figura 36: Resultados médios, em termo de Temperatura, da sub bacia do Rio Mirandinha.....63
Figura 37: Resultados médios, em termo de IQA, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....67
Figura 38: Resultados médios, em termo de Coliformes Termotolerantes, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....68
Figura 39: Resultados médios, em termo de Oxigênio Dissolvido, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....69
Figura 40: Resultados médios, em termo de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-5 dias), da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor

referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....70
Figura 41: Resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....71
Figura 42: Resultados médios, em termo de Fosforo Total, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....71
Figura 43: Resultados médios, em termo de Turbidez, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....72
Figura 44: Resultados médios, em termo de Sólidos Totais, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.....73
Figura 45: Resultados médios, em termo de pH, da sub bacia do Rio Morro Alto.....73
Figura 46: Resultados médios, em termo de Temperatura, da sub bacia do Rio Morro Alto.....74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Pesos dos parâmetros de qualidade aplicados no cálculo do IQA. (Cetesb, 1997).....43

Tabela 2: Classificação do nível de qualidade conforme valores de IQA. (CETESB, 1988).....43

Tabela 3: Resultados médios gerais das três sub bacias do Rio Cachoeira estudas. Os resultados foram obtidos a partir de uma média de 17 amostras para cada sub bacia.....48

Tabela 4: Parâmetros Físico-químicos utilizados para cálculos do IQA do Rio Francisco Ross, afluente da sub bacia hidrográfica do Morro Alto. Coleta de dois pontos e em quintuplicata.....65

Tabela 5 – Índice de Qualidade da Água nos pontos de amostragem na sub bacia hidrográfica do Morro Alto, durante o período de monitoramento. Amostras colhidas em quintuplicatas.....66

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....13

2. OBJETIVOS.....16

2.1. OBJETIVO GERAL.....16

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....16

3. REVISÃO DA LITERATURA.....17

3.1 ÁGUA E GESTÃO POR BACIAS HIDROGRÁFICAS.....17

3.2 SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS.....20

3.3 ESGOTAMENTO SANITÁRIO E SISTEMAS DE TRATAMENTO.....22

3.4 BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE.....24

3.5 INDICADORES E ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA.....26

3.5.1 Descrição dos Parâmetros do IQA.....27

3.5.1.1 Oxigênio Dissolvido.....29

3.5.1.2 Coliformes termotolerantes.....30

3.5.1.3 Potencial de Hidrogênio (pH).....30

3.5.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5,20..... 30

3.5.1.5 Temperatura da água..... 31

3.5.1.6 Nitrogênio Total.....31

3.5.1.7 Fósforo Total.....32

3.5.1.8 Turbidez.....32

3.5.1.9 Resíduo Total.....33

4. MATERIAIS E MÉTODOS.....34
4.1 METODOLOGIA APLICADA.....34
4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE E DA ÁREA EFETIVA DE ESTUDO.....36
4.2.1 Clima.....37
4.2.2 Temperatura.....37
4.2.3 Precipitação.....37
4.2.4 Relevo.....37
4.2.5 Bacia hidrográfica do Rio Cachoeira.....38
4.3 DESCRIÇÃO DAS SUB BACIAS DO RIO CACHOEIRA QUE FORAM AVALIADAS.....40
4.4 IQA – ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS.....42

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....44
5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB BACIA COM 100% DE REDE COLETORA DE ESGOTO INSTALADA.....49
5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB BACIA SEM REDE COLETORA DE ESGOTO INSTALADA.....57
5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB BACIA DE REDE COLETORA DE ESGOTO COM INSTALAÇÃO PARCIAL.....64

6. CONCLUSÃO.....75

7. REFERÊNCIAS.....76

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial à existência e manutenção da vida, ao bem-estar social e ao desenvolvimento socioeconômico. No Brasil, a promoção de seu uso sustentável, vem sendo pautada por discussões nos âmbitos local, regional e nacional, na perspectiva de se estabelecerem ações articuladas e integradas que garantam a manutenção de sua disponibilidade em condições adequadas para a presente e as futuras gerações (SILVA, 2006a).

Ainda segundo Silva (2006a), o Brasil, detentor de cerca de 12% das reservas de água doce do planeta, apresenta avanços significativos na gestão de suas águas, sendo uma das principais referências a Lei n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). Essa Lei estabelece pressupostos fundamentais para a gestão democrática das águas, ao contemplar, dentre outros, os princípios da participação e descentralização na tomada de decisões. Ademais, a Lei incorpora o princípio constitucional de que a água é um bem público e elege os planos de recursos hídricos como um dos instrumentos para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, prevendo sua elaboração para as bacias hidrográficas, para os estados e para o País.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos – PNRH que visa fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, constitui-se em um planejamento estratégico para o período de 2005-2020, e estabelece diretrizes, programas e metas, pactuados socialmente por meio de um amplo processo de discussão. O PNRH visa assegurar às

atuais e futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, com base no manejo integrado dos recursos hídricos, envolvendo os diversos setores que têm interface na oferta e no uso da água (IBAMA, 2006).

O Brasil é um país megadiverso e privilegiado em termos de disponibilidade hídrica, abrigando cerca de 12% das reservas mundiais de água doce, sendo que se considerarmos as águas provenientes de outros países, esse índice se aproxima de 18%. No entanto, apresenta situações contrastantes de abundância e escassez de água, o que exige dos governos, dos usuários e da sociedade civil, cuidados especiais, organização e planejamento na gestão de sua utilização (SILVA, 2006b).

De acordo com MAIA *et al*. (2014), o Brasil possui 12 regiões hidrográficas principais. Suas características naturais, especialmente o clima, favorecem a presença de uma enorme riqueza hidrográfica, espacialmente distribuída de forma desigual. No município de Joinville, quanto a sua hidrografia, caracteristicamente suas nascentes apresentam-se localizadas junto a Serra do Mar e estas possuem pequenas extensões. Segundo a divisão hidrográfica do Brasil, os recursos hídricos localizados no município de Joinville pertencem à Região hidrográfica do Atlântico Sul.

A Região Hidrográfica do Atlântico Sul destaca-se por abrigar um expressivo contingente populacional, pelo desenvolvimento econômico e por sua importância para o turismo. Esta região se inicia ao norte, próximo à divisa dos estados de São Paulo e Paraná, e se estende até o arroio Chuí, ao sul. Possui uma área total de 187.522 Km^2, o equivalente a 2,2% do País (ANA, 2015).

O Município de Joinville, localizado na porção norte de Santa Catarina, tem seu sistema hídrico organizado na Vertente Atlântica da Serra do Mar, pertencendo à divisão hidrográfica estadual denominada Região Hidrográfica 06 – Baixada Norte (MAIA *et al*, 2014). Nesta região, a condição de relevo, associada às condições climáticas e à cobertura vegetal, interfere positivamente no regime hídrico das bacias hidrográficas, proporcionando ao município um grande potencial no que se refere à disponibilidade de recursos hídricos (MAIA *et al*, 2014).

Considerando os principais cursos d'água que percorrem a área do município de Joinville, foram estabelecidas sete bacias hidrográficas, sendo que o objeto de estudo deste trabalho refere-se a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, onde três diferentes

afluentes tiveram suas águas monitoradas pelos parâmetros do índice de qualidade da água conhecido por IQA.

O monitoramento da qualidade da água destes corpos hídricos ocorre em um momento onde o município realiza ações de ampliação do sistema de esgotamento sanitário.

Já nos tempos mais remotos, desde que os homens começaram a se assentar em cidades, a coleta das águas servidas, que hoje chamamos de esgoto sanitário, passava a ser uma preocupação daquelas civilizações (NUVOLARI, 2011). Segundo Azevedo Neto, 1984 *apud* NUVOLARI, 2011, em 3750 a.C., eram construídas galerias de esgotos em Nipur (Índia) e na Babilônia. Em 3100 a.C. já se tem notícia do emprego de manilhas cerâmicas para essa finalidade. Para Metcalf e Eddy, 1977 *apud* NUVOLARI, 2011, na Roma Imperial, eram feitas ligações diretas das casas até os canais. Porém, por se tratar de uma iniciativa individual de cada morador, nem todas as casas apresentavam essas benfeitorias. Na Grécia, os esgotos domésticos gerados nas cidades, eram coletados por meio de drenos e canais e levados até áreas agrícolas, para que pudessem ser dispostos e aplicados em lavouras. Na era moderna, a instalação de rede coletora de esgotos em algumas cidades teve início na Europa, no começo do século XIX; enquanto a implantação de sistemas de tratamento de esgoto doméstico só ocorreu a partir do século XIX e início do século XX (LEME, 2010).

No Brasil, salvo alguns municípios isolados, somente a partir da década de 1970 começou a ocorrer um maior avanço na área de saneamento (NUVOLARI, 2011).

No município de Joinville, o sistema de esgotamento sanitário existente foi implantado em etapas, inicialmente pela antiga concessionária (CASAN), e posteriormente pela Companhia Águas de Joinville. As primeiras etapas ocorreram entre os anos de 1984 a 1988 e de 1995 a 1997. Ao todo foi implantado 85,5 Km de rede coletora. Em 2011 foram concluídas as obras do sistema de esgotamento sanitário no bairro Saguaçu e Morro do Amaral, aumentando a cobertura dos serviços de esgoto para 14,5% da população urbana do município (AMAE, 2015).

Mesmo com a ampliação proposta, a porcentagem total de esgoto coletado e tratado em nosso município ainda é insuficiente. Com a demanda crescente por água, para abastecimento, uso industrial e agropecuário, é necessário que este importante recurso apresente características satisfatórias para seu uso, sem colocar os diferentes seres vivos em risco no momento do seu uso.

Como metodologia para a avaliação da qualidade da água e da contribuição do sistema de esgotamento sanitário, será utilizada uma ferramenta chamada Índice de Qualidade de Água – IQA, onde nove diferentes parâmetros são analisados e, posteriormente, os resultados obtidos dão origem a categorias, que classificam a água de ótima a péssima.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL:

- Avaliar a qualidade da água de três diferentes rios pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira e classifica-las conforme valores de IQA– Índice de Qualidade de Água.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Determinar o IQA em diferentes pontos ao longo dos cursos dos afluentes;
- Avaliar a contribuição do sistema de tratamento de esgoto na melhoria da qualidade da água nos afluentes do Rio Cachoeira.
- Determinar os valores médios de Oxigênio dissolvido em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de Coliformes termotolerantes em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de pH em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de DBO em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de Temperatura em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de Nitrogênio total em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de Fósforo total em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de Turbidez em cada sub-bacia.
- Determinar os valores médios de Resíduo total em cada sub-bacia.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. ÁGUA E GESTÃO POR BACIAS HIDROGRÁFICAS

Segundo Ribeiro (2009), sem dúvida nenhuma, os recursos hídricos constituem um dos elementos mais relevantes na discussão da crise ambiental que se coloca como um dos principais desafios a serem enfrentados pela humanidade no século XXI. Entre todos os recursos naturais de que o homem dispõe, a água aparece como um dos mais importantes, sendo indispensável à sua própria sobrevivência no planeta Terra. Desse fato decorre a vital importância de sua conservação, ou seja, sua utilização racional pela espécie humana. A água é uma substância simples, porém, possui grande importância para a permanência da vida de todas as espécies na biosfera. Estima-se que 95,1% da água existente no planeta é salgada e imprópria para consumo humano. Os 4,9% restantes incluem a água presente nas geleiras e regiões subterrâneas de difícil acesso (4,7%) e somente 0,2% presente em lagos, nascentes e lençóis subterrâneos está apta para o consumo (GALLETI, 1981; RAINHO, 1999). A medida que cerca de 97,5% dos 1.386 milhões de Km3 do volume total de água da Terra formam os oceanos, diz-se, com frequência, que esta é muito pobre de água doce (FEITOSA *et al*, 2008). Durante séculos a água foi considerada um bem público de quantidade infinita, à disposição do homem por se tratar de um recurso natural autossustentável pela sua capacidade de autodepuração (BERNARDES *et al*, 2010). Ela encontra-se disponível sob várias formas e é uma das substâncias mais comuns existentes na natureza, cobrindo cerca de 70% da superfície do planeta. É encontrada principalmente no estado líquido, constituindo um recurso natural renovável por meio do ciclo hidrológico (BRAGA *et al*, 2005).

A distribuição de água na Terra não é homogênea, além de ser desproporcional à demanda populacional ocupante das diversas divisões geográficas do planeta. Essa heterogeneidade também se verifica em nível de continentes, países, estados ou municípios, decorrente das diferenças nas densidades demográficas, devidas às concentrações populacionais em áreas preferenciais, associadas com aspectos geográficos, riquezas naturais ou aspectos geopolíticos (CARVALHO, 2012).

Na primeira Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Ambiente, realizada em Estocolmo no ano de 1972, os povos presentes tomaram

conhecimento de que o ambiente não poderia continuar suportando os impactos que eram engendrados pelo progresso que a humanidade vinha usufruindo nos países desenvolvidos sobretudo, e no mundo, em geral (FEITOSA *et al*, 2008).

Na segunda Conferência das Nações Unidas – Rio 92, fica claro que o componente do ambiente mais seriamente atingido era a água, e sua oferta já não poderia ser garantida sem considerar os aspectos ambientais e da gestão das demandas (FEITOSA *et al*, 2008). Após esta conferência fica aprovada a realização da Agenda 21 e a Lei Federal n 9,433/97 que estabelece a adoção das bacias hidrográficas como unidades de planejamento.

Bacia hidrográfica, segundo BARRELLA *et al*, (2001) é definida como um conjunto de terras delimitadas por divisores de água nas regiões mais altas do relevo, drenadas por um rio e seus afluentes, onde as águas pluviais, ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático, tal que toda vazão efluente seja descarregada por uma simples saída.

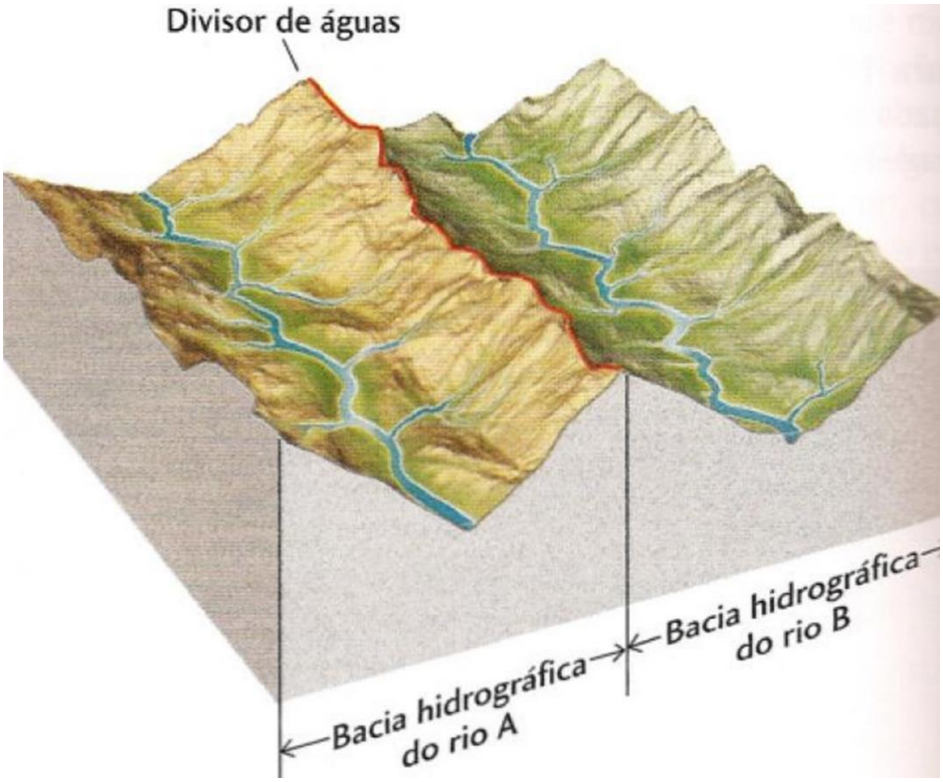


Figura 01: Área de uma bacia hidrográfica e seu divisor de águas (PRESS *et al*, 2006).

Segundo MAIA *et al*, (2014), uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes.

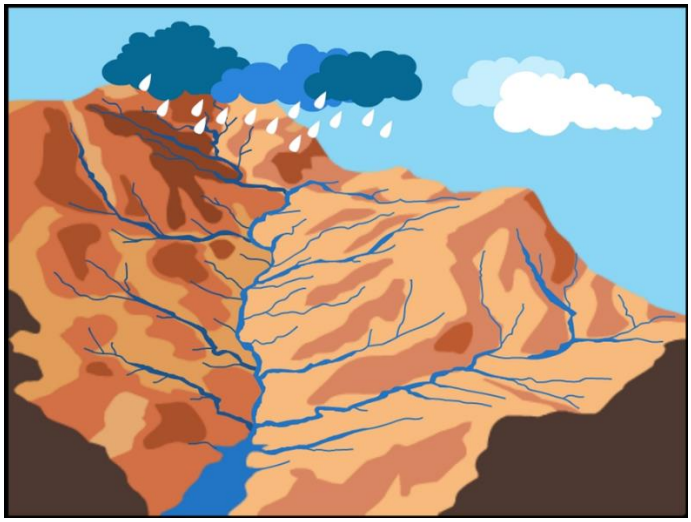


Figura 02: Área total de uma bacia hidrográfica, desde os divisores de água até a foz (www.geoconceicao.blogspot.com.br).

Segundo SANTOS (2004), seu conceito está associado à noção de sistema, nascentes, divisores de águas, cursos d'águas hierarquizados e foz. Ainda segundo SANTOS (2004), toda a ocorrência de eventos em uma bacia hidrográfica, de origem antrópica ou natural, interfere na dinâmica desse sistema, na quantidade dos cursos de água e sua qualidade. Para TUNDISI e TUNDISI (2011), a concepção de que a bacia hidrográfica é a unidade mais apropriada para o gerenciamento, a otimização de usos múltiplos e o desenvolvimento sustentável consolidou-se de forma a ser adotada em muitos países e regiões. A partir desta compreensão integrada, uma abordagem sobre bacias hidrográficas se insere nos princípios do Desenvolvimento Sustentável, extrapolando-se a ideia técnica e polarizada do termo. Tais unidades devem ser analisadas dentro de uma perspectiva múltipla e diversificada, destacando-se sua essencialidade, bem como a dependência das necessidades humanas frente aos seus diversos usos.

De uma forma ampla, os estudos relacionados ao planejamento das atividades antrópicas e o uso dos recursos naturais, baseados em modelos clássicos, falham por trabalharem de forma separada as questões socioeconômicas dos aspectos ambientais. Isso ocorre pela falta de conhecimento das dinâmicas ambiental e socioeconômica e do

conflito que possa existir entre as metas de desenvolvimento socioeconômico e a capacidade suporte dos ecossistemas (PIRES e SANTOS, 1995).

3.2. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO DOS CORPOS HÍDRICOS

O enquadramento de corpos d'água estabelece o nível de qualidade a ser alcançado ou mantido ao longo do tempo. Mais do que uma simples classificação, o enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, pois deve tomar como base os níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade e não apenas a condição atual do corpo d'água em questão. O enquadramento busca "assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas" e a "diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes" (Art. 9º, Lei nº 9.433, de 1997) (ANA, 2015 m).

A classe do enquadramento de um corpo d'água deve ser definida em um pacto acordado pela sociedade, levando em conta as prioridades de uso da água. A discussão e o estabelecimento desse pacto ocorrem no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh). O enquadramento é referência para os outros instrumentos de gestão de recursos hídricos (outorga e cobrança) e instrumentos de gestão ambiental (licenciamento e monitoramento), sendo, portanto, um importante elo entre o Singreh e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (ANA, 2015 m).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008), o enquadramento de corpos de água corresponde ao estabelecimento de objetivos de qualidade a serem alcançados através de metas progressivas intermediárias e final de qualidade de água. Este processo de enquadramento pode determinar classes diferenciadas por trecho ou porção de um mesmo corpo de água, que correspondem a exigências a serem alcançadas ou mantidas de acordo com as condições e os padrões de qualidade a elas associadas. Segundo a Resolução n 91, de 05 de novembro de 2008, do Ministério do Meio Ambiente e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo seus usos preponderantes, é um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, fundamental para a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, conforme a Lei n 9.433, de 1997. A Resolução

CONAMA n 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e estabelece diretrizes ambientais para o enquadramento. Em outra Resolução, a CONAMA 396, de 2008, fica citado como referência a bacia hidrográfica como unidade de gestão e os usos preponderantes mais restritivos para o enquadramento (MMA, 2008).

Segundo a Resolução CONAMA n 357, de 17 de março de 2005, as águas doces são classificadas da seguinte forma:

ÁGUAS DOCES	
CLASSIFICAÇÃO	**USOS**
CLASSE ESPECIAL	a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas; c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
CLASSE I	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 no274, 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.
CLASSE II	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 no274, 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) à aquicultura e à atividade de pesca.
CLASSE III	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.
CLASSE IV	a) à navegação; b) à harmonia paisagística.

Em um Parágrafo único desta mesma legislação, nos casos em que as condições de qualidade estiverem em desconformidade com as metas estabelecidas no enquadramento, deverão ser empreendidas ações para a adequação da qualidade da água à sua respectiva meta, exceto para os parâmetros que excedam aos limites legalmente estabelecidos devido à condição natural do corpo de água.

Os três diferentes cursos d'água analisados neste trabalho estão classificados como Classe II.

3.3. ESGOTAMENTO SANITÁRIO E SISTEMAS DE TRATAMENTO

O saneamento básico, apesar da sua importância para a preservação do meio ambiente e para a saúde e bem-estar humano, é ainda inadequado no Brasil, principalmente quanto à existência de sistemas coletores de esgoto sanitário. Segundo a ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), cerca de 80% dos esgotos gerados ainda são lançados diretamente nos rios, sem que haja qualquer tipo de tratamento (http://www.azimute.eng.br/aguas-de-joinville).

Os esgotos são o resultado dos despejos hídricos de uma comunidade ou de uma indústria ou mesmo originados da coleta de águas pluviais e são classificados em função de sua origem (MENDONÇA, 1990). A grande deficiência de saneamento básico em várias regiões brasileiras, em especial de esgotamento sanitário impõem, a grande número de pessoas, riscos inaceitáveis de exposição direta ou indireta a esgotos sanitários (GONÇALVES, 2003).

No município de Joinville, segundo AMAE (AGÊNCIA MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO) (http://www.amae.sc.gov.br/servicos/abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario), o sistema de esgotamento sanitário existente foi implantado em etapas, inicialmente pela antiga concessionária (CASAN), e posteriormente pela Companhia Águas de Joinville. As primeiras etapas ocorreram entre os anos de 1984 a 1988 e de 1995 a 1997, sendo implantados 85,5 km de rede coletora. O primeiro sistema de coleta de esgoto a entrar em operação em Joinville foi o do bairro Adhemar Garcia, em 1986. Em 1989 entrou em operação a 1ª Etapa de Implantação do Sistema de Esgotamento Sanitário da bacia do rio Cachoeira, contemplando os bairros Centro,

Bucarein e Anita Garibaldi (todos situados na bacia do Rio Cachoeira). A 2ª Etapa foi concluída em 1997, nos bairros América, Atiradores, Floresta, Guanabara e Itaum. O bairro Ulisses Guimarães e parte do bairro Fátima, também contam com rede coletora de esgotos, encaminhada até a Estação de Tratamento de Esgoto – ETE Jarivatuba. Finalmente a rede coletora, do tipo condominial, implantada no loteamento Profipo, situado no bairro Santa Catarina, encaminha os esgotos coletados até uma estação de tratamento de esgotos de pequeno porte – ETE Profipo. Em 2011 foram concluídas as obras do sistema de esgotamento sanitário no bairro Saguaçu e Morro do Amaral, aumentando a cobertura dos serviços de esgoto para 14,5 % da população urbana.

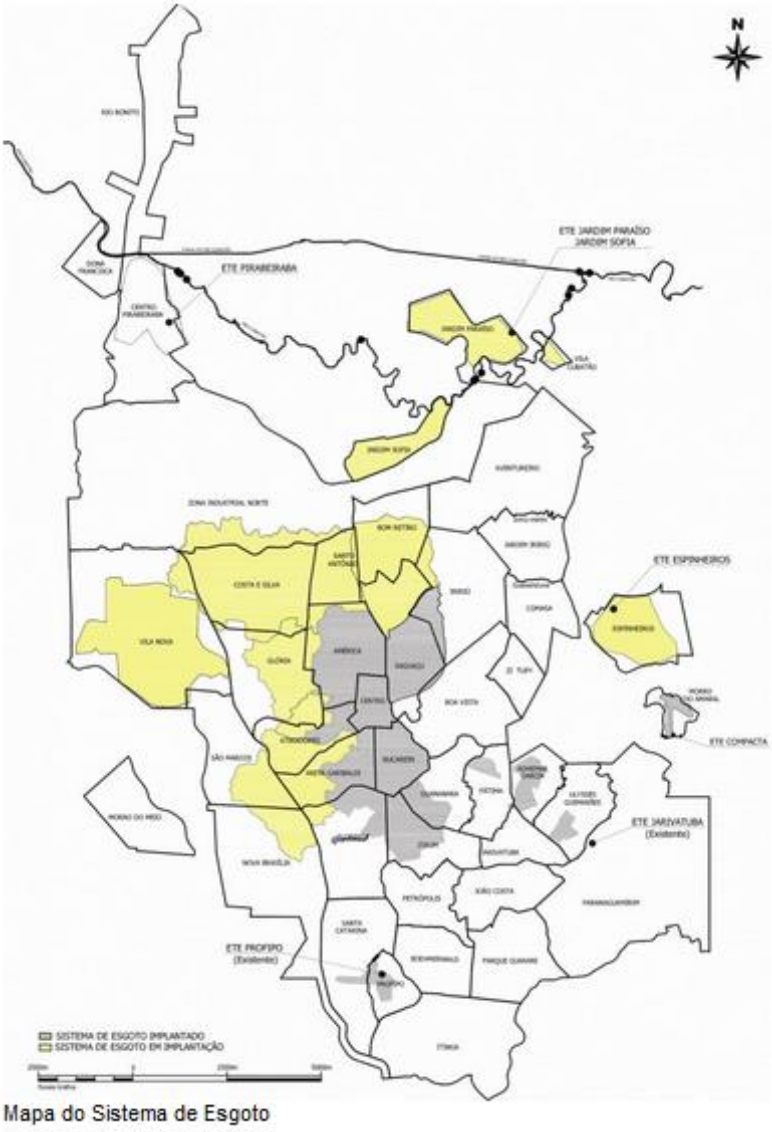


Figura 03: Ilustra o mapa geral do sistema de esgotamento sanitário existente em Joinville com indicação das bacias/etapas e localização das estações de tratamento de esgoto (Fonte: AMAE, 2015).

No município de Joinville, a principal estação de tratamento do Sistema de Esgotos Sanitários é a ETE Jarivatuba, situada no bairro Paranaguamirim, onde opera desde 1989, tendo sido projetada para uma vazão média de 400 l/s, mas operando atualmente com uma vazão média de cerca de 83 l/s. O sistema de tratamento é do tipo "lagoas de estabilização", sendo composto por dois módulos de seis lagoas em série, sendo duas anaeróbias, uma facultativa e três de polimento ou maturação, em cada módulo. O corpo receptor dos efluentes tratados é o Rio Velho (classe 2), que deságua na Lagoa do Saguaçu. A ETE Profipo está localizada no bairro Santa Catarina, tratando uma vazão média de 2,3 l/s. O processo de tratamento empregado é o de aeração prolongada, sendo a ETE constituída de unidades de gradeamento e desarenação, valo de oxidação com decantador incorporado e leito de secagem do lodo. O efluente tratado é encaminhado para o afluente do Rio Itaum-Açu, enquadrado na classe 2. A ETE Morro do Amaral, localizada na região denominada Morro do Amaral, atende aproximadamente 800 famílias. O processo de tratamento preliminar é composto por um decantador primário, seguido de reator MBBR (reator biológico aeróbio de leito móvel) aeróbio, decantador secundário e desinfecção. A vazão de projeto é de aproximadamente 1,5 l/s.

3.4. BACIAS HIDROGRÁFICAS DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE

Segundo Santos (2004), uma bacia hidrográfica circunscreve um território drenado por um rio principal, seus afluentes e subafluentes permanentes ou intermitentes. Seu conceito está associado à noção de sistemas, nascentes, divisores de águas, cursos d'águas hierarquizados e foz.

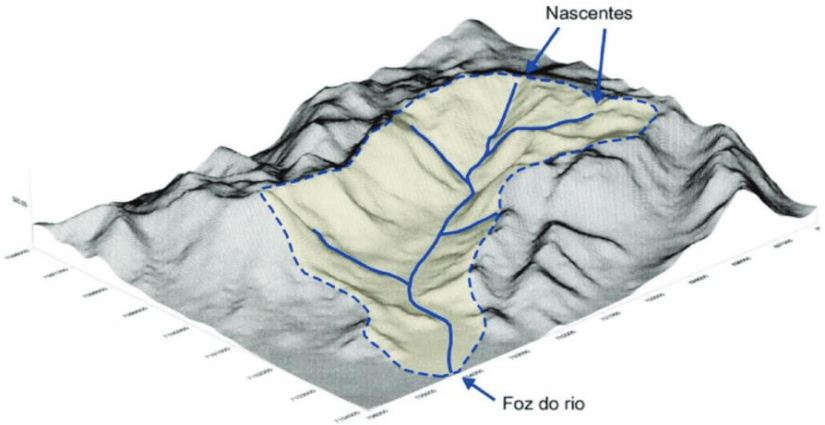


Figura 04: Esquema de uma Bacia Hidrográfica (MAIA *et al*., 2014).

A região de Joinville apresenta um grande potencial em recursos hídricos, proporcionado pela combinação das chuvas intensas com a densa cobertura florestal remanescente (PERINI BUSINESS PARK, 2014).

Considerando-se os principais cursos d'água que percorrem a área do município de Joinville, foram estabelecidas sete bacias hidrográficas, sendo elas a Bacia Hidrográfica do Rio Palmital, Bacia Hidrográfica do Rio Cubatão (Norte), Bacia Hidrográfica do Rio Piraí, Bacia Hidrográfica do Rio Itapocuzinho, Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Leste e Bacias Hidrográficas Independentes da Vertente Sul. Com relação aos recursos hídricos presentes nestas bacias, Joinville é um município privilegiado por ter quase todas as nascentes de seus rios contidas dentro dos próprios limites municipais (MAIA *et al*, 2014). A figura abaixo mostra a área de cada uma das sete bacias hidrográficas do município, com destaque para a Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira.

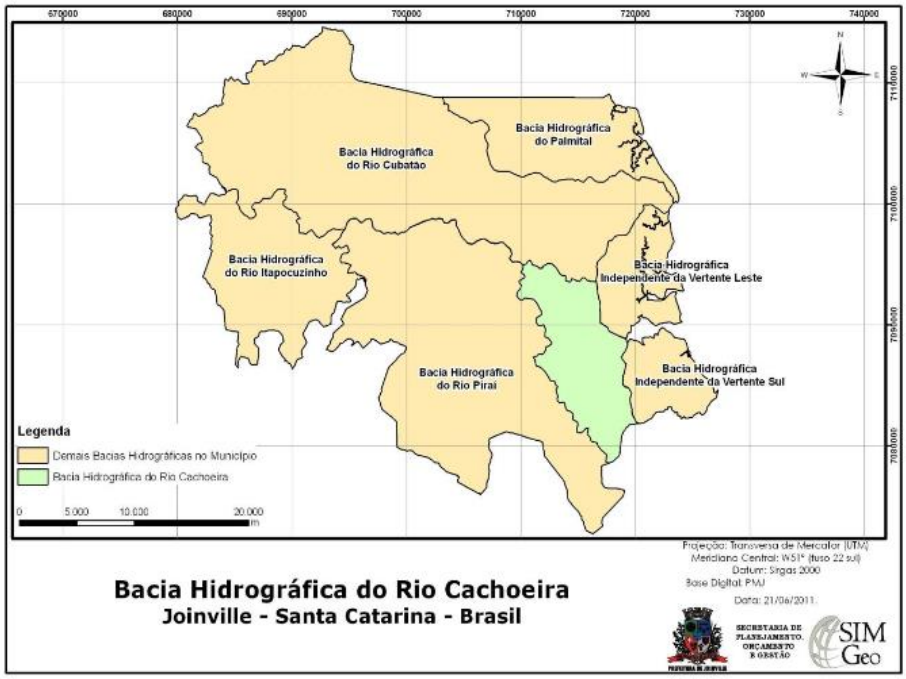


Figura 05: Bacias hidrográficas do Município de Joinville (PERINI BUSINESS PARK, 2014).

A hidrografia local é fortemente influenciada por aspectos estruturais e geomorfológicos. A rede de drenagem natural da região apresenta formato dendrítico, com leitos encachoeirados e encaixados em vales profundos, com vertentes curtas nos cursos superior e médio. Nas planícies de inundação apresenta baixa declividade e grande sinuosidade natural (PERINI BUSINESS PARK, 2014).

3.5. INDICADORES E ÍNDICES DE QUALIDADE DE ÁGUA

O conjunto de ações produzidas pelas atividades humanas ao explorar os recursos hídricos para expandir o desenvolvimento econômico, além de fazer frente às demandas industriais e agrícolas, somadas ao crescimento da população e das áreas urbanas, foi se tornando complexo ao longo da história da humanidade (TUNDISI e TUNDISI, 2011).

De acordo com Finotti *et al*. (2009), o impacto da cidade na qualidade das águas dos rios ocorre tanto em aspectos de alteração da qualidade quanto na alteração do ciclo hidrológico, com mudanças nos padrões de fluxo e quantidade da água.

Com o crescimento da população as manchas urbanas aumentam desordenadamente, e novas áreas são ocupadas. Consequentemente ocorre um aumento da geração de esgotos domésticos, da atividade industrial e da poluição por ela gerada, bem como há um aumento dos resíduos sólidos urbanos e industriais (MAIA *et al*, 2014).

Para PHILIPPI JR (2005), a água, como recurso hídrico, só mais recentemente vem sendo tratada, ainda que de maneira tímida, como um recurso finito e vulnerável, e que pode representar obstáculo ao desenvolvimento das cidades e à qualidade de vida.

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a adequada gestão dos recursos hídricos, permitindo a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades de gestão, tais como: planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, 2015a).

A demanda crescente de água ao longo do tempo e a necessidade de um controle mais eficiente da sua qualidade impulsionou a criação de agências e órgãos reguladores; bem como o desenvolvimento de pesquisas para assessorar as atividades de controle e manejo. O monitoramento das águas fluviais tem produzido grandes quantidades de dados, e este grande volume, frequentemente frustra a detecção de tendência em qualidade de água (JANNALAGADDA e MHERE, 2001).

O desenvolvimento de índices de qualidade de água tem como objetivo transformar as informações, geradas pelos monitoramentos, em uma forma mais acessível e de fácil entendimento pelas pessoas envolvidas no gerenciamento deste recurso e, principalmente, pelas populações que utilizam estes mananciais. O IQA é empregado nas mais diferentes formas como uma metodologia integradora, por converter várias

informações num único resultado numérico (ALMEIDA e SCHWARZBOLD, 2003). Para ANA (2015 c), o uso de índices de qualidade da água surge da necessidade de sintetizar a informação sobre vários parâmetros físico-químicos, visando informar a população e orientar as ações de planejamento e gestão da qualidade da água. Os índices facilitam a comunicação com o público leigo, já que permitem sintetizar várias informações em um número único. Na análise dos resultados do monitoramento da qualidade das águas os dados devem ser comparados aos limites estabelecidos pelo enquadramento do corpo d'água no local da coleta da amostra.

O enquadramento dos corpos d'água é o estabelecimento do nível de qualidade a ser alcançado ou mantido em um segmento de corpo d'água ao longo do tempo. Mais que uma simples classificação, o enquadramento deve ser visto como um instrumento de planejamento, pois deve estar baseado não necessariamente na condição atual do corpo d'água, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir ou ser mantidos no corpo d'água para atender às necessidades estabelecidas pela sociedade (ANA, 2015 b)

Segundo descrito no Art. 9º, Lei nº 9.433, de 1997, citado por ANA (2015 b) o enquadramento busca "assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas" e a "diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes".

Ainda segundo ANA (2015 b), a classe do enquadramento de um corpo d'água deve ser definida em um pacto acordado pela sociedade, levando em conta as prioridades de uso da água. A discussão e o estabelecimento desse pacto ocorrem dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

3.5.1 Descrição dos Parâmetros do IQA (Citar os autores reais)

A partir de um estudo realizado em 1970 pela "National Sanitation Foundation" dos Estados Unidos, a CETESB adaptou e desenvolveu o IQA – Índice de Qualidade das Águas, que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público (CETESB, 2000). Ainda de acordo com a CETESB (2000), a criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com

que se apresenta cada parâmetro, segundo uma escala de valores “rating”. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostos, somente nove foram selecionados. Para estes, a critério de cada profissional, foram estabelecidas curvas de variação da qualidade das águas de acordo com o estado ou a condição de cada parâmetro. Estas curvas de variação, sintetizadas em um conjunto de curvas médias para cada parâmetro, bem como seu peso relativo correspondente, são apresentadas abaixo.

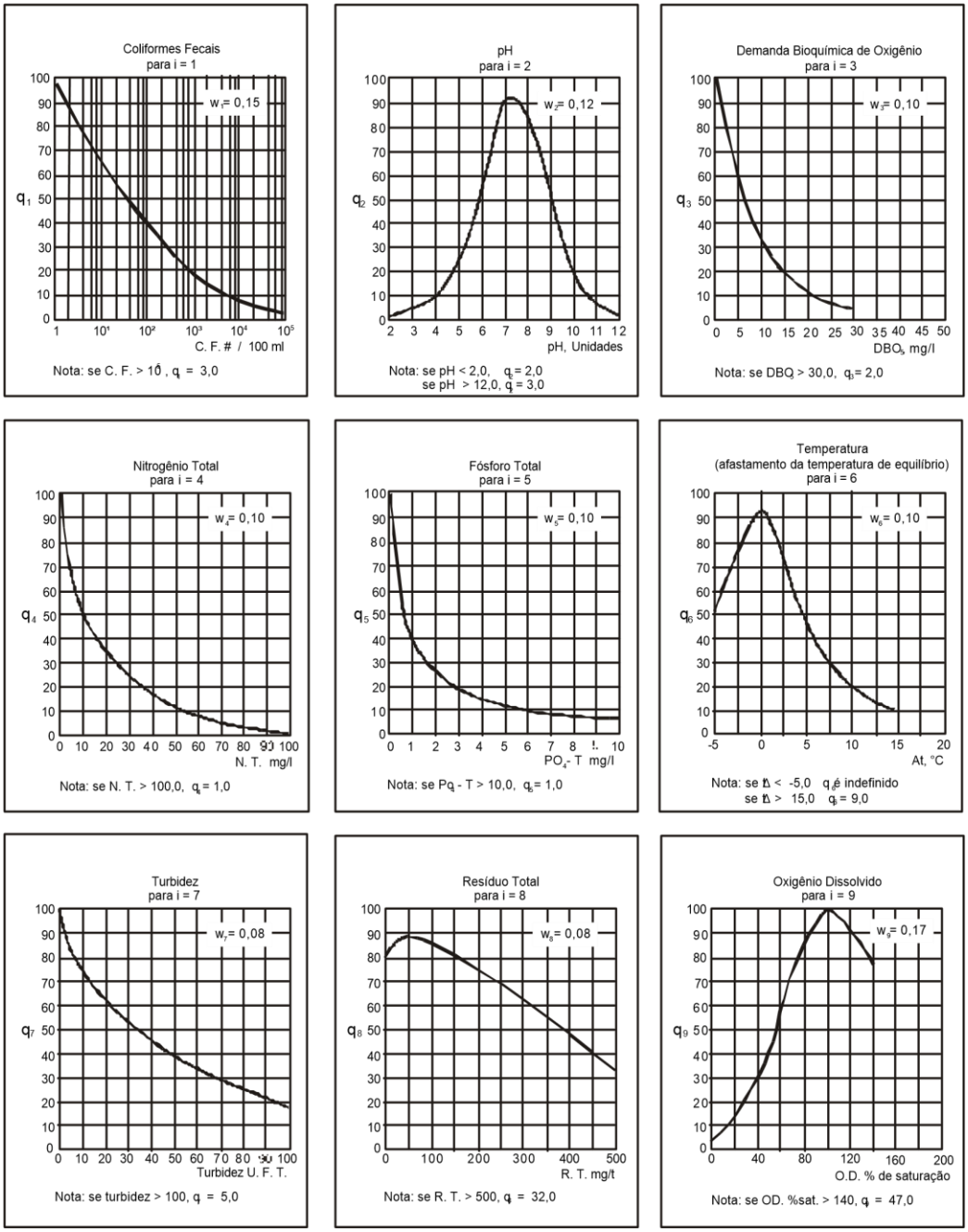


Figura 06: Curvas Médias de Variação de Qualidade das Águas

No caso de não se dispor do valor de alguma das nove variáveis, o cálculo do IQA é inviabilizado.

3.5.1.1 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial (CETESB, 2009).

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática, já que vários organismos (ex: peixes) precisam de oxigênio para respirar. As águas poluídas por esgotos apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido pois o mesmo é consumido no processo de decomposição da matéria orgânica. Por outro lado, as águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido mais elevadas, geralmente superiores a 5mg/L, exceto se houverem condições naturais que causem baixos valores deste parâmetro (ANA, 2015 d).

As águas eutrofizadas (ricas em nutrientes) podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como supersaturação. Isto ocorre principalmente em lagos e represas em que o excessivo crescimento das algas faz com que durante o dia, devido a fotossíntese, os valores de oxigênio fiquem mais elevados. Por outro lado, durante a noite não ocorre a fotossíntese, e a respiração dos organismos faz com que as concentrações de oxigênio diminuam bastante, podendo causar mortandades de peixes. Além da fotossíntese, o oxigênio também é introduzido nas águas através de processo físicos, que dependem das características hidráulicas dos corpos d’água (ex: velocidade da água) (ANA, 2015 d).

Uma adequada provisão de oxigênio dissolvido é essencial para a manutenção de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e em estações de tratamento de esgotos. Através da medição da concentração de oxigênio dissolvido, os efeitos de resíduos oxidáveis sobre águas receptoras e a eficiência do tratamento dos esgotos, durante a oxidação bioquímica, podem ser avaliados. Os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d’água natural em manter a vida aquática (CETESB, 2009).

3.5.1.2 Coliformes termotolerantes

São definidos como microrganismos do grupo coliformes capazes de fermentar a lactose a 44-45 ºC, sendo representados principalmente pela *Escherichia coli* e, também por algumas bactérias dos gêneros *Klebsiella, Enterobacter* e *Citrobacter*. Dentre estes microrganismos, somente a *E. coli* é de origem exclusivamente 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 (CETESB, 2009).

As bactérias coliformes termotolerantes ocorrem no trato intestinal de animais de sangue quente e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas (não causam doenças), mas sua presença em grandes números indicam a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: desinteria bacilar, febre tifóide, cólera) (ANA, 2015 e)

3.5.1.3 Potencial de Hidrogênio (pH)

Por influir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, o pH é um parâmetro importante em muitos estudos no campo do saneamento ambiental (CETESB, 2009).

O pH afeta o metabolismo de várias espécies aquáticas. A Resolução CONAMA 357 estabelece que para a proteção da vida aquática o pH deve estar entre 6 e 9. Alterações nos valores de pH também podem aumentar o efeito de substâncias químicas que são tóxicas para os organismos aquáticos, tais como os metais pesados (ANA, 2015 f).

3.5.1.4 Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO 5,20)

A Demanda Bioquímica de Oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água através da decomposição microbiana aeróbia. A DBO 5,20 é a quantidade de oxigênio consumido durante 5 dias

em uma temperatura de 20°C (ANA, 2015 g). Este conceito é originário do Reino Unido, onde a Royal Commission considera o tempo de escoamento dos rios britânicos para o mar inferior a cinco dias e a média de temperatura no verão é de 18,3°C (MENDONÇA, 1990).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2009).

Valores altos de DBO 5,20, num corpo d'água são provocados geralmente causados pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores deste parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar mortandades de peixes e eliminação de outros organismos aquáticos (ANA, 2015 g).

3.5.1.5 Temperatura da água

Variações de temperatura são partes do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo) e usinas termoelétricas (CETESB, 2009).

A temperatura influência vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Os organismos aquáticos são afetados por temperaturas fora de seus limites de tolerância térmica, o que causa impactos sobre seu crescimento e reprodução (ANA, 2015 h).

3.5.1.6 Nitrogênio Total

As fontes de nitrogênio nas águas naturais são diversas. Os esgotos sanitários constituem, em geral, a principal fonte, lançando nas águas nitrogênio orgânico, devido

à presença de proteínas, e nitrogênio amoniacal, pela hidrólise da ureia na água (CETESB, 2009).

Nos corpos d'água o nitrogênio pode ocorrer nas formas de nitrogênio orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato. Os nitratos são tóxicos aos seres humanos, e em altas concentrações causa uma doença chamada metahemoglobinemia infantil, que é letal para crianças (ANA, 2015 i).

Pelo fato dos compostos de nitrogênio serem nutrientes nos processos biológicos, seu lançamento em grandes quantidades nos corpos d'água, junto com outros nutrientes tais como o fósforo, causa um crescimento excessivo das algas, processo conhecido como eutrofização, o que pode prejudicar o abastecimento público, a recreação e a preservação da vida aquática. Também ocorre a fixação biológica do nitrogênio atmosférico pelas algas e bactérias. Além disso, outros processos, tais como a deposição atmosférica pelas águas das chuvas também causam aporte de nitrogênio aos corpos d'água (ANA, 2015 i).

3.5.1.7 Fósforo Total

Do mesmo modo que o nitrogênio, o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas (CETESB, 2009).

Entre as fontes de fósforo destacam-se os esgotos domésticos, pela presença dos detergentes superfosfatados e da própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros (ANA, 2015 j).

3.5.1.8 Turbidez

A turbidez indica o grau de atenuação que um feixe de luz sofre ao atravessar a água. Esta atenuação ocorre pela absorção e espalhamento da luz causada pelos sólidos em suspensão (silte, areia, argila, algas, detritos, etc.) (ANA, 2015 k).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando na época das chuvas as águas 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 (ANA, 2015 k).

Alta turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas. Além disso, afeta adversamente os usos doméstico, industrial e recreacional de uma água (CETESB, 2009).

3.5.1.9 Resíduo Total

O resíduo total é a matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura (ANA, 2015 l).

Quando os resíduos sólidos se depositam nos leitos dos corpos d'água podem causar seu assoreamento, que gera problemas para a navegação e pode aumentar o risco de enchentes. Além disso, podem causar danos à vida aquática pois ao se depositarem no leito eles destroem os organismos que vivem nos sedimentos e servem de alimento para outros organismos, além de danificar os locais de desova de peixes (ANA, 2015 l).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 METODOLOGIA APLICADA

O trabalho foi desenvolvido a partir da seleção de três diferentes afluentes do Rio Cachoeira, sendo eles Morro Alto, Mirandinha e Vertente Parque de France. Estes rios foram escolhidos pois, segundo a AMAE – Agência Municipal de Água e Esgoto, apresentam o sistema de coleta do esgoto distribuídos da seguinte forma:

* Vertente Parque de France: área onde a coleta está completamente implantada.
* Rio Mirandinha: durante o trabalho foram implantadas as obras de coleta do esgoto, porém a população foi notificada e iniciou as ligações parcialmente próximo ao final das coletas.
* Rio Morro Alto: parcialmente coletado, desde o trecho médio até sua foz junto ao Rio Cachoeira.

As coletas de água foram realizadas em período não chuvoso, com antecedência mínima de 5 dias sem chuva, com coletas iniciadas em abril de 2014 e encerradas em agosto de 2015. Para o Rio Morro Alto foram realizadas 5 coletas e, para os rios Mirandinha e Vertente Parque de France, foram realizadas 4 coletas. A seleção dos pontos de amostragem ocorreu a partir da análise dos seguintes critérios: lançamentos de efluentes ao longo da drenagem, incidência de tributários na rede, acessibilidade para coleta e distância média entre os pontos. Além destes critérios, procurou-se cobrir toda a extensão do curso do rio, desde a área mais próxima da nascente até a sua foz, junto ao Rio Cachoeira. As coletas de água, em cada um dos pontos, foram realizadas com a colaboração e supervisão dos técnicos do Laboratório Acquaplant Ltda, sendo assim, as coletas foram realizadas de acordo com todos os padrões necessários de normatização, seguindo todas as metodologias certificadas pelo INMETRO, segundo a NBR ISO IEC 17025, CRL 0607. As referências normativas utilizadas para análise de cada parâmetro estão relacionadas a seguir.

PARÂMETROS	REFERÊNCIA NORMATIVA
Coliformes termotolerantes	EATON, A. D. *et al*. **Standard methods for the examination of water and wastewater**.22nd. Washington DC: American Public Health Association, 2012. Part 9221. A, B e C. BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa Nº 62, de 26 de agosto de 2003. **Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 de set. 2003. Seção 1. Cap VI p.16.
DBO	Standard Methods, 22ª edição- Método 5210 B.
Nitrogênio Total	DIN 38405 D9 e ISO 7890-3: 198 Water quality – Determination of nitrate - Part 3: Spectrometric method using sulfosalicylic acid.
Fósforo Total	Bula do Kit Merck Fósforo.
Turbidez	Standard Methods 22ª Edição – Método 2130 B.
Sólidos Totais	Standard Methods for Examination of Water e Wastewater. 22ª edição – 2540B, 2540C, 2540D, 2540E.
Oxigênio Dissolvido	ABNT NBR 10559 – Águas – Determinação de oxigênio dissolvido Método Iodométrico de Winkler e suas modificações. Dez/1988 – ABNT.
Temperatura	Standard Methods 22ª Edição – Método 2550 B.
pH	Standard Methos 22ª 4500 B.

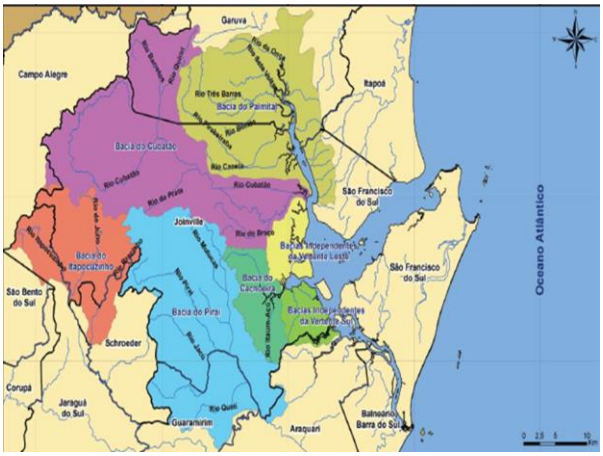
Tendo feita a coleta em cada um dos pontos, as amostras seguiam dentro de recipientes térmicos, envoltas por gelo, até o laboratório onde foram então analisadas. Para a análise das amostras optou-se por uma metodologia consolidada, denominada Índice de Qualidade de Água (IQA). Nesta metodologia são avaliados os seguintes parâmetros: Temperatura, pH, Sólidos Totais Dissolvidos, Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Fósforo Total, Nitrogênio Total, Coliformes Termotolerantes. Deve-se ressaltar que esta metodologia não analisa parâmetros provenientes de atividades industriais. A periodicidade das coletas ocorreu sempre 30 dias após a realização da anterior, sendo que para os rios Mirandinha e Vertente Parque de France, foram realizadas quatro coletas, enquanto que para o rio Morro Alto foram

realizadas cinco coletas. Esta variação ocorreu em virtude de períodos de chuvas, onde uma das coletas não foi realizada.

Após a aplicação do método supracitado, buscou-se a correlação entre os resultados obtidos nos diferentes parâmetros, com o objetivo de apurar a precisão e a própria avaliação de qualidade de água nas áreas das sub bacias do rio Cachoeira.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE JOINVILLE E DA ÁREA EFETIVA DE ESTUDO

Localizado na região Sul do País, município pólo da microrregião nordeste do Estado de Santa Catarina. Joinville é a maior cidade catarinense, responsável por cerca de 20% das exportações catarinenses. É também o 3º pólo industrial da região Sul, com volume de receitas geradas aos cofres públicos inferiores apenas às capitais Porto Alegre (RS) e Curitiba (PR). O município de Joinville figura entre as quinze maiores arrecadador de tributos e taxas municipais, estaduais e federais. A cidade concentra grande parte da atividade econômica na indústria com destaque para os setores metalomecânico, têxtil, plástico, metalúrgico, químico e farmacêutico. O Produto Interno Bruto de Joinville também é um dos maiores do país, em torno de R$ 16.447.342.000,00 por ano (IBGE, 2013).


Garuva
Campo Alegre
Rio Três Barras
Bacia do Palmital
Rio Cachoeira
Rio Cubatão
Rio do Pirai
Joinville
Rio do Braço
Rio Mathias
Rio Piraí
Rio Lindo
Rio Quiri
Rio Saramandaia
Bacia do Cachoeira
Bacia do Pirai
Bacia do Rapocuzinho
Rio Rapocuzinho
Rio Jaguaruna
Rio Itapocu
Rio Cachoeira
Rio Quiriri
Rio Cubatão
Rio do Pirai
Rio Cachoeira
Rio Quiri
Rio Saramandaia
Rio Mathias
Rio Piraí
Rio Lindo
Rio Rapocuzinho
Rio Jaguaruna
Rio Itapocu
Rio Quiriri
Rio Cubatão
Rio do Braço

4.2.1 Clima

O clima da região é do tipo úmido a superúmido, mesotérmico, com curtos períodos de estiagem, apresentando três subclasses de microclima diferentes, devido às características do relevo. Segundo a classificação de Thornthwaite, as três subclasses da região são: AB'4 ra' (superúmido) na planície costeira; B4 B'3 ra' (úmido) nas regiões mais altas; e B3 B'1 ra' (úmido) no planalto ocidental. De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo "mesotérmico, úmido, sem estação seca". A umidade relativa média anual do ar é de 76,04% (GAPLAN, 1988).

4.2.2 Temperatura

Adotando o período compreendido entre 2000 e 2013, a temperatura média anual é de 22,63 °C, sendo a média das máximas 27,18 °C e a média das mínimas de 18,91 °C (Univille, 2013).

4.2.3 Precipitação

A precipitação pluviométrica é influenciada pela orografia da Serra do Mar. A comparação entre os dados meteorológicos, obtidos nos últimos 25 anos entre a estação da Escola Técnica Tupy e da Univille, acusa uma mudança no regime de distribuição de chuvas na região. Ocorre um período de estiagem entre os meses de abril e agosto, quando comparado com as médias mensais dos últimos 25 anos para a Lagoa de Saguaçú (120 mm) e, para o baixo curso do Rio Cubatão (menos de 80 mm). A precipitação média anual para a cidade de Joinville, entre os anos de 2000 e 2012 é de 2.298,09 mm (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2001).

4.2.4 Relevo

O relevo do município se desenvolve sobre terrenos cristalinos da Serra do Mar e numa área de sedimentação costeira. Na região de transição entre o Planalto Ocidental e as Planícies Costeiras encontram-se as escarpas da serra, com vertentes inclinadas (mais de 50º) e vales

profundos e encaixados. A parte oeste do território do município estende-se até os contrafortes da Serra do Mar, cujas escarpas se estendem até o Estado do Rio de Janeiro, marginados em sentido leste por planícies deposicionais (PERINI BUSINESS PARK**,** 2014). Segundo Gonçalves *et al*. (2004), grande parte do município sobre a planície costeira é caracterizado por um relevo plano, contendo morros isolados. Esta planície possui um substrato rochoso bastante antigo, com aproximadamente 2,7 bilhões de anos, composto por rochas metamórficas, que afloram nos morros, enquanto na planície ocorrem sedimentos de origem marinha e continental depositados nos últimos 10 mil anos. A maior altitude verificada no município ocorre na Serra Queimada, atingindo 1.325 metros; na parte leste ocorre uma região de planícies, resultado de processos sedimentares aluvionais nas partes mais interioranas e marinhas na linha da costa, onde ocorrem os mangues. Justamente nesta unidade se desenvolve a ocupação humana (área agricultável e urbana), com altitude que varia de 0 a 20 metros.

4.2.5 Bacia hidrográfica do Rio Cachoeira

A bacia hidrográfica do Rio Cachoeira está totalmente inserida na área urbana de Joinville. Drena uma área de 83,12 km², que representa 7,3% da área do município. Ao longo de seu curso, de 14,9 km de extensão, tem como afluentes principais: Rio Alto Cachoeira, Rio Morro Alto (ribeirão Ghifforn), Rio Bom Retiro, Rio Mirandinha, Rio Mathias, Rio Jaguarão, Rio Bucarein e Rio Itaum (MAIA *et al*, 2014).

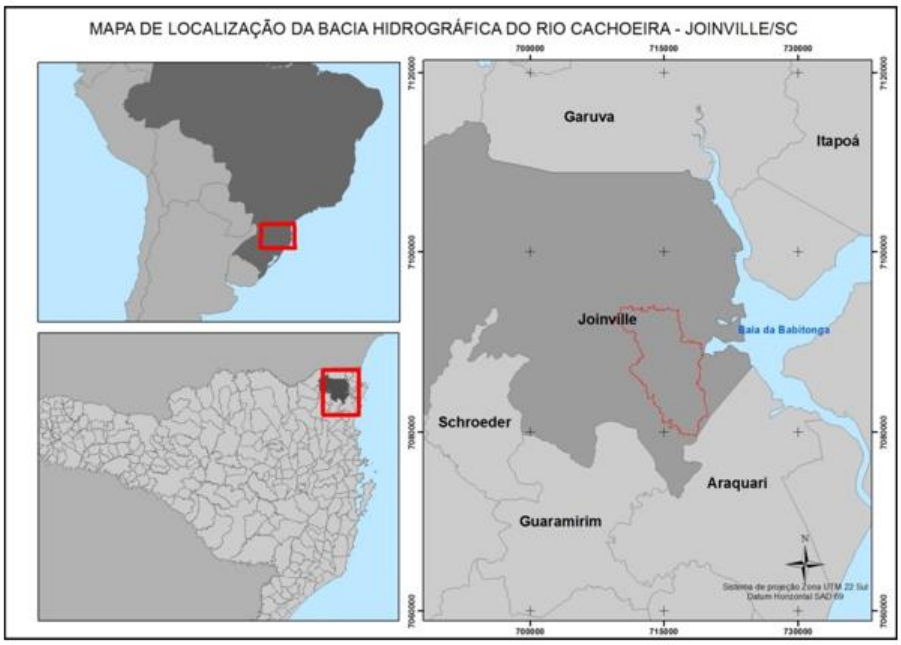


Figura 09: Localização da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (MULLER *et al*, 2012).

Suas nascentes estão localizadas no bairro Costa e Silva, nas proximidades da rua Rui Barbosa e Estrada dos Suíços, no entroncamento com a BR-101 (PERINI BUSINESS PARK, 2014).

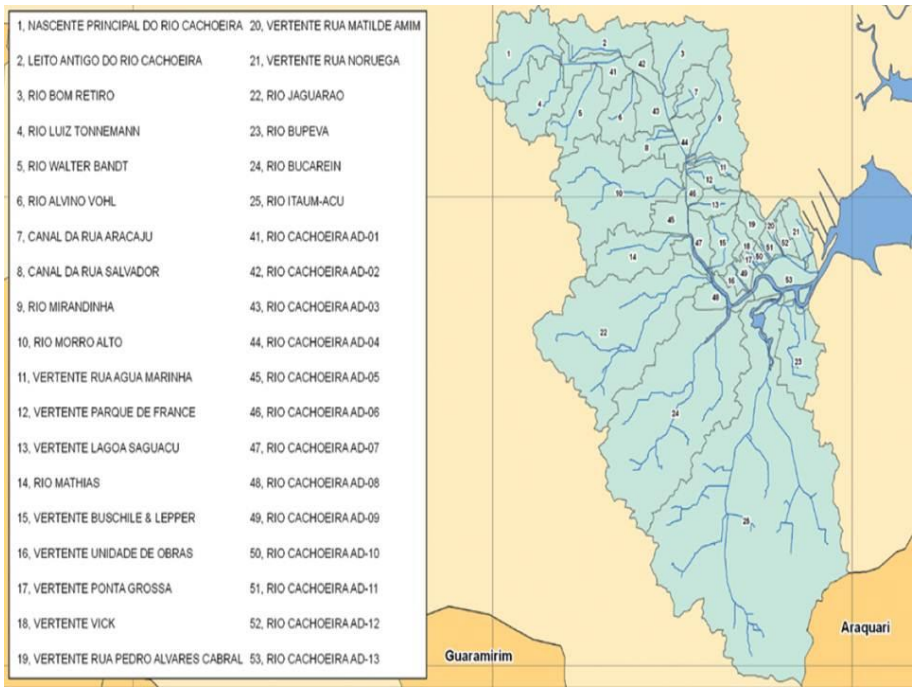


Figura 10: Principais afluentes componentes da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira tendo os afluentes utilizados para no estudo o Rio Mirandinha (09), Rio Morro Alto (10) e o Vertente Parque de Françe (11) (RIBEIRO e OLIVEIRA, 2014).

A bacia hidrográfica do Rio Cachoeira ocupa uma região relativamente plana. As nascentes encontram-se numa altitude de 40 metros. No entanto, a maior parte de seu curso, o canal principal, situa-se entre 5 e 15 metros de altitude. A foz encontra-se numa região estuarina sob a influência das marés, onde se encontram remanescentes de manguezais. Durante os períodos de amplitude da maré, pode-se verificar a inversão do fluxo da água do Rio (remanso) até quase a metade de seu percurso (próximo à travessia da rua General Polidoro, segundo relato de moradores da região) causado pelo ingresso de água salgada através do canal (MAIA *et al.*; 2014).

As baixas altitudes junto à foz, associadas ao efeito das marés astronômicas e meteorológicas, e das precipitações pluviométricas, causam frequentes problemas de inundações na região central, atingindo também alguns afluentes, principalmente os Rios Itaum-açú, Bucarein, Jaguarão e Mathias (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2001).

O processo de ocupação da cidade se deu ao longo do Rio Cachoeira e seus afluentes, e hoje comporta 49% da população do município. A área verde da bacia soma 13 km², concentrando-se nos Morros do Boa Vista e Iririú, e nas nascentes de seus afluentes, onde a legislação federal restringe a ocupação populacional (OLIVEIRA e GONÇALVES, 2001).

4.3 DESCRIÇÃO DAS SUB BACIAS DO RIO CACHOEIRA QUE FORAM AVALIADAS

Esta pesquisa foi realizada utilizando a água coletada em três importantes afluentes da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, tendo como critério de escolha a presença total de rede coletora, a ausência de rede coletora e uma rede parcial de coleta de esgoto doméstico, dentro de um percurso do Rio Cachoeira que tenha tido a qualidade da água avaliada pelo Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira (CCJ).

A sub-bacia da vertente do Parque de France foi escolhida por apresentar, ao longo de seu trajeto, 100% de rede coletora de esgoto sanitário implantado, conforme descrito na figura 11. Esta sub-bacia apresenta a menor concentração populacional entre as três estudadas e parte do curso d'água corre por áreas de preservação.

Figura 11: Pontos de coleta da vertente do Parque de France.

A sub-bacia do Rio Mirandinha foi selecionada por não apresentar, no período de coleta de amostra, nenhuma rede coletora de tratamento de efluentes, A figura 12

mostra os pontos de coleta nesta sub bacia. Esta sub-bacia comporta um contingente populacional maior do que aquele da sub-bacia anterior, mas a maioria das construções correspondem a casas e poucas atividades comerciais e industriais são encontradas nesta região.

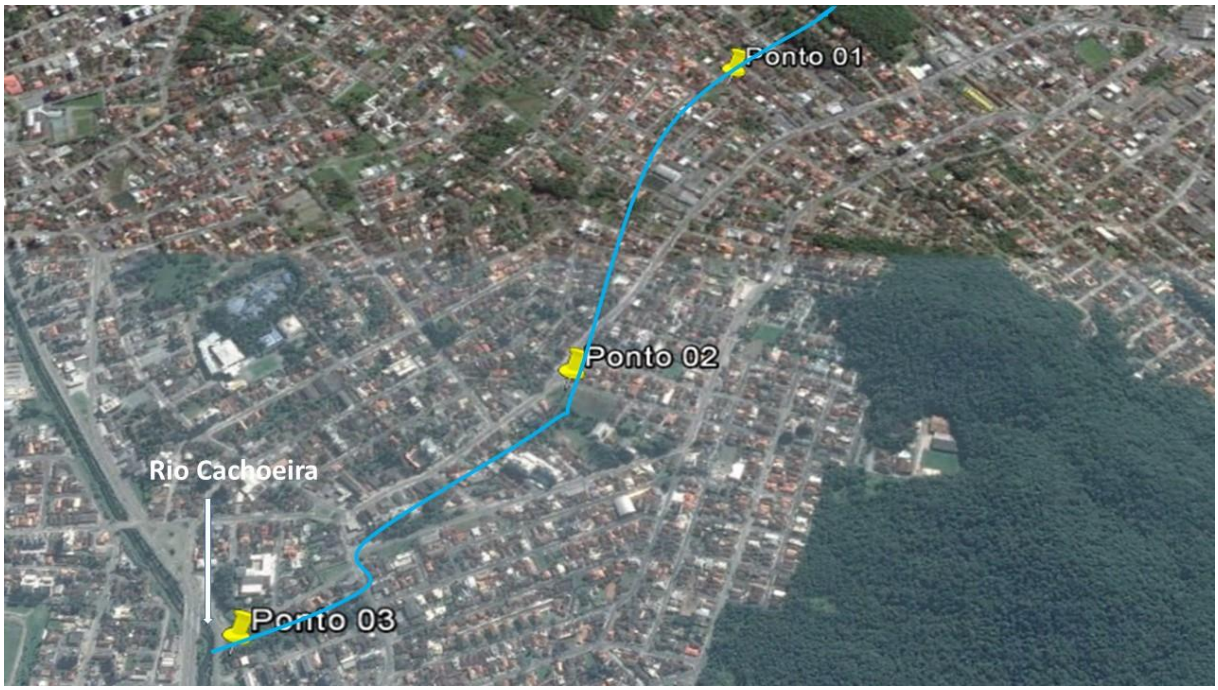


Figura 12: Pontos de coleta da sub Bacia do Rio Mirandinha.

A sub-bacia do Rio Morro Alto foi escolhida em decorrência de apresentar, ao longo de seu trajeto, aproximadamente 50% de seu curso, na fase inicial, sem nenhuma rede coletora de esgoto doméstico e 50%, até a desembocadura no Rio Cachoeira, com rede coletora instalada e ativa como demostrado na figura 13. Esta sub-bacia apresenta o maior contingente populacional de todas as sub-bacias estudadas. Muitas das construções correspondem a prédios e muita atividade comercial e industrial ocorre ao longo desta região.

Figura 13: Pontos de coleta da Sub bacia do Rio Morro Alto e a indicação das áreas com cobertura de rede coletora de esgoto segundo a AMAE.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO IQA – ÍNDICE DE QUALIDADE DAS ÁGUAS

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de águas correspondentes às variáveis que integram o índice.

A seguinte fórmula é utilizada:

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

onde:

IQA: Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100; **qi:** qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida e, **wi:** peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, (Tabela 1) atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$$

em que:

n: número de variáveis que entram no cálculo do IQA.

Tabela 1 – Pesos dos parâmetros de qualidade aplicados no cálculo do IQA. (Cetesb, 1997).

Parâmetro	Unidades	Peso – Wi
Oxigênio Dissolvido – (OD)	% OD	0,17
Coliformes termotolerantes – (CF)	NMP 100 mL^{-1}	0,15
Potencial Hidrogeniônico – (pH)	pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio – (DBO)	mg/L	0,10
Nitrogênio total	mg/L	0,10
Fosfatos – (PO_4)	mg/L	0,10
Variação de Temperatura – (T)	ºC	0,10
Turbidez - (Tu)	UNT	0,08
Resíduos Totais – (ST)	mg/L	0,08

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100, representado na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do nível de qualidade conforme valores de IQA. (CETESB, 1988).

Classificação do IQA	
Categoria	**Ponderação**
ÓTIMA	$79 < IQA \leq 100$
BOA	$51 < IQA \leq 79$
ACEITÁVEL	$36 < IQA \leq 51$
RUIM	$19 < IQA \leq 36$
PÉSSIMA	$IQA \leq 19$

FALAR DA PLANILHA DE CÁLCULO DO IQA

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo RIBEIRO e OLIVEIRA (2014) e MAIA *et al*. (2013) a qualidade da água do Rio Cachoeira é monitorada desde o ano de 2009, pelo Comitê das Bacias do Rio Cubatão e Cachoeira, em parceria com a Univille, em três pontos distribuídos ao longo do rio. Para a realização deste estudo, todos os afluentes selecionados pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, sendo, dessa forma, importante conhecer a qualidade da água do corpo receptor e, assim, compreender se a água proveniente das sub bacias estudadas contribui de forma positiva ou negativa para o Rio Cachoeira. Como forma de determinação da qualidade da água, foram utilizados os parâmetros da Resolução 357/2005, sendo calculado mensalmente o índice de Qualidade da Água (IQA) de acordo com a CETESB (1988).

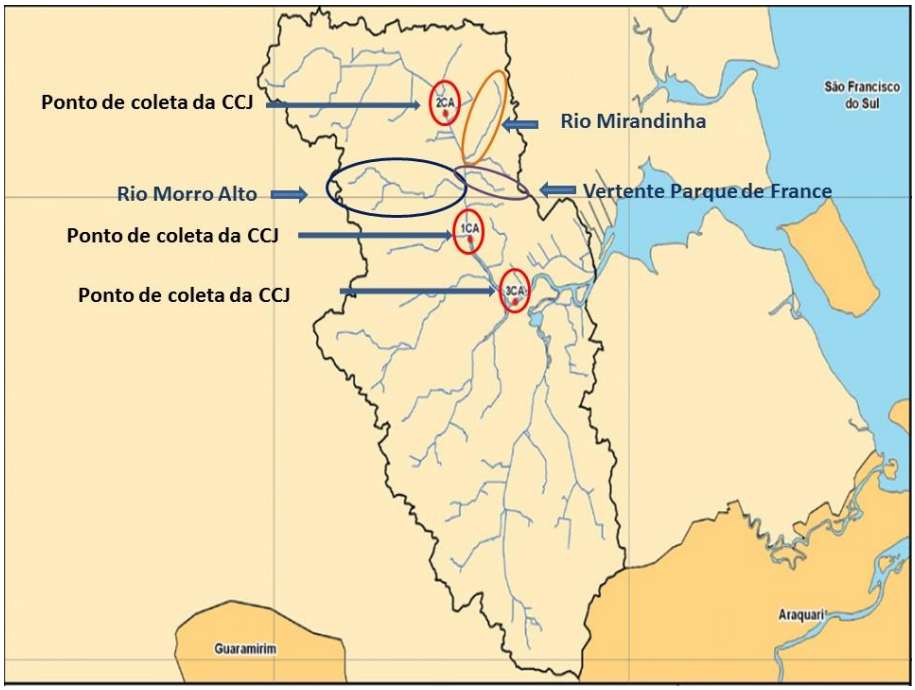


Figura 14: Relação dos pontos de Coleta de amostra no Rio Cachoeira e os respectivos afluentes utilizados neste trabalho (Vertente do Parque de France Rio Mirandinha, e Rio Morro Alto).(CCJ/UNIVILLE, 2014)

Um dos critérios utilizados para a seleção das sub bacias foi pertencer a áreas urbanizadas da cidade de Joinville. Os rios Morro Alto e Rio Mirandinha estão caracterizados por terem 100% dos seus leitos em áreas urbanizadas e por ter parcial ou total falta de coleta de esgoto. A vertente do Parque de France tem sua nascente no Morro do Boa Vista e possuiu, em toda sua extensão, rede coletora de esgoto, como demostrado na figura abaixo.

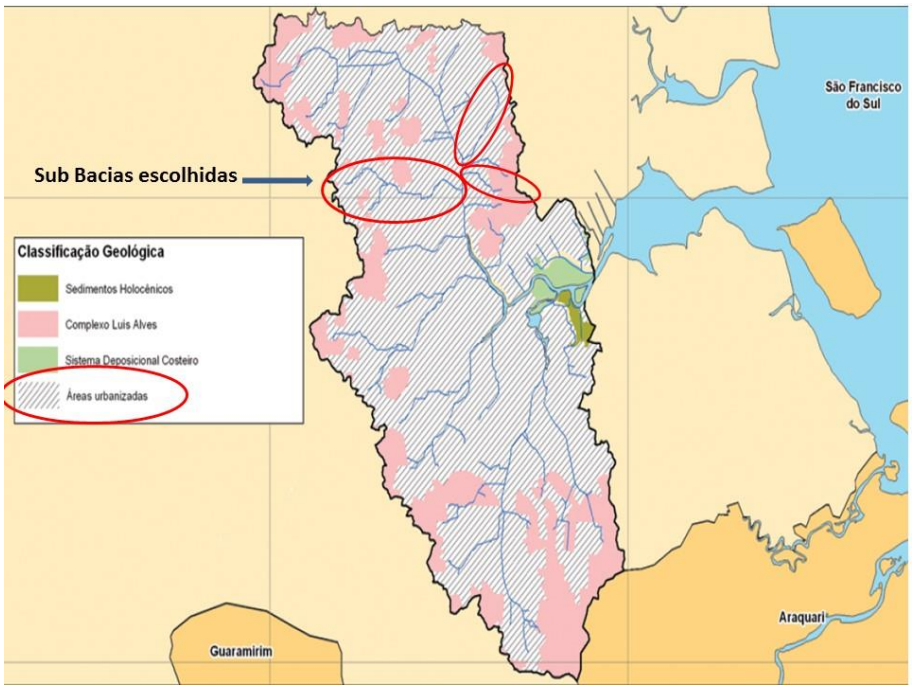


Figura 15: Classificação geológica da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira e áreas urbanizadas (Ribeiro e Oliveira, 2014).

Os três afluentes estudados neste trabalho ficaram localizados entre o ponto 01 e 02 de coleta de amostras do Comitê das Bacias Hidrográficas do Rio Cubatão e Cachoeira. Tendo como base a determinação do IQA no ano de 2012 os pontos de coleta da CCJ obtiveram médias de 25,08 (± 4,65) e 25,25 (± 8,87) para os pontos 01 e 02 respectivamente (Figura 16). Em termos de classificação da qualidade da água, com base nestes dados de IQA, estes dois pontos foram classificados como ruim (RIBEIRO e OLIVEIRA, 2014).

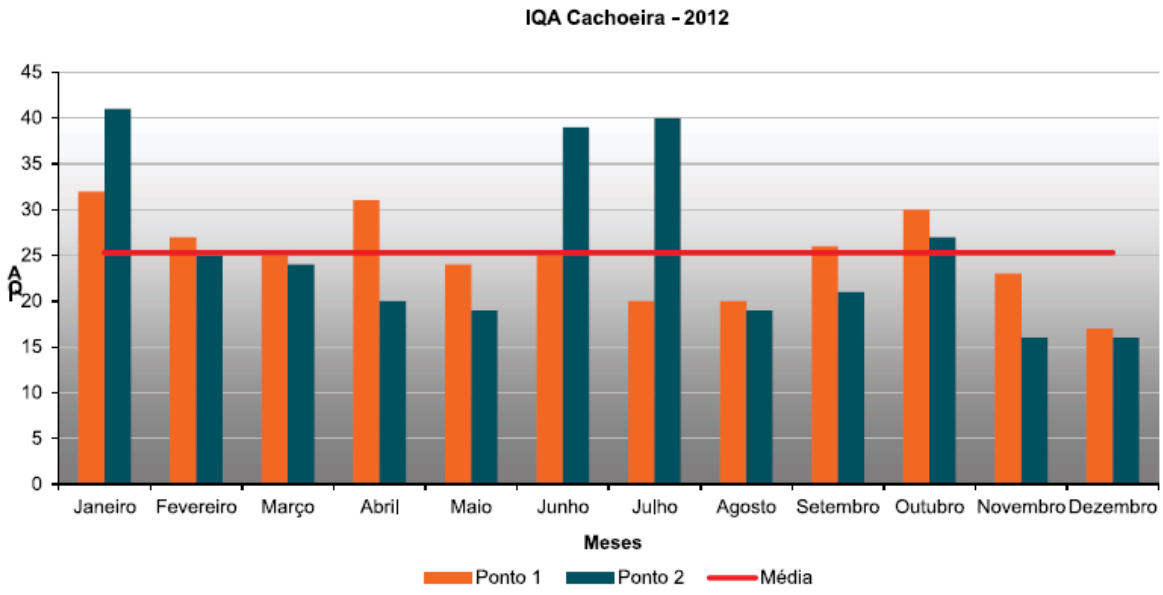


Figura 16: Índice da qualidade da água (IQA) do Rio Cachoeira no ano de 2012 (MAIA *et al*., 2014).

De acordo com Chiguti (2015) as médias de IQA dos dez pontos monitorados, comparando os meses de março de 2012 a 2015, mostram que o índice está aumentando gradativamente. Em março de 2012, o IQA estava em 25,05. Em março de 2013, subiu para 33,2. Em 2014, estava 36,55. Já em março deste ano, o IQA foi de 44,59.

Partindo dos valores acima descritos para o Rio Cachoeira, podemos observar, através dos resultados obtidos junto as três sub bacias que, apenas a sub bacia do Rio Morro Alto, apresenta valor de IQA médio inferior aqueles obtidos por Chiguti em 2015. As duas outras sub bacias apresentam médias de IQA superiores aquelas obtidas para o Rio Cachoeira, demonstrando que existe uma contribuição positiva por parte destas.

A bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, no município de Joinville, vem sendo monitorada pelo Comitê de Bacia Hidrográfica dos rios Cubatão e Cachoeira - CCJ. Os resultados apresentados neste trabalho contribuem com o monitoramento feito por este grupo, especialmente por gerar dados em sub bacias que ainda não são monitoradas. O presente trabalho apresentou, nas três sub bacias do Rio Cachoeira, os seguintes resultados médios, conforme descritos na tabela 3.

De acordo com as informações cedidas pelo Comitê de Gerenciamento das Bacias Hidrográficas dos Rios Cubatão e Cachoeira, a classificação das águas do Rio Cachoeira e suas sub bacias estão classificadas como classe II, de acordo com a

resolução do Conama 357/2005. Analisando os dados gerais descritos na tabela 03, fica demonstrado que as três sub bacias estudadas (Rio Morro Alto, Mirandinha e Vertente do parque de France) não estão em conformidade com a resolução acima descrita.

Segundo o Conama 357/2005, as águas de classe II deveriam ter o seguinte limite de coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral, turbidez: até 100 UNT; DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O_2; OD, em qualquer amostra, não inferior a 5 mg/L O_2 e fósforo total até 0,1 mg/L.

Os resultados de cada sub bacia serão discutidas individualmente a seguir.

Tabela 3 – Resultados médios gerais das três sub bacias do Rio Cachoeira estudas. Os resultados foram obtidos a partir de uma média de 17 amostras para cada sub bacia.

Parâmetros	**Vertente do Parque de France** 100% Coleta	**Rio Mirandinha** 0% Coleta	**Rio Morro Alto** 0% Coleta	**Rio Morro Alto** 100% Coleta	**Valores referencial Conama 357/2005**
Coliformes termotolerantes (N.M.P./100mL)	1.334 (± 1.655)	11.288 (± 14.417)	9.046 (± 14.894)	10.601 (± 14.774)	Até 1000 por mL em 80% de 6 amostras
DBO (mg/ml)	8,51 (± 16,24)	11,99 (± 10,93)	17,24 (± 14,22)	22,85 (± 30,37)	Até 5 mg/L
Nitrogênio Total (mg/ml)	1,80 (± 1,40)	4,38 (± 0,93)	12,74 (± 6,03)	10,99 (± 2,86)	3,7 mg/L para pH ≤ 7,5
Fósforo Total (mg/ml)	0,90 (± 0,87)	1,09 (± 0,95)	1,69 (± 1,50)	1,46 (± 0,88)	0,1 mg/L (ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários)
Turbidez (UNT)	5,31 (± 2,95)	4,57 (± 0,79)	16,97 (± 26,86)	7,88 (± 2,23)	Até 100 UNT
Sólidos Totais (Resíduos) (mg/ml)	185 (± 303)	154 (± 132)	159 (± 48)	141 (± 28)	Até 500 mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/ml)	8,25 (± 2,47)	4,69 (± 0,93)	3,69 (± 1,43)	3,75 (± 0,95)	Não inferior a 5 mg/L
Temperatura (ºC)	23,07 (± 3,60)	23,08 (± 2,74)	21,44 (± 1,32)	21,97 (± 1,51)	Variável
pH	7,18 (± 0,34)	7,17 (± 0,18)	7,31 (± 0,49)	7,31 (± 0,18)	
IQA	**62,6 (± 11,77)**	**48,5 (± 9,14)**	**30,9 (± 10,70)**	**40,4 (± 11,02)**	

5.1 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB BACIA COM 100% DE REDE COLETORA DE ESGOTO INSTALADA.

Como forma de comparação da contribuição do esgoto doméstico na poluição da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, foi feita a escolha da sub bacia da Vertente Parque de France. Esta sub bacia foi dividida em 4 partes, da nascente até a desembocadura no Rio Cachoeira, sendo que todo o percurso avaliado apresenta rede coletora já instalada e em funcionamento, segundo dados da Agência Municipal de Água e Esgoto (AMAE) de Joinville. Os resultados abaixo foram obtidos considerando-se a média dos valores por ponto de coleta e estão descritos nas figuras 17 a 26.

Em termos de IQA (fig. 17), a Vertente Parque de France foi o que melhor apresentou resultados, podendo ser atribuído estes valores médios de IQA por esta sub bacia apresentar 100% de rede coletora de esgoto doméstico devidamente instalado.

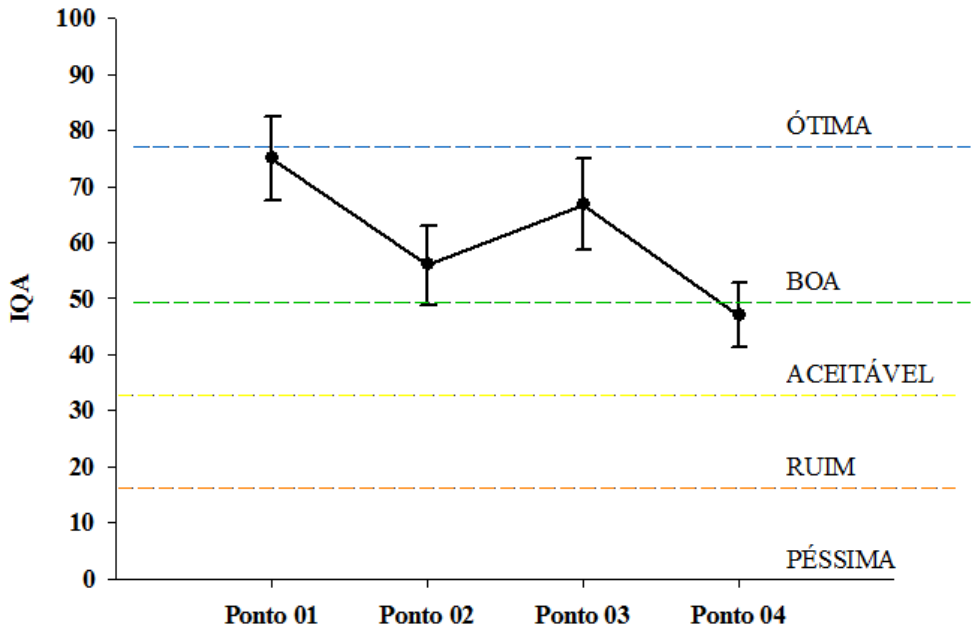


Figura 17: Resultados médios, em termo de IQA, da sub bacia da Vertente do Parque de France.

Do ponto de vista da resolução do Conama 357/2005 esperava-se que esta sub bacia estivesse em total conformidade com a resolução. Quatro parâmetros da

classificação não se encontram dentro dos limites estabelecidos na resolução e estão demonstrados nas figuras 18 a 26.

O número de coliformes termotolerantes (fig. 18) está de acordo com os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Observa-se que no ponto de coleta 04, há um aumento significativo deste número, bem como um maior desvio padrão das amostras. O ponto 4 fica perto da desembocadura no Rio Cachoeira, o que pode justificar esta variação. Todas as coletas foram feitas, preferencialmente em maré baixa para diminuir a influência sobre a qualidade da coleta, sabendo-se que o Rio Cachoeira tem forte influência pela variação da maré este ponto pode, mesmo em maré baixa, ter ainda contaminação do rio Cachoeira. Este fenômeno também foi observado para todas as outras duas sub bacias.

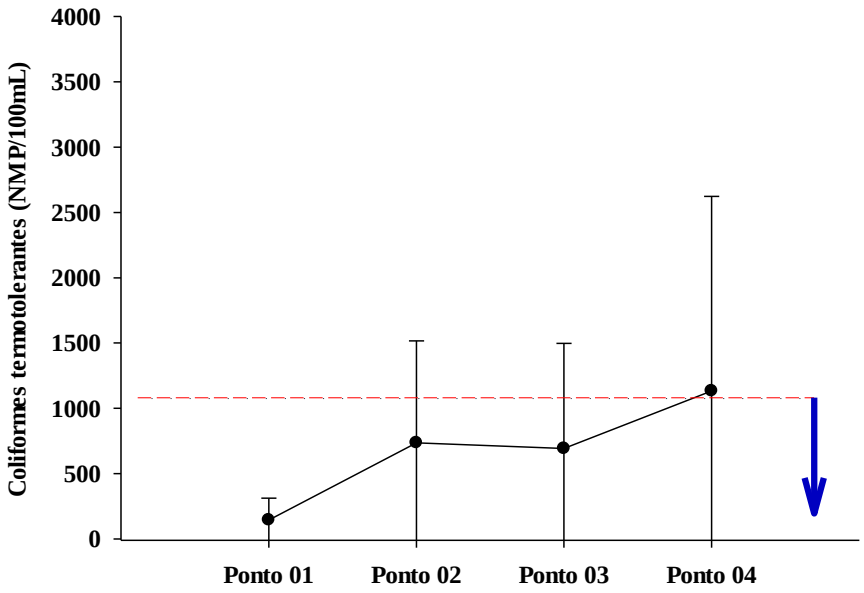


Figura 18: Resultados médios, em termo de Coliformes Termotolerantes, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

As concentrações de oxigênio dissolvidos (fig. 19) estão em conformidade com a resolução.

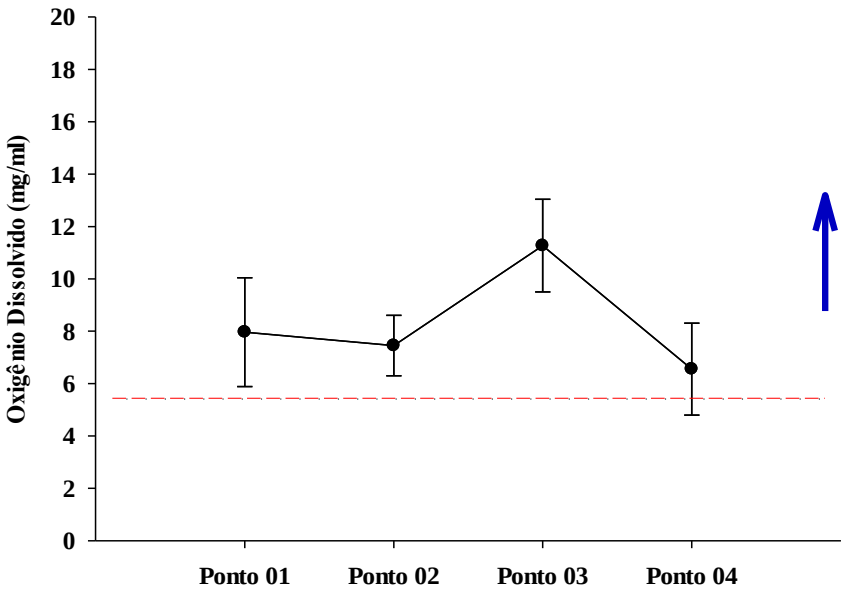


Figura 19: Resultados médios, em termo de Oxigênio Dissolvido, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Um parâmetro que chamou a atenção foi a Demanda Bioquímica de Oxigênio descrito na figura 20. Na tabela 3 verifica-se uma média de DBO-5 dias de 8,51 mg/ml (± 16,24). Analisando a figura 20, observa-se um valor médio no ponto 02 de 18,25 mg/ml e um desvio padrão de ± 31,24. Este fato se deve ao valor obtido na primeira coleta do ponto 02, que resultou em 65.8 mg/ml de DBO-5 dias. Se este ponto não fosse computado, a média geral da DBO-5 dias na vertente Parque de France seria de 4,42 MG/ML (± 3,69) que colocaria esta sub bacia dentro dos parâmetros estabelecidos pelo Conama para águas da classe II.

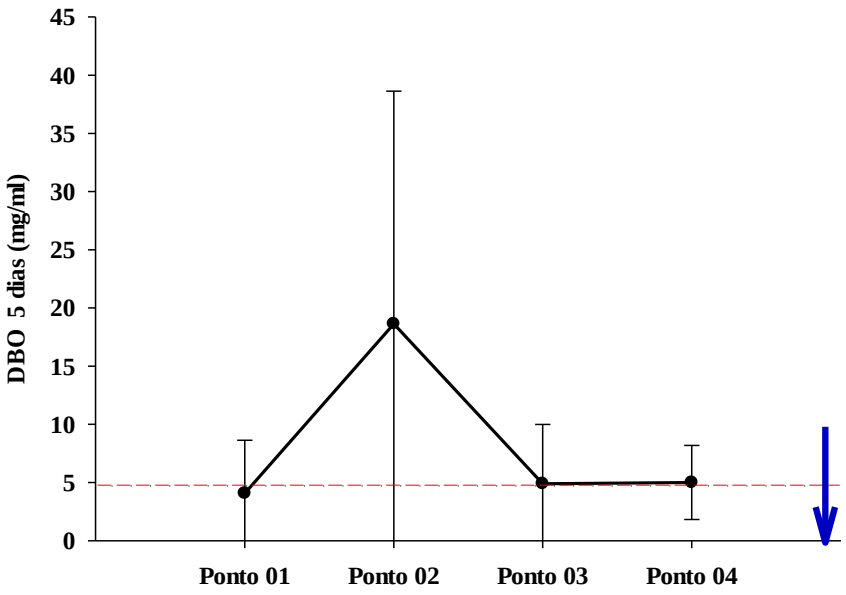


Figura 20: Resultados médios, em termo de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-5 dias), da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Os resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, colocam este parâmetro dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005. Na figura 21 observa-se que, apenas no ponto quatro, os valores obtidos não estão em conformidade com esta resolução, fato este que também pode ser justificado pela contaminação do Rio Cachoeira, devido a influência da variação da maré.

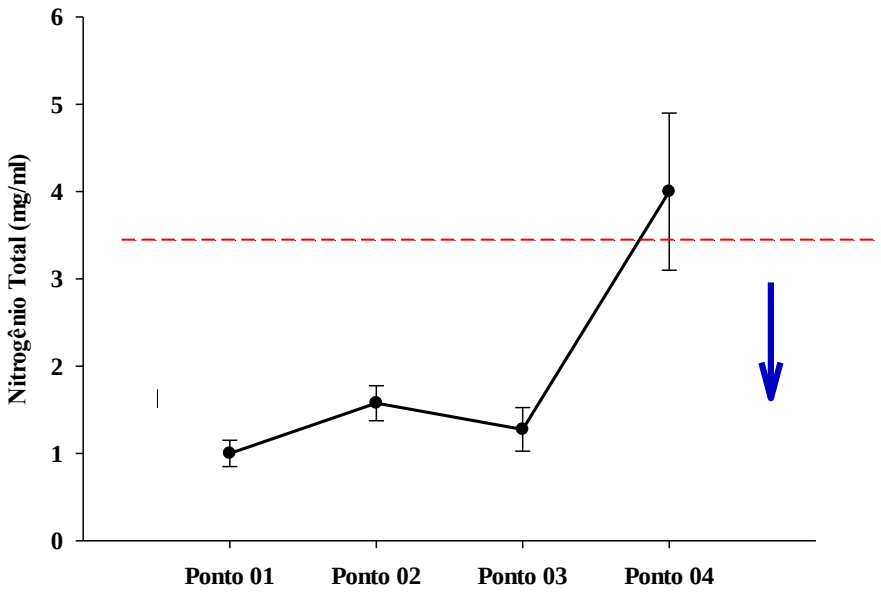


Figura 21: Resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

A determinação dos Fosforo Total (fig. 22) foi o parâmetro que obteve a maior diferença em relação aos limites estabelecidos pelo Conama. A CETESB, (2009) descreve que o fósforo é um importante nutriente para os processos biológicos e seu excesso pode causar a eutrofização das águas. Sobre este mesmo parâmetro, a ANA, (2015 j) descreve que as possíveis fontes de fósforo podem ser esgotos domésticos, presença dos detergentes superfosfatados e a própria matéria fecal. A drenagem pluvial de áreas agrícolas e urbanas também é uma fonte significativa de fósforo para os corpos d'água. Entre os efluentes industriais destacam-se os das indústrias de fertilizantes, alimentícias, laticínios, frigoríficos e abatedouros. Nesta sub bacia não é encontrada nenhuma instalação industrial. A vertente do Parque de France apresenta em seu percurso diversos pequenos lagos que possuem peixes e, também foi constatado a presença de aves, o que poderia justificar os valores encontrados acima dos estabelecidos na resolução.

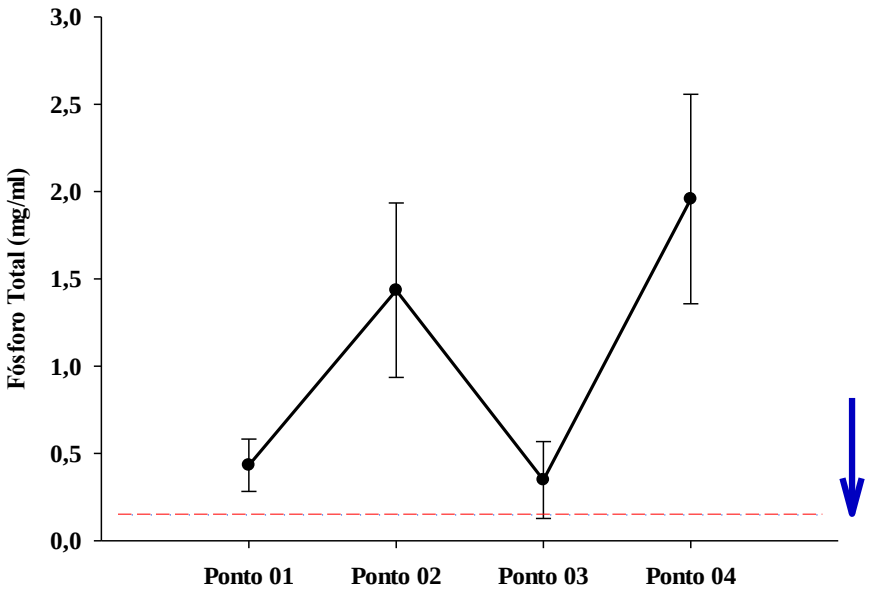


Figura 22: Resultados médios, em termo de Fosforo Total, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Os demais parâmetros como turbidez, sólidos totais, pH e temperatura, descritos nas figuras 23 a 26, respectivamente, estão em conformidade com a Resolução CONAMA 357/2005.

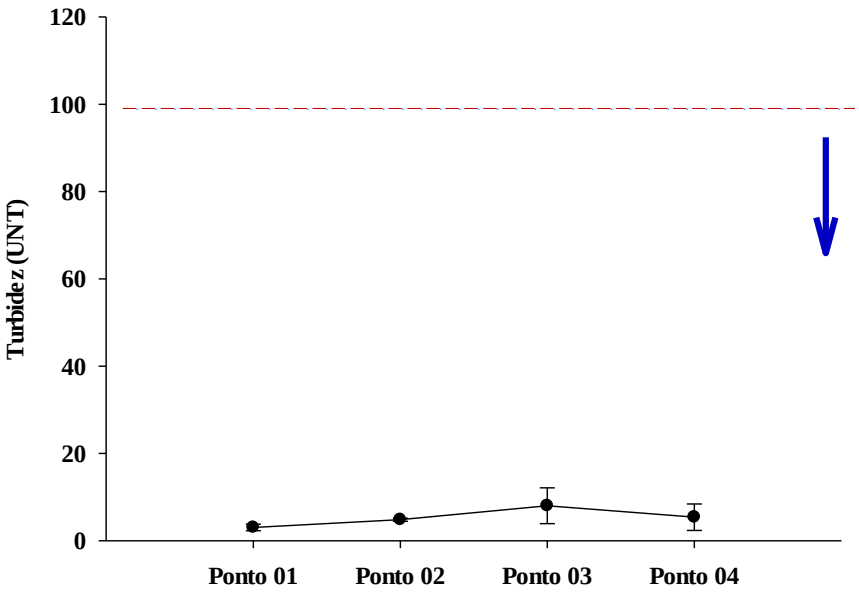


Figura 23: Resultados médios, em termo de Turbidez, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

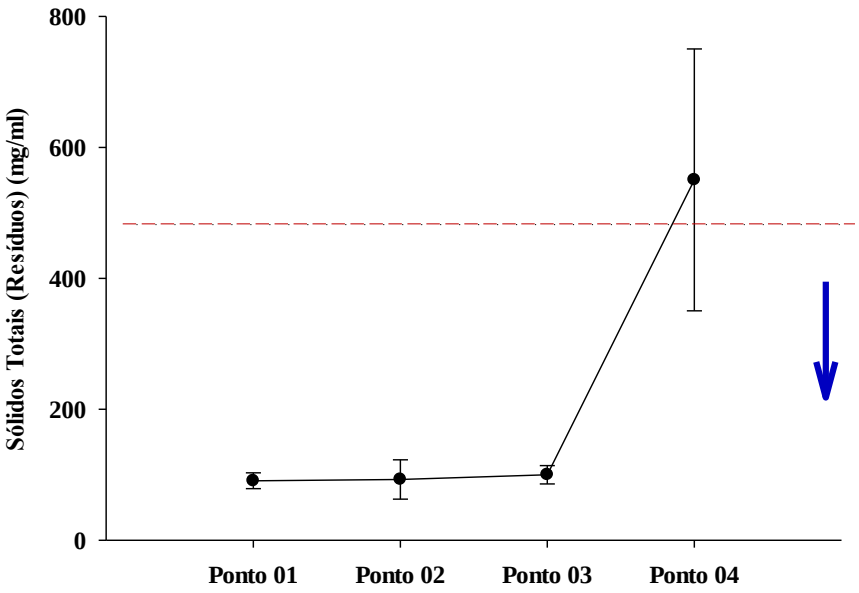


Figura 24: Resultados médios, em termo de Sólidos Totais, da sub bacia da Vertente do Parque de France. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

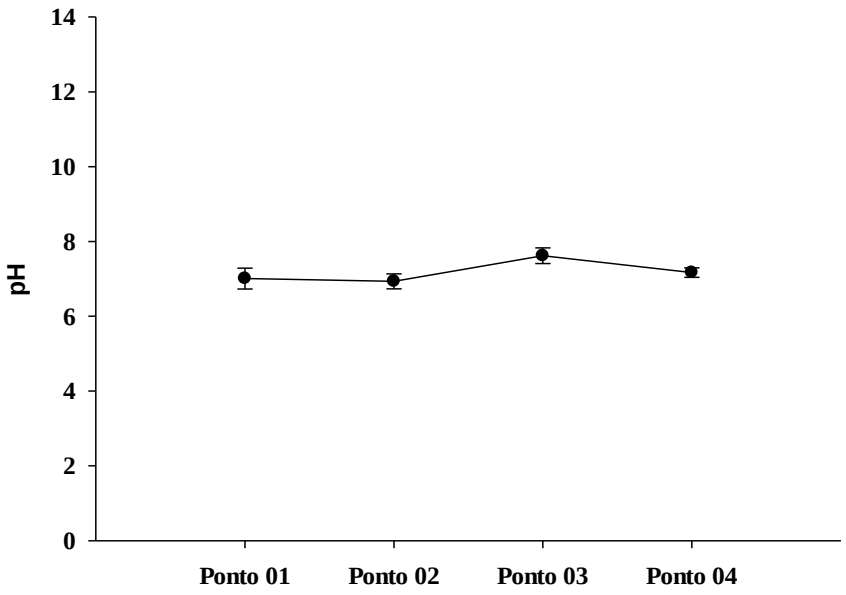


Figura 25: Resultados médios, em termo de pH, da sub bacia da Vertente do Parque de France.

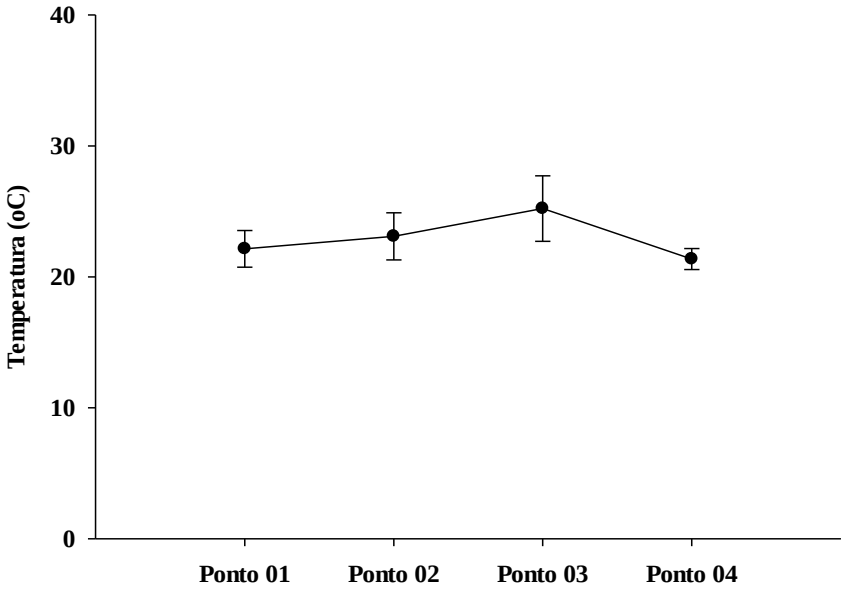


Figura 26: Resultados médios, em termo de Temperatura, da sub bacia da Vertente do Parque de France.

5.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB BACIA SEM REDE COLETORA DE ESGOTO INSTALADA

Como forma de comparação da contribuição do esgoto doméstico na poluição da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, foi feita a escolha da sub bacia do Rio Mirandinha. Esta sub bacia foi dividida em 3 partes, da nascente até a desembocadura no Rio Cachoeira, sendo que em todo o percurso avaliado não apresenta rede coletora instalada e em funcionamento, segundo dados da Agência Municipal de Água e Esgoto (AMAE) de Joinville. Os resultados abaixo foram obtidos considerando-se a média dos valores por ponto de coleta e estão descritos nas figuras 27 a 36.

Em termos de IQA (fig. 17), o Rio Mirandinha apresentou resultados inferiores aqueles obtidos na sub bacia anterior, podendo ser atribuído estes valores médios de IQA por esta sub bacia não apresentar rede coletora de esgoto doméstico devidamente instalado.

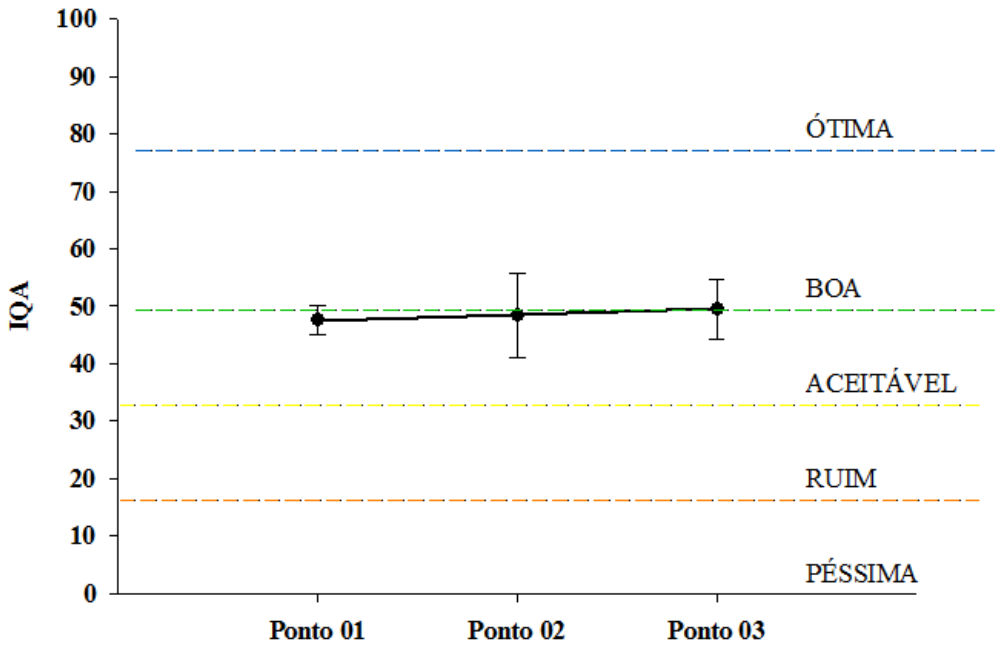


Figura 27: Resultados médios, em termo de IQA, da sub bacia do Rio Mirandinha.

De acordo com os valores limítrofes da Resolução CONAMA 357/2005, esta sub bacia está em total desconformidade com a resolução. Cinco parâmetros da

classificação não se encontram dentro dos limites estabelecidos na resolução e estão demonstrados nas figuras 28 a 32.

O número de coliformes termotolerantes, descritos na figura 28, está em desacordo com os parâmetros estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005. Observa-se que no ponto de coleta 01, há um aumento deste número, bem como um maior desvio padrão das amostras. Neste ponto o rio apresenta pequeno volume de água, fato este que pode concentrar estes microrganismos.

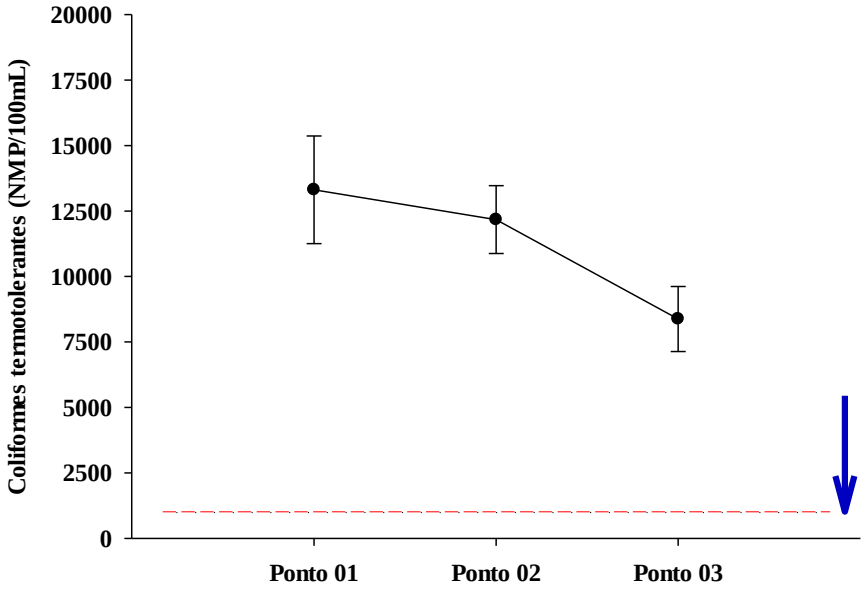


Figura 28: Resultados médios, em termo de Coliformes Termotolerantes, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Os resultados médios em termos de Oxigênio Dissolvido, assim como em outros parâmetros, também apresentou uma melhora ao longo do percurso, podendo ser influenciado pelo aumento das dimensões do rio, produzindo maior oxigenação de suas águas, segundo descrito na figura 29.

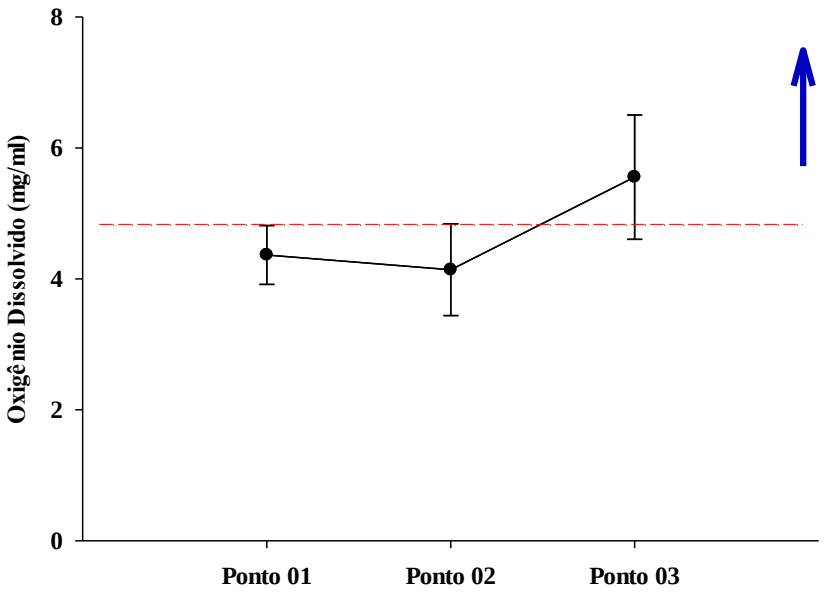


Figura 29: Resultados médios, em termo de Oxigênio Dissolvido, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Os resultados médios obtidos para este parâmetro estão em desconformidade com o limite máximo estabelecido pela resolução. De acordo com os valores obtidos para cada um dos pontos de coleta é possível perceber que ocorre um distanciamento do valor ideal junto a desembocadura do Rio Mirandinha, podendo este resultado ser influenciado pelas condições do Rio Cachoeira.

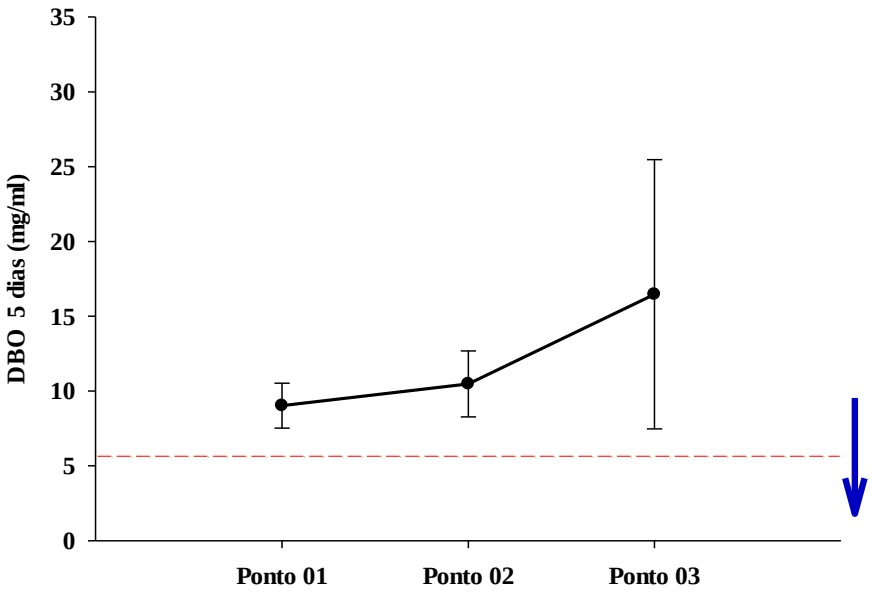


Figura 30: Resultados médios, em termo de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-5 dias), da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Os resultados obtidos tanto para o Nitrogênio Total como para o Fósforo Total, figuras 31 e 32 respectivamente, também estão acima dos limites estabelecidos. Esta desconformidade pode ser relacionada com a ausência de coleta de esgoto, uma vez que o lançamento de esgoto doméstico contribui para a elevação destes valores.

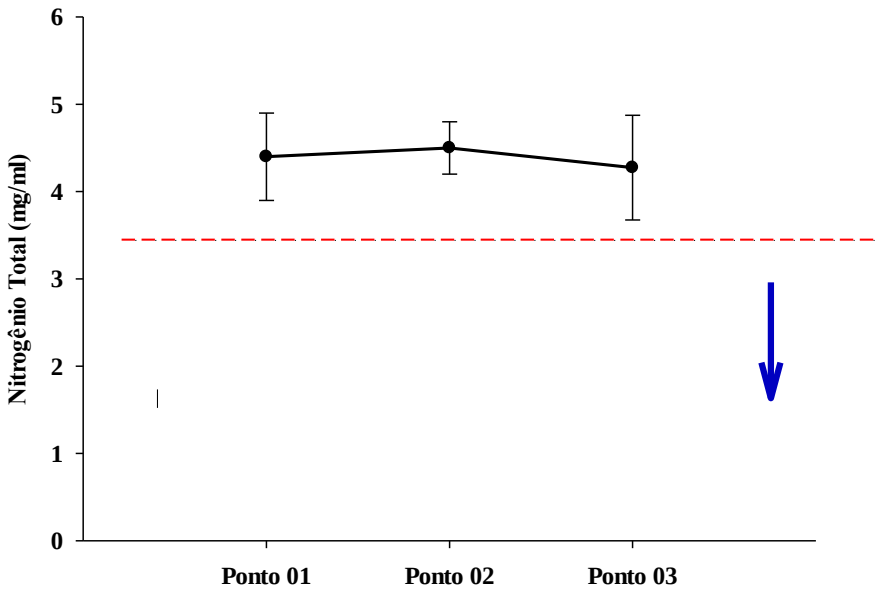


Figura 31: Resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

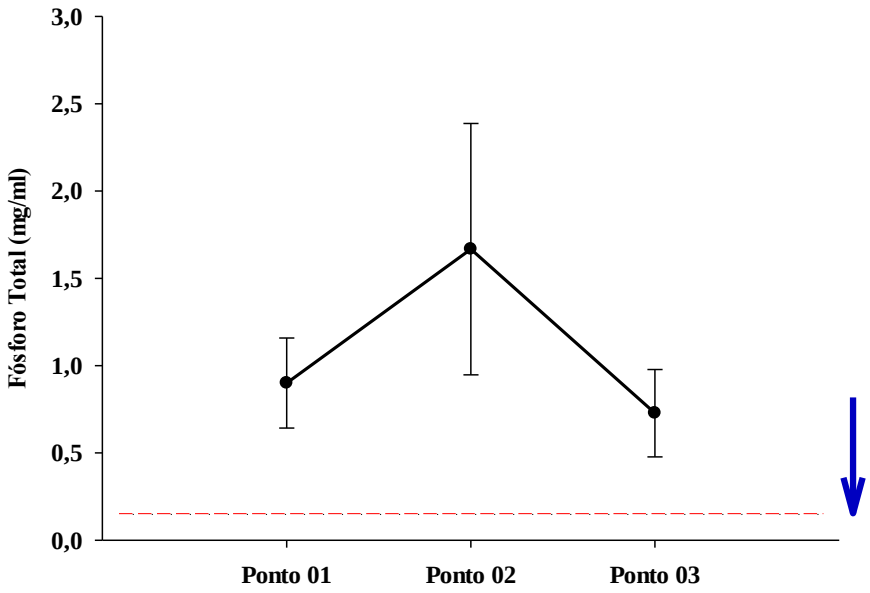


Figura 32: Resultados médios, em termo de Fosforo Total, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

Os resultados médios de Turbidez e Sólidos Totais encontram-se dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005.

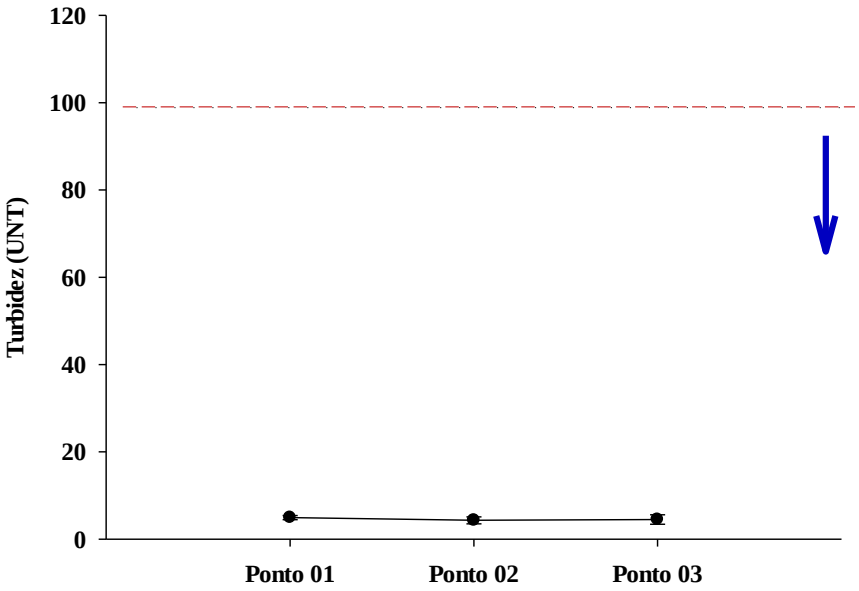


Figura 33: Resultados médios, em termo de Turbidez, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

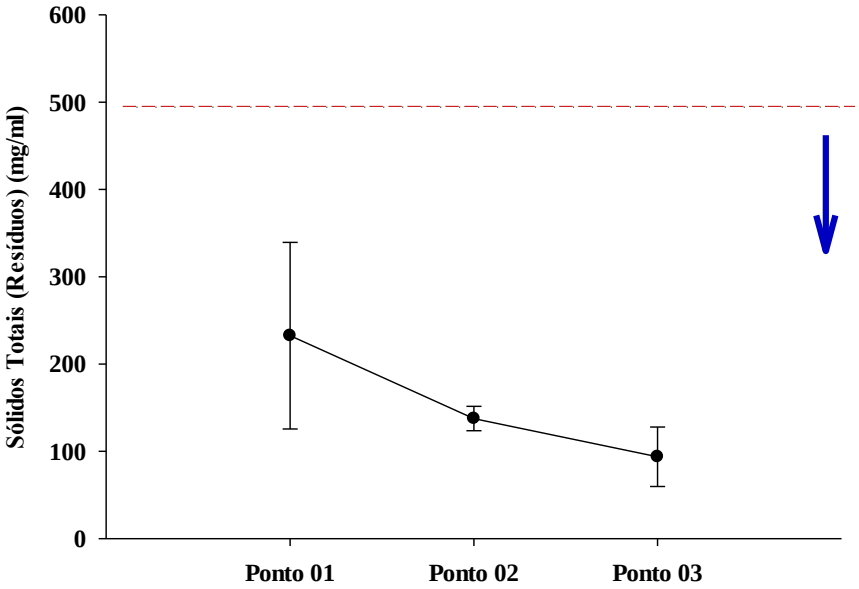


Figura 34: Resultados médios, em termo de Sólidos Totais, da sub bacia do Rio Mirandinha. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade.

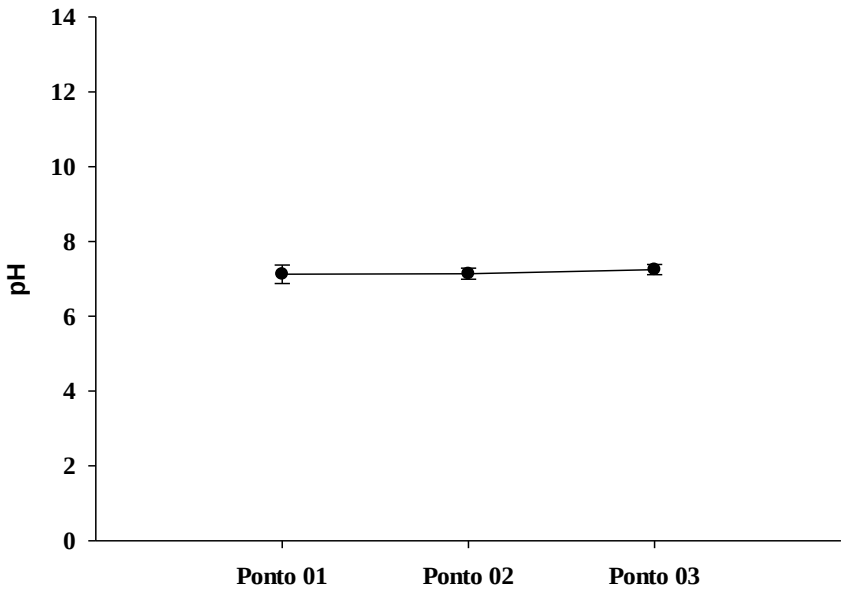


Figura 35: Resultados médios, em termo de pH, da sub bacia do Rio Mirandinha.

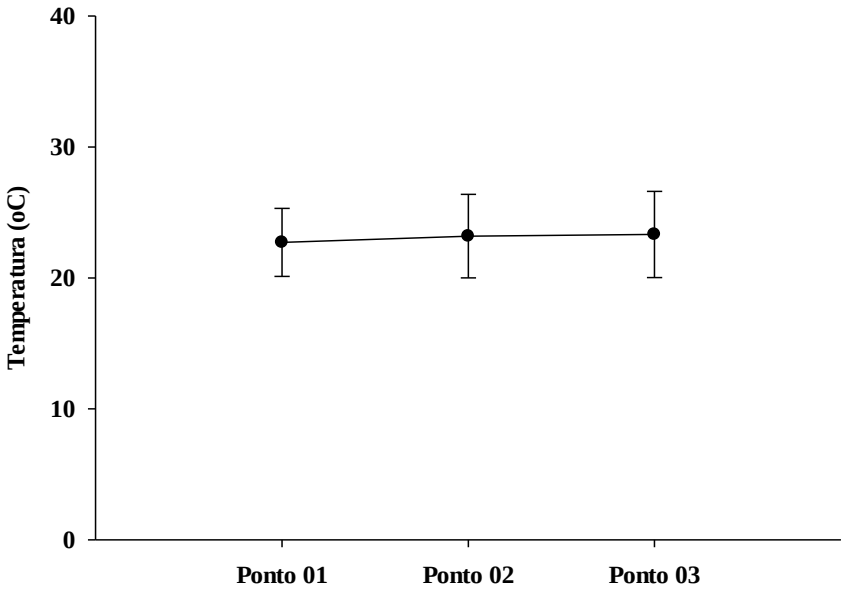


Figura 36: Resultados médios, em termo de Temperatura, da sub bacia do Rio Mirandinha.

5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM SUB BACIA DE REDE COLETORA DE ESGOTO COM INSTALAÇÃO PARCIAL

Como forma de comparação da contribuição do esgoto doméstico na poluição da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira, foi feita a escolha da sub bacia do Rio Morro Alto. Esta sub bacia foi dividida em 5 partes, da nascente até a desembocadura no Rio Cachoeira, sendo a parte inicial (ponto 1 a 3) não servida de rede coletora para tratamento de efluente e do ponto de coleta 4 em diante a rede coletora já instalada e em funcionamento, segundo dados da Agência Municipal de Água e Esgoto (AMAE) de Joinville. Os dados obtidos seguem descritos na Tabela 3 e nas Figuras 37 a 46.

Um fato a ser considerado é a presença de um afluente no rio Morro Alto, que pode interferir na qualidade das águas. Este afluente do rio Morro Alto, denominado Rio Francisco Ross, desemboca no Rio Morro Alto próximo ao ponto de coleta 3. Os resultados médios obtidos no Rio Francisco Ross estão descritos na tabela 4.

A água deste afluente obteve um IQA médio 32,1 (± 9,52**)**, sendo considerado ruim. Um aspecto importante a ser ressaltado é a alta presença de coliformes termotolerantes, com média de 12.071 NMP/100mL (± 14.745). Este afluente apresentou uma significa influência negativa na qualidade das águas do Rio Morro alto.

Tabela 4 – Parâmetros Físico-químicos utilizados para cálculos do IQA do Rio Francisco Ross, afluente da sub bacia hidrográfica do Morro Alto. Coleta de dois pontos e em quintuplicata.

Parâmetros	**Rio Francisco Ross** 0% Coleta	**Valor referencial Conama 357/2005**
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	12.071 (± 14.745)	Até 1000 por mL em 80% de 6 amostras
DBO (mg/ml)	35,12 (± 27,37)	Até 5 mg/L
Nitrogênio Total (mg/ml)	19,46 (± 5,95)	3,7 mg/L para pH ≤ 7,5
Fósforo Total (mg/ml)	1,87 (± 0,65)	0,1 mg/L (ambientes lóticos e tributários de ambientes intermediários)
Turbidez (UNT)	16,57 (± 4,31)	Até 100 UNT
Sólidos Totais (Resíduos) (mg/ml)	201 (± 143)	Até 500 mg/L
Oxigênio Dissolvido (mg/ml)	2,77 (± 1,05)	Não inferior a 5 mg/L
Temperatura (ºC)	21,53 (± 1,37)	Variável
pH	7,26 (± 0,17)	
IQA	**32,1 (± 9,52)**	

Em termos de IQA a sub bacia do Rio Morro Alto apresentou valores médios de 39,68 (± 10,61). Este IQA não reflete as diferenças entre a parte sem e com coleta de esgoto doméstico. Na figura 37 e tabela 5, pode se observar que há uma inclinação decrescente na parte não coletada passando de bom para aceitável. Parte desta influência se dá pela entrada das águas do Rio Francisco Ross. Após o início da coleta de esgoto (Ponto 4) observa-se uma melhora no IQA, o que em parte pode ser

influência da coleta de esgoto. No ponto 5 fica evidenciado uma piora na qualidade de água, provavelmente pela mesma influência da mare no Rio Cachoeira, como descrito anteriormente nas outras sub bacias.

Tabela 5 – Índice de Qualidade da Água nos pontos de amostragem na sub bacia hidrográfica do Morro Alto, durante o período de monitoramento. Amostras colhidas em quintuplicatas.

IQA (Cetesb, 1998)					
	Sem de coleta de esgoto doméstico			100% de coleta de esgoto doméstico	
	Ponto 01	**Ponto 02**	**Ponto 03**	**Ponto 04**	**Ponto 05**
Coleta 1	49	51	44	41	48
Coleta 2	49	44	48	52	56
Coleta 3	30	20	30	32	24
Coleta 4	48	25	37	43	29
Coleta 5	30	48	56	24	29
Media	**44,3**	**40,8**	**34,5**	**43,5**	**39,5**
DV	9,5	6,9	15,3	9,0	15,0
Classificação	**Aceitável**	**Ruim**	**Ruim**	**Aceitável**	**Aceitável**

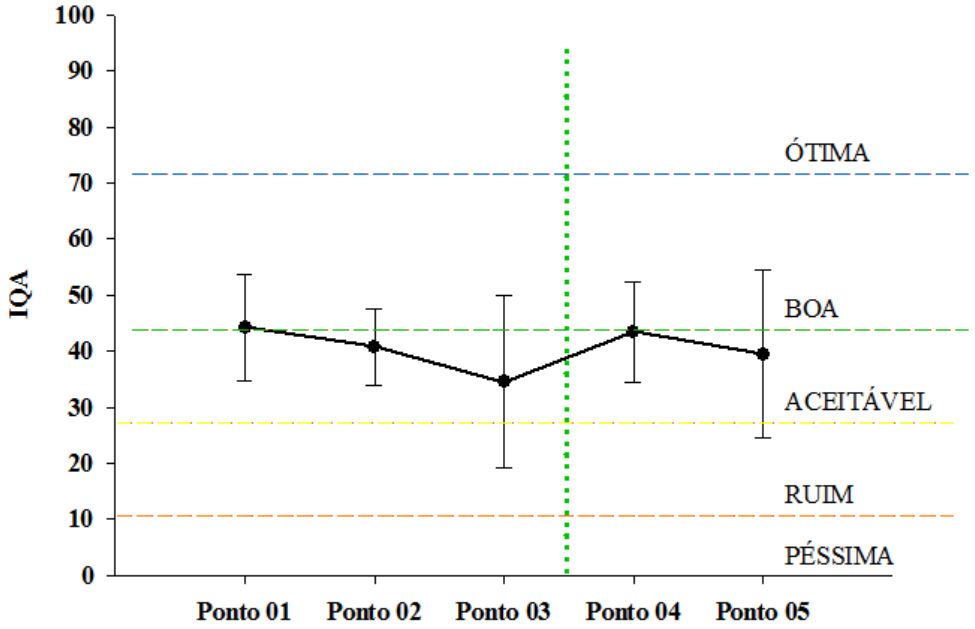


Figura 37: Resultados médios, em termo de IQA, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

Conforme descrito acima e visto nas figuras 37 a 44, os primeiros pontos de coleta são negativamente influenciados pela ausência de rede coletora de esgoto e pela contribuição do afluente Francisco Ross. É comum verificar como padrão uma piora dos resultados até o ponto 03 e, posteriormente, uma gradativa melhora.

Os resultados médios obtidos em termo de Coliformes Termotolerantes descritos na figura 38, refletem este padrão. Até o ponto 03 os valores são crescentes, já a partir da presença de rede coletora de esgoto, junto ao ponto 04, os valores tendem a diminuir. Este padrão de resultado sofre interferência junto ao ponto 05, pois este é o mais próximo do Rio Cachoeira, que ainda apresenta valores inadequados de IQA. Observa-se também que, na área territorial desta sub bacia, ocorre um aumento considerável no uso e ocupação do solo, podendo resultar em valores aumentados de densidade demográfica. O aumento da densidade reflete diretamente no aumento do lançamento de esgotos, o que coloca esta sub bacia em total desconformidade com os valores limites da Resolução CONAMA 357/2005. Esta informação pode ser significativa uma vez que os valores médios desta sub

bacia encontram-se piores do que aqueles verificados na sub bacia do Rio Mirandinha, onde de fato não existe rede coletora instalada e em operação.

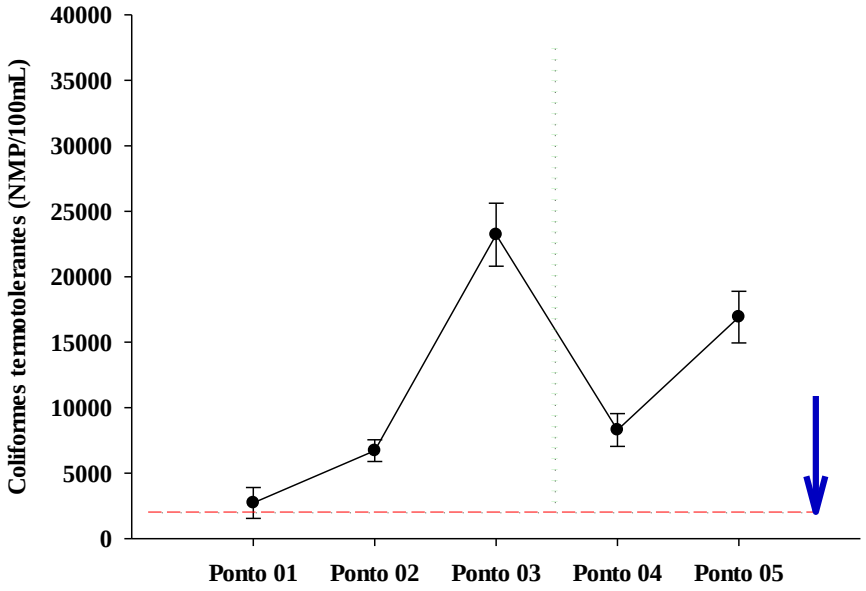


Figura 38: Resultados médios, em termo de Coliformes Termotolerantes, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

Os resultados médios obtidos em termos de Oxigênio Dissolvido, apresentados na figura 39, se aproximam dos valores referenciais propostos pela Resolução CONAMA 357/2005 após a implantação da rede coletora de esgoto doméstico.

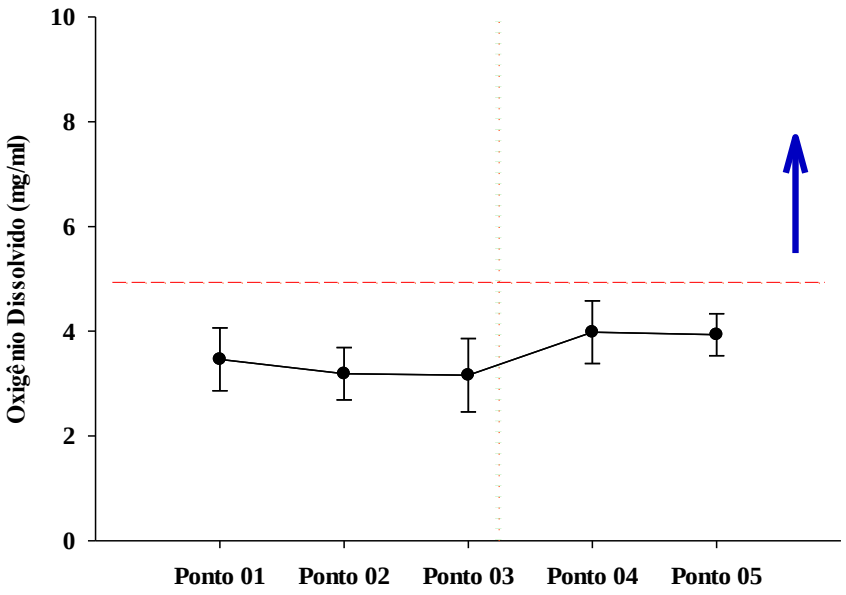


Figura 39: Resultados médios, em termo de Oxigênio Dissolvido, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

Os valores médios em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio, apresentados na figura abaixo, são fortemente influenciados junto ao ponto 05. Este ponto está localizado em área ainda influenciada pela maré, o que pode justificar os valores médios e o desvio padrão maiores junto a este ponto.

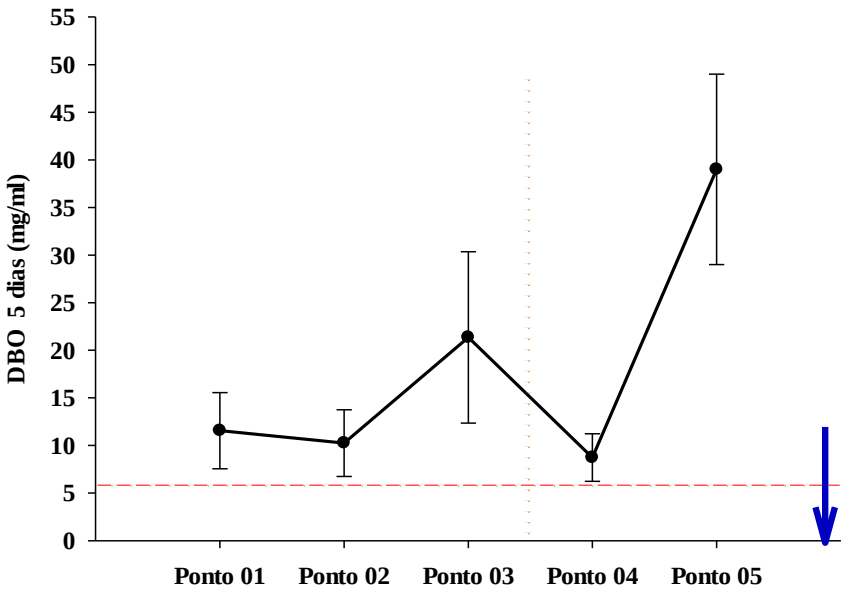


Figura 40: Resultados médios, em termo de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO-5 dias), da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

Os valores médios obtidos para o Nitrogênio Total e o Fósforo Total, apresentados nas figuras 41 e 42, respectivamente, mantém o comportamento dos outros parâmetros, apresentando uma proximidade dos limites estabelecidos apenas após a implantação da rede coletora de esgoto, o que evidencia a importância da operação deste sistema.

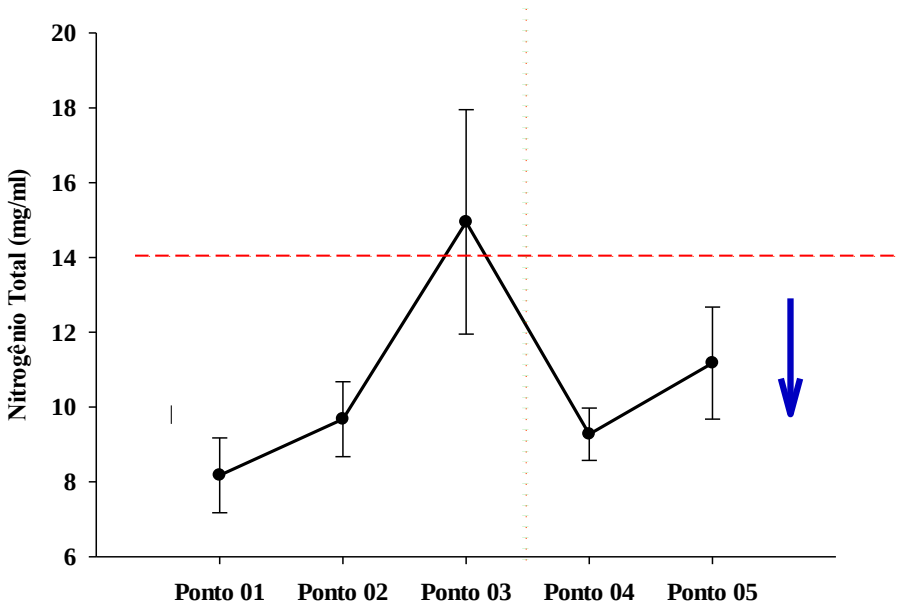


Figura 41: Resultados médios, em termo de Nitrogênio Total, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

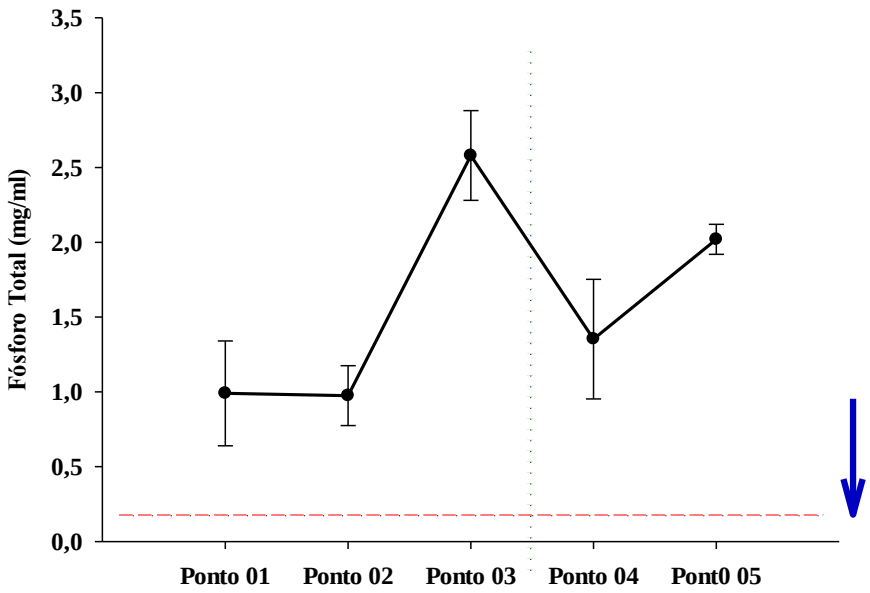


Figura 42: Resultados médios, em termo de Fosforo Total, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo

Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

Os demais resultados obtidos e descritos nas figuras seguintes, estão em conformidade tanto na porção onde não existe coleta de esgoto como naquela onde o sistema já opera.

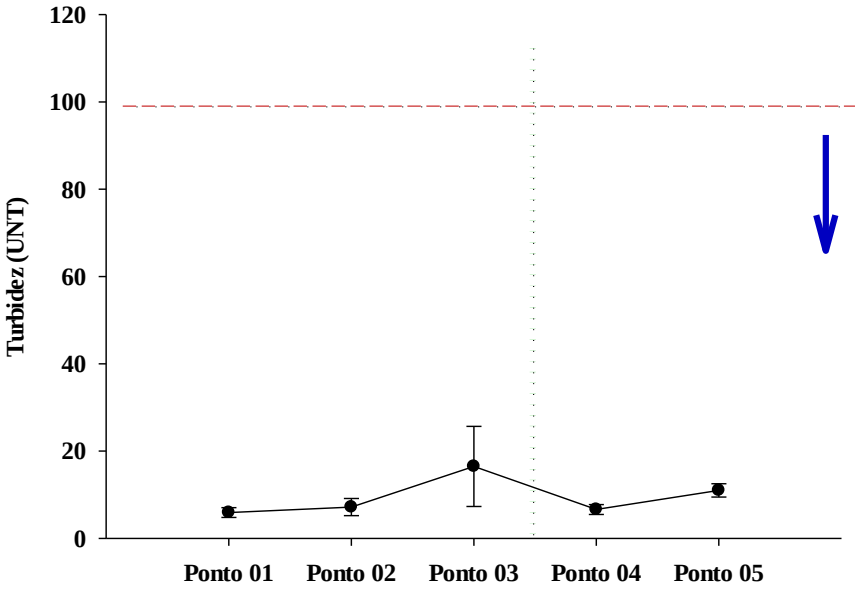


Figura 43: Resultados médios, em termo de Turbidez, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

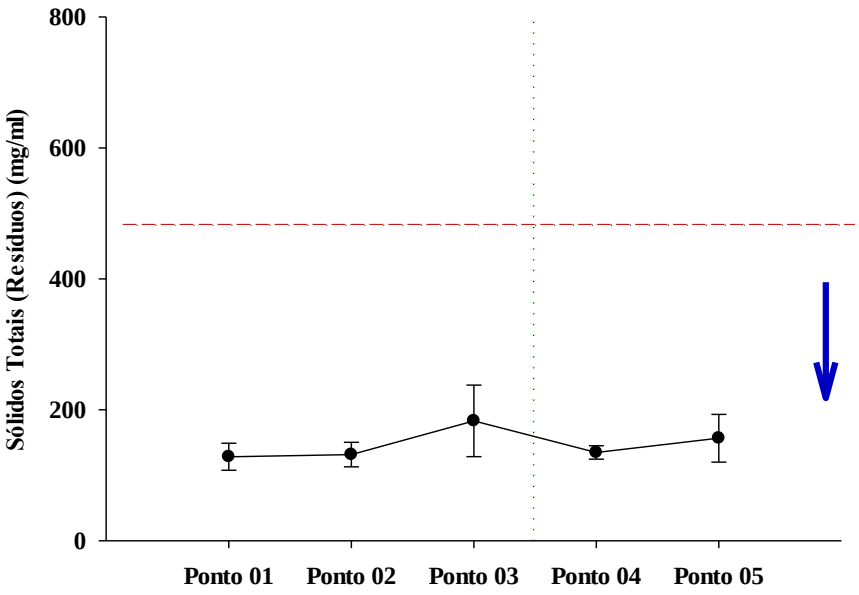


Figura 44: Resultados médios, em termo de Sólidos Totais, da sub bacia do Rio Morro Alto. A linha vermelha descreve o limite do valor referencial segundo Resolução Conama 357/2005 e a seta azul indica a faixa de normalidade. A linha verde transversal indica o início do trecho aonde a rede coletora de esgoto doméstico está instalada.

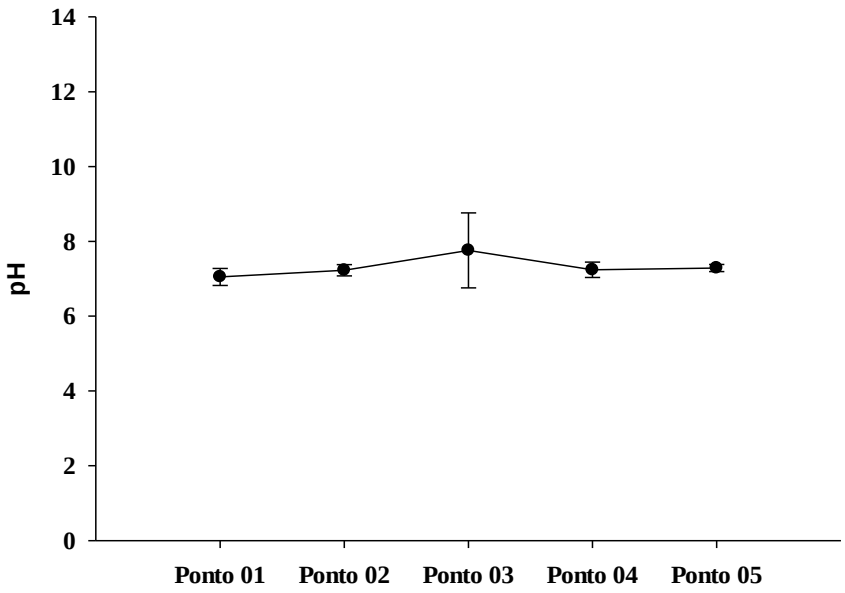


Figura 45: Resultados médios, em termo de pH, da sub bacia do Rio Morro Alto.

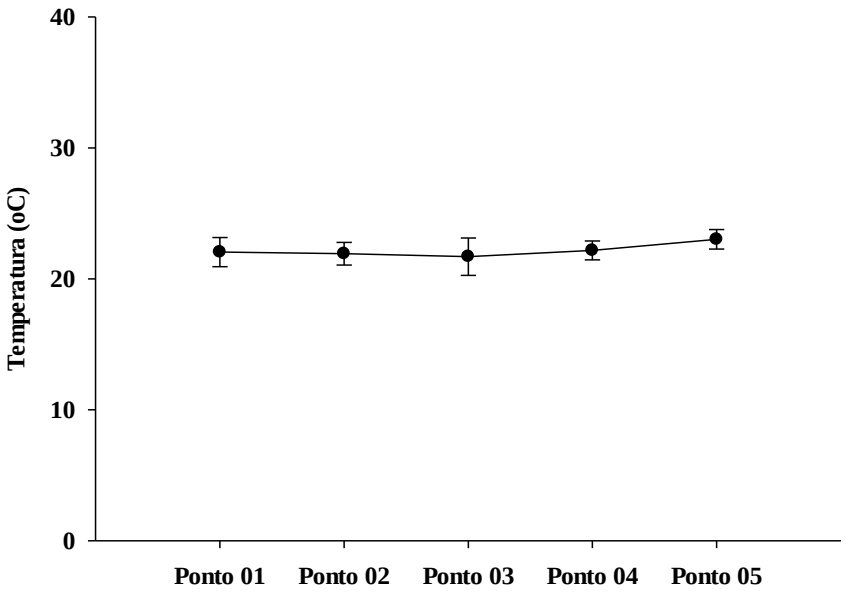


Figura 46: Resultados médios, em termo de Temperatura, da sub bacia do Rio Morro Alto.

A análise final, a partir da observação dos resultados obtidos, demonstra que existe uma melhora significativa da qualidade da água em áreas onde existe a coleta do esgoto residencial.

Vale ressaltar que, os resultados obtidos em termos gerais de IQA, classificam as águas das bacias hidrográficas estudadas entre aceitável e boa, porém, quase todos os parâmetros estavam em desacordo com a legislação ambiental brasileira (Resolução CONAMA 357/95). Desta forma, fica evidenciado que o uso do IQA não pode ser usado individualmente como forma de expressar a qualidade de águas, apenas serve para indicar um viés geral do estado do mesmo. Isso demonstra que, parâmetros importantes para a avaliação da poluição ambiental, receberam pesos pouco significativos, enquanto que parâmetros de menor contribuição para a poluição somaram pesos que parecem mascarar os resultados verdadeiros.

6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste estudo, as seguintes conclusões podem ser levantadas:

- As determinações de sólidos totais, pH, temperatura e turbidez não contribuíram como parâmetros determinantes para a alteração do IQA por estarem dentro da faixa de normalidade e se apresentarem de forma constante;
- Em termos de IQA, a coleta de esgoto se torna determinante para a qualidade da água das sub bacias estudadas;
- As variáveis coliformes termotolerantes, DBO5, nitrogênio e fósforo classificariam os rios Morro Alto e Mirandinha como sendo de classe 4, em desconformidade com a classificação estabelecida de 2;
- A Vertente do Parque de France se encontra dentro dos parâmetros estabelecidos para a classe 2 o que vem demostrar que a coleta de esgoto pode contribuir positivamente para a melhoria da qualidade das águas do Rio Cachoeira.
- A utilização exclusiva do IQA não pode servir como único parâmetro para a determinação da qualidade da água e verificação da eficiência da rede coletora de esgoto.
- Apesar do IQA conseguir classificar as águas na condição de aceitável para boa, ficou observado que a quantidade de coliformes termotolerantes, nas duas sub bacias em que a coleta de esgoto foi parcial ou ausente ficaram muito acima do padrão estabelecido pelo Conama, 11.288 (± 14.417) e 9.968 (± 14.544) para os rios Mirandinha e Morro Alto, respectivamente.
- Em termos de IQA, a sub bacia contendo 100% de coleta de esgoto apresentou 62,6 (± 11,77), sendo considerada uma qualidade de água boa. Por outro lado, as sub bacias sem tratamento um IQA de 48,5 (± 9,14) sendo considerada aceitável. A sub bacia com coleta parcial apresentou um IQA de 30,9 (± 10,70) para o percurso sem coleta e para o percurso com coleta de 40,4 (± 11,02), demostrando uma melhora da qualidade após o tratamento.

7. REFERÊNCIAS

- AMAE – AGÊNCIA MUNICIPAL DE REGULAÇÃO DOS SERVIÇOS DE ÁGUA E ESGOTO DE JOINVILLE. Sistema de Esgotamento Sanitário. Disponível em: www.amae.sc.gov.br/servicos/abastecimento-de-agua-e-esgotamento-sanitario/sistema-de-esgotamento-sanitario/ Acesso em: 15 jul. 2015.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Indicadores de Qualidade de Água.** Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx. Acesso em 15 fev. 2015.
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Avaliação de Qualidade – Introdução. Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/avaliação.aspx. Acesso em: 17 mar. 2015. (a)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Enquadramento – Introdução. Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/en

  quadramento-introducao.aspx. Acesso em: 17 mar. 2015. (b)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Introdução. Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-introdução.aspx. Acesso em: 17 mar. 2015. (c)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn1. Acesso em: 17 mar. 2015. (d)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em:

portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn2. Acesso em: 17 mar. 2015. (e)

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn3. Acesso em: 17 mar. 2015. (f)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn4 Acesso em: 17 mar. 2015. (g)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn5 Acesso em: 17 mar. 2015. (h)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn6 Acesso em: 17 mar. 2015. (i)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn7 Acesso em: 17 mar. 2015. (j)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn8 Acesso em: 17 mar. 2015. (k)
- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Portal da Qualidade das Águas/Indicadores de Qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA). Disponível em: portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx#_ftn9 Acesso em: 17 mar. 2015. (l)

- ANA – AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Enquadramento. Disponível em: http://www2.ana.gov.br/Paginas/servicos/planejamento/PlanejamentoRH_enquadramento.aspx Acesso em: 22 jul. 2015 (m)
- ALMEIDA, M.A.B.; SCHWARZBOLD, A. Avaliação Sazonal da Qualidade das Águas do Arroio da Cria Montenegro, RS com Aplicação de um Índice de Qualidade de Água (IQA). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.8, n.1, p81-97, 2003.
- BARRELLA, W.; PETRERE JR., M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. **As relações entre as matas ciliares, os rios e os peixes.** In: RODRIGUES, R.R. & LEITÃO FILHO, H.F. Matas ciliares: Conservação e recuperação. EDUSP, 2ª ed., São Paulo, p.187-207, 2001.
- BERNARDES, M. B. J, NEHME, V. G. F, FLORÊNCIO, A. B. A **Contribuição da Educação Ambiental como Instrumento para o Controle das Doenças de Veiculação Hídrica.** Enciclopédia Biosfera Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, n.9, 2010, p.1 a 15.
- BRAGA, *et al*. **Introdução a engenharia ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável.** 2ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.
- CARVALHO, J. S. **Caracterização hidrogeológica da região a norte da cidade de Manaus, com base em informações geofísicas (resistividade elétrica), geológicas e geomorfológicas.** Manaus, 2012. Tese de Doutorado. 157p.
- CETESB. **Qualidade das Águas no Estado de São Paulo**. CETESB: São Paulo, 2000. CETESB - Companhia De Tecnologia De Saneamento Ambiental, 2015. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superfici ais/aguas-interiores/documentos/indices/02.pdf . Acesso em 26 abr. 2015.
- CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Significado Ambiental e Sanitário das Variáveis de Qualidade das Águas e dos Sedimentos e Metodologias Analíticas de Amostragem.** Qualidade

das Águas Interiores no Estado de São Paulo – Série Relatórios – Apêndice A. Governo do Estado de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente. 2009. Disponível em: www.cetesb.sp.gov.br/userfilies/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf Acesso em 26 abr. 2015.

- FEITOSA, F.A.C.; FILHO, J.M.; FEITOSA, E.C.; DEMETRIO, J.G.A. **Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações.** 3ª. Ed. Rev. e amp. Rio de Janeiro. CPRM: LABHID, 2008. 812p.
- FINOTTI, A.R.; FINKLER, R.; SILVA, M.D.A.; CEMIN, G. **Monitoramento dos Recursos Hídricos em Áreas Urbanas.** Caxias do Sul, RS: Educs, 2009.
- GALLETI, P.A. **Mecanizaýo agrícola: preparo do solo:** Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1981. 220p.
- GAPLAN - Atlas Ambiental de Santa Catarina (1986): **Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável; Agenda 21 Municipal: compromisso com o futuro**. Joinville, SC: Prefeitura Municipal de Joinville, 2ª. Ed. Rev., 1998. 143 p., pp. 13-14.
- GONÇALVES, R.F. **Desinfecção de Efluentes Sanitários.** Rio de Janeiro: ABES, Rima. 2003. 438p
- GONÇALVES, M.L.; CARVALHO, R.J.; GIRARDI, F.; FERRETTI, O. E.; ROCHA, S. A. **Caminhos e Trilhas.** Joinville: Letradágua. 2004.
- IBAMA - INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 96p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estimativas elaboradas no âmbito do Projeto UNFPA/IBGE (BRA/4/P31A) - População e Desenvolvimento. Coordenação de População e Indicadores Sociais** - 2013.
- JANNALAGADDA, S.B., MHERE,G. Water Quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. **Water Research.** v.35, n.10, p. 2371-2376, 2001.

- LEME, E. J. A. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias.** São Carlos. EDUSFCar, 2010.
- MAIA, B.G.O; KLOSTERMAN, D; RIBEIRO, J.M.G; SIMM, M; OLIVEIRA, T.M.N; BARROS, V.G. **Bacias Hidrográficas da Região de Joinville.** 2013. Disponível Em: http://www.Cubataojoinville.Org.Br/_Publicacoes/Bacias-Hidrograficas-Da-Regiao-De-Joinville.PDF. Acesso em 26 abr. 2015.
- MENDONÇA, S. R. **Lagoas de estabilização e aeradas mecanicamente: novos conceitos.** João Pessoa. 1990. 388p.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Resolução. 2008. Disponível em: http://portalpnqa.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO CNRH n91.pdf Acesso em: 02 de ago. 2015.
- MULLER, C. R., OLIVEIRA, F.H. e SCHARDOSIM, P.R. A ocupação em Joinville/SC e o papel da gestão municipal. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento.** v.1, n.1, p. 23-39, jul. 2012.
- NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reuso agrícola.** 2 ed. ver. atualizada e ampl. São Paulo. Blucher, 2011. 565p.
- OLIVEIRA e GONÇALVES (2001) apud SILVEIRA, W. N. **Análise histórica de inundação no município de Joinville - SC, com enfoque na bacia hidrográfica do Rio Cubatão do Norte.** UFSC: Florianópolis. 2008. 184 p./
- PERINI BUSINESS PARK**.** 2014. **Joinville em Dados,** 2014. Disponível: http://www.youblisher.com/p/899383-JOINVILLE-EM-DADOS-2014 Acesso em 26 abr. 2015.
- PHILIPPI JR. A. **Saneamento, Saúde e Ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, Ed. Manole, 2005.
- PIRES, J.S.R.; SANTOS, J.E. **Bacias Hidrográficas - Integração entre meio ambiente e desenvolvimento.** Ciência Hoje, Rio de Janeiro, v. 19, n. 110, p. 40- 45, 1995.
- PRESS, F; SIEVER, R; GROTZINGER, J e JORDAN, T. H. **Para Entender a Terra.** 4 ed. Porto Alegre. Bookman, 2006. 656p.

- RAINHO, J. M. Planeta Água. **Revista Educação.** São Paulo, v.26, n.221, p. 48-64, 1999.
- RIBEIRO, J.M.G. e OLIVEIRA, T.M.N. **Cartilha Geográfica Bacias Hidrográficas Dos Rios Cubatão (Norte) E Cachoeira**. Bacias hidrográficas dos rios Cubatão (norte) e cachoeira Joinville. Mercado de Comunicação. 2014. 1ª edição. 40p.
- RIBEIRO, C. R. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do Município de Juiz de Fora/MG: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal. Juiz de Fora:** UFJF/FACENG, 2009. Monografia de Especialização. 359p.
- SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática.** Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2004.183p.
- SILVA, M. In: Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 96p. (a)
- SILVA, M. In: Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Caderno da Região Hidrográfica do São Francisco** / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília: MMA, 2006. 148p. (b)
- TUNDISI, José Galizia; TUNDISI, Takako Matsumura. **Recursos hídricos no século XXI.** São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 328p.