

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC  
UNIDADE ACADÊMICA DE HUMANIDADES, CIÊNCIAS E  
EDUCAÇÃO – UNAHCE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS – PPGCA  
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**THAIANE DA SILVA TEIXEIRA CAMPOS**

**INSETOS BENTÔNICOS COMO INDICADORES DA  
QUALIDADE DA ÁGUA EM ÁREAS REABILITADAS APÓS  
MINERAÇÃO DE CARVÃO NO SUL DE SANTA CATARINA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – Unesc, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em ciências ambientais.

Área de concentração: Ecologia e Gestão de Ambientes Alterados.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Birgit Harter-Marques.

**CRICIÚMA  
2012**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

C198i Campos, Thaianie da Silva Teixeira.

Insetos bentônicos como indicadores da qualidade da água em áreas reabilitadas após mineração de carvão no sul de Santa Catarina / Thaianie da Silva Teixeira. - 2012.

93 p. : il.; 21 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2012.

Orientação: Birgit Harter-Marques.

1. Água – Qualidade. 2. Água – Contaminação – Minas e mineração. 3. Insetos bentônicos. 4. Indicadores biológicos. 5. Biodiversidade. 6. Recuperação ambiental. I. Título.

CDD 23. ed. 363.7394



Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC  
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão  
Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências e Educação  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

---

### PARECER

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (Mestrado) reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de MESTRADO apresentada pelo candidato **THAIANE DA SILVA TEIXEIRA CAMPOS** sob o título: **“Insetos bentônicos como indicadores da qualidade da água em áreas reabilitadas após mineração de carvão no sul de Santa Catarina”**, para obtenção do grau de **MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato, os membros são de parecer pela **“APROVAÇÃO”** da Dissertação.

Criciúma/SC, 16 de agosto de 2012.

**Prof. Dr. Augusto Ferrari**  
Primeiro Examinador

**Prof. Dr. Jairo José Zocche**  
Segundo Examinador

**Prof. Dra. Birgit Harter-Marques**  
Presidente da Banca e Orientadora



Dedico esta dissertação ao meu querido esposo, Jonathan, por depositar em mim uma confiança única e mostrar que todo caminho é mais fácil de trilhar quando se está acompanhada.

À minha pequena Ana Liz, luz da minha vida e razão do meu viver.

Aos meus pais, pela força e dedicação.

Também quero dedicar ao meu avô, Bernardino (*in memoriam*), pelas sábias palavras ditas durante nossas conversas.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, por sua constante presença, amor e pela oportunidade de estudar sobre a sua perfeita criação.

Ao meu marido Jonathan Jurandir Campos, meu constante incentivador. Muito obrigada por estar comigo nos diversos momentos de dificuldade, os quais me ajudou a superar por meio de seu amor, companheirismo e paciência. A sua sensatez e equilíbrio foram fundamentais durante o período deste estudo, principalmente na etapa final.

Aos meus pais, por toda dedicação, carinho e amor. Faltam-me palavras para expressar o quanto vocês são importantes para mim.

Aos meus sogros, Edenézia e Jurandir, por me receberem e me tratarem na sua família como uma filha.

Às minhas cunhadas, Silvana e Simone, que considero minhas irmãs, pelo carinho e atenção durante esta caminhada. Saibam que eu tenho uma grande admiração por vocês.

Agradeço ao Sindicato da Indústria de Extração de Carvão de Santa Catarina, por ter acreditado e investido no meu trabalho e por ter me concedido a bolsa de estudos.

A James Alexandre Polz e a Bruno De Pellegrin Coan, da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), pelo consentimento para a realização deste estudo no Campo Malha II Leste e no Campo Malha II Oeste.

À professora Dra. Birgit Harter-Marques, pela orientação, dedicação, paciência, competência e apoio concedidos durante todo o tempo de execução do meu projeto de mestrado.

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da UNESC, pelo conhecimento transmitido.

Aos amigos Tiago Amboni, Alex, Ronaldo, Carol e Nara, pelo companheirismo durante o período de coleta.

Não poderia deixar de agradecer ao pessoal da SATC, Ricardo Vicente e Edilane Nicoleite, pela prestatividade e boa vontade em sempre me ajudar e auxiliar no que fosse possível.

Aos membros e ex-membros do Laboratório de Interação Animal – Planta (LIAP) da UNESC, por sempre me auxiliarem tanto nas questões relacionadas ao estudo dos insetos bentônicos como nas diversas outras áreas da biologia, pela motivação e pelo exemplo. Valeu, pessoal!

A todos que torceram, contribuíram e lutaram para a conclusão da minha dissertação de mestrado o meu muito obrigada.





## RESUMO

A qualidade dos recursos naturais no sul catarinense sofreu um impacto negativo com a atividade mineradora do carvão no século XIX. Projetos de recuperação ambiental estão sendo implantados há quase uma década, modificando o cenário da qualidade ambiental na região. A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) já reabilitou mais de 135 ha, sendo uma delas conhecida como Campo Mina Malha II Leste, a qual se apresenta em estágio mais avançado de reabilitação em relação às demais. A área localiza-se a noroeste do município de Siderópolis, é drenada pelo rio Fiorita, que, por sua vez, integra a sub-bacia do rio Mãe Luzia, um dos principais tributários da bacia hidrográfica do rio Araranguá. O objetivo deste trabalho foi verificar se o processo de reabilitação das áreas degradadas resulta em uma melhora na qualidade da água, utilizando-se insetos bentônicos como indicadores, e se as características físico-químicas da água exercem influência sobre a fauna bentônica. As coletas da fauna aquática foram realizadas na sub-bacia do rio Fiorita, durante o período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, com amostragens mensais em três pontos (P01, P02 e P03). O ponto P01 se encontra em áreas sem influência de poluição pela mineração de carvão, mantendo as condições naturais da água; o ponto P02 está localizado em uma área reabilitada em 2006; e o ponto P03, em uma área degradada. Os insetos foram coletados ao longo de 10 metros de cada ponto amostral, com o uso de uma rede entomológica do tipo Súrber, malha 1mm, por meio da virada de pedras e revolvimento de substrato. Em laboratório, os exemplares foram identificados até nível de família. Para avaliar a qualidade da água, foram registrados *in loco* o pH, a condutividade, a temperatura, a vazão e o OD. Para avaliar a estrutura da entomofauna aquática, foram calculados os índices de diversidade e equitabilidade e analisada a similaridade entre os três pontos amostrais. Os resultados obtidos comprovaram o sucesso do processo de reabilitação ambiental, de maneira que o P01 apresentou maior riqueza e abundância; o P02 uma riqueza satisfatória, que respondeu às expectativas do presente estudo, enquanto o P03 obteve uma riqueza e abundância muito baixa, características singulares das áreas impactadas pela mineração.

**Palavras-chave:** Mineração de carvão. Biodiversidade. Biomonitoramento. Rio Fiorita.



## ABSTRACT

The quality of natural resources from south of Santa Catarina state suffered a negative impact with coal mining activity in the nineteenth century. Projects of an environmental recovery are being implemented over a decade, changing environmental quality settings of the region. The 'Companhia Siderúrgica Nacional (CSN)' has already rehabilitated 135 ha, one of which is known as Campo Mina Malha II Leste, which is in a more advanced stage of rehabilitation in relation to the others. The area is located northwest of Siderópolis municipality, is drained by the Fiorita river, which, in turn, is part of the sub-basin of the Mãe Luzia river, one of the main sources of Araranguá river basin. The aim of this work was to determine whether the rehabilitation of the areas results in an improvement in water quality using benthic insects as indicators and, if the physical and chemical characteristics of water influence the benthic fauna. The aquatic fauna samples were carried out in the sub-basin of the Fiorita river, during the period of february/2011 to january/2012, monthly, in three points (P01, P02 e P03). Point P01 is located in areas without influence of pollution from coal mining, maintaining the natural water conditions; point P02 is located in an area rehabilitated in 2006, and point P03 in a degraded area. The insects were collected over ten meters at each sample point, using a surber entomological net, mesh 1 mm, by moving stones and revolving substrates. In laboratory, the samples were identified until family level. To evaluate the water quality, the pH, conductivity, temperature, flow and OD were recorded locally. To evaluate the structure of aquatic insect fauna, the diversity index and the equitability were calculated, and the similarity between the three points were analyzed. The results obtained proved the success of environmental recovery, so that point P01 showed highest abundance and richness; point P02 had a satisfactory richness and reached the study expectative, while point P03 represented lowest richness and abundance, unique characteristics of areas impacted by the coal mining.

**Keywords:** Coal Mining. Biodiversity. Biomonitoring. Fiorita river.



## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional das Águas
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CESP	Companhia Energética de São Paulo
CETEC	Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais
CETEM	Centro de Tecnologia Mineral
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
CTCL	Centro Tecnológico do Carvão Limpo
DAM	Drenagem Ácida de Mina
DNPM	Departamento Nacional de Produção Mineral
EPT	Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera
EUA	Estados Unidos da América
FATMA	Fundação do Meio Ambiente
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
GTA	Grupo Técnico de Assessoramento
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IPAT	Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas
IQA	Índice de Qualidade da Água
LAQUA	Laboratório de Análises Químicas Ambientais
LIAP	Laboratório de Interação Animal – Planta
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPF	Ministério Público Federal
OD	Oxigênio Dissolvido
PRAD	Plano de Recuperação de Áreas Degradadas
SATC	Sociedade de Assistência aos Trabalhadores do Carvão
SIECESC	Sindicato da Indústria de Extração de Carvão do Estado de Santa Catarina
TAC	Termo de Ajuste e Conduta
UNESC	Universidade do Extremo Sul Catarinense
VMP	Valor Máximo Permitido



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo no Campo Malha II, município de Siderópolis, SC. ....	37
Figura 2 - Distribuição espacial dos pontos de amostra na área de estudo no município de Siderópolis, SC. ....	44
Figura 3 - Aspecto geral do Ponto 01, estabelecido no trecho do rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	45
Figura 4 - Aspecto geral do ponto 02, estabelecido no trecho do rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	45
Figura 5 - Aspecto geral do ponto 03, estabelecido no trecho do rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	46
Figura 6 - Oscilação da temperatura nos pontos amostrais no período de fevereiro/2011 a janeiro/2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	52
Figura 7 - Variação do potencial hidrogeniônico nos pontos amostrais de fevereiro/2011 a janeiro/2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	53
Figura 8 - Comportamento das concentrações de OD nos pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	55
Figura 9 - Variação da condutividade elétrica nos pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	56
Figura 10 - Valores do nível de vazão nos pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	57
Figura 11 - Resultado obtido do parâmetro “Ferro total” durante o período de estudo fevereiro/11 a janeiro/12, no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	59
Figura 12 - Variação da acidez durante o período da pesquisa (fevereiro/2011 a janeiro/2012) no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	61
Figura 13 - Concentração de coliformes fecais totais durante o período de estudo (fevereiro/2011 a janeiro/2012) no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	62
Figura 14 - Curva de acumulação das famílias coletadas no rio Fiorita durante o período de fevereiro/2011 a janeiro/2012, Siderópolis, SC. ..	63
Figura 15 - Abundância de indivíduos coletados durante os meses de estudo nos três pontos amostrais, organizados por ordem. ....	66
Figura 16 - Abundância das principais famílias de insetos bentônicos capturadas durante o período de estudo no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	69
Figura 17 - Riqueza de famílias nos pontos amostrais durante o período	





de estudo (fevereiro/11 a janeiro/12), no rio Fiorita, em Siderópolis, SC. .....	70
Figura 18 - Dendrograma da análise do agrupamento dos pontos amostrais por meio das quantidades de insetos bentônicos coletadas no período amostral no rio Fiorita, Siderópolis, SC. ....	72



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classe de qualidade da água representada pelo índice de PT49	
Tabela 2 - Padrão dos valores descritos dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da classe II, conforme a Resolução do CONAMA nº 357/05.....	51
Tabela 3 - Estruturação de IQA para regiões carboníferas, com ênfase nos valores de acidez.....	60
Tabela 4 - Taxa e indivíduos coletados nos três pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.....	64
Tabela 5 - Índice de diversidade de Shannon-Winner ( $H'$ ) e de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) entre os pontos amostrais durante o período da amostragem no rio Fiorita, Siderópolis, SC.....	71



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>25</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>27</b>
2.1 MINERAÇÃO DE CARVÃO E REABILITAÇÃO DE AMBIENTES ALTERADOS NA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE .....	27
2.2 BIOMONITORAMENTO COM INSETOS BENTÔNICOS COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA ...	29
<b>2.2.1 Ecologia de EPT – Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera .....</b>	<b>32</b>
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>35</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	35
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	35
<b>4 ÁREA DE ESTUDO .....</b>	<b>37</b>
4.1 RECONSTRUÇÃO DO SOLO E DA VEGETAÇÃO .....	38
4.2 CLIMA.....	39
4.3 HIDROGRAFIA .....	40
4.4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA.....	40
4.5 VEGETAÇÃO.....	40
<b>5 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>43</b>
5.1 CRITÉRIOS PARA O POSICIONAMENTO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM.....	43
5.2 ASPECTOS GERAIS DOS PONTOS.....	44
5.3 PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO .....	46
<b>6 ANÁLISE DOS DADOS.....</b>	<b>49</b>
<b>7 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>51</b>
7.1 ANÁLISE DOS FATORES FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA .....	51
<b>7.1.1 Temperatura da Água .....</b>	<b>51</b>
<b>7.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH).....</b>	<b>52</b>
<b>7.1.3 Oxigênio Dissolvido.....</b>	<b>53</b>
<b>7.1.4 Condutividade Elétrica.....</b>	<b>55</b>
<b>7.1.5 Níveis de Vazão.....</b>	<b>56</b>
<b>7.1.6 Ferro Total .....</b>	<b>57</b>
<b>7.1.7 Acidez .....</b>	<b>59</b>
<b>7.1.8 Coliformes Fecais .....</b>	<b>61</b>
7.2 CARACTERÍSTICAS DAS COMUNIDADES DE INSETOS BENTÔNICOS .....	63
<b>7.2.1 Suficiência Amostral.....</b>	<b>63</b>
<b>7.2.2 Abundância, Riqueza Taxonômica e Constância.....</b>	<b>63</b>



<b>7.2.3 Índice de Diversidade, Equitabilidade, Similaridade e de EPT</b>	
.....	<b>71</b>
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>75</b>









## 1 INTRODUÇÃO

No extremo sul catarinense, uma das atividades que contribuíram para o comprometimento do solo e da água foi a exploração de carvão, a qual, de forma avassaladora, perdurou por mais de 100 anos na região Carbonífera de Santa Catarina, comprometendo, assim, a maioria dos recursos naturais dessa região (SOARES; TRINDADE, 2002).

Os impactos causados pela mineração nessa região passaram por todas as etapas da extração: a inversão das litologias nas lavras a céu aberto, o desmatamento das matas nativas, a lavra subterrânea, o beneficiamento, a disposição dos resíduos sólidos e, finalmente, a queima para transformar em energia. Todas essas etapas da extração do carvão ainda vêm provocando alterações físicas, químicas e biológicas nos ecossistemas, comprometendo de forma direta os recursos hídricos, o solo e a biota (COSTA; ZOCHE, 2009).

Dessa forma, os rios da região carbonífera, localizados nas bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão, foram fortemente prejudicados. A área de drenagem do rio Araranguá é de aproximadamente 3.039 km<sup>2</sup>, com um comprimento de 5.021 km de rio, sendo este o mais impactado, se comparado com os outros rios da região. Um dos formadores principais do rio Araranguá é o rio Mãe Luzia, que apresenta comprometimento qualitativo decorrente, principalmente, dos resíduos da extração de carvão (CETEM, 2009).

O rio Fiorita, um dos principais afluentes do rio Mãe Luzia, colaborou para os índices de degradação dos recursos hídricos e desempenhou um papel importante na qualidade ambiental da sub-bacia estudada, pois a mineração na área se deu por meio do beneficiamento dos estereis de mineração de carvão a céu aberto, num total de 627 hectares, contribuindo para a poluição hídrica da região (BACK, 2009).

Uma das heranças dos impactos hídricos gerados pelo processo de extração do carvão mineral foi a drenagem ácida de mina (DAM), fator de maior contribuição para a baixa qualidade dos recursos hídricos da região.

Atualmente, esse cenário começou a ser modificado por meio da execução de projetos de recuperação ambiental, os quais devem atender aos critérios técnicos estabelecidos pelo Grupo Técnico de Assessoramento (GTA), formado pelo Ministério Público Federal, pelo IBAMA, pela FATMA, pela CPRM, pelos Comitês de Bacias Hidrográficas e pelas empresas carboníferas, dentre outros. Um dos itens constantes nos programas e projetos de recuperação de áreas degradadas é a realização do monitoramento ambiental, visando

constatar a eficácia dos métodos empregados na melhoria dos recursos hídricos e do solo.

O uso consciente da água é um pré-requisito chave para o desenvolvimento sustentável dos recursos naturais. Nesse sentido, diversos autores vêm desenvolvendo indicadores ambientais físicos, químicos ou biológicos, que buscam avaliar a qualidade da água (BARBOSA, 2003; SILVEIRA, 2007; GONÇALVES, 2007; GOMES; PEÑA; PIMENTA, 2009; BIASI et al., 2010; COPATTI; SCHIRMER; MACHADO, 2010). Segundo Santos (2004), esses indicadores são parâmetros ou funções derivadas deles, os quais têm a capacidade de descrever um estado ou uma resposta dos fenômenos que ocorrem em um meio. Os indicadores biológicos ou bioindicadores são espécies de animais ou vegetais utilizados para controlar os poluentes de um ambiente ou ecossistema cuja função, população ou *status*, pode ser usada para determinar o ecossistema ou a integridade ambiental (SONODA, 2009).

De modo geral, uma das principais comunidades que habitam o ecossistema aquático, e que são considerados ótimos bioindicadores, são os macroinvertebrados bentônicos, que habitam o fundo desses sistemas (córregos, rios e lagos), os quais são constituídos por diversos táxons (SILVA, 2008). Uma das funções dessa comunidade é influenciar nos processos de decomposição da matéria depositada no fundo dos recursos hídricos e no fluxo de energia, além de constituir a principal fonte de alimento para outros insetos aquáticos, peixes e outros animais (CALLISTO; ESTEVES, 1995). Contudo, os grupos de macroinvertebrados bentônicos mais utilizados em biomonitoramentos e que respondem às expectativas da bioavaliação qualitativa dos recursos hídricos pertencem aos grupos Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MINERAÇÃO DE CARVÃO E REABILITAÇÃO DE AMBIENTES ALTERADOS NA BACIA CARBONÍFERA CATARINENSE

O recurso natural água foi determinante para a origem, constituição e evolução da vida no planeta Terra. Por ser fundamental para os seres vivos, a água tem despertado preocupações em âmbito internacional e sua qualidade e disponibilidade têm gerado encontros e discussões nas maiores nações mundiais (KREBS, 2004; GONÇALVES, 2007).

Atividades antropogênicas, como as industriais e agrícolas, promovem a degradação da água, alteram o seu ciclo natural, a dinâmica dos ecossistemas aquáticos e, conseqüentemente, a sobrevivência dos seres vivos no planeta (SILVA, 2013; RINALDI, 2007). Com o intuito de minimizar os impactos causados pelo ser humano, estudiosos e governantes vêm desenvolvendo métodos de gestão ambiental por meio de estratégias, ações e procedimentos que visam proteger a integridade ambiental (SILVA, 2013).

No Brasil, os instrumentos de gestão ambiental utilizados são o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) e o Termo de Ajuste e Conduta (TAC), os quais visam reabilitar ambientes alterados, com vistas à sua revitalização futura, para que se possa restituir um ecossistema ou uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original (BARRETO, 2001; BRASIL, 2000).

Na região carbonífera de Santa Catarina, além de usar os dispositivos tradicionais de recuperação de áreas degradadas, o Ministério Público Federal (MPF), por meio da Ação Civil Pública nº 93.8000533-4 (Autos Suplementares nº 2000.72.04.002543-9), proferiu “a sentença que condenou os réus, solidariamente, a apresentarem projetos de recuperação ambiental da região que compõe a Bacia Carbonífera do Sul do Estado”, destacando a proteção dos recursos hídricos como um dos critérios imprescindíveis propostos pelo MPF (SANTA CATARINA, 1993).

No extremo sul catarinense, os rios das bacias hidrográficas dos rios Araranguá, Urussanga e Tubarão englobam a região carbonífera. A área de drenagem do rio Araranguá é de aproximadamente 3.039 km<sup>2</sup>, com um comprimento de 5.021 km de rio. Um dos formadores principais do rio Araranguá é o rio Mãe Luzia, que possui comprometimento qualitativo e é considerado o segmento mais crítico

da região. Dessa forma, é prioritário em medidas de controle ambiental e de gestão regional (CETEM, 2009).

A poluição dos recursos hídricos da região carbonífera tem como origem principal a drenagem ácida de mina (DAM), gerada a partir da oxidação de minerais sulfetados, principalmente a partir da piritita ( $\text{FeS}_2$ ) presente nos rejeitos ou estéreis (FRANCO; MARIMON, 2009; FARFAN; BARBOSA FILHO; SOUZA, 2004). Conforme Ubaldo e Souza (2008), a solução ácida gerada é extremamente acidificada (pH inferior a 2.0) e enriquecida de ferro, alumínio, sulfato e vários metais pesados, tais como o chumbo (Pb), o manganês (Mn), o cádmio (Cd), entre outros. O baixo pH e o excesso de metais pesados presentes na DAM geram empobrecimento ecológico, submetendo, em alguns casos, os corpos receptores à perda das formas superiores de vida, pois esse efluente é um dos mais graves impactos ambientais ligados à atividade extrativa de carvão, devido ao seu caráter duradouro (CASTRO; LOUREIRO, 2006; CETEM, 2013). As elevadas concentrações de metais ocasionam reações de redução e oxidação, aumentando a toxicidade no entorno dos recursos hídricos, atuando como um veneno para a fauna aquática (FARFAN; BARBOSA FILHO; SOUZA, 2004).

A geração da drenagem ácida a partir da oxidação de sulfetos constitui um dos maiores desafios enfrentados pela atividade de mineração, sobretudo no que diz respeito ao seu controle e/ou à minimização de seus efeitos (CETEM, 2009).

Após a sentença proferida pelo MPF, diversos projetos de recuperação/reabilitação de áreas degradadas e de tratamento de drenagem ácida de mina (DAM) têm sido executados pelo setor carbonífero, com o objetivo de reverter a situação ambiental (AMBONI, 2009). O Grupo Técnico de Assessoramento (GTA) foi criado com o intuito de apoiar a sentença proferida, a fim de avaliar a eficácia dos projetos de recuperação ambiental da Bacia Carbonífera Catarinense. Para o seu cumprimento, o GTA estabeleceu um conjunto de indicadores ambientais, no qual incluímos os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, a cobertura do solo e dos meios bióticos (NICOLEITE, 2010).

O monitoramento ambiental é uma das ferramentas mais eficazes, inserido em um processo de análise ambiental que assume a função de caracterizar e acompanhar as mudanças decorrentes da introdução de uma atividade (BRASIL, 2014). Dessa forma, o GTA apresenta, anualmente, um relatório com os resultados do monitoramento, intitulado “Relatório do Monitoramento dos Indicadores Ambientais”.

Recomenda-se realizar o monitoramento ambiental antes, durante

e após o processo de reabilitação, com o intuito de compor um banco de dados que subsidie uma qualificação dos efeitos positivos ou negativos. De forma geral, a Resolução do CONAMA nº 357/2005 determina que o conjunto de parâmetros de qualidade de água deverá ser monitorado periodicamente, como ferramenta única, para verificação de suspeita de presença ou alteração de determinados componentes que indicam modificações danosas ao meio ambiente (BRASIL, 2005).

Os projetos de recuperação, nas áreas mineradas a céu aberto são focados, principalmente, no isolamento das fontes poluidoras, ajustamento topográfico, reconstrução do solo, implantação de sistemas de drenagem e revegetação (NICOLEITE, 2010).

Ao longo dos anos, ferramentas de avaliação da qualidade da água vêm sendo desenvolvidas para acompanhar a evolução da eficácia dos projetos de recuperação dos recursos hídricos. Nesse contexto, a biota aquática surge como um parâmetro exigente, capaz de detectar a situação exposta no ambiente, ou seja, grupos de organismos extremamente exigentes e outros, podendo manter-se em sistemas muito alterados, o que faz da biota aquática um bom indicador de qualidade ambiental (GONÇALVES, 2007). Tal fato justifica-se, principalmente, porque ela reúne partes dos sistemas ecológicos e hidrológicos que interagem local e regionalmente por meio do fluxo de materiais e organismos mediados pela água (SILVA, 2000).

## 2.2 BIOMONITORAMENTO COM INSETOS BENTÔNICOS COMO FERRAMENTA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA

O monitoramento biológico se fundamenta na análise sistemática das respostas dos grupos biológicos, buscando avaliar mudanças ambientais, com o objetivo da utilização dessa informação em um programa de controle de qualidade (BUSS; BAPTISTA; NESSIMIAN, 2003). A associação de métodos físicos e químicos com o método de análise de comunidades biológicas permite uma caracterização mais completa para o manejo adequado dos recursos hídricos (PIMENTA et al., 2016).

Atualmente, a atividade de biomonitoramento tem sido vista por pesquisadores como uma importante evolução no que tange aos estudos da qualidade e da potabilidade dos sistemas aquáticos brasileiros (GONÇALVES, 2007). Uma parte crítica de todo o estudo é a contínua melhoria da qualidade dos dados que geram os indicadores. Assim, um indicador é tão bom quanto a qualidade dos dados que o suportam, por isso o uso de indicadores biológicos se torna uma importante ferramenta

na avaliação da qualidade da água (CETEM, 2003).

Os bioindicadores devem apresentar algumas características peculiares para que sejam considerados como tais, possuindo exigências específicas com relação a um conjunto de variáveis físicas, químicas ou ambientais, de forma que as mudanças na presença/ausência, o tamanho da população, a morfologia, a fisiologia ou o comportamento da espécie e/ou do grupo estudado poderão indicar se uma dada variável física ou química está acima de seus limites (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008).

Anaya et al. (2001) salientam que o uso de insetos bentônicos em programas de biomonitoramento constitui uma opção viável, pelo fato desses insetos serem considerados uma ferramenta de baixo custo e requererem instrumental técnico pouco sofisticado. Nos Estados Unidos da América (EUA), por exemplo, de um total de 50 Estados, 44 usavam a fauna bentônica para o biomonitoramento no ano de 1995. O estudo ecológico desses organismos como bioindicadores da qualidade da água, apesar de recente no Brasil (menos de 20 anos), é amplamente utilizado em vários países, tais como Inglaterra, Espanha, Austrália, Canadá, entre outros (GOULART; CALLISTO, 2003).

No Brasil, o biomonitoramento com macroinvertebrados bentônicos ainda não foi incorporado como rotina pelos órgãos ambientais, por isso se faz necessária uma revisão da legislação ambiental, a qual deverá introduzir esse método nos demais órgãos e/ou divisões de licenciamento ambiental (GOULART; CALLISTO, 2003).

No entanto, a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), o Instituto Ambiental do Paraná (IAP), a Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (FEEMA) do Rio de Janeiro e a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) de São Paulo vêm desenvolvendo pesquisas nesse sentido. Nos estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Distrito Federal, alguns grupos de pesquisadores (BISPO; FROELICH; OLIVEIRA, 2002; MORETTI et al., 2009; PAZ et al., 2008) vêm coordenando estudos nessa área (SONODA, 2009).

Segundo Callisto, Gonçalves e Moreno (2005), as bases conceituais do biomonitoramento utilizadas para os macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água nas bacias hidrográficas requerem: 1) a busca de parcerias e de fontes de financiamento; 2) a padronização e a intercalibração de metodologias; 3) o treinamento e a capacitação; 4) a divulgação de resultados e tradução das informações para os comitês de sub-bacia; 5) ajustes constantes das abordagens de estudo; 6) o embasamento teórico (fundamentos



taxonômicos, ecológicos, geográficos, políticos etc.); e 7) prioridades e metas ambientalmente sustentáveis.

Dentre as vantagens de se usar os macroinvertebrados bentônicos como ferramenta biológica em Programas de Biomonitoramento são (QUEIROZ; SILVA; TRIVINHO-STRIXINO, 2008; SONODA, 2009): serem cosmopolitas e abundantes; apresentarem grande tamanho de corpo (maioria visível a olho nú); possuírem características ecológicas bem conhecidas; apresentarem uma grande diversidade de hábito alimentar, representando vários níveis tróficos; possuírem viabilidade de utilização em estudos laboratoriais (exemplo: testes ecotoxicológicos); apresentarem rapidez e eficiência na obtenção dos resultados; serem sedentários (ou com mobilidade restrita), sendo representativos de condições locais; serem bentônicos, permitindo a associação com as condições do sedimento; alguns podem acumular metais pesados, permitindo avaliar o nível de impacto por meio da bioacumulação e da biomagnificação; terem a vantagem de caracterizar a qualidade das águas não apenas no instante de sua coleta, mas refletindo também a sua situação em um período de tempo consideravelmente mais longo, permitindo avaliar os efeitos de um poluente de forma segura e precisa em diferentes escalas temporais; a concentração de substâncias tóxicas na biomassa corporal não ser afetada por ciclos reprodutivos ou diferenças sexuais, uma vez que esses organismos, inúmeras vezes, são coletados enquanto formas imaturas de insetos aquáticos e semiaquáticos; participarem das cadeias alimentares e cadeias de detritos, podendo atuar como agentes vitais de entrada de metais pesados ou de outros contaminantes nas cadeias alimentares aquáticas.

A distribuição e a diversidade de macroinvertebrados são diretamente influenciadas pelo tipo de substrato, pela morfologia do ecossistema, pela quantidade e tipo de detritos orgânicos, pela presença de vegetação aquática, pela presença e extensão de mata ciliar, e indiretamente afetadas por modificações nas concentrações de nutrientes e mudanças na produtividade primária (GALDEAN; CALLISTO; BARBOSA, 2000).

Dentre os macroinvertebrados bentônicos, os insetos constituem a maior parte da comunidade nos sistemas aquáticos. Como passam a maior parte de suas vidas embaixo da água, são considerados verdadeiros aquáticos (ROSENBERG; RESH, 1993; RIBEIRO; UIEDA, 2005 apud SONODA, 2009).

De acordo com Goulart e Callisto (2003), os insetos bentônicos podem ser classificados e agrupados em relação à sua tolerância da seguinte maneira: **Grupo 1** - os organismos sensíveis, pertencentes às

ordens Ephemeroptera, Trichoptera e Plecoptera (EPT), são caracterizados pela necessidade de elevadas concentrações de oxigênio dissolvido na água; **Grupo 2** - os organismos tolerantes, que incluem algumas famílias de Diptera, principalmente os representantes das ordens Heteroptera, Odonata e Coleoptera, embora algumas espécies desses grupos sejam habitantes típicos de ambientes não poluídos. A necessidade de concentrações elevadas de oxigênio dissolvido é menor, uma vez que parte dos representantes desse grupo, como os Heteroptera e os adultos de Coleoptera, utiliza o oxigênio atmosférico; e **Grupo 3** - os organismos resistentes, constituídos, principalmente, por larvas de Chironomidae e outros Dipteras, são capazes de viver em condição de anóxia (depleção total de oxigênio) por várias horas, além de serem organismos detritívoros, os quais se alimentam de matéria orgânica depositada no sedimento, o que favorece a sua adaptação aos mais diversos ambientes. Além disso, não possuem nenhum tipo de exigência quanto à diversidade de habitats e de micro-habitats.

Em vários trabalhos de pesquisa, os insetos bentônicos do primeiro grupo (EPT) vêm sendo utilizados como referência e ferramenta básica de avaliação na qualidade dos recursos hídricos que sofreram ou sofrem algum tipo de impacto. Rodrigues (2006) afirma em seu estudo sobre os insetos bentônicos e a relação da qualidade da água no rio Mãe Luzia, em Treviso, SC, que as ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) constituem os principais grupos de bioindicadores de água de boa qualidade utilizados em programas de biomonitoramento.

## **2.2.1 Ecologia de EPT – Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera**

### **2.2.1.1 Ordem Ephemeroptera**

No Brasil, a ordem é constituída por 10 famílias, 77 gêneros e 344 espécies descritas, encontradas com maior predominância na América do Sul (SALLES et al., 2016). São encontradas em vários tipos de ambientes aquáticos, vivendo em galerias onde cavam o fundo lodoso ou arenoso, ou nadam livremente à procura de alimento. Esses organismos são considerados um elo na cadeia alimentar, pois atuam como consumidores primários de algas e perifíton e como alimento de peixes, além de outros insetos, sendo considerados detritívoros e fitófagos (SHIMANO; SALLES; CABETTE, 2011)

Uma das características mais relevantes desses insetos é a sua grande riqueza em ambientes aquáticos limpos, com fundos lodosos e

águas bem oxigenadas. As ninfas podem viver normalmente, unidas a rochas, troncos ou à vegetação submersa (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001; BISPO; BISPO, 2006).

A importância de conhecer a diversidade desse grupo de insetos parte da premissa de o mesmo possuir um elevado potencial para monitoramentos da qualidade da água e da sua certificação como organismo bioindicador com sua alta sensibilidade a qualquer mudança no ecossistema aquático. Esse táxon tem papel fundamental em programas de biomonitoramento, seja em relação às atividades de exploração, conservação dos recursos naturais ou, ainda, da recuperação de ecossistemas degradados (SHIMANO; SALLES; CABETTE, 2011).

#### 2.2.1.2 Ordem Plecoptera

Atualmente, estima-se cerca de 140 espécies de Plecopteras no Brasil, pertencentes a duas famílias: Perlidae e Gripopterygidae (LECCI; FROEHLICH, 2006). Os organismos desse grupo possuem características físicas semelhantes às dos efemerópteros, diferenciando-se apenas pela ausência de brânquias (MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2009). Os plecópteros são altamente sensíveis à poluição, vivendo somente em águas de ótima qualidade (CALLISTO; GONÇALVES JUNIOR; MORENO, 2004). Os indivíduos imaturos desse grupo vivem em águas correntes com altas concentrações de oxigênio e temperatura mais baixa, razão pela qual são mais frequentes em áreas montanhosas (FROEHLICH, 2011).

Geralmente, são encontrados sobre pedras, em rios de águas limpas ou em qualquer lugar do rio onde exista disponibilidade de alimento (BISPO; BISPO, 2006). Alguns plecópteros são predadores, embora os mais jovens tenham tendência para serem detritívoros ou onívoros. Outra característica interessante dos plecópteros adultos é o corpo achatado, uma adaptação propícia para a estação chuvosa, pois facilita encontrar melhores refúgios (BISPO; FROEHLICH; OLIVEIRA, 2002).

#### 2.2.1.3 Ordem Trichoptera

Os tricópteros constituem uma ordem relativamente grande se comparada a outras ordens de insetos aquáticos (MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2009). Atualmente, no Brasil, são conhecidas cerca de 500 espécies, com maior ocorrência nas regiões sul e sudeste (NOGUEIRA; CABETTE, 2011).

A maioria das larvas dos tricópteros vive em águas frias, correntes e com altas concentrações de oxigênio; mas algumas espécies podem viver em águas paradas e quentes (OLIVEIRA, 2006). Apresentam, ainda, a capacidade de construir casas ou abrigos de formas variadas e próprias para cada espécie. Outra especialidade desse grupo é a capacidade de produzir seda a partir de glândulas salivares modificadas (PAPROCKI; HOLZENTHAL; BLAHNIK, 2004; SPIES; FROEHLICH, 2009; SONODA, 2009).

O hábito alimentar desse grupo, na fase larval, é muito variado, pois alguns são herbívoros, alimentando-se de algas que crescem sobre rochas submersas; outros são colecionadores de pequenos pedaços de matéria orgânica ou são filtradores, enquanto que outros, ainda, são onívoros, predadores e coletores (MORETTO, 2012). Os adultos são de vida aérea, sendo uma das suas características as asas revestidas por cerdas e duração de vida de poucos dias, até três semanas. Esse período está direcionado basicamente para o acasalamento e a colocação de ovos. A fase adulta dos tricópteros também é fundamental, do ponto de vista taxonômico, pois, enquanto imaturos, a genitália não está formada; além disso, é por meio da fase adulta que a identificação dos órgãos reprodutores desses táxons é melhor observada (PAPROCKI; HOLZENTHAL; BLAHNIK, 2004; MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2009).

Os organismos da ordem Trichoptera são componentes importantes do fluxo de energia e dinâmica de nutrientes em ambientes lóticos e lênticos, apresentando grande diversidade de adaptações tróficas e exploração de micro-habitat (SPIES; FROEHLICH, 2009). Esse grupo, juntamente com o de Ephemeroptera e o de Plecoptera, é um organismo indicador essencial da qualidade da água, pois ele fornece informações por meio da sua sensibilidade à poluição (PEREIRA, 2007; BIASI et al., 2010; SONODA, 2009). Essas ordens são usadas intensivamente no biomonitoramento em programas de qualidade da água de rios e de córregos, bem como nas avaliações de impacto ambiental (CALLISTO; MORETTI; GOULART, 2001; SPIES; FROEHLICH, 2009).

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar a comunidade de insetos bentônicos e verificar a qualidade da água ao longo de um trecho do rio Fiorita em Siderópolis, SC, sob diferentes graus de perturbação.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

a) Caracterizar a estrutura da comunidade bentônica em três pontos do rio Fiorita, com diferentes graus de alteração antrópica.

b) Comparar a riqueza em nível de família e a abundância dos indivíduos entre os pontos amostrais.

c) Verificar as características físicas e químicas da água nos pontos amostrais.

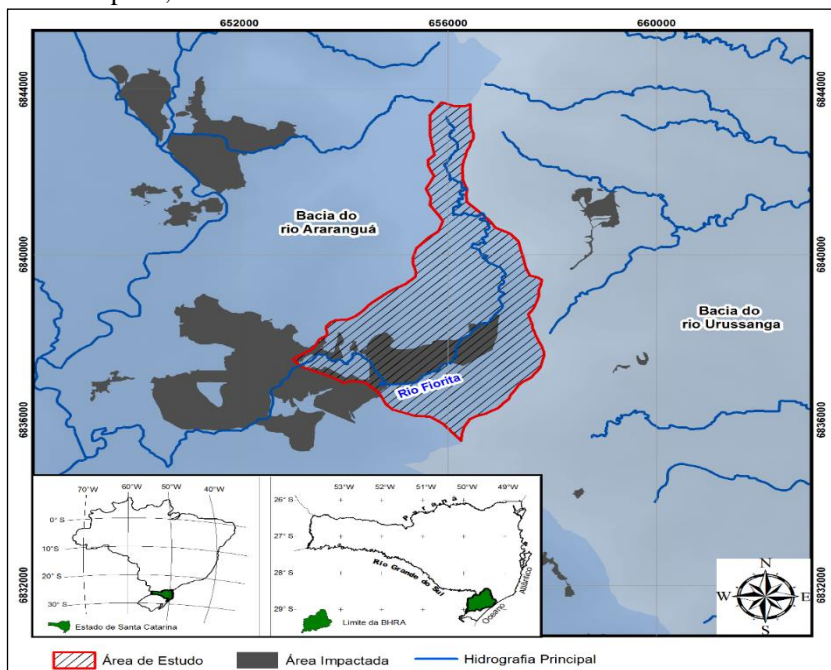


## 4 ÁREA DE ESTUDO

A área estudada engloba os Campos denominados Malha II Norte, Malha II Oeste e Malha II Leste, situando-se nas coordenadas geográficas 28°35'S, 49°25'W e altitude de 120 metros (Figura 1), no município de Siderópolis, SC. Localiza-se na sub-bacia do rio Fiorita, afluente da margem esquerda do rio Mãe Luzia, pertencente à Bacia Hidrográfica do Araranguá (IPAT, 2002a). O rio Fiorita é um dos principais afluentes do rio Mãe Luzia e sua degradação ocorreu por meio do beneficiamento de mineração de carvão a céu aberto e subterrânea, que atingiu um total aproximado de 627 hectares (BACK, 2009).

A reabilitação das áreas situadas no Campo Malha II Leste, no qual foram realizadas as amostragens, ocorreu entre os anos de 2003 a 2006 e, no momento, encontra-se em fase de monitoramento ambiental.

Figura 1 - Localização da área de estudo no Campo Malha II, município de Siderópolis, SC.



Fonte: 11º Relatório de Monitoramento da Malha Leste (CSN; IPAT, 2009; CAMPOS, 2011).

#### 4.1 RECONSTRUÇÃO DO SOLO E DA VEGETAÇÃO

A área selecionada para pesquisa sofreu uma acentuada alteração ambiental devido à mineração de carvão a céu aberto no século XX. Os campos de lavra nela inseridos são denominados Malha II Leste e Malha II Oeste, os quais já estão em processo de reabilitação, e Malha II Norte, que ainda está em estágio característico de deterioração, inclusive com água de baixa qualidade.

Os Campos Malha II Leste e Malha II Oeste localizam-se à noroeste da cidade de Siderópolis (SC) e pertencem, em parte, à Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). No século passado, ocorreu nesse local uma intensa extração de carvão a céu aberto, desenvolvida pela CSN (LOPES PROJETOS AMBIENTAIS E CONSULTORIA LTDA., 2000; NICOLEITE, 2010). Segundo o Diagnóstico Ambiental do ano de 2002 (IPAT, 2002a), os Campos Malha II Leste e Oeste perfazem um total de 195 ha. Desse total, 60 ha são áreas degradadas nas quais existiam pilhas de estéreis e, em menor grau, depósitos de rejeitos, somando 54 ha, além de cavas alagadas em 6,0 ha.

Em meados de 2002, foram elaborados o Diagnóstico Ambiental e o PRAD (IPAT, 2002b). Os trabalhos de reabilitação das áreas Campo Malha II Leste e Malha II Oeste foram iniciados no ano 2003, sendo executados de acordo com as seguintes etapas: separação e isolamento dos rejeitos em célula compactada e geotecnicamente isolada; remodelagem do terreno por trabalhos de terraplanagem baseada em estudos geotécnicos; incorporação de calcário em pó aos estéreis remodelados na proporção de 25 a 30t/ha; recobrimento da camada de estéreis com argila (de 20 a 50 cm – variável com a litologia sobreposta); incorporação de calcário e argila; incorporação de cama de aviário ao substrato argiloso; recobrimento do solo com turfa de raspagem estabilizada; implantação de canaletas de concreto nas vias de trânsito de veículos automotores para drenagem das águas superficiais e sistema de drenagem superficial no interior da área, com base na engenharia naturalística (uso de materiais naturais e biodegradáveis para condução das águas); revegetação de espécies vegetais herbáceas por meio de semeadura manual a lanço e arbóreas com saquará; abertura de covas, correção do solo e plantio de mudas de espécies vegetais pioneiras, secundárias e climácicas em toda a área; monitoramento ambiental durante todo o período de reabilitação, incluindo quanto à qualidade da água (superficiais e subsuperficiais) e do solo e quanto à fauna e à flora.

Para recompor a vegetação da área impactada no planejamento



ambiental voltado para as áreas Malha II Leste e Malha II Oeste, foram implantadas “ilhas de diversidade” no período de janeiro de 2006 a julho de 2008, o que consistiu na introdução de uma espécie clímax cercada por espécies secundárias iniciais e tardias, espaçadas dois metros umas das outras. Desse modo, proporcionou-se o retorno da área a uma condição florística autossustentável (IPAT, 2002c).

No entanto, o capim gordura (*Melinis minutiflora*), uma das espécies herbáceas utilizadas na reabilitação, obteve potencial negativo, pois além de expor ao risco de incêndios, também dificulta a entrada e regeneração de espécies nativas, impedindo a sucessão natural (POLZ, 2005).

Na revegetação das áreas com grande declividade, como os taludes do rio Fiorita, foram plantadas mudas em linhas, seguindo uma curva de nível conhecida como “cordões vivos”, sendo a bracatinga (*Mimosa scabrella*) a espécie vegetal arbórea escolhida, por possuir desenvolvimento rápido e adaptar-se bem às condições da região (IPAT, 2002c).

A cobertura vegetal que ocupa a margem ciliar do rio Fiorita na área reabilitada obteve agrupamentos densos de vegetação herbácea, arbustiva e arbórea, como o capim gordura, o maricá (*Mimosa bimucronata*) e a aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius*) (CTCL/SATC, 2011).

As atividades de reabilitação ambiental realizadas no Campo Malha II Leste e no Campo Malha II Oeste foram encerradas no ano de 2006. A análise dos resultados obtidos a partir do monitoramento ambiental do Campo Malha II Leste no ano de 2011 apresentou uma evolução na qualidade dos recursos naturais do local do estudo. Os resultados mostraram uma melhora significativa dos indicadores monitorados analisados (i. e. os recursos hídricos superficiais e subterrâneos, os sedimentos, o solo, os locais com risco geotécnico, a flora e a fauna) em comparação com as áreas não recuperadas localizadas em suas adjacências, como é o caso do Campo Malha II Norte (CTCL/SATC, 2011).

#### 4.2 CLIMA

O clima da região sul de Santa Catarina, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfa, mesotérmico úmido, sem estação seca definida (OMETTO, 1981). O município de Siderópolis está localizado a uma distância consideravelmente pequena da escarpa da Serra Geral e, por isso, está sujeito a receber a contribuição de chuvas orográficas.

Dessa maneira, os Campos Malha II Leste e Oeste tendem a ter um nível pluviométrico maior que o de outras áreas do extremo sul catarinense (CTCL/SATC, 2011).

A temperatura média do ar na região carbonífera é de 19,6 °C, enquanto que a precipitação média é de 1.400 a 1.600 mm/ano, não havendo índices pluviométricos mensais abaixo de 60 mm (EPAGRI; CIRAM, 2001).

#### 4.3 HIDROGRAFIA

O rio Fiorita pertence à bacia do rio Araranguá e seu confluente principal é a sub-bacia do rio Mãe Luzia, que é considerado um dos rios mais importantes da bacia do rio Araranguá, por drenar grande parte da Bacia Carbonífera de Santa Catarina, incluindo áreas altamente impactadas devido à contaminação gerada pela atividade carbonífera e com presença de metais pesados (BACK, 2009; CETEM, 2009; NICOLEITE, 2010).

Segundo Kelm (1999), as nascentes do rio Fiorita encontram-se à nordeste dos limites municipais do município de Siderópolis. Ao longo do seu curso, as águas passam por 16 áreas que foram mineradas a céu aberto, o que influenciou e favoreceu a geração de drenagem ácida de mina (DAM). Além dessas fontes de poluição, atualmente, o rio Fiorita também sofre com o despejo de esgoto residencial *in natura* (CTCL/SATC, 2011).

#### 4.4 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

A geologia da bacia hidrográfica do Araranguá é representada por sedimentos gonduânicos e por significativos falhamentos (CASAN, 1995). Na região, afloram rochas sedimentares pertencentes às formações rio Bonito, Palermo, Irati, Estrada e Serra Geral (KREBS; ALEXANDRE, 2000; SCHWALM, 2008). O local do estudo está inserido na Unidade Depressão da Zona Carbonífera Catarinense, compreendendo duas feições bem marcantes de relevo (SANTA CATARINA, 1986).

O relevo dessa região é do tipo côncavo-convexo, caracterizado pela presença de vales abertos, entremeados por vales residuais de topo plano, que é mantido por rochas mais resistentes das quais fazem parte os patamares da Serra Geral (SANTA CATARINA, 1986).

#### 4.5 VEGETAÇÃO

A vegetação natural da região do estudo pertence, originalmente, à Floresta Ombrófila Densa, parte do Domínio Mata Atlântica (TEIXEIRA, 1994). Essa tipologia florestal acompanha a Costa Atlântica em uma estreita faixa que fica próximo ao litoral, estende-se dentro do espaço subtropical, desde o estado do Rio Grande do Norte até a metade norte do Rio Grande do Sul (LEITE; KLEIN, 1990).

De acordo com o gradiente que relaciona o nível da Floresta Ombrófila Densa, a mesma foi subdividida em cinco formações ordenadas: Aluvial (nos terraços aluviais dos flúvios); das Terras Baixas (do nível do mar até 30m de altitude); Submontana (de 30 a 400 m de altitude); Montana (no alto dos planaltos e/ou serras entre 400 e 1000m de altitude); Altomontana, acima dos limites estabelecidos pela Montana (IBGE, 1992).

Conforme Sevegnani (2004), a Floresta Ombrófila Densa caracteriza-se por apresentar uma vegetação arbórea com altura de 25 a 35m, com árvores bem desenvolvidas sobre solos férteis e bem drenados e com profundidade variável, o que possibilita a absorção de nutrientes das encostas serrapilheiras. Para Leite e Klein (1990), a composição florística da Floresta Ombrófila Densa é uma das formações mais diversificadas, possuindo uma alta taxa de endemismo no sul do Brasil.

A área ocupada pelo Campo Malha II Leste encontra-se em zonas de transição, entre as escarpas da Serra Geral e as planícies costeiras do litoral sul catarinense, em uma altitude de 147m, o que caracteriza a vegetação como Floresta Ombrófila Densa Submontana. Atualmente, a vegetação do município de Siderópolis encontra-se descaracterizada, contribuição ocasionada não apenas pela mineração, mas também pela introdução de espécies exóticas (*Brachiaria decumbens* Stapf e *Eucalyptus* spp.) (NICOLEITE, 2010). A dispersão natural das espécies exóticas também influenciou na redução da diversidade e da quantidade de espécies nativas na área do Campo Malha II Leste (CTCL/SATC, 2011).



## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 CRITÉRIOS PARA O POSICIONAMENTO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM

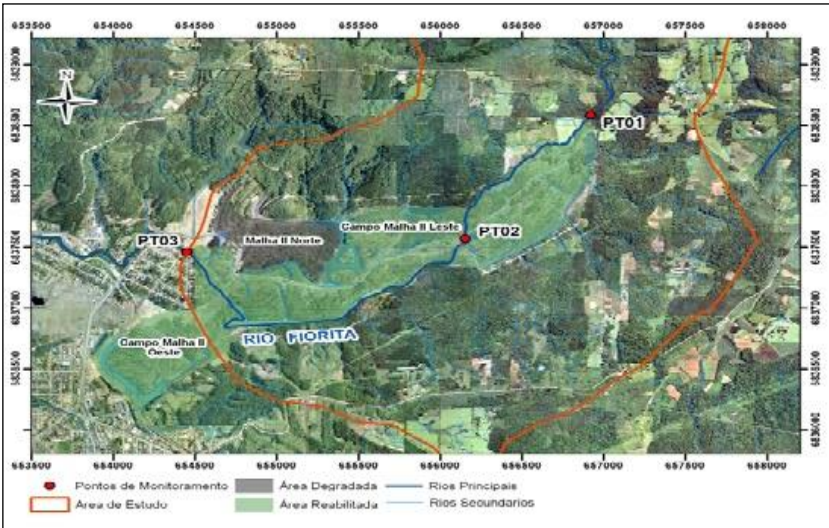
A locação dos pontos de monitoramento é uma etapa crítica para a obtenção de resultados consistentes, pois, pela disposição dos pontos, deseja-se conhecer a interação da qualidade da água do rio Fiorita com a disposição das áreas reabilitadas e degradadas e, assim, buscar formas de analisar os dados coletados com maior precisão. Foram determinados três pontos para monitoramento, os quais foram denominados P01 (controle), P02 e P03 (Figura 2). Os pontos escolhidos possuem diferentes graus de perturbação em relação aos parâmetros fisiográficos, tais como fontes de poluição, estrutura da mata ciliar, leito do rio, entre outros.

O ponto 01 (P01) (SAD69/UTM 656920E; 6838581N), situado no montante da área reabilitada, não está sob uma influência dos passivos ambientais da mineração, apresentando excelentes condições de integridade ambiental. Portanto, o objetivo da amostragem desse ponto é exemplificar a diversidade das famílias de insetos bentônicos existentes no rio Fiorita.

O ponto 02 (P02) (SAD69/UTM 655715E; 6837173N) localiza-se no centro das áreas reabilitadas do Campo Malha II Leste, sendo que, com ele, se objetiva determinar se a qualidade da água desse ponto está sendo influenciada positivamente em resposta aos trabalhos de reabilitação.

O ponto 03 (P03) (SAD69/UTM 654450E; 6837458N) localiza-se na área pertencente à Carbonífera Beluno, que é degradada e não foi reabilitada (Malha II Norte). O objetivo da localização desse ponto é averiguar o grau de poluição que essa área proporciona para a qualidade da água do rio Fiorita, relacionando isso à riqueza e à diversidade dos insetos bentônicos.

Figura 2 - Distribuição espacial dos pontos de amostra na área de estudo no município de Siderópolis, SC.



Fonte: DNPM (2004).

## 5.2 ASPECTOS GERAIS DOS PONTOS

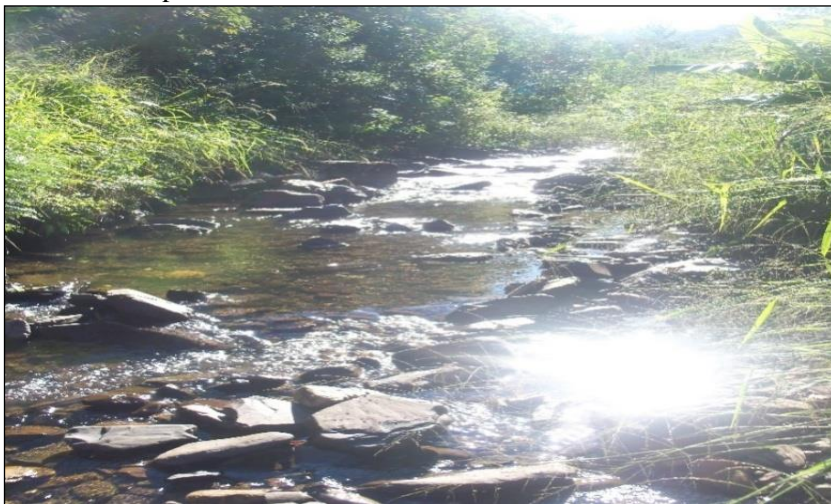
A largura aproximada do rio no ponto P01 é de 6 m. A vegetação ripária é exuberante, prevalecendo os substratos pedregosos e a areia, com abundância de matéria orgânica composta, predominantemente, por folhiço e galhagem na calha e na superfície do rio, com pouco sombreamento, permitindo a utilização desses recursos pela fauna de insetos bentônicos. A mata ciliar é composta por vegetação nativa, sendo que sua maior parte é composta por herbáceas e arbustos (Figura 3).

O rio, no P02, apresenta largura de aproximadamente 8 m, com substrato formado de seixos rolados e pedras utilizadas na construção civil, tijolos e concreto, areia e folhiço, com sombreamento somente na sua margem direita. A mata ciliar é composta basicamente por *Melinis minutiflora* (capim-gordura) e alguns arbustos (Figura 4).

O rio, no P03, apresenta largura de aproximadamente 13 m, com substrato de seixos rolados, telhas, pedaços de madeira, garrafas PET, areia fina e folhiço e galhagem em suspensão e na superfície do rio, com sombreamento nas duas margens. É visível a degradação evidenciada por lixo e entulhos nas margens do rio. Ao revolver-se o sedimento para

a coleta, é evidente o cheiro de “ovo podre” característico do enxofre. A mata ciliar desse ponto é composta basicamente por vegetação herbácea da família Musaceae, e suas margens apresentam sinais de erosão (Figura 5).

Figura 3 - Aspecto geral do Ponto 01, estabelecido no trecho do rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Acervo da autora (2012).

Figura 4 - Aspecto geral do ponto 02, estabelecido no trecho do rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Acervo da autora (2012).

Figura 5 - Aspecto geral do ponto 03, estabelecido no trecho do rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Acervo da autora (2012).

### 5.3 PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATÓRIO

Foram coletadas amostras biológicas, mensalmente, nos três pontos amostrais, durante 12 meses (de fevereiro/2011 a janeiro/2012). As amostragens mensais foram realizadas com o auxílio de uma rede entomológica Súrber, medindo 46cm (L) x 33cm (A) x 79cm (P), com malha de 1mm.

A técnica empregada foi a virada de pedras e o revolvimento de substratos no fundo do rio a cada 1m, ao longo de 10m em cada ponto amostral. Foi colocado o Súrber a jusante do ponto a ser amostrado e, em seguida, revolvidas as pedras, visando deslocar os insetos e os detritos orgânicos para dentro do amostrador, utilizando a corrente de água como apoio no desalojamento dos insetos para coletá-los (adaptado de RODRIGUES, 2006). As amostras resultantes foram previamente triadas em campo e conservadas em frasco com álcool 70%.

Paralelamente às amostragens dos insetos bentônicos, foi coletada uma amostra da água do rio Fiorita em cada ponto de coleta, mensalmente, durante 12 meses, a qual foi armazenada em uma garrafa plástica. Com o auxílio do equipamento portátil *DIGIMED*, foram medidos os seguintes parâmetros físicos: oxigênio dissolvido ( $\text{mg. L}^{-1}$ ), pH (micronal), temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), condutividade elétrica ( $\text{uS/cm}$ ) e



vazão. Para a medição da vazão foi utilizado o método molinete. Para obtenção dos parâmetros químicos e biológicos (ferro total, acidez e coliformes fecais) as amostras da água foram coletadas uma vez em cada estação do ano.

Para medir as concentrações de acidez, foram coletadas amostras de água em recipientes plásticos com capacidade de armazenar dois litros de água cada. As amostras foram levadas ao Laboratório de Análises Químicas Ambientais (LAQUA) da SATC no mesmo dia da coleta. Com a utilização do método Titulação Potenciométrica, foram obtidas as concentrações de acidez em mg/L  $\text{CaCO}_3$ .

Para a determinação dos valores de ferro total, foram coletadas as amostras de água em recipientes de plástico previamente lavados. As amostras foram levadas ao Laboratório de Análises Químicas e Ambientais da SATC no mesmo dia da coleta. Com a utilização do método Espectrometria de Absorção Atômica, foram obtidas as concentrações de ferro total em mg/L. Para a mensuração das concentrações de coliformes totais, foram coletadas as amostras em recipientes esterilizados. As amostras foram levadas ao Laboratório de Microbiologia do IPAT/UNESC no mesmo dia da coleta. Com a utilização do método *STANDARD METHODS* (2005), foram obtidas as concentrações em NMP/100 mL.

As amostras resultantes quanto aos insetos bentônicos foram levadas para o Laboratório de Interação Animal – Planta (LIAP) da Universidade do Extremo Sul Catarinense. Os organismos foram identificados em nível de família, utilizando-se um estereomicroscópio com o aumento máximo de 80 vezes, chaves de identificação taxonômicas (BORROR; DELONG, 1969; COSTA; IDE; SIMONKA, 2006; MUGNAI; NESSIMIAN; BAPTISTA, 2009) e o acervo macrobentônico do LIAP. Após a identificação, os mesmos foram etiquetados e incluídos na coleção entomológica do LIAP.



## 6 ANÁLISE DOS DADOS

O material biológico foi analisado quantitativamente e qualitativamente, utilizando-se listagens e calculando-se a riqueza (S) e a abundância (n) em nível de família. Além disso, foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) e de equitabilidade ( $J'$ ), também em nível de família.

Para cada família coletada, foi determinada, em cada ponto amostral, a medida faunística da constância pela equação  $C = \frac{(p \times 100)}{N}$ , apresentada em Silveira Neto et al. (1976), onde: **C**= constância em percentual; **p** = número de coletas contendo a espécie em estudo; **N** = número total de coletas efetuadas.

Assim, as espécies foram classificadas em constantes (quando presentes em mais de 50% das coletas), acessórias (as encontradas entre 25% e 50% das coletas) ou acidentais (presentes em menos de 25% das coletas).

Para verificar se a quantidade amostral foi suficientemente adequada para representar a entomofauna bentônica da área de estudo, foi desenvolvida a curva de acumulação.

A similaridade da riqueza em nível de família entre os três pontos foi analisada, utilizando-se o índice de Jaccard.

Todos os testes estatísticos foram realizados no programa estatístico PAST 4.0 (HAMMER et al., 2001). Além disso, foi calculado o índice biótico EPT em cada ponto amostral, relacionando a abundância relativa dos organismos das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera com o número total de organismos coletados (EPT/Abundância total). Os resultados foram comparados de acordo com os critérios apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Classe de qualidade da água representada pelo índice de PT

Porcentagem de EPT	Qualidade da Água
75 - 100%	Muito Boa
50 - 74%	Boa
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Ruim

Fonte: Adaptada de Carrera e Fierro (2001).



## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 ANÁLISE DOS FATORES FÍSICOS, QUÍMICOS E MICROBIOLÓGICOS DA ÁGUA

Os parâmetros avaliados mensalmente, como a temperatura, o potencial hidrogeniônico (pH), o oxigênio dissolvido (OD), a condutividade elétrica e a vazão, apresentaram valores pertencentes aos corpos de água doce classe II, segundo os critérios estabelecidos pelo CONAMA (BRASIL, 2005), especificados na tabela 2.

Tabela 2 - Padrão dos valores descritos dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da classe II, conforme a Resolução do CONAMA nº 357/05.

Parâmetro	Máximo Permitido
pH	6,0 a 9,0
OD (mg L <sup>-1</sup> )	Não inferior a 5,0
Ferro total (mg L <sup>-1</sup> )	0,3
Coliformes Totais NMP/100 mL	Ausentes

Fonte: Elaborada pela autora (2012).

#### 7.1.1 Temperatura da Água

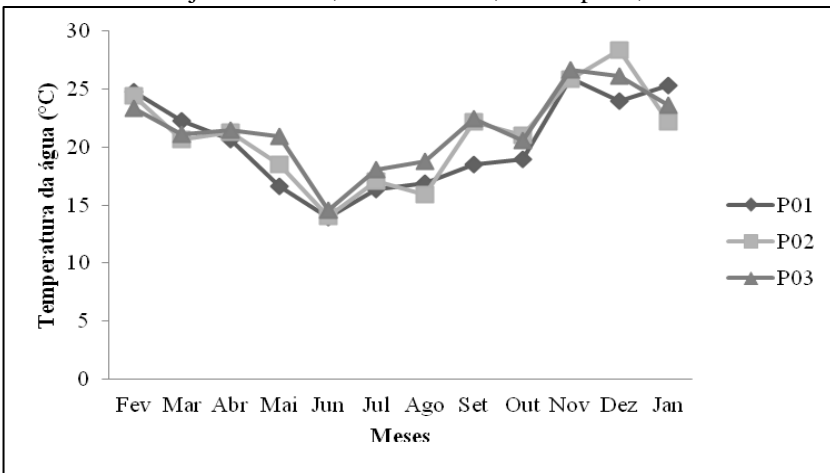
A temperatura da água do rio Fiorita apresentou valores semelhantes nos três pontos amostrais durante o período de estudo. Obteve-se no P01 o menor valor da temperatura da água em junho/11 (13,9°C) e maior valor no P02 em dezembro/11 (28,4°C). A água apresentou uma variação na temperatura nos pontos amostrais (Figura 6), sendo que no P01 variou de 13,9°C (junho/2011) a 25,3°C (janeiro/2012). No P02 houve uma variação de 14°C (junho/2012) a 28,4°C (dezembro/2011), enquanto que no P03 a temperatura oscilou entre 14,6°C (junho/2011) a 26,7°C (novembro/2011).

Considerando que a temperatura média nos três pontos amostrais no inverno foi de 17°C e no verão de 22,9°C, os valores registrados correspondem às características peculiares da Floresta Ombrófila Densa Submontana. Esse fator físico é considerado importante em ambientes lóticos, pois pode influenciar tanto na ecologia quanto na regulação do ciclo de vida dos insetos bentônicos (MORETTO, 2012; OLIVEIRA;

BISPO; SÁ, 1997).

A variação anual da temperatura é provavelmente responsável pela maior parte da variação espacial e pela presença e/ou ausência da entomofauna aquática, pois pode influenciar na dissolução de gases como o oxigênio (WARD; STANFORD, 1982 apud SILVA, 2007; MAIER, 1978 apud BUENO, 2011; BISPO; BISPO, 2006).

Figura 6 - Oscilação da temperatura nos pontos amostrais no período de fevereiro/2011 a janeiro/2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.1.2 Potencial Hidrogeniônico (pH)

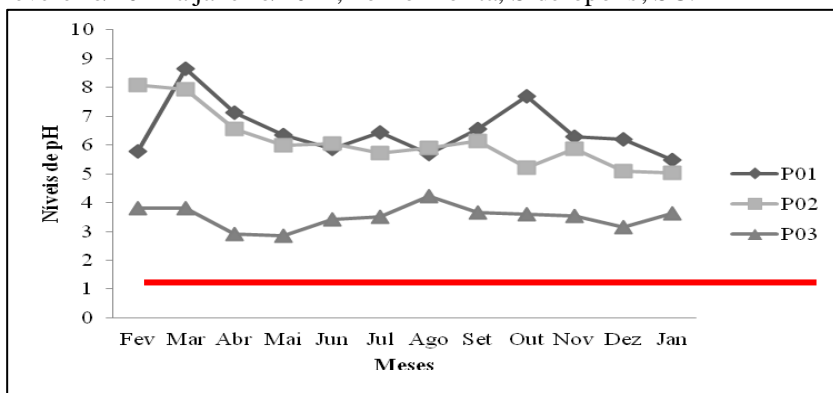
O pH representa a concentração de íons de hidrogênio ( $H^+$ ) em água, indicando a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade, sendo este um dos fatores de maior importância para a vida aquática, pois a alteração do seu valor pode afetar o metabolismo de várias espécies aquáticas. Por essa razão, a Resolução do CONAMA n° 357 estabelece como critério de proteção da vida aquática fixar o pH entre 6,0 a 9,0 (BRASIL, 2005).

Em relação ao potencial hidrogeniônico das águas do rio Fiorita, obteve-se uma média de pH 6,51 no P01 e pH 6,01 no P02. O menor valor anotado no P01 foi de 5,48 (janeiro/2012), enquanto que no P02 foi de 5,03 (janeiro/2012). Já o maior valor de pH registrado no P01 foi de 8,66 (março/11) e de 8,08 no P02 (fevereiro/2011) (Figura 7), estando, dessa forma, dentro dos valores estipulados pela Resolução do

CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005).

Já no P03, foram registrados os menores valores do pH durante o período de estudo, com uma média de pH 3,51, sendo o menor valor anotado de 2,86 (maio/2011) e o maior valor de 4,22 (agosto/2011). Dessa maneira, evidencia-se que o P03 possui águas inadequadas para o consumo, conforme a Resolução do CONAMA nº 357/05 (BRASIL, 2005). Esse parâmetro influencia no desenvolvimento da entomofauna caso haja extremos tanto para a acidez como para a alcalinidade, ou, ainda, quando há associação de seus valores a outros tipos de poluição (BISPO et al., 2006 apud BUENO, 2011).

Figura 7 - Variação do potencial hidrogeniônico nos pontos amostrais de fevereiro/2011 a janeiro/2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



\* A linha vermelha representa a faixa de pH 4,5, a qual, segundo PAREY (1999), é limitante para a ocorrência de muitos dos organismos aquáticos.

Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.1.3 Oxigênio Dissolvido

O OD é um dos mais importantes índices, pois ele tem a capacidade de avaliar a concentração de oxigênio dissolvido nas águas, resultado de processos dos consumidores e fornecedores de oxigênio da fauna aquática (FATMA, 1999). Conforme a CETESB (2012), a concentração de oxigênio presente na água vai variar de acordo com a pressão atmosférica (altitude) e com a temperatura do meio. Águas com temperaturas mais baixas têm maior capacidade de dissolver oxigênio; já em maiores altitudes, onde a pressão atmosférica é menor, o oxigênio dissolvido apresenta menor solubilidade.

O oxigênio dissolvido é vital para a preservação da vida aquática,

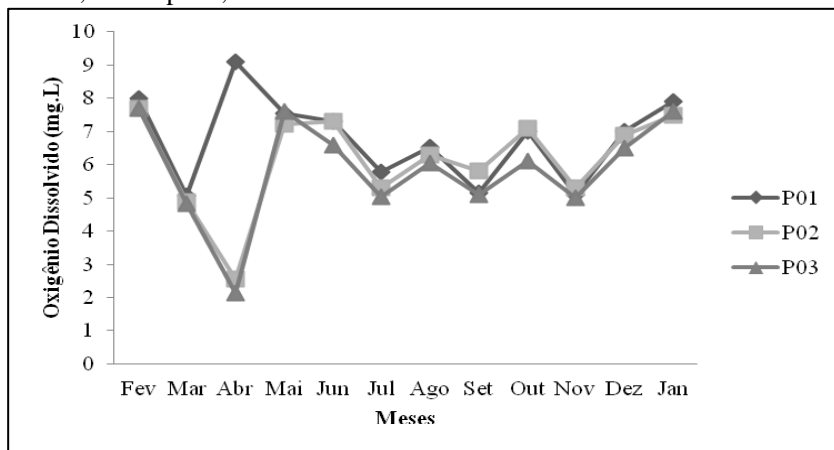
já que vários organismos (exemplos: peixes e insetos aquáticos) precisam de oxigênio para respirar (ANA, 2009). Ele é uma das variáveis mais importantes para a caracterização dos ecossistemas aquáticos, pois é por meio do seu equilíbrio dinâmico que a vida aquática consegue se manter (SILVA, 2008).

A figura 8 apresenta os valores de OD dos três pontos amostrais durante o período de estudo. A Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, em seu artigo 15º (para Águas de Classe 2), considera que o valor máximo permitido não deve ser inferior a 5,0 mg.L<sup>-1</sup>, o que foi obtido neste trabalho na maioria dos meses nos três pontos amostrais (BRASIL, 2005). A exceção no comportamento dessa variável foi registrada apenas no mês de abril/2011 no P01, quando o valor do nível de concentração de OD praticamente triplicou em relação ao valor dos outros pontos no mesmo mês. A média de concentração de OD no P01 foi de 6,79 mg.L<sup>-1</sup>, no P02 foi de 6,15mg.L<sup>-1</sup>, enquanto que no P03 foi de 5,85 mg.L<sup>-1</sup>.

Os valores dos pontos amostrais apresentados foram os seguintes: 5,07 mg.L no P01 (março/2011), 2,55 mg.L no P02 (abril/2011) e 2,14mg.L no P03 (abril/2011), enquanto que o valor das concentrações máximas obtidas no P01 foi de 9,09 mg.L<sup>-1</sup>(abril/2011), no P02 foi de 7,8 mg.L<sup>-1</sup>(fevereiro/2011) e no P03 foi de 7,7 mg. L<sup>-1</sup> (fevereiro/2011). Considera-se, entretanto, que quando há turbulência nas águas dos ambientes lóticos, a difusão de gás oxigênio é aumentada (MAIER, 1978 apud BUENO, 2011). Esse é um tipo de parâmetro limitante e fundamental para a vida aquática (CETESB, 2012).



Figura 8 - Comportamento das concentrações de OD nos pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

#### 7.1.4 Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é determinada pela quantidade de sais presentes na água na forma de íons, mas, em geral, a maior concentração de íons na água corresponde à maior condutividade e é medida em  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (FATMA, 1999).

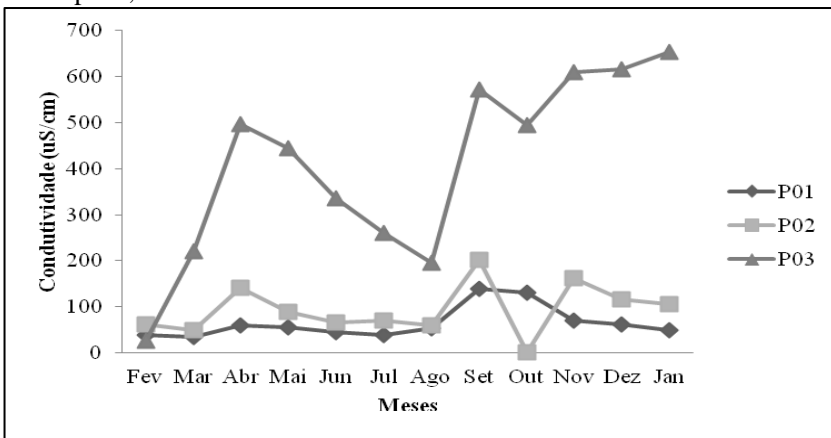
Os valores da condutividade elétrica das águas do rio Fiorita durante o período amostral foram basicamente similares no P01 e no P02, mas houve algumas exceções nos meses de abril, setembro, outubro, novembro e dezembro/2011 (Figura 9). A média dos valores da condutividade no P01 foi de 64,44  $\mu\text{S}/\text{cm}$  e no P02 foi de 107,56  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . O valor máximo da condutividade foi constatado no P03, com 653  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no mês de janeiro/2012. Neste ponto, o valor médio de condutividade foi de 431,53  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , indicando a presença de uma grande quantidade de íons liberados na água. A condutividade elétrica de uma solução pode ser influenciada pela temperatura e pelo pH. Esse parâmetro serve como indicador da entrada de substâncias ocasionadas pelas atividades humanas (esgoto doméstico e industrial) que influenciam diretamente nos ecossistemas aquáticos (PARESCHI, 2008).

Conforme a CETESB (2012), níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados, considerando-se que, quanto mais

poluída a água está, maior será a sua condutividade em função do conteúdo mineral.

No trabalho de Felipe e Suárez (2010), foi observado que a condutividade elétrica leva a uma homogeneização das comunidades aquáticas, que muitas vezes passam pela perda de espécies nativas mais exigentes e pelo aumento da abundância de espécies tolerantes à perda da qualidade da água, o que pode determinar a diversidade de espécies. Rodrigues (2006) constatou em seu estudo que o valor alto da condutividade é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento da fauna aquática.

Figura 9 - Variação da condutividade elétrica nos pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.1.5 Níveis de Vazão

A vazão ou descarga de um rio é o volume de água expresso em litro ( $L.s^{-1}$ ), que passa por meio de uma seção transversal na unidade de tempo (AMBONI, 2009; PEREIRA, 2003). A vazão pode ser significativa para a comunidade aquática, pois a velocidade da água pode influenciar na permanência dos organismos em seu habitat.

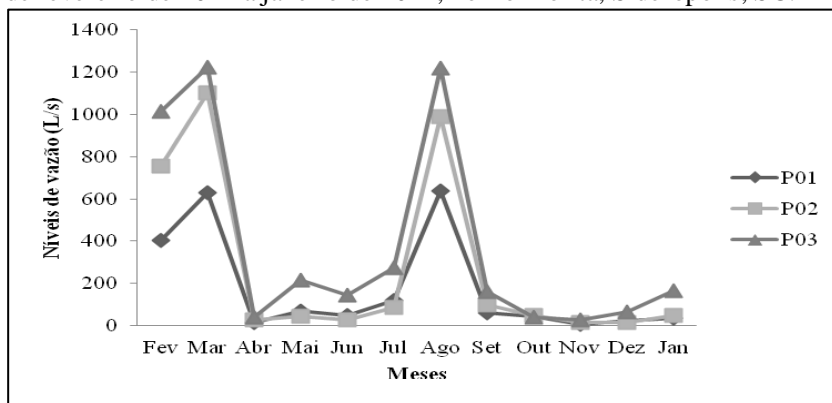
De acordo com os níveis de vazão apresentados na figura 10, observou-se uma descarga líquida maior nas estações chuvosas (fevereiro a abril e julho a setembro de 2011). Quando a área está mais a montante, observou-se uma vazão menor, sobretudo se na estação

chuvosa há uma acentuada contribuição dos tributários. A média anual da descarga líquida no P01 foi de 174,87L/s, no P02 foi de 271,61L/s, enquanto que no P03 foi de 381,65L/s.

O mês de fevereiro foi bastante chuvoso, enquanto que o mês de abril obteve um volume menor de chuvas. Nos meses de maio e agosto, ocorreu uma gradual intensificação das chuvas, com ápice em agosto. Essa é uma tendência não esperada para os meses frios, pois, normalmente, os índices pluviométricos diminuem. Lara (2011) comenta que em um estudo realizado na Eslováquia em 2006 foi observado que a baixa vazão acarreta na diminuição do número de macroinvertebrados sensíveis à poluição, levando, por sua vez, a baixos índices bióticos.

No Brasil, foi realizado um trabalho nos cerrados de Minas Gerais e Goiás, mostrando que períodos de fortes chuvas causam um aumento na vazão e na velocidade da água e isso acaba influenciando na estrutura de macroinvertebrados bentônicos (TOWNSEND, 1989 apud DUTRA, 2006; BISPO et al., 2001; SILVEIRA, 2004). Para Oliveira, Bispo e Sá (1997), a vazão colabora diretamente com a presença ou com a ausência dos insetos aquáticos.

Figura 10 - Valores do nível de vazão nos pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.1.6 Ferro Total

O ferro é considerado um dos principais resíduos da mineração de carvão que, ao ter seu nível alterado, tem como decorrência alterações

negativas nos corpos hídricos, as quais não são passageiras nem sutis para a vida aquática (LATTUADA, 2010).

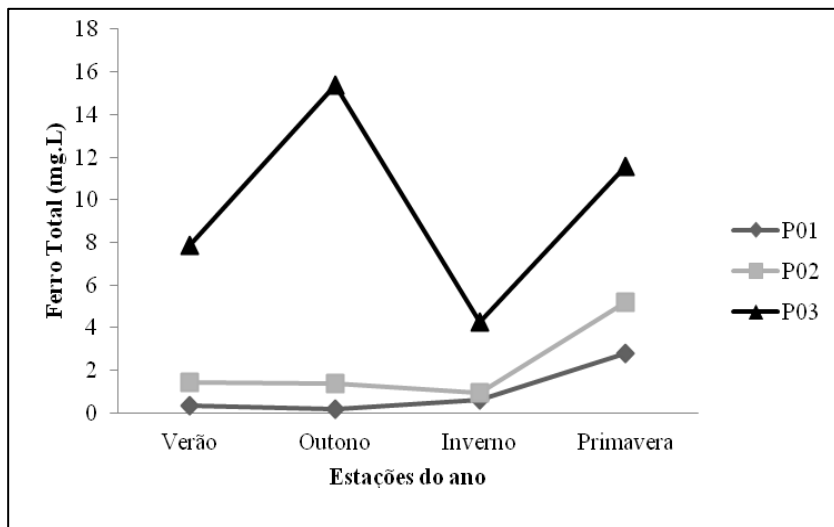
O valor máximo permitido (VMP) pelo Ministério da Saúde para a água potável, conforme Portaria nº 518/2004, é de 0,3 mg.L<sup>-1</sup>. BRASIL (2004). O mesmo limite é estabelecido para mananciais classe 1 e 2, conforme a Resolução do CONAMA nº 357/2005, enquanto que para a classe 3 essa resolução admite até 5,0 mg.L<sup>-1</sup> (AMBONI, 2009).

A Resolução do CONAMA nº 357/05 também determina o valor máximo de 0,3 mg.L de concentração de ferro total para águas de classe I e II, enquanto que para as águas de classe III o valor limite é 5,0 mg.L (BRASIL, 2005). Tendo em vista a grande dimensão territorial brasileira, juntamente com as suas peculiaridades regionais, é praticamente impossível que o País como um todo se enquadre uniformemente nos valores estipulados por esse órgão, isto é, cada região deve estabelecer o valor dos parâmetros de acordo com a sua realidade. Para Alexandre (2000), as altas concentrações de ferro tornam esse elemento nocivo e inibidor da manutenção da vida aquática.

O P03 mostrou concentrações altas em todas as estações do ano, no entanto, o maior valor (15,4 mg.L<sup>-1</sup>) foi registrado no outono. No trabalho de Rodrigues (2006), o ferro total apresentou valores muito acima daqueles permitidos pela resolução, sobretudo no outono, que também obteve a maior concentração (65,56 mg.L<sup>-1</sup>). Nesse ponto, a água apresenta características próprias de ferro dissolvido, como, por exemplo, coloração alaranjada e odor. O P02 apresentou maior concentração durante a primavera, com 5,2 mg.L<sup>-1</sup> (Figura 11). Enquanto que no P01, a maior concentração de ferro registrada foi na primavera, 2,82 mg.L<sup>-1</sup>.

A alta concentração de ferro pode causar vários danos à saúde da biota aquática e a obstrução física das tubulações utilizadas nas irrigações das plantações (BARBOZA, 2010; CETESB, 2009). O ferro, quando entra em contato com o oxigênio, oxida e contamina as plantas do ecossistema aquático, podendo, assim, interferir no fluxo energético da fauna aquática (OLIVEIRA; SCHMIDT; FREITAS, 2003; UBALDO; SOUZA, 2008).

Figura 11 - Resultado obtido do parâmetro “Ferro total” durante o período de estudo fevereiro/11 a janeiro/12, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.1.7 Acidez

A acidez é a capacidade da água de resistir às mudanças de pH causadas pelas bases, o que ocorre, principalmente, devido à presença de gás carbônico livre (pH entre 4,5 e 8,2). Geralmente, a sua origem é antropogênica (despejos industriais, vazadouros de mineração, etc.), mas pode também ser de origem natural, pois o CO<sub>2</sub> absorvido da atmosfera ou resultante da decomposição da matéria orgânica gera acidez (ANFARMAG, 2007; MACÊDO, 2004). Segundo a NBR 9896 (ABNT, 1987), acidez é a capacidade que um meio aquoso possui de reagir quantitativamente com uma base forte a um pH definido. Nos ecossistemas hídricos, a acidez pode afetar a biodiversidade dos organismos aquáticos, pelo fato de reduzir a ciclagem dos nutrientes do meio (SILVANO, 2003).

Segundo Alexandre (2002), que elaborou uma adaptação do Índice de Qualidade de Água (IQA) com a finalidade de aplicação em monitoramentos ambientais da região carbonífera, para a acidez podem ser obtidos os valores apresentados na tabela 3:

Tabela 3 - Estruturação de IQA para regiões carboníferas, com ênfase nos valores de acidez.

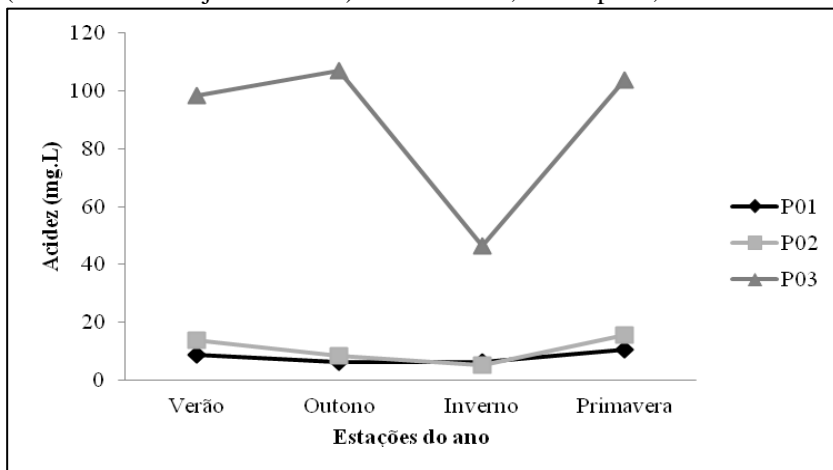
<b>IQA</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Acidez (mg.L)	0 - 10	10,1 - 50	50,1 - 150	150,1∞
Aspectos visuais	Água, sedimento, margens e mata ciliar natural.	Água com coloração alterada sem a presença de óxido de ferro e com mata ciliar preservada.	Água com coloração alterada, presença de óxido de ferro e com mata ciliar comprometida.	Água com coloração alterada, presença de óxido de ferro, rejeitos nas margens e sem mata ciliar.

Fonte: Elaborada pela autora (2012).

Conforme os valores obtidos no período de estudo, a análise de acidez do P01 apresentou resultados pertencentes ao índice 0 no verão (8,6 mg/L), outono (6,3 mg/L) e inverno (6,2mg/L ). Apenas na primavera (10,4 mg/L) foi que ultrapassou o valor estipulado (Figura 12).

No P02, o índice mais baixo foi registrado no inverno (5,2 mg/L), enquanto que o índice de acidez mais alto foi encontrado na primavera (15,6 mg/L). Com esses valores, o ponto está classificado como índice 1. Já o P03 apresentou altos valores de acidez no inverno (46,4 mg/L) e, principalmente, no outono (104,0 mg/L), sendo esse pertencente ao índice 2.

Figura 12 - Variação da acidez durante o período da pesquisa (fevereiro/2011 a janeiro/2012) no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.1.8 Coliformes Fecais

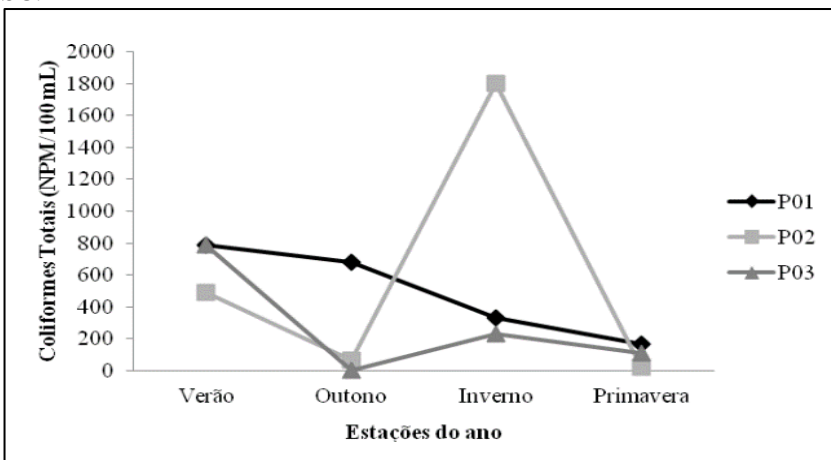
De acordo com a Resolução do CONAMA nº 274/00, os coliformes fecais são bactérias caracterizadas pela capacidade de fermentar a lactose, com a produção de gás em 24 horas, a uma temperatura de 44-45°C em meios contendo sais biliares ou outros agentes tensoativos com propriedades inibidoras semelhantes. Além de estarem presentes em fezes humanas e de animais, também podem ser encontrados em solos, em plantas ou em quaisquer efluentes contendo matéria orgânica (BRASIL, 2001).

Nesse sentido, percebe-se que a presença de coliformes fecais em altas concentrações compromete a qualidade da água. Conforme a Resolução do CONAMA nº 357/05, os valores de coliformes fecais para águas de classe 2 preveem não mais de  $2,0 \times 10^1$  NPM/100 MI (BRASIL, 2005). No entanto, os resultados obtidos das análises deste estudo, em sua maioria, ultrapassaram os limites estabelecidos pela resolução. O P02 ultrapassou o valor permitido durante o inverno e o verão, sendo que na estação seca obteve os maiores valores durante o período de estudo, com  $1,8 \times 10^3$  NPM/100 mL (Figura 13). No P03 não foram registrados coliformes fecais no outono, mas houve alta concentração destes no verão ( $7,9 \times 10^2$  NPM/100 mL). Já no inverno e na primavera, as concentrações ficaram dentro dos limites estipulados

pelo CONAMA. Para Rodrigues (2006), a ausência de coliformes pode estar relacionada aos baixos níveis de pH e Alexandre (2002) confirma que os baixos valores de pH não permitem a sobrevivência dos organismos tipo coliformes.

Já no P01, os resultados obtidos mostraram que, no verão, houve uma alta concentração de coliformes, sendo esse ponto caracterizado como classe I, e o valor máximo permitido é de  $0,2 \times 10$  NPM/100 mL, conforme a Resolução citada. No verão, o P01 tem maior fluxo de visitantes e banhistas, como uso de lazer, podendo assim influenciar nos resultados desse fator microbiológico.

Figura 13 - Concentração de coliformes fecais totais durante o período de estudo (fevereiro/2011 a janeiro/2012) no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

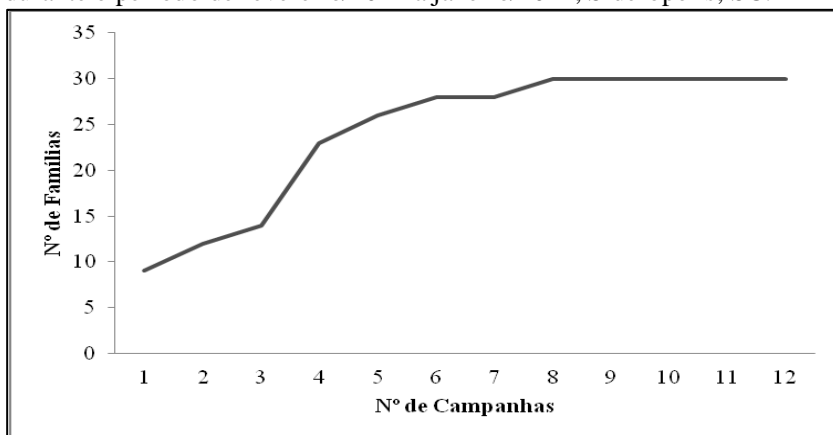


## 7.2 CARACTERÍSTICAS DAS COMUNIDADES DE INSETOS BENTÔNICOS

### 7.2.1 SUFICIÊNCIA AMOSTRAL

Por meio da curva de acumulação (Figura 14), evidenciou-se estabilidade no número de famílias amostradas a partir da 8ª campanha. Isso significa que a quantidade de amostras foi suficiente para um conhecimento da riqueza da fauna dos insetos bentônicos estudados no rio Fiorita.

Figura 14 - Curva de acumulação das famílias coletadas no rio Fiorita durante o período de fevereiro/2011 a janeiro/2012, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

### 7.2.2 ABUNDÂNCIA, RIQUEZA TAXONÔMICA E CONSTÂNCIA

Durante o período de estudo, foi encontrado um total de 2.134 indivíduos de insetos bentônicos pertencentes a 30 famílias e oito ordens nos três pontos amostrais. Dos 2.134 indivíduos, 1.754 ocorreram no P01, 372 ocorreram no P02 e no P03 foram encontrados apenas oito indivíduos (Tabela 4).

Um fator que possivelmente contribuiu para a diferença da abundância entre o P01 e o P02, além das características em relação à qualidade da água, é a presença de uma mata ripária bem desenvolvida no P01. A mata ripária influencia consideravelmente nas condições da ciclagem dos nutrientes, contribuindo para a existência de uma maior

quantidade de nichos para as espécies (DUTRA, 2006; PARESCHI, 2008; LARA, 2011).

Tabela 4 - Taxa e indivíduos coletados nos três pontos amostrais no período de fevereiro de 2011 a janeiro de 2012, no rio Fiorita, Siderópolis, SC.

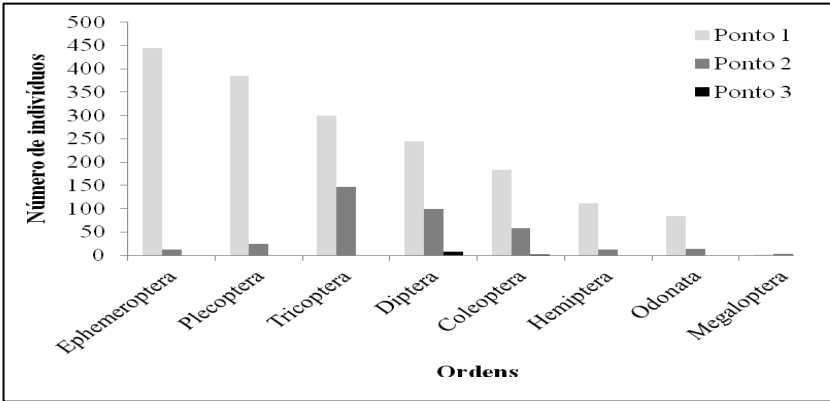
Ordem	Família	Pontos de amostragem			Total
		P01	P02	P03	
COLEOPTERA	Elmidae	158	57	1	216
	Hydrophilidae	1	0	0	1
	Psephenidae	25	1	0	26
	<b>Total</b>	<b>184</b>	<b>58</b>	<b>1</b>	<b>243</b>
DIPTERA	Ceratopogonidae	3	1	0	4
	Chironomidae	91	28	7	126
	Simuliidae	9	64	0	73
	Tipulidae	141	7	0	148
	<b>Total</b>	<b>244</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>351</b>
EPHEMEROPTERA	Baetidae	71	6	0	77
	Caenidae	1	0	0	1
	Leptohyphidae	68	2	0	70
	Leptophlebiidae	279	4	0	283
	Siphonuridae	26	0	0	26
	<b>Total</b>	<b>445</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>457</b>
HEMIPTERA	Naucoridae	91	11	0	102
	Pleidae	1	0	0	1
	Vellidae	19	2	0	21
	<b>Total</b>	<b>111</b>	<b>13</b>	<b>0</b>	<b>123</b>
MEGALOPTERA	Corydalidae	1	3	0	4
ODONATA	Agriidae	3	5	0	8
	Calopterigidae	4	0	0	4
	Coenagrionidae	53	2	0	55

Ordem	Família	Pontos de amostragem			Total
		P01	P02	P03	
	Libellulidae	3	3	0	6
	Megapodagrionidae	21	4	0	25
	<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>98</b>
PLECOPTERA	Gripopterygidae	27	11	0	38
	Perlidae	358	14	0	372
	<b>Total</b>	<b>385</b>	<b>25</b>	<b>0</b>	<b>410</b>
TRICOPTERA	Ecnomidae	26	13	0	39
	Glossosomatidae	13	0	0	13
	Hydrobiosidae	11	9	0	20
	Hydropsychidae	215	109	0	324
	Limnephilidae	31	9	0	40
	Philopotamidae	2	2	0	4
	Polycentropodidae	2	5	0	7
	<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>147</b>	<b>0</b>	<b>447</b>
	<b>Total de indivíduos</b>	<b>1.754</b>	<b>372</b>	<b>8</b>	<b>2.134</b>

Fonte: Elaborada pela autora (2012).

As ordens que apresentaram maior abundância foram Trichoptera e Ephemeroptera, com 477 e 446 indivíduos, respectivamente, seguidas por Plecoptera, com 410 organismos; Diptera, que foi representada por 353 indivíduos; Coleoptera, com 233; Hemiptera, com 124; e Odonata, com 98 indivíduos. Megaloptera foi representada por apenas uma família de quatro indivíduos (Figura 15). Cabe ressaltar que as ordens mais abundantes neste estudo (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) são amplamente considerados bioindicadores para uma boa qualidade de água (GOULART; CALISTTO, 2003).

Figura 15 - Abundância de indivíduos coletados durante os meses de estudo nos três pontos amostrais, organizados por ordem.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

Os efemerópteros estão entre os grupos de indicadores de qualidade da água por possuírem intolerância a ambientes degradados ou com pouca quantidade de oxigênio (GOULART; CALLISTO, 2003; PACIENCIA, 2008; SHIMANO; SALLES; CABETTE, 2011; SONODA, 2009).

Como os efemerópteros, representantes da ordem Plecoptera apresentam necessidade de água limpa, com alta concentração de oxigênio dissolvido e baixa siltação (RINALDI, 2007). Neste estudo, a ordem foi representada por duas famílias: Perlidae e Gripopterygidae.. Perlidae mostrou maior abundância no P01, enquanto foram coletados apenas 14 indivíduos no P02.

De todas as ordens, Trichoptera apresentou a maior riqueza, com sete famílias registradas (Tabela 4), sendo isso um padrão característico encontrado nos monitoramentos da qualidade da água (NOGUEIRA, CABETTE; JUAN, 2011). Para Callisto, Moretti e Goulart (2001), essa ordem de macroinvertebrados bentônicos é eficaz para descrever a saúde do ambiente aquático.

Dentre as sete famílias de Trichoptera, Hydropsychidae mostrou maior abundância, com 324 organismos, sendo que 215 foram coletados no P01 e o restante no P02. Conforme Uieda e Gajardo apud Teles et al. (2009) e Bispo e Oliveira (1998), essa família é uma das mais abundantes nos sistemas lóticos brasileiros. Outros autores classificam esses organismos como generalistas, sendo que no primeiro estágio larval a dieta alimentar é baseada em sedimentos e algas e no último

estágio ingerem pequenos macroinvertebrados aquáticos e fragmentos vegetais (OLIVEIRA; FROEHLICH, 1996; JESUS, 2008; BENTES et al., 2008). Contudo, as características morfológicas das larvas desses organismos (primeiro par de pernas robustas, cabeça afilada, mais longa que larga, mandíbulas fortes e pontiagudas) os indicam como predadores (BENTES et al., 2008).

Outros grupos também possuem representatividade superior no P01, apesar de não serem considerados tipicamente bioindicadores, como é o caso das ordens Diptera, Coleoptera, Hemiptera, Megaloptera e Odonata.

No grupo Diptera, a família com participação em todos os pontos foi a Chironomidae, cuja maioria dos seus exemplares foi encontrada no P01 (91 indivíduos). Normalmente, Chironomidae é o grupo mais abundante e rico dentre os encontrados nos riachos. Seus representantes ocorrem em todos os tipos de habitats e em uma ampla faixa de condições ambientais, possuindo grande habilidade fisiológica para tolerar ambientes diversos (ARMITAGE; CRASTON; PINDER, 1995). Essa grande plasticidade desse grupo demonstra que, dos oito indivíduos encontrados no P03, sete pertencem a essa família.

Notou-se um maior número de indivíduos em todas as famílias amostradas no P01, com exceção da família Simuliidae, que teve uma abundância superior no P02 (Tabela 4). A maior representatividade de larvas desta família no P02 pode estar relacionada às condições ambientais, pois esse táxon é usualmente associado a habitats de corrente média (velocidade da água), bem oxigenados, não tolerantes a contaminações orgânicas nem a degradações morfológicas (NEMUS et al., 2011b apud SILVA, 2012). Características físicas, como temperatura e disponibilidade de alimentos, são alguns dos fatores que podem afetar a população dessa família. As larvas desses insetos são um componente importante no ciclo bioenergético dos sistemas lóticos (ALVÁN-AGUILAR; HAMADA, 2003). Os simuliídeos são basicamente coletores-filtradores que utilizam o fluxo d'água para a obtenção de alimentos, o que justifica a sua preferência pelas corredeiras (RINALDI, 2007). Outro fator responsável pela alta abundância de Simuliidae no P02 poderia ser a baixa representatividade de Perlidae nesse mesmo ponto, pois representantes desta família são conhecidos como importantes predadores de imaturos de Simuliidae (BURTON; McRAE, 1972). O fato que no P01 foi encontrada situação adversa (número alto de Perlidae, mas baixa abundância de Simuliidae) suporta esta hipótese.

Dentre as demais famílias registradas da ordem Diptera, Tipulidae foi a que apresentou maior abundância no P01, com 141

indivíduos amostrados. O alto registro de Tipulidae nesse ponto amostrado pode estar relacionado ao seu habitat rico em algas ou detritos foliares (McCAFFERTY; PROVONSHA, 1981), os quais são abundantes principalmente no P01.

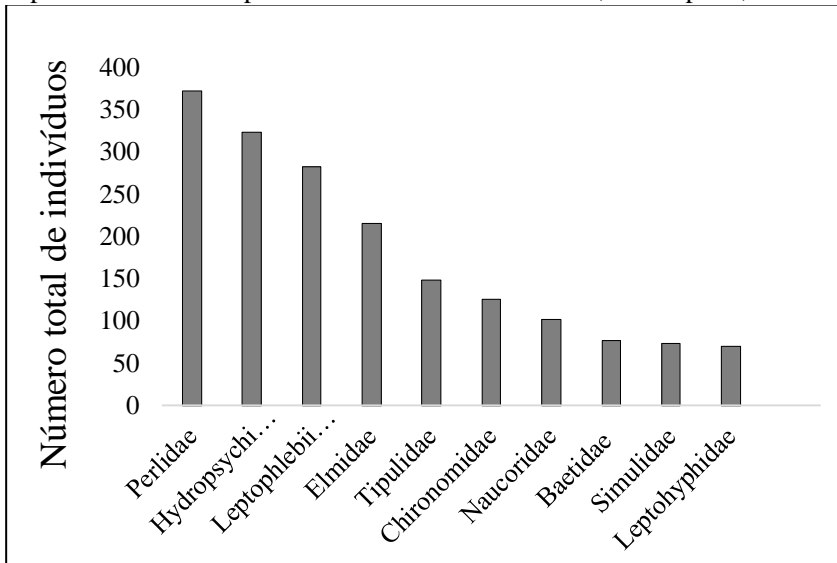
Da ordem Coleoptera foram amostradas três famílias, sendo que Elmidae apresentou maior abundância, principalmente no P01. Os elmídeos são comuns em sistemas lóticos, com correntes bem oxigenadas e mata ripária preservada (SEGURA, 2007; SEGURA; VALENTE-NETO; FONSECA-GESSNER, 2011). Representantes desta família são considerados muito sensível aos distúrbios ambientais, sendo muito utilizados como indicadores de biodiversidade e integridade ambiental (SUGA, 2012; SEGURA, 2012).

Hemiptera foi representada, principalmente, pela família Naucoridae, com 102 indivíduos, sendo que 91 destes foram coletados no ponto preservado (P01). Os naucorídeos são predadores de insetos aquáticos, incluindo a família de Simuliidae e de Chironomidae (AMORIM; CASTILLO, 2009; MBOGHO; SITES, 2013), o que suporta novamente a ideia que a medida que aumenta a abundância de predadores, como representantes de Naucoridae e Perlidae, diminui o número de indivíduos da família Simuliidae, como pode ser visto nas relações das abundâncias entre P01 e P02 destas três famílias.

As cinco famílias de Odonata amostradas no P01 foram: Agriidae, Calopterigidae Coenagrionidae, Libellulidae e Megapodagrionidae. Com excessão de Calopterigidae, todas as outras famílias também foram coletadas no P02 e não houve registro de indivíduos dessa ordem para o P03. A ordem Odonata foi a segunda menos abundante. Esse táxon vem sendo utilizado frequentemente como ferramenta de avaliação da saúde dos ecossistemas aquáticos, pois é sensível às alterações ambientais (FERREIRA-PERUQUETTI; MARCO JUNIOR, 2002; CASTRO, 2006; GONÇALVES, 2012;). No entanto, esperavam-se mais indivíduos, principalmente no P01, visto que este ponto está sendo considerado como o ponto menos alterado, de qualidade boa da água, no presente estudo.

A ordem Megaloptera foi representada apenas pela família Corydalidae, com apenas um indivíduo no P01 e três indivíduos no P02.

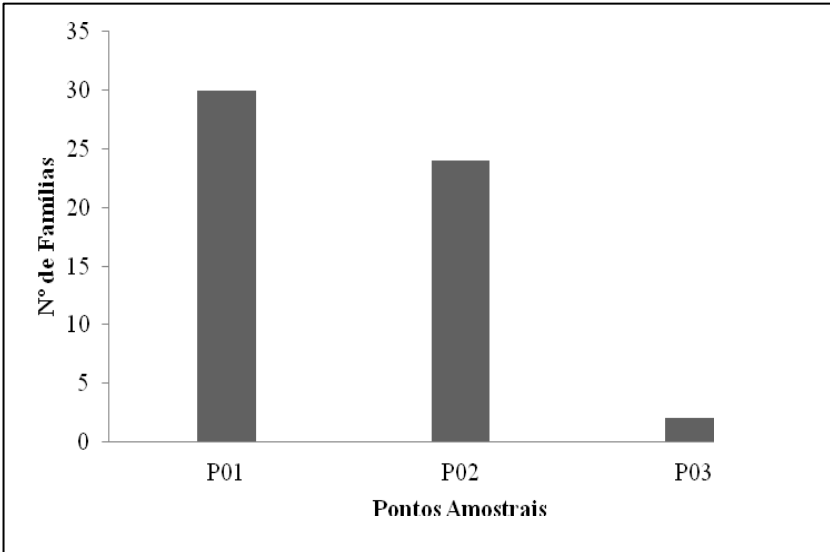
Figura 16 - Abundância das principais famílias de insetos bentônicos capturadas durante o período de estudo no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

O maior número de famílias foi encontrado no P01 (30), seguido pelo P02 (24). Já o P03 foi o ponto que apresentou menor riqueza, com apenas duas famílias coletadas (Figura 17) Elmidae (Coleoptera) e Chironomidae (Diptera).

Figura 17 - Riqueza de famílias nos pontos amostrais durante o período de estudo (fevereiro/11 a janeiro/12), no rio Fiorita, em Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

Em relação à constância de todas as famílias no P01, dez foram consideradas constantes (Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Baetidae, Perlidae, Elmidae, Psephenidae, Naucoridae, Coenagrionidae, Ecnomidae e Hidropsychidae), dez acessórias (Tipulidae, Megapodagrionidae, Hidrobiosidae, Limnephilidae, Glossosomatidae, Griptopterygidae, Veliidae, Agriidae, Siphonuridae e Chironomidae) e dez são acidentais (Caenidae, Libellulidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Hidrophilidae, Pleidae, Calopterygidae, Simuliidae, Ceratopogonidae e Corydalidae).

No P02, cinco famílias se mostraram constantes (Perlidae, Ecnomidae, Hidropsychidae, Elmidae e Simuliidae), dez acessórias (Leptophlebiidae, Baetidae, Griptopterygidae, Limnephilidae, Polycentropodidae, Naucoridae, Megapodagrionidae, Agriidae, Tipulidae e Chironomidae) e nove famílias foram acidentais (Leptohyphidae, Hidrobiosidae, Philopotamidae, Psephenidae, Veliidae, Corydalidae, Libellulidae, Coenagrionidae e Ceratopogonidae).

Os resultados obtidos em relação à abundância, riqueza e constância entre os pontos indicam melhoria das condições ambientais locais no trecho do rio que é circundado por áreas reabilitadas (P02),



evidenciada pela recolonização deste ambiente por uma grande parte dos táxons bentônicos adaptados à qualidade da água neste ponto, provavelmente oriundos e arrastados do ponto controle (P01).

### 7.2.3 ÍNDICE DE DIVERSIDADE, EQUITABILIDADE, SIMILARIDADE E DE EPT

O índice de diversidade de maior valor foi observado no P01 ( $H' = 2,56$ ) e o valor de diversidade no P02 foi semelhante ao ponto controle ( $H' = 2,35$ ). Como esperado para se tratar do ponto mais impactado no presente estudo, no P03 o índice de diversidade foi muito baixo ( $H' = 0,377$ ).

Os índices de diversidade do P01 e P02 podem ser considerados altos quando comparados com os encontrados por Rodrigues (2006) no rio Mãe Luzia, que pertence à mesma subbacia do rio Fiorito. A autora encontrou um índice de  $H'$  de 1,04 e de  $H'$  de 1,12 no ponto controle, que apresenta excelentes condições de integridade ambiental com condições de potabilidade da água e, no ponto que recebeu uma pequena contribuição de efluentes da mineração oriundos de pilhas de rejeitos, respectivamente. Mas, o índice do ponto que se encontrava sob maior impacto degradativo (P03) no presente estudo foi muito mais baixo quando comparado ao ponto com maior descarga poluente de Rodrigues (2006), indicando que a qualidade da água no ponto P03 do rio Fiorita é muito comprometida.

A equitabilidade de Pielou entre os pontos amostrais apresentou no P03 o valor mínimo constatado durante o período de estudo ( $J' = 0,544$ ). Os maiores índices foram registrados no P01 ( $J' = 0,753$ ) e no P02 ( $J' = 0,74$ ), certificando-se uma homogeneidade na distribuição dos indivíduos nos táxons registrados em cada ponto amostral (Tabela 5).

Tabela 5 - Índice de diversidade de Shannon-Winner ( $H'$ ) e de equitabilidade de Pielou ( $J'$ ) entre os pontos amostrais durante o período da amostragem no rio Fiorita, Siderópolis, SC.

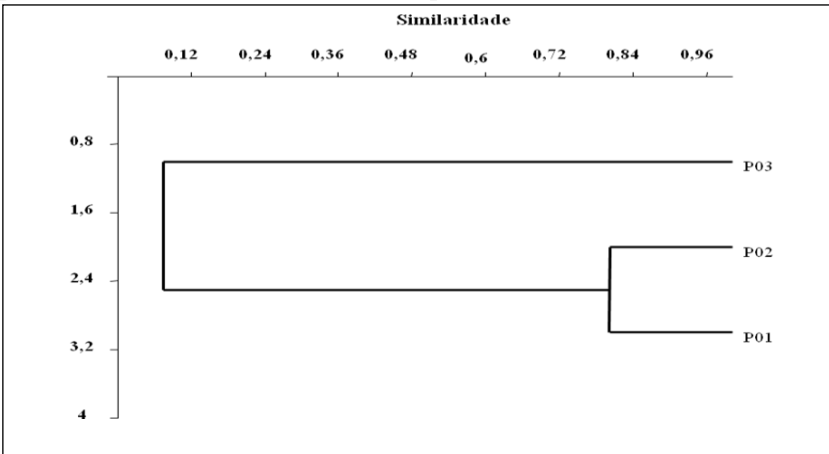
Índices	Pontos amostrais		
	P01	P02	P03
<b>Diversidade (<math>H'</math>)</b>	2,56	2,35	0,337
<b>Equitabilidade (<math>J'</math>)</b>	0,753	0,74	0,544

Fonte: Elaborada pela autora (2012).

No presente estudo, os resultados dos índices de similaridade de

Jaccard revelaram que o valor da correlação entre o P01 e o P02 apresentou uma alta similaridade entre a riqueza taxonômica de famílias de insetos bentônicos. Tal característica se refere à representatividade das semelhanças, em que o P01 e o P02 apresentaram índices superiores a 70% (Figura 18). O ponto impactado (P03) apresentou alta dissimilaridade com o P01 e o P02, sendo esse resultado o esperado, visto que o P03 está totalmente descaracterizado com relação à comunidade de insetos bentônicos.

Figura 18 - Dendrograma da análise do agrupamento dos pontos amostrais por meio das quantidades de insetos bentônicos coletadas no período amostral no rio Fiorita, Siderópolis, SC.



Fonte: Elaborado pela autora (2012).

Em relação ao índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), para o P01 foi obtido um valor de 64% e para o P02 de 49%, enquanto o índice para o P03 foi zero. Baseando-se nas classes de qualidade da água sugeridas por Carrera e Fierro (2001), as águas do rio Fiorita no P01 podem ser consideradas de boa qualidade e no P02 enquadram-se como regular, indicando que o processo de reabilitação de áreas degradadas pela mineração de carvão pode ser considerado eficaz para a melhora da qualidade da água.

## 8 CONCLUSÃO

O estudo mostrou-se eficaz no que diz respeito à avaliação da qualidade da água por meio da utilização dos insetos bentônicos como ferramenta do monitoramento ambiental em áreas recuperadas pela mineração de carvão. A particularidade de cada ponto foi definida de acordo com os índices bióticos e do índice de qualidade biológica (EPT).

O ponto controle (P01) mostrou em todos os aspectos avaliados resultados que indicam uma boa qualidade da água, confirmando as expectativas iniciais da pesquisa. Apesar de o ponto P02 ter obtido resultados “regulares” em relação aos índices aplicados, os dados da pesquisa mostram que os organismos aquáticos estão retornando para a área em estágio de recuperação. No entanto, é preciso que a mata ciliar esteja recuperada e mais preservada nas áreas que circundam estes trechos do rio estudado, o que contribuiria para a melhora das condições ecológicas das comunidades aquáticas, resultando em um melhor estabelecimento desses organismos. Ainda, ficou evidente que, para ser considerada reabilitada, a área do estudo necessita de um maior período temporal de monitoramento ambiental.

Em relação ao P03, este, como previsto, registrou baixos valores nos índices ecológicos, demonstrando que o rio Fiorita vem sofrendo um forte processo de degradação ambiental, o que gera uma grande diminuição da diversidade dos macroinvertebrados aquáticos. Dessa forma, sugere-se a inclusão do uso de macroinvertebrados bentônicos nos monitoramentos biológicos, como ferramenta dos projetos de manejo na recuperação de áreas degradadas da Região Carbonífera Sul Catarinense.



## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA. Portal da qualidade das águas. **Indicadores de Qualidade: Índice de Qualidade das Águas**. 2009. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em: 18 fev. 2013.
- ALEXANDRE, N. Z. **Análise integrada da qualidade das águas da bacia do rio Araranguá (SC)**. 2000. 301 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- \_\_\_\_\_. Proposta de metodologia simplificada para investigar a contaminação dos recursos hídricos pela mineração de carvão: estudo de caso, sub-bacia do Rio Mãe Luzia. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 8, n. 1, p. 49-61, 2002.
- ALVÁN-AGUILAR, M. A.; HAMADA, N. Larval biometry of *Simulium rubrithorax* (Insecta: Diptera: Simuliidae) and size comparison between populations in the states of Roraima and Minas Gerais, Brazil. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 4, n. 98, p. 507-511, 2003. Disponível em: <<http://insetosaquaticos.inpa.gov.br/artigos.html>>. Acesso em: 01 nov. 2012.
- AMBONI, T. M. **Adaptação de um índice de qualidade da água para avaliação de recursos hídricos impactados pela atividade carbonífera**: aplicação na Bacia do Rio Mãe Luzia. 2009. 69 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000040/000040C9.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2011.
- AMORIM, A. C. F.; CASTILLO, A. R. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade da água do baixo rio Perequê, Cubatão, São Paulo, Brasil. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguiana, v. 7, n. 1, p.16-22, fev. 2009. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/biodiversidadepampeana/article/viewFile/5454/5036>>. Acesso em: 22 nov. 2012.
- ANAYA, M. et al. Invertebrados bentônicos como indicadores de

impactos antrópicos sobre ecossistemas aquáticos continentais. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARRELLA, W. **Indicadores Ambientais: conceitos e aplicações**. Sorocaba: EDUC/COMPED/INEP, 2001, p. 237-248.

ARMITAGE, P. D.; CRASTON, P. S.; PINDER, L. C. V. **The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges**. London: Chapman & Hall, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9896: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 22 p. Disponível em: <<http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-9.896-Coleta-de-Amostras.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2013.

**ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE FARMACÊUTICOS MAGISTRAIS - ANFARMAG. Água purificada. 2007. Disponível em:** <[http://www.anfarmag.org.br/documentos/Informe\\_tecnico\\_agua\\_purificada.pdf](http://www.anfarmag.org.br/documentos/Informe_tecnico_agua_purificada.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2012.

BACK, A. J. Hidrologia e Recursos Hídricos. In: MILIOLI, G.; SANTOS, R.; CITADINI-ZANETTE, V. (Orgs.) **Mineração de Carvão, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável no Sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar**. Curitiba: Juruá, 2009. 316 p.

BARBOSA, D. S. **Limnologia do Rio Uberaba (MG) e a utilização dos macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais**. 2003. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-29042009-143849/pt-br.php>>. Acesso em: 18 set. 2010.

BARBOZA, G. C. **Monitoramento da qualidade e disponibilidade da água do Córrego do Coqueiro no noroeste paulista para fins de irrigação**. 2010. 143 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010. Disponível em: <[http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/dissertacao\\_final\\_gustavo.pdf](http://www.agr.feis.unesp.br/pdf/dissertacao_final_gustavo.pdf)>. Acesso em: 04 abr. 2012.

BARRETO, M. L. (Ed.). **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215 p.

BENTES, S. P. C. et al. Larvas de *Synoestropsis* sp. (Trichoptera: Hydropsychidae) são predadoras? **ACTA Amazônica**, Manaus, v. 3, n. 38, p. 579-582, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v38n3/v38n3a23.pdf>>. Acesso em: 12 maio 2012.

BIASI, C. et al. Biomonitoramento das Águas pelo uso de Macroinvertebrados Bentônicos: Oito anos de Estudos em Riachos da Região do Alto Uruguai (RS). **Perspectiva**, Erechim, v. 34, n. 125, p. 67-77, 10 mar. 2010. Disponível em: <[http://www.uricer.edu.br/new/site/pdfs/perspectiva/125\\_75.pdf](http://www.uricer.edu.br/new/site/pdfs/perspectiva/125_75.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2010.

BISPO, P. et al. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do planalto Central do Brasil. **Acta Limnológica Brasiliensis**, Rio Claro, v. 13, n. 2, p.1-9, 2001. Disponível em: <[http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta\\_limnologica\\_contents1302E\\_files/Artigo\\_1\\_13\(2\).pdf](http://ablimno.org.br/acta/pdf/acta_limnologica_contents1302E_files/Artigo_1_13(2).pdf)>. Acesso em: 23 maio 2015.

BISPO, P. C.; BISPO, V. L. C. Ephemeroptera e Plecoptera. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos imaturos**. Ribeirão Preto: Holos, 2006, p. 55-70.

BISPO, P. C.; FROELICH, C. G.; OLIVEIRA, L. G. Stonefly (Plecoptera) fauna of streams in a mountainous: abiotic factors and nymph density. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 325-334, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v19s1/v19supl1a26.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2011.

BISPO, P. C.; OLIVEIRA, L. G. Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia, estado de Goiás. **Oecologia Brasiliensis**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 1, p.175-189, 1998. [Ecologia de insetos aquáticos]. Disponível em: <<file:///C:/Users/Thaiane/Downloads/Dialnet-DistribuicaoEspacialDeInsetosAquaticosEphemeropter-2886602.pdf>>.

Acesso em: 21 maio 2012.

BORROR, D. J.; DELONG, D. M. **Introdução aos Estudos dos Insetos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1969. 652 p

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 19 jul. 2000.

\_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. **Portaria nº 518, de 25 de março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Brasília, DF, 25 mar. 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 25 jan. 2001, n. 18, Seção 1, p. 70-71. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 18 mar. 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente - MMA. **Recuperação de Áreas Degradadas**. 2014. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/zonamento-territorial/estrutura-e-funcionamento/item/8705-recuperao-de-areas-degradadas>>. Acesso em: 30 abr. 2015.

BUENO, A. C. D. **Diversidade da entomofauna aquática e complexidade do habitat em cavas do alto Iguaçu**: influência das características ambientais. 2011. 100 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em:



<<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/25726/BuenoACD.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 maio 2012.

BURTON, G. J.; MCRAE, T. M. Observations on trichopteran predators of aquatic stages of *Simulium damnosum* and other *Simulium* species in Ghana. **Journal of Medical Entomology**, v. 9, n. 4, p. 289-294, 1972.

BUSH, A. A. *et al.* **Continental-Scale Assessment of Risk to the Australian Odonata from Climate Change**. 2014. DOI: 10.1371/journal.pone.0088958. Disponível em: <<http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0088958#s5>>. Acesso em: 31 mar. 2015.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p. 465-472, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/csp/v19n2/15412.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2010.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. Distribuição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita. Lago Batata (Pará, Brasil). **Oecologia Brasiliensis**, v. 1, p. 335-348, 1995.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JUNIOR, J. F.; MORENO, P. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores**. 2004. Disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/big/beds/arquivos/invertaquaticos.pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2011.

CALLISTO, M.; GONÇALVES JUNIOR, J. F.; MORENO, P. **Invertebrados aquáticos como bioindicadores**. 2005. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Marcos\\_Callisto/publication/242225288\\_Invertebrados\\_Aquaticos\\_como\\_Bioindicadores/links/00b7d52b6c719c8d5e000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Callisto/publication/242225288_Invertebrados_Aquaticos_como_Bioindicadores/links/00b7d52b6c719c8d5e000000.pdf)>. Acesso em: 17 dez. 2012.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados Bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 71-82,

mar. 2001. Disponível em:

<<http://www.abrh.org.br/novo/arquivos/artigos/v6/v6n1/v61macrofinal.pdf>>. Acesso em: 17 dez. 2012.

CARRERA, C.; FIERRO, K. Manual de monitoreo: los

macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.

Quito: Ecociencia, 2001. 57 p. Disponível em:

<<http://www.ecociencia.org/archivos/ManualLosmacroinvertebradosacuaticos-100806.pdf>>. Acesso em: 15 maio 2012

CASTRO, E.; LOUREIRO, C. Comportamento da concentração de espécies dissolvidas em drenagem ácida. In: CONGRESSO

BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 14., São Paulo, 2006.

**Anais...** São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2006.

CASTRO, S. V. **Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do Alto Rio das Velhas-MG.**

2006. 110 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em:

<<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/220M.PDF>>. Acesso em: 21 mar. 2015.

CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL - CETEM. **Avaliação de risco ambiental na recuperação de áreas degradadas.** Estudo de

caso: região Carbonífera Catarinense. Rio de Janeiro, 2003. 20 p.

Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2003-073-00.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para monitoramento da qualidade das águas da Bacia Carbonífera Sul Catarinense:** ferramenta para gestão em

poluição ambiental. Rio de Janeiro, 2009. 9 p. Disponível em:

<<http://www.cetem.gov.br/publicacao/CTs/CT2009-160-00.pdf>>.

Acesso em: 14 mar. 2013.

\_\_\_\_\_. **Drenagem ácida de minas:** um dos passivos ambientais das áreas de mineração de carvão no Sul do país. 2013. Verbetes.

Disponível em:

<<http://verbetes.cetem.gov.br/verbetes/ExibeVerbete.aspx?verid=110>>.

Acesso em: 07 ago. 2016.

CENTRO TECNOLÓGICO DO CARVÃO LIMPO - CTCL;

ASSOCIAÇÃO BENEFICENTE DA INDÚSTRIA CARBONÍFERA DA SANTA CATARINA - SATC. **15º Relatório de Monitoramento Ambiental Campo Malha II Leste, Siderópolis**. Criciúma, 2011. 165 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**. 2009. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas 1996-2011. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/109-variaveis-de>>. Acesso em: 21 nov. 2011.

\_\_\_\_\_. **Alterações físico-químicas: Oxigênio dissolvido (1996 -2012)**. 2012. São Paulo. Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas\\_oxigenio.php](http://www.cetesb.sp.gov.br/mortandade/causas_oxigenio.php)>. Acesso em: 18 nov. 2012.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO - CASAN. **Estudo de Impacto Ambiental 1, Barragem do Rio São Bento, Siderópolis, SC** (Magma). 1995, 223p.

COPATTI, C. E.; SCHIRMER, F. G.; MACHADO, J. V. V. Diversidade de Macroinvertebrados Bentônicos na Avaliação da Qualidade da Ambiental de uma Microbacia no Sul do Brasil: Oito anos de Estudos em Riachos da Região do Alto Uruguai (RS). **Perspectiva**, Erechim, v. 34, n. 125, p. 79-91, 17 fev. 2010. Disponível em: <[http://www.uricer.edu.br/new/site/pdfs/perspectiva/125\\_76.pdf](http://www.uricer.edu.br/new/site/pdfs/perspectiva/125_76.pdf)>. Acesso em: 27 dez. 2010.

COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 249 p.

COSTA, S.; ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos em áreas de mineração de carvão na Região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore** (Impresso), v. 33, p. 665-674, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO - DNPM. **Informe Mineral: Desenvolvimento & Economia Mineral**. Brasília: Abril, 2004. Disponível em: <[www.dnpp.gov.br/informemineral](http://www.dnpp.gov.br/informemineral)>. Acesso em: 25 set. 2009.

DUTRA, S. L. **Avaliação da biodiversidade bentônica no Vale do**

**Paraná (GO), visando à identificação de áreas prioritárias para conservação.** 2006. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em:  
<<http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/3469/1/Silvia%20Leitao%20Dutra.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2012.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E DE EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI; CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETERIOLOGIA DE SANTA CATARINA - CIRAM. **Dados e informações bibliográficas da unidade de planejamento regional litoral sul catarinense – UPR8.** Florianópolis: Secretaria do Estado do Desenvolvimento Rural e da Agricultura, 2001.

FARFAN, J. R. J. Z.; BARBOSA FILHO, O.; SOUZA, V. P. **Avaliação do potencial de drenagem ácida de rejeitos da indústria mineral.** Rio de Janeiro: Sete/MCT, 2004. 58 p. (Série Tecnologia Ambiental, 29).

FELIPE, T. R. A.; SÚAREZ, Y. R. Caracterização e influência dos fatores ambientais nas assembleias de peixes de riachos em duas microbacias urbanas, Alto Rio Paraná. **Biota Neotrop**, Campinas, v. 10, n. 2, p. 143-151, jun. 2010. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/bn/v10n2/18.pdf>>. Acesso em: 11 maio 2015.

FERREIRA-PERUQUETTI, P. S.; MARCO JUNIOR, P. Efeito da alteração ambiental sobre comunidades de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 317-327, jun. 2002. Disponível em:  
<<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v19n2/v19n2a02>>. Acesso em: 19 mar. 2015.

FRANCO, A.C. V.; MARIMON, M. P. C. **Tecnologias de recuperação de áreas degradadas pela mineração de carvão e usos do solo.** 2009. Disponível em:  
<[http://egal2009.easyplanners.info/area07/7528\\_Franco\\_Ana\\_Carolina\\_Vicenzi.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7528_Franco_Ana_Carolina_Vicenzi.pdf)>. Acesso em: 20 dez. 2011.

FROEHLICH, C. G. Checklist dos Plecoptera (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-7, 2011. Disponível em:  
<<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/fullpaper?bn0291101a20>>

11+pt>. Acesso em: 31 mar. 2012.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE DE SANTA CATARINA - FATMA. **Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicadas às águas correntes/ Fundação do meio ambiente de Santa Catarina**. Florianópolis: Companhia Das Letras: FATMA, 1999. 103 p.

GALDEAN, N.; CALLISTO M.; BARBOSA F. A. R. Lotic Ecosystems of Serra do Cipó, southeast Brazil: water quality and a tentative classification based on the benthic macroinvertebrate community. **Aquatic Ecosystem Health and Management**, v. 3, p. 545-552, 2000.

GOMES, P. S.; PEÑA, A. P.; PIMENTA, S. M. Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do Rio São Tomás, Município de Rio Verde – Goiás. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 3, p. 393-412, dez. 2009. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1982-45132009000300013&lang=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132009000300013&lang=pt)>. Acesso em: 08 jan. 2011

GONÇALVES, F. B. **Análise comparativa de índices bióticos de avaliação de qualidade da água, utilizando macroinvertebrados, em um rio litorâneo do estado do Paraná**. 2007. 43 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/19880/1/dissertacao%20Fabio.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2010.

GONÇALVES, R. C. **Larvas de Odonata como bioindicadores de qualidade ambiental de cursos d'água no cerrado**. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012. Disponível em: <<http://repositorio.ufu.br/handle/123456789/3068>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

GOULART, M. D.C.; CALLISTO, M. **Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental**. 2003. Disponível em: <[http://www.urisan.tche.br/~briseidy/Ps\\_Licenciamento\\_Ambiental/bioindicadores\\_19.10.2010.pdf](http://www.urisan.tche.br/~briseidy/Ps_Licenciamento_Ambiental/bioindicadores_19.10.2010.pdf)>. Acesso em: 11 maio 2011.

HAMMER, O. et al. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analyses. **Paleontologia Electronica**, v. 4, n. 1,

p. 1-9, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação, 1992. 92 p. (Manuais Técnicos em Geociências, n.1).

INSTITUTO DE PESQUISAS AMBIENTAIS E TECNOLÓGICAS DA UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – IPAT/UNESC. **Diagnóstico Ambiental Mina Malha II Leste, Siderópolis, Santa Catarina**. Relatório Técnico. Criciúma: IPAT/UNESC, 2002a. 121p.

\_\_\_\_\_. **Projeto de reabilitação ambiental de áreas degradadas pela atividade extrativa de carvão mineral Campo Malha II Leste, Siderópolis, Santa Catarina**. Relatório Técnico. Criciúma: IPAT/UNESC, 2002b. 57p.

\_\_\_\_\_. **Projeto de reabilitação ambiental de áreas degradadas pela atividade extrativa de carvão mineral Campo Malha II Oeste, Siderópolis, Santa Catarina**. Relatório Técnico. Criciúma: IPAT/UNESC, 2002c. 66p.

JESUS, A. J. S. **Distribuição espaço-temporal de macroinvertebrados aquáticos do médio Rio Xingu, Altamira - PA**. 2008. 63 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal do Pará, Belém, 2008. Disponível em: <[http://www.cienciaanimal.ufpa.br/pdfs/CA\\_Ciencia\\_Animal/CA\\_ALLAN\\_JAMESSON\\_SILVA\\_DE\\_JESUS.PDF](http://www.cienciaanimal.ufpa.br/pdfs/CA_Ciencia_Animal/CA_ALLAN_JAMESSON_SILVA_DE_JESUS.PDF)>. Acesso em: 21 jan. 2013.

KREBS, A. S. J. **Contribuição ao Conhecimento dos Recursos Hídricos Subterrâneos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, SC**. 2004. 375 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PGCN0248.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2010.

KREBS, A. S. J.; ALEXANDRE, N. Z. Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá - SC: Disponibilidade e Conflitos. In: CONGRESSO MUNDIAL INTEGRADO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA, 1., Fortaleza, 2000. **Anais...** Fortaleza: ABAS, 2000,

p. 1-21. Disponível em:

[https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yf5u\\_LFhyRwJ:https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/24313/16318+&cd=10&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:yf5u_LFhyRwJ:https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/download/24313/16318+&cd=10&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br) >. Acesso em: 25 jun. 2012.

LARA, F. B. **A comunidade de macroinvertebrados em diferentes substratos de um rio litorâneo no Paraná, Brasil**. 2011. 65 f.

Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em:

<[http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/25665/Dissertacao\\_PPGECO\\_Lara\\_F.B\\_2011.pdf?sequence=1](http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/25665/Dissertacao_PPGECO_Lara_F.B_2011.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 15 maio 2012.

LATTUADA, R. M. **Estudo da ecotoxicidade de efluentes da mineração de carvão e a aplicação de Adsorventes alternativos em Associação com fotocatalise heterogênea na Remoção de Metais HPs**. 2010. 160 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010. Disponível em:

<<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/27165/000763897.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 15 abr. 2013.

LECCI, L. S.; FROEHLICH, C. G. **Levantamento e biologia de Insecta e Oligochaeta aquáticos de sistemas lóticos do Estado de São Paulo: Plecoptera**. 2006. Disponível em:

<<http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/plecoptera/intro.htm>>. Acesso em: 31 mar. 2012.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. **Geografia do Brasil**, Rio de Janeiro, n. 2, p.113-150, 1990.

LOPES PROJETOS AMBIENTAIS E CONSULTORIA LTDA.

**Projeto de recuperação de áreas degradadas do lote 42 e lote 44, Siderópolis, SC. Criciúma**, 2000. 45 p.

MACÊDO, J. A. B. **Águas & águas**. 2. ed. São Paulo: Varela, 2004. 977 p.

McCAFFERTY, W. P.; PROVONSHA, Q. **Aquatic entomology**. Boston: Jones and Bartlett Publishers, 1981.

MBOGHO, A. Y.; SITES, R. W. Naucoridae Leach, 1815 (Hemiptera: Heteroptera) of Tanzania. **African Invertebrates**, Pietermaritzburg, v. 54, n. 2, p. 513-542, 23 dec. 2013. Disponível em: <<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:uzzb3B39XiMJ:africaninvertebrates.org/ojs/index.php/AI/article/download/328/306+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

MORETTI, M. S. et al. Leaf abundance and phenolic concentrations codetermine the selection of case-building materials by *Phylloicus* sp. (Trichoptera, Calamoceratidae). **Hydrobiologia**, v. 630, n. 1, p. 199-206, 9 maio 2009. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s10750-009-9792-y>>. Acesso em: 09 jul. 2016.

MORETTO, R. A. **Diversidade de Hydropsychidae Curtis e Leptoceridae leach (Insecta, Trichoptera) em riachos do Parque Estadual Intervales, Serra de Paranapiacaba, Estado de São Paulo**. 2012. 79 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2012. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59131/tde-09042012-145007/pt-br.php>>. Acesso em: 02 jun. 2012.

MUGNAI, R.; NESSIMIAN, J. L.; BAPTISTA, D. F. **Manual de identificação de macroinvertebrados aquáticos do estado do Rio de Janeiro, Brasil**: para atividades técnicas, de ensino. Rio de Janeiro: Technical Books, 2009. 176 p.

NICOLEITE, E. R. **Cultivo de samambaia-preta (*Rumohra adiantiformis* (G. Forst.) Ching) como alternativa socioeconômica e ambiental em áreas de mineração de carvão em Santa Catarina**. 2010. 64 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000043/0000431E.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2011

NOGUEIRA, D. S.; CABETTE, H. S. R. Novos registros e notas sobre distribuição geográfica. **Biota Neotropica**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 347-355, 2011. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v11n2/pt/fullpaper?bn03111022011+pt>>. Acesso em: 03 abr. 2012.



NOGUEIRA, D. S.; CABETTE, H. S. R.; JUVEN, L. Estrutura e composição da comunidade de Trichoptera (Insecta) de rios e áreas alagadas da bacia do rio Suiá-Miçú, Mato Grosso, Brasil. **Iheringia, Sér. Zool.**, Porto Alegre, v. 101, n. 3, p. 173-180, set. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/isz/v101n3/04.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2016.

OLIVEIRA, D. A.; SCHMIDT, G.; FREITAS, D. M. **Avaliação do teor de ferro em águas subterrâneas de alguns poços tubulares, no plano diretor de Palma/TO.** 2003. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/gilda.pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2012.

OLIVEIRA, L. G. Trichoptera. In: COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos Imaturos: Metamorfose e identificação.** Ribeirão Preto: Holos, 2006, p. 161-174.

OLIVEIRA, L. G.; BISPO, P. C.; SÁ, N. C. de. Ecologia de Comunidades de Insetos Bentônicos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera), em Córregos do Parque Ecológico de Goiânia, Goiás, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 14, n. 4, p. 867-876, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v14n4/v14n4a10>>. Acesso em: 13 jul. 2012.

OLIVEIRA, L. G.; FROEHLICH, C. G. Natural history of three Hydropsychidae (Trichoptera, Insecta) in a "cerrado" stream from northeastern São Paulo, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 13, n. 3, p. 755-762, 1996. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v13n3/v13n3a23.pdf>>. Acesso em: 13 maio. 2012.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal.** São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 425 p.

PACIENCIA, G. P. **Ciclo de vida, produtividade secundária, distribuição, alimentação e crescimento de *Massartelabrieni* (Lestage) (Ephemeroptera: Leptophlebiidae) em riachos do Parque Estadual Intervales, Estado de São Paulo.** 2008. 72 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2008. Disponível em:

<<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/59/59131/tde-25082008-134503/pt-br.php>>. Acesso em: 01 jun. 2012.

PAPROCKI, H.; HOLZENTHAL, R. W.; BLAHNIK, R. J. Checklist of the Trichoptera (Insecta) of Brazil I. **Biota Neotropica**, Curitiba, v. 4, n. 1, p.1-22, 2004. Disponível em:

<<http://www.biotaneotropica.org.br/v4n1/es/fullpaper?bn01204012004+en>>. Acesso em: 03 abr. 2012.

PARESCHI, D. C. **Macroinvertebrados bentônicos como indicadores da qualidade da água em rios e reservatórios da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacareí (SP)**. 2008. 190 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em:

<<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/1637/2217.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

PAREY, V. P. Manuais para gerenciamento de recursos hídricos. DVWK, 227/1993. Relevância de parâmetros de qualidade das águas aplicados as águas correntes. Parte I: Características gerais, nutrientes, elementos traço e substâncias nocivas inorgânicas, características biológicas. **Projeto gerenciamento de recursos hídricos em Santa Catarina – FATMA/GTZ**. Florianópolis, SC, 1999. 108 p.

PAZ, A. et al. Efetividade de áreas protegidas (APs) na conservação da qualidade das águas e biodiversidade aquática em sub-bacias de referência no rio das Velhas (MG). **Neotropical Biology And Conservation**, Unisinos, v. 3, n. 3, p. 149-158, 2008. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/profile/Marcos\\_Callisto/publication/230820039\\_Efetividade\\_de\\_reas\\_Protegidas\\_na\\_conservao\\_da\\_qualidade\\_da\\_s\\_guas\\_e\\_biodiversidade\\_aqutica\\_em\\_sub-bacias\\_de\\_referencia\\_no\\_Rio\\_das\\_Velhas\\_\(MG\)/links/0fcfd51085183b8ccf000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Marcos_Callisto/publication/230820039_Efetividade_de_reas_Protegidas_na_conservao_da_qualidade_da_s_guas_e_biodiversidade_aqutica_em_sub-bacias_de_referencia_no_Rio_das_Velhas_(MG)/links/0fcfd51085183b8ccf000000.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2011.

PEREIRA, R. S. et al. **Capítulo 13 - Princípios da Hidrometria**. Texto preparado com base nas anotações de aula da disciplina de Hidrologia I. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003. 16 p.

PEREIRA, S. Y. Impacto de drenagem acida na Água Subterrânea. In: ALBA, J. M. F. **Recuperação de Áreas mineradas: A Visão dos Especialistas Brasileiros**. Pelotas: EMPRAPA, 2007, p. 113-213.

PIMENTA, S. M. et al. Estudo da qualidade da água por meio de bioindicadores bentônicos em córregos da área rural e urbana. **Rev. Ambiente água**, Taubaté, v. 11, n. 1, p. 198-210, jan. 2016. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v11n1/1980-993X-ambiagua-11-01-00198.pdf>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

POLZ, J. A. Recuperação de Áreas Impactadas pela Mineração de carvão a céu aberto em Santa Catarina: Gestão de rejeitos e revegetação. In: SOARES, P. S. M.; SANTOS, M. D. C. **Standard Methods**, 21. ed. Section 9221, p. 9-59, 2005.

QUEIROZ, J. F.; SILVA, M. S. G. M.; TRIVINHO-STRIXINO, S. **Organismos bentônicos: biomonitoramento de qualidade da água**. Jaguariúna: Embrapa, 2008. 91 p. Disponível em: <<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBentonicos.pdf>>. Acesso em: 05 dez. 2011.

RINALDI, S. A. **Uso de macroinvertebrados bentônicos na avaliação do impacto antropogênico às nascentes do Parque Estadual do Jaraguá, São Paulo, SP**. 2007. 70 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-05032008-102416/pt-br.php>>. Acesso em: 24 mar. 2015.

RODRIGUES, R. C. **Insetos Bentônicos e a sua Relação com a Qualidade da Água no Rio Mãe Luzia, Treviso, SC**. 2006. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.

SALLES, F. F. et al. **Ephemeroptera do Brasil: lista de espécies**. 2016. Disponível em: <<http://ephemeroptera.com.br/>>. Acesso em: 12 set. 2016.

SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas de Santa Catarina**. Florianópolis: GASPLAN, 1986. 173 p.

\_\_\_\_\_. Justiça Federal. **Ação Civil Pública do Carvão nº 93.8000533-4**. 1993. Disponível em: <<http://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao/>>. Acesso em: 16 out. 2010.

SANTOS, R. F. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo:

Oficina de Textos, 2004. 184 p.

SCHWALM, H. **Geoprocessamento aplicado à análise ambiental: estudo de caso da barragem do rio São Bento, Siderópolis, Santa Catarina.** 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2008. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/00003C/00003C8E.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2012.

SEGURA, M. O. **Composição e distribuição de coleoptera aquáticos (insecta) em córregos de baixa no estado de São Paulo, Brasil.** 2007. 98 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2007. Disponível em: <[http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=1614](http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado//tde_busca/arquivo.php?codArquivo=1614)>. Acesso em: 01 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. **Coleoptera (insecta) em sistemas aquáticos florestados: aspectos morfológicos, comportamentais e ecológicos.** 2012. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <[http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_arquivos/18/TDE-2012-04-16T105559Z-4313/Publico/4214.pdf](http://www.btdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_arquivos/18/TDE-2012-04-16T105559Z-4313/Publico/4214.pdf)>. Acesso em: 01 abr. 2015.

SEGURA, M. O.; VALENTE-NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 393-412, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1676-06032011000100037&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1676-06032011000100037&script=sci_arttext)>. Acesso em: 01 abr. 2015.

SEVEGNANI, L. Vegetação da Bacia Itajaí em Santa Catarina. In: SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios.** Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 68 p.

SHIMANO, Y.; SALLES, F. F.; CABETTE, H. S. R. Ephemeroptera (Insecta) ocorrentes no Leste do Estado do Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 4, p. 239-254, out. 2011. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v11n4/21.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2012.

**SILVA, M. G. Modelagem ambiental na bacia do rio Poxim-Açu/SE e suas relações antrópicas.** 2013. 224 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2013. Disponível em: <[http://btd.ufs.br/tde\\_arquivos/8/TDE-2013-11-12T212618Z-165710/Publico/MARINOE\\_GONZAGA\\_SILVA.pdf](http://btd.ufs.br/tde_arquivos/8/TDE-2013-11-12T212618Z-165710/Publico/MARINOE_GONZAGA_SILVA.pdf)>. Acesso em: 30 abr. 2015.

**SILVA, M. T. F. C. Macroinvertebrados como bioindicadores da qualidade da água em rios do Sul de Portugal: caso de estudo na Bacia Hidrográfica da Ribeira de Odelouca.** 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <[http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/7663/1/ulfc099143\\_tm\\_marta\\_silva.pdf](http://repositorio.ul.pt/bitstream/10451/7663/1/ulfc099143_tm_marta_silva.pdf)>. Acesso em: 16 abr. 2013.

**SILVA, N. T. C. Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d'Aramas, DF.** 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <[http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/1533/1/Dissertacao\\_Newton\\_Tiago.pdf](http://repositorio.bce.unb.br/bitstream/10482/1533/1/Dissertacao_Newton_Tiago.pdf)>. Acesso em: 23 fev. 2012.

**SILVA, S. F. Avaliação das alterações ambientais na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão do Piçarrão, Campinas – SP.** 2000. 149 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18132/tde-02042007-154842/pt-br.php>>. Acesso em: 23 fev. 2012.

**SILVANO, J. Avaliação de metais na água, no sedimento e nos peixes da lagoa Azul, formada por lavra de mineração de carvão a céu aberto, Siderópolis - SC.** 2003. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/2115/000364335.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 14 nov. 2012.

**SILVEIRA, M. P. Aplicação do Biomonitoramento para Avaliação da Qualidade da Água em Rios.** Jaguariúna, SP: Embrapa, 2004. 68 p. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos\\_36.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_36.pdf)>.

Acesso em: 23 maio 2015.

SILVEIRA NETO, S. et al. **Manual de ecologia de insetos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1976. 419 p.

SILVEIRA, R. M. **Bioensaios de toxicidade e organismos bioindicadores como instrumento para a caracterização ambiental do Rio Itajaí-Mirim, SC**. 2007. 133 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí, 2007. Disponível em: <[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/id/28066266.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/id/28066266.html)>. Acesso em: 02 ago. 2010.

SOARES, P. S. M.; TRINDADE, R. B. E. Recuperação ambiental de áreas mineradas: uma experiência de gestão. **Anais eletrônicos do XIX ENTMH**. Recife, 2002. Disponível em: <<http://www.cetem.gov.br/publicação/CTs/CT2002-055-00.pdf>>. Acesso em: 30 de mar. 2011.

SONODA, K. C. **Monitoramento biológico das águas no bioma cerrado utilizando insetos aquáticos: uma revisão**. 2009. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/31553/1/doc-256.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2015.

SUGA, C. M. **Influência de um fragmento florestal sobre as comunidades de macroinvertebrados de um córrego tropical degradado**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Carlos, São Carlos, 2012. Disponível em: <[http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde\\_busca/arquivo.php?codArquivo=5632](http://www.bdt.ufscar.br/htdocs/tedeSimplificado/tde_busca/arquivo.php?codArquivo=5632)>. Acesso em: 01 abr. 2015.

TEIXEIRA, M. B. **Vegetação e Uso do Solo de Criciúma**. 2. ed. Porto Alegre: CPRM, 1994. 17 p

TELES, P. A. et al. Assembleia de larvas de trichoptera de uma lagoa artificial em área de cerrado. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9º, 2009, São Lourenço. **Anais...** Uberlândia: 2009. p. 1 - 2. Disponível em: <[http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos\\_ixceb/1398.pdf](http://www.seb-ecologia.org.br/2009/resumos_ixceb/1398.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2016.

UBALDO, M. O.; SOUZA, V. P. Controle e Mitigação dos impactos da

drenagem ácida em operações de mineração. In: POSSA, M. V.; SANTOS, M. D. C. dos; VICENTE, R. **Avifauna e Dispersão de Sementes com uso de poleiros Artificiais em Áreas Reabilitadas após a Mineração de carvão a céu aberto, Siderópolis, sul de Santa Catarina.** 2008. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2008.