

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC  
UNIDADE ACADÊMICA DE HUMANIDADES - CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – BACHARELADO**

**FERNANDA FRANCIELLI NASCIMENTO**

**RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E QUALIDADE DA  
ÁGUA DO RIO MOROZINI, NO MUNICÍPIO DE TREVISÓ, SANTA CATARINA**

**CRICIÚMA  
2012**

**FERNANDA FRANCIELLI NASCIMENTO**

**RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E QUALIDADE DA  
ÁGUA DO RIO MOROZINI, NO MUNICÍPIO DE TREVISÓ, SANTA CATARINA**

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

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Msc. Najda Zim Alexandre  
Co-orientador: Prof. Msc. Claudio Ricken

**CRICIÚMA  
2012**

**FERNANDA FRANCIELLI NASCIMENTO**

**RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS E QUALIDADE DA  
ÁGUA DO RIO MOROZINI, NO MUNICÍPIO TREVISÓ, SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Biológicas da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, na Linha de Pesquisa em Zoologia de Invertebrados.

Área de concentração  
Manejo e Gestão de Recursos Naturais

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Msc. Nadja Zim Alexandre  
Co-orientador: Prof. Msc. Claudio Ricken

Criciúma, 05 de dezembro de 2012.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Msc. Nadja Zim Alexandre - Mestre – (UNESC) – Orientadora

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Birgit Harter Marques – Doutora (UNESC) Avaliador 1

---

Prof. Dr. Jairo José Zocche - Doutor – (UNESC) Avaliador 2

**Dedico à minha fortaleza e  
existência, minha mãe Clenir  
Fernandes.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço...

Agradeço primeiramente a Deus, por iluminar constantemente o meu caminhar me guiando às escolhas certas.

Agradeço a minha mãe Clenir Fernandes, meu maior exemplo e orgulho. Obrigada por ter acreditado em mim, por ter me apoiado e por muitas vezes ter se sacrificado para me dar tudo o que precisei. Obrigada por cada incentivo e pelas orações em meu favor.

A minha melhor amiga Angelica Mossmann que mesmo estando longe me ajudou nessa jornada me dando incentivo e dedicando horas de alegrias. Sua amizade é especial e eterna para mim.

Aos meus amigos que fizeram parte da minha vida durante esses quatro anos de graduação, pessoas antes desconhecidas e tão diferentes de mim, que fizeram ver a vida com outros olhos. Agradeço em especial a Juliana Dal Toé Ross, ao Roger Bitencourt Varela e ao Victor Hugo Schaly Cordova que dedicaram seu tempo indo a campo comigo e me dando força para concluir este trabalho. Também a Juliana Rovaris Luzziatti por todas as dicas úteis e por me salvar nos meus momentos de correria, muito obrigada!

Enfatizo um agradecimento especial, á minha orientadora, Prof<sup>a</sup>. Msc. Nadja Zim Alexandre, que acreditou em mim, que ouviu pacientemente as minhas considerações partilhando comigo as suas idéias, conhecimento e experiências e que sempre me motivou. Quero expressar o meu reconhecimento e admiração pela sua competência profissional e minha gratidão pela sua amizade, por ser uma profissional extremamente qualificada e pela forma humana que conduziu minha orientação.

Ao meu co-orientador Prof<sup>o</sup>. Msc. Cláudio Ricken por aceitar fazer parte desta caminhada, trazendo contribuições para o enriquecimento deste estudo.

Obrigada a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa e para a pessoa que sou hoje.

“Se soubesse que o mundo acabaria amanhã  
eu ainda hoje plantaria uma árvore.”  
Martin Luther King

## RESUMO

A qualidade dos ecossistemas aquáticos vem sendo alterado em diferentes escalas nas últimas décadas. A região sul de Santa Catarina caracteriza-se pela alta atividade carbonífera, e com isso a principal fonte poluidora dos seus cursos hídricos é a extração e beneficiamento de carvão. Os macroinvertebrados por serem sensíveis a diferentes concentrações de poluentes no meio fornecem ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental. O presente trabalho teve como objetivo pesquisar possíveis relações entre a riqueza de macroinvertebrados bentônicos com a qualidade da água do rio Morozini, afluente do rio Mãe Luzia, no município de Treviso – SC. Foram feitas três campanhas de amostragens em três estações com níveis de poluição diferentes no rio Morozini. A estação amostral RM1 está localizada a montante da área minerada, a estação RM2 encontra-se na porção intermediária do rio já em área minerada e a estação RM3 recebe a contribuição da área da antiga mina. Os organismos bentônicos foram coletados com um amostrador do tipo Surber, com uma área de 900 cm<sup>2</sup>, e malha de 1mm. Em cada estação amostral foram feitas triplicatas, totalizando nove amostras. Os sedimentos ficaram acondicionados em sacos plásticos devidamente etiquetados, e levados ao laboratório para serem lavados. Os exemplares triados foram classificados até ao nível de família. Foram obtidos junto ao IPAT/UNESC (Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas da UNESC) os parâmetros ambientais como, pH, condutividade, oxigênio dissolvido, ferro total, alumínio total, manganês total e sulfatos. Os dados da temperatura do ar e da água foram obtidos no instante da coleta. Foi utilizada distância euclidiana como medida de similaridade e análise de correspondência canônica para comparação entre os parâmetros abióticos e a fauna bentônica. Foram encontrados 123 indivíduos, pertencentes a duas classes, oito ordens e 21 famílias. A família mais representativa foi Chironomidae com 24 indivíduos, seguida por Baetidae com 16 indivíduos e Perlidae com 12 indivíduos. Foi registrado maior número de indivíduos nas estações RM1 e RM2 e na RM3 a família Chironomidae destacou-se em número de indivíduos, pois tem característica de ser tolerante a poluição. Os macroinvertebrados bentônicos podem ser relacionados com parâmetros ambientais, e por isso servem como avaliação da qualidade da água, podendo ser utilizados como uma metodologia de menor custo para detectar alterações em rios da região sul de Santa Catarina.

**Palavras Chaves:** Ecologia de comunidades, mineração de carvão e ecologia de rios.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Treviso, SC. ....	16
Figura 2 - Limites da área de estudo no município de Treviso, SC. ....	17
Figura 3 - Localização das estações amostrais no município de Treviso, SC. ....	20
Figura 4- Estação amostral um (RM1), onde: a) situação da estação com destaque às atividades de montante; b) detalhe da estação amostral RM1.....	21
Figura 5 - Estação amostral dois (RM2), onde: a) situação da estação em meio à antiga área minerada e em processo de reabilitação ambiental; b) detalhe da estação amostral RM2. ....	22
Figura 6 - Estação amostral três (RM3), onde: a) situação da estação em meio à antiga área minerada e atividades industriais e de prestação de serviços localizadas a montante; b) detalhe da estação amostral RM3.....	23
Figura 7 - Coletor do tipo Surber utilizado para amostragem de macroinvertebrados.....	24
Figura 8 - Ilustração do modo de amostragem na estação RM2. ....	25
Figura 9 - Dendrograma da distância euclidiana para a biota nas três estações amostrais no município de Treviso, SC. ....	31
Figura 10 - Dendrograma da distância euclidiana para parâmetros físico-químicos nas três estações amostrais no município de Treviso, SC. ....	33
Figura 11 - Análise de correspondência canônica entre os parâmetros de ferro total, alumínio total, condutividade elétrica, sulfatos e manganês e as famílias nas três estações amostrais no rio Morozini no município de Treviso – SC.....	37



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Famílias de invertebrados encontrados nas três estações amostrais nas três campanhas de amostragem, no município de Treviso, SC. ....	28
Tabela 2 - Valores mínimos, médios, máximos e desvio dos parâmetros abióticos nas três estações amostrais no município de Treviso, SC. ....	32
Tabela 3 - Correlação dos parâmetros e as famílias nas três estações amostrais no rio Morozini, no município de Treviso, SC. ....	36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 OBJETIVOS .....	14
1.1.1 Objetivo Geral .....	14
1.1.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>2 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	16
2.2 DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES AMOSTRAIS .....	19
2.3 COLETA DOS MACROINVERTEBRADOS .....	23
2.4 PARÂMETROS ABIÓTICOS .....	27
2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	27
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>28</b>
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>39</b>
<b>ANEXO A – CADASTRO DA ESTAÇÃO AMOSTRAL</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável, seja como componente bioquímico de todas as espécies de vegetais e animais, como também sendo um elemento importante para as necessidades básicas da vida, tais como para a produção de bens industriais, roupas, moradias, educação, segurança, e também para as necessidades econômicas, sociais, políticas, culturais e dos ecossistemas (THEODORO, 2002).

São necessárias algumas exigências para atender a cada uma dessas modalidades de uso, assim como para as limitações com relação ao tipo e à quantidade de impurezas presentes na água. Alguns desses usos requerem elevado padrão sanitário, já outros apresentam restrições quanto à presença de produtos químicos e ainda outros se limitam apenas à manutenção de aspectos estéticos (CARVALHO et al., 2009).

Desta maneira, a qualidade do recurso hídrico vai depender do uso a qual este se destina. Por esse motivo, os recursos hídricos são classificados de acordo com sua qualidade e/ou segundo seus usos preponderantes.

A Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL 2005) estabeleceu uma classificação para as águas doces, salinas e salobras de todo território Brasileiro em 13 classes diferentes e, para cada uma delas, foi estabelecido limites e/ou condições, em função de sua destinação final. Segundo esta resolução as águas doces são águas com salinidade igual ou inferior a 0,5‰; águas salobras são águas com salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰; e águas salinas são águas com salinidade igual ou superior a 30‰. As águas doces foram agrupadas em cinco classes diferente sendo a primeira delas a “especial” que se destina ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; a classe 1 ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; a classe 2 ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; a classe 3 ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; e por último a classe 4 que se destina a navegação.

Estas classes consistem segundo ainda a mesma resolução em estabelecer uma meta de qualidade da água a ser alcançado ou mantido no curso d'água.

Porém a qualidade dos ecossistemas aquáticos vem sendo alterado em diferentes escalas nas últimas décadas. Este fator é desencadeado pela grande complexidade dos usos múltiplos da água pelo homem, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais, as quais acarretaram em degradação ambiental significativa e diminuição considerável na

disponibilidade e da qualidade da água, produzindo poluentes característicos que tem uma determinada implicação na qualidade dos corpos de água que constituem o corpo receptor final (PEREIRA, 2004). De acordo com a Resolução do CONAMA 01/86 (BRASIL 1986):

Impacto ambiental pode ser definido como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos ambientais.

Segundo Espinosa (2007), a extração e beneficiamento de carvão, efluentes industriais, esgotos domésticos, agrotóxicos, dejetos de suínos e salinização dos rios próximos à foz são consideradas como as principais fontes poluidoras dos recursos hídricos registradas no sul de Santa Catarina.

A mineração de carvão em Santa Catarina ocorre faz mais de 100 anos, e é praticada em subsolo ou a céu aberto, porém, apenas com a crise do petróleo na década de 70, a mecanização e maior exploração das minas tornaram a poluição ambiental agravante (ALEXANDRE, 1999).

A situação geográfica do sul de Santa Catarina, que se encontra limitado pelas escarpas da Serra Geral e o litoral do Oceano Atlântico, torna as suas bacias hidrográficas ainda mais afetadas pelas atividades relacionadas à mineração de carvão (ALEXANDRE, 1999).

Como consequência destas atividades, tem-se observado uma expressiva diminuição na qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas (GOULART; CALLISTO, 2003).

Desta forma, faz necessário o uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água que consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas nos recursos hídricos, sejam essas de origem antrópica ou natural (DONADIO; GALBIATTI; PAULA, 2005).

Além disso, a fim de se obter informações sobre a qualidade da água são utilizados como bioindicadores que são definidos como todo parâmetro biológico em nível de indivíduo, população, guilda ou comunidade que efetivamente são sensíveis para indicar condições ambientais específicas que correspondem a um estado estabelecido ou natural e até mesmo perturbações do ambiente (CAIRNS; PRATT, 1993).

Bioindicadores, além de ter a facilidade de amostragem, já devem ter uma resposta conhecida à alteração ambiental bem como responder de maneira clara ao distúrbio (WINK et al., 2005).

Os principais organismos indicadores comumente utilizados na avaliação de impactos ambientais em ecossistemas aquáticos são os macroinvertebrados bentônicos, peixes e comunidade perifítica, sendo que dentre destes grupos, as comunidades de macroinvertebrados bentônicos são as mais comumente utilizadas na avaliação de impactos ambientais e monitoramento biológico dos corpos d' água (GOULART; CALLISTO, 2003).

Macroinvertebrados bentônicos são organismos que habitam o fundo de ecossistemas aquáticos durante pelo menos parte de seu ciclo de vida, associado aos mais diversos tipos de substratos, tanto orgânicos (folhiço, macrófitas aquáticas), quanto inorgânicos (cascalho, areia, rochas, etc.) (ROSENBERG; RESH, 1993 apud GOULART; CALLISTO, 2003).

Almada e Würdig (2000) destacam a importância do estudo da avaliação da fauna macrobentônica para um grau de poluição, sendo que as modificações na estrutura da biocenose podem constituir um diagnóstico de ambientes poluídos ou estressados que pode vir a ser estabelecido pela comparação entre locais com e sem influência de poluição. A qualidade da água, o substrato de fundo e a intensidade da poluição são importantes, pois a estrutura biológica depende disso.

Assim sendo, o estudo do compartimento bentônico fornece indicativos de grande valia para a avaliação dos impactos. As mudanças ambientais causadas pela exploração do carvão produzem modificações estruturais e funcionais nas comunidades e organismos. A integração das propriedades do meio líquido, do sedimento de fundo dos organismos aquáticos fornece respostas importantes sobre as implicações dos subprodutos da atividade carbonífera sobre os meios físicos e biológicos (ALMADA; WÜRDIG, 2000).

A razão de se utilizar os macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade de água e condições de ecossistemas são várias. Dentro dessas, os principais (UFMG, 2008):

“Os macroinvertebrados bentônicos possuem ciclos de vida longos, sendo que podem viver entre semanas, meses e mesmo mais de um ano, caracterizando-se como "organismos sentinelas". Os imaturos são, de modo geral, organismos grandes (maiores que 125 ou 250  $\mu\text{m}$ ), sésseis ou de pouca mobilidade, isto é, são relativamente sedentários e mais fáceis de serem amostrados. O método de coleta é fácil, com custos relativamente baixos. Para animais adultos a identificação é relativamente fácil e se tem uma elevada diversidade taxonômica. A comunidade de macroinvertebrados por apresentarem diferentes sensibilidades de poluentes no meio fornece ampla faixa de respostas frente a diferentes níveis de contaminação ambiental. Sendo alguns toleráveis para o crescimento, outros de restrição.”

Em relação à tolerância frente aos diferentes condições ambientais, os macroinvertebrados bentônicos podem ser classificados em três grupos principais, sendo que existem exceções dentro de cada grupo: organismos sensíveis ou intolerantes, organismos tolerantes e organismos resistentes (GOULART; CALLISTO, 2003).

Cada fonte de poluentes determina certo grau de poluição no corpo hídrico atingido, que é medido através de características físicas, químicas e biológicas das impurezas existentes que, por sua vez, são identificadas por parâmetros de qualidade das águas (físicos, químicos e biológicos). Simplificando, as características físicas são analisadas sob o ponto de vista de sólidos (suspensos, coloidais e dissolvidos na água), gases e temperatura. Nos aspectos de substâncias orgânicas e inorgânicas são consideradas características químicas e, por fim, as biológicas sob o ponto de vista da vida animal, vegetal e organismos unicelulares (PEREIRA, 2004).

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar possíveis relações entre a riqueza de macroinvertebrados bentônicos com a qualidade da água do rio Morozini, afluente do rio Mãe Luzia, no município de Treviso – SC.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

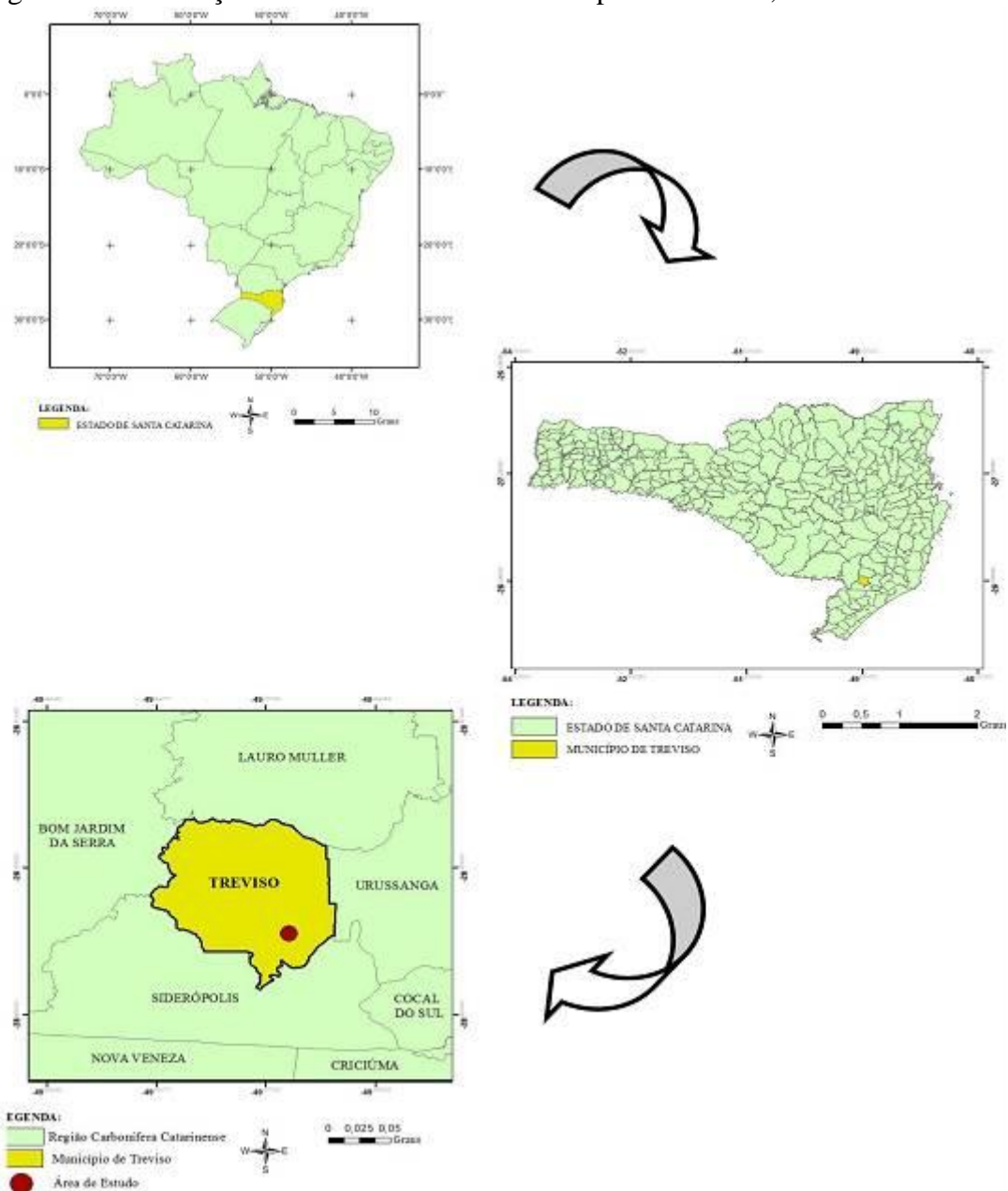
- Analisar a riqueza da fauna bentônica ao nível de família em ambientes aquáticos em três estações amostrais com diferentes níveis de qualidade de água;
- Comparar a fauna bentônica nas três estações;
- Descrever as condições físico-químicas da água nas três estações amostrais do rio Morozini.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Campo Morozini que está localizado no sul de Santa Catarina, próximo à cidade de Treviso, entre as coordenadas UTM 6.841.000 e 6.845.000 (norte) e 650.000 e 656.000 (leste) (Figura 1).

Figura 1 - Localização da área de estudo no município de Treviso, SC.



Fonte: IBGE (2012) modificado.



O Campo Morozini (Figura 2) possui área de 381 ha dos quais, aproximadamente 221 ha foram efetivamente trabalhados pela mineração entre 1982 e 1989 pela Carbonífera Próspera S.A., com uso da dragline Marion (IPAT, 2003).

Figura 2 - Limites da área de estudo no município de Treviso, SC.



Fonte: IPAT/UNESC (2003).

O clima na área de estudo, segundo Köppen, (1948), é classificado como clima Cfa, ou seja, clima subtropical constantemente úmido, sem estação seca definida. A temperatura média normal anual varia de 17,0 a 19,3°C. A temperatura média normal das máximas varia de 23,4 a 25,9°C, e das mínimas de 12,0 a 15,1°C. A precipitação pluviométrica total normal anual pode variar de 1.220 a 1.660 mm, com o total anual de dias de chuva entre 102 e 150 dias. A umidade relativa do ar pode variar de 81,4 a 82,2% (EPAGRI, 2001).

A geomorfologia da região está inserida na Unidade Depressão da Zona Carbonífera, onde apresenta relevo colinoso com vales encaixados, às vertentes são íngremes,

com espesso manto de intemperismo que favorece a ocorrência de processos de solifluxão (EPAGRI, 2001).

Na área não afetada pela atividade de mineração de carvão a céu aberto, o solo é do tipo Cambissolo, constituído por material mineral com horizonte A ou horizonte hístico com espessura inferior a 40 cm, seguido de horizonte B incipiente (EPAGRI, 2001).

Na área diretamente afetada pela mineração, o solo apresenta-se completamente descaracterizado como tal, com concentração de ferro (Fe) e cobre (Cu) acima dos limites considerados normais para solos naturais (IPAT/UNESC, 2009), na forma de um “mosaico” composto por: solo não reabilitado, solo em processo de reabilitação e solo em condições próximas à original (IPAT/UNESC, 2012).

A área correspondente ao Campo Morozini passou por intervenções desde o ano de 2008 com objetivo de reabilitá-la ambientalmente. Entre estas intervenções, destacam-se a remodelagem topográfica, incorporação de calcário aos estéreis remodelados, recobrimento do substrato com argila, aplicação de cama de aviário, turfa de raspagem estabilizada e fertilizante e por último a introdução de espécies herbáceas e arbóreas. As espécies herbáceas são: *Paspalum notatum* Flügge (grama-forquilha), *Arachis pintoii* Krapov. & W.C.Greg (amendoim forrageiro). E as espécies arbóreas são: *Mimosa scabrella* Benth (bracatinga) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (aroeira-vermelha) por meio de semeadura a lanço (IPAT/UNESC, 2009).

Contudo, em função da complexidade da área e do forte impacto que a mineração de carvão causou ao ambiente terrestre e aquático, costuma-se dizer que a área do Campo Morozini encontra-se em processo de reabilitação ambiental (IPAT/UNESC, 2012).

A região não minerada está representada pela Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica), na formação de Floresta Submontana e está circundada pelas planícies e serras da costa catarinense, com intensa influência oceânica, traduzida em elevado índice de umidade e baixa amplitude térmica (EPAGRI, 2001).

O rio Morozini é afluente da margem esquerda do rio Mãe Luzia, bacia hidrográfica do Araranguá. As nascentes do rio Morozini ocorrem na elevação topográfica conhecida como Montanhão em Siderópolis. Essa elevação constitui o divisor de águas entre as bacias dos rios Urussanga e Araranguá (ALEXANDRE, 2000).

De acordo com IPAT/UNESC o divisor de águas destas duas bacias:

Trata-se de uma pequena serra com altitude máxima próxima a 600 metros, cumeadada por rochas básicas da Formação Serra Geral (Grupo São Bento). Tal “montanha” exhibe em suas encostas, rochas das formações Irati (Grupo Passa Dois) e Palermo (Grupo Guatá). A base da seqüência de rochas sedimentares depositadas no local é formada por litologias da Formação Rio Bonito (base do Grupo Guatá), que abriga as principais camadas de carvão da Bacia Catarinense.

Em meados da década de 80 realizou-se na microbacia do rio Morozini a atividade de mineração de carvão a céu aberto na porção média a inferior da microbacia, estendendo-se por uma área de 165 ha. Como a camada de carvão encontrava-se sob o leito do rio, o mesmo teve seu leito desviado, possibilitando a mineração (ALEXANDRE, 2000).

Segundo Alexandre e Bortot (1995), tal fato propiciou que o rio Morozini não fosse tão intensamente impactado pela atividade de mineração, quanto outros rios da região carbonífera, como é o caso do rio Fiorita.

## 2.2 DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES AMOSTRAIS

A coleta de macroinvertebrados foi realizada nas três estações monitoradas pelo IPAT (Figura 3) com objetivo de avaliar se as medidas de reabilitação da área que corresponde à antiga mina a céu aberto interferiram de forma negativa na qualidade da água do rio Morozini.

As informações de campo foram registradas no Cadastro da estação amostral que se encontra no Anexo A.

Figura 3 - Localização das estações amostrais no município de Treviso, SC.



Fonte: IPAT/UNESC (2012).

Estas estações são monitoradas semestralmente pelo IPAT desde o ano de 2008, com acompanhamento dos seguintes indicadores de qualidade da água: temperatura do ar, temperatura água, pH (campo), potencial redox, condutividade elétrica, acidez total, alcalinidade total, DBO<sub>5</sub> (Demanda Bioquímica de Oxigênio), fósforo total, alumínio total, chumbo, cromo total, ferro total, ferro II, ferro III, magnésio, manganês total, nitrogênio total, oxigênio dissolvido, sólidos suspensos, sólidos totais, sulfatos, sulfeto, coliformes totais e fecais e ensaio de toxicidade (IPAT/UNESC, 2012).

Previamente à amostragem dos macrozoobentos, em cada estação, foram visualizadas e anotadas as principais características do ambiente aquático e terrestre no entorno do ponto amostral. Foram descritas condições da água como o odor, presença ou não de material flutuante e óleo, tipo de sedimento de fundo, regime de escoamento (rápido ou lento), profundidade do canal, presença de vegetação ciliar, condições das margens, entre outros fatores.

Os dados foram anotados no Cadastro da Estação Amostral (Anexo A) que foi baseada em um roteiro de aulas práticas do Laboratório de Ecologia de Bentos da Universidade de Minas Gerais (UFMG) do ano de 2004. Procurou-se, desta maneira, contribuir para uma avaliação rápida da situação de cada local de amostragem.

A estação amostral um (RM1), situada nas coordenadas 653548 E e 6842887 N, localiza-se em um dos formadores do rio Morozini, contribuinte de sua margem direita (Figura 4). Esta estação encontra-se a uma altitude aproximada de 238 metros. No local o rio Morozini tem uma largura aproximada de 2 metros e profundidade média de 10 centímetros. O leito é bastante pedregoso e em alguns pontos o rio flui abaixo das pedras.

Figura 4- Estação amostral um (RM1), onde: a) situação da estação com destaque às atividades de montante; b) detalhe da estação amostral RM1.



Fonte: a) Google Earth (2012); b) Acervo da autora.

O leito do rio é formado por pedras de tamanho variado, observando-se a maior parte delas com tamanho entre 10 e 30 centímetros, intercaladas com pedras menores e sedimento arenoso logo abaixo das mesmas. A água é límpida, fria, sem odor e apresenta muito material flutuante como folhas e pedaços de galhos. O fluxo é bastante turbulento em função do leito pedregoso e também em função da maior declividade do canal, se comparado às demais estações.

Esta estação localiza-se a montante da antiga mina de carvão, sendo que as atividades desenvolvidas no local são típicas de área rural e de pequenas propriedades. Entre as três estações amostrais, esta é a que apresenta mata ciliar mais preservada.

A estação amostral dois (RM2) localiza-se no leito do rio Morozini em uma altitude aproximada de 174 metros e coordenadas 651515 E e 6842887 N. A largura do rio

nessa estação é de aproximadamente 3 metros, com profundidade média de 20 centímetros. A montante da estação encontra-se algumas moradias com atividades típicas de área rural (Figura 5). A montante desta estação ocorreu às intervenções (remodelagem, construção do novo solo e revegetação) com objetivo de reabilitar a área.

Figura 5 - Estação amostral dois (RM2), onde: a) situação da estação em meio à antiga área minerada e em processo de reabilitação ambiental; b) detalhe da estação amostral RM2.



Fonte: a) Google Earth (2012); b) Acervo da autora.

Esta estação localiza-se na porção intermediária da microbacia e está inserida na área onde antigamente se desenvolveu a mineração a céu aberto. Importante destacar que o local encontra-se em fase de implantação das obras de reabilitação ambiental.

Observa-se existência de lagoas formadas a partir da cava da mina, destacando-se que estas não contribuem superficialmente para a estação amostral RM2. A mata ciliar encontra-se bastante descaracterizada e não atende a largura mínima exigida na Lei, sendo completamente inexistente em alguns locais.

O leito do rio Morozini nesta estação é constituído por rochas de tamanhos variados (entre poucos centímetros a aproximadamente 20 centímetros), com sedimento arenoso logo abaixo das pedras. A água apresenta-se límpida e transparente, fria e inodora. O fluxo apresenta-se menos turbulento que aquele observado na estação RM1, com menor quantidade de material flutuante como folhas e pedaços de galhos.

A estação amostral três (RM3) localiza-se no trecho final do rio Morozini, em uma altitude de 130 metros e aproximadamente a 120 metros da confluência deste rio com o rio Mãe Luzia, com coordenadas 650776 E e 6842920 N (Figura 6).

Figura 6 - Estação amostral três (RM3), onde: a) situação da estação em meio à antiga área minerada e atividades industriais e de prestação de serviços localizadas a montante; b) detalhe da estação amostral RM3.



Fonte: a) Google Earth (2012); b) Acervo da autora.

No local a largura do rio é de três metros enquanto que a profundidade é de 65 centímetros, aproximadamente. Esta estação retrata todas as atividades desenvolvidas na área de drenagem do rio Morozini, seja esta em função da agricultura, pastagem, criação de aves e suínos, esgotamento sanitário, e principalmente aquelas relativas à antiga mina de extração de carvão a céu aberto.

Apesar de pouco representativa até o momento, algumas atividades industriais estão presentes no local. A mata ciliar do rio encontra-se bastante descaracterizada e não atende a largura mínima exigida na Lei. O leito do rio contém pedras com até 20 centímetros e sedimento arenoso abaixo destas. Não há presença de material flutuante. A água é turva, aparentemente recebe contribuição de esgoto sanitário, apresentando-se com odores característicos. Por se encontra na parte mais plana da microbacia, o fluxo do rio é mais lento nesta estação.

### 2.3 COLETA DOS MACROINVERTEBRADOS

Foram realizadas três campanhas amostrais nos meses de maio, agosto e outubro do ano de 2012. Para a coleta dos macroinvertebrados bentônicos foi utilizado um coletor do tipo Surber, recomendado ao ambiente de estudo.

Segundo Silveira; Queiroz; Boeira, (2004), o amostrador do tipo Surber é um equipamento indicado para coleta de macroinvertebrados bentônicos em rios de pequeno porte, córregos ou nascentes.

O Surber utilizado foi disponibilizado pelo IPAT, e foi construído de forma a ter uma área amostral correspondente a  $900\text{ cm}^2$  e malha coletora de 250 micrômetros. (Figura 7).

Figura 7 - Coletor do tipo Surber utilizado para amostragem de macroinvertebrados.



Fonte: MANTOVANI (2008).

O procedimento de amostragem ocorreu no sentido inverso ao fluxo do rio, de forma a não interferir nas estações localizadas a montante, ou seja, primeiro foi coletado os organismos do RM3 (foz do rio Morozini), em seguida no RM2 (porção intermediário do rio Morozini) e por último no RM1.

No momento da coleta o Surber foi posicionado no leito do rio e contra a correnteza, em três pontos transversais, um no centro e outros dois a 30 cm (devido à largura do rio nas estações amostrais) de cada margem, totalizando assim nove amostras.



Porém, na estação amostral RM1 os três transectos foram todos no centro, pois nesta estação o rio é estreito. A figura 8 mostra a amostragem de macroinvertebrados bentônicos no transecto central do rio na estação amostral RM2.

Figura 8 - Ilustração do modo de amostragem na estação RM2.



Fonte: Acervo da autora.

Em cada transecto o Surber ficou posicionado 20 minutos, ou seja, em cada estação ficou um tempo total de 1 hora e todo o substrato amostrado em cada seção e que corresponde à área amostral de  $900\text{ cm}^2$  foi armazenado em sacos plásticos com fecho hermético (27 cm x 29 cm), devidamente etiquetado e identificado, sempre verificando se algum animal ficou preso à rede. É importante ressaltar que toda pedra que ficou dentro da área do Surber foi lavada, ainda em campo, com ajuda de uma escova.

O material amostrado foi preservado ainda em campo adicionando-se em cada um dos sacos plásticos água própria do rio para melhor conservação dos organismos e álcool etílico a 70%. O material foi transportado em uma caixa térmica com gelo (23 cm x 29 cm) até o Laboratório de Microbiologia da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC para serem triados e lavados. Esse processo foi realizado no máximo até quatro dias após a coleta.

Depois disso, eles permaneceram no laboratório que possui uma temperatura controlada de aproximadamente  $20^{\circ}\text{C}$ . Para triagem do material foi seguido o Protocolo de

Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) do ano de 2004. Foram utilizadas bandejas plásticas, peneira com malha de 2 mm e água corrente. Uma porção do substrato era retirada do saco plástico contendo as amostras e colocada na peneira. Primeiramente as amostras passaram por uma triagem com a finalidade de separar os organismos maiores dos restos de sedimentos, como folhas e outros detritos.

Esse material era devidamente lavado e descartado em outra bandeja. O que restava na bandeja eram o sedimento, folhas e galhos e outros detritos menores. Após a lavagem, foi colocado o restante da amostra em uma bandeja plástica com capacidade para 3 litros, na qual já estava preparada uma solução supersaturada de açúcar com o objetivo dos organismos flutuarem facilitando assim sua visualização. Com observação visual, os animais eram retirados com a ajuda de uma pinça de aço inoxidável de ponta fina.

Por fim, os organismos encontrados em cada amostra foram fixados em álcool etílico a 70% e depositados em frascos de vidro devidamente etiquetados. Os frascos foram mantidos sob refrigeração (temperatura de 4°C) na geladeira do Laboratório de Microbiologia para posterior identificação da espécie.

Antes de descartar cada porção de sedimento que restou na bandeja, esse material foi passado para uma peneira de malha menor (1 mm), repetindo-se o processo com objetivo de evitar que algum indivíduo da fauna bentônica fosse acidentalmente descartado.

Os organismos fixados em álcool foram identificados com a ajuda de chaves taxonômicas disponíveis em Costa et al. (2006) para insetos imaturos e do livro de aulas práticas de Ribeiro-Costa; Rocha (2006). Os Crustáceos do Rio Grande do Sul de Buckup; Buckup (1999). Chave para Identificação de Macroinvertebrados Bentônicos de Água Doce de Bis; Kosmala (2005). Atlas de Identificação Rápida dos Principais Grupos de Macroinvertebrados Bentônicos do Laboratório de Ecologia de Bentos da Universidade de Minas Gerais (UFMG) (2004). E foi usado para confirmação da identificação o site Barcode of life data systems V 2.5 (Bold Systems). A identificação foi feita até o nível de família.

## 2.4 PARÂMETROS ABIÓTICOS

Conforme comentado, o IPAT realiza o monitoramento ambiental na área de estudo envolvendo atividades relativas ao estudo das condições climáticas, qualidade das águas superficiais e subterrâneas, sedimentos, geologia e geotécnica, solos (fertilidade, umidade e infiltração), desenvolvimento da cobertura vegetal e retorno da fauna. Os dados estão disponíveis no site do Ministério Público Federal – Portal da Ação Civil Pública do carvão.

Entre os parâmetros avaliados pelo Instituto, utilizou-se neste estudo o pH, condutividade elétrica, alumínio total, ferro total, manganês total, oxigênio dissolvido e sulfatos. A seleção destes parâmetros se deve ao fato de se constituírem nos principais indicadores de poluição da água pelas atividades de mineração de carvão. Os dados da temperatura do ar e da água foram obtidos em campo no instante da amostragem em cada estação amostral com um termômetro de mercúrio disponibilizado pelo IPAT.

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As características ambientais das estações amostrais foram comparadas entre si considerando intervalo de confiança, com alfa 95% ( $\alpha < 0,05$ ). Os dados dos parâmetros físico-químicos foram tratados no programa Microsoft Excel (Microsoft).

Através de análises de agrupamento, usando distância euclidiana, foram construídos dendrogramas que traduzem o agrupamento das estações de amostragem em função das suas semelhanças no que se refere à fauna e aos parâmetros ambientais. Em ambas as análises foram empregadas a distância euclidiana.

As medidas de distância de uma maneira geral podem ser definidas como medidas de similaridade e dissimilaridade; na qual a primeira é para definir o grau de semelhança entre as instâncias e realizam o agrupamento de acordo com a sua coesão, e a segunda de acordo com as diferenças dos atributos das instâncias (WITTEN; FRANK, 2005).

Para comparação entre os parâmetros abióticos e a fauna bentônica, foi aplicada uma análise de correspondência canônica, esta última relacionando juntamente todos dados conforme proposto por Mantovani (2008).

Estes dados foram obtidos com a utilização do programa computacional PAST – Palaeontological Statistics, versão 1.81 (HAMER; HARPER; RYAN, 2008).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A fauna de macroinvertebrados bentônicos presente no rio Morozini durante o período estudado, nas três campanhas feitas foi composta por 123 organismos distribuídos em duas classes, oito ordens e 21 famílias (Tabela 1).

Tabela 1- Famílias de invertebrados encontrados nas três estações amostrais nas três campanhas de amostragem, no município de Treviso, SC.

Grupos Taxonômicos	RM1	RM2	RM3
<b>CLASSE INSECTA</b>			
<b>Ordem Coleoptera</b>			
Família Staphylinidae	5	-	-
Família Elateridae	1	3	-
Família Psephenidae	3	2	-
Família Dytiscidae	3	-	-
Família Hydrophilidae	3	-	-
<b>Ordem Diptera</b>			
Família Chironomidae	-	-	24
Família Culicidae	-	3	-
<b>Ordem Ephemeroptera</b>			
Família Baetidae	11	5	-
Família Leptophlebiidae	-	6	-
<b>Ordem Megaloptera</b>			
Família Corydalidae	-	2	-
<b>Ordem Odonata</b>			
Família Coenagrionidae	1	3	-
<b>Ordem Plecoptera</b>			
Família Perlidae	11	1	-
Família Gripopterygidae	2	2	-
<b>Ordem Trichoptera</b>			
Família Hydroptilidae	4	-	-
Família Hidropsychidae	11	-	-
Família Hidrobiosidae	2	-	-
Família Leptoceridae	4	-	-
Família Calamoceratidae	-	4	-
Família Odontoceridae	-	2	-
<b>CLASSE MALACOSTRACA</b>			
<b>Ordem Decapoda</b>			
Família Caridea	1	-	-
Família Aeglidae	-	4	-
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>37</b>	<b>24</b>

Fonte: Acervo da autora.

Dos 123 organismos registrados nas três campanhas realizadas nas três estações amostrais, 62 foram amostrados na estação RM1. Estes se distribuem em duas classes, seis

ordens e 14 famílias. Na estação RM2 registrou-se 37 indivíduos, distribuídos em oito ordens e 12 famílias. Enquanto que na estação RM3 foi registrada a ocorrência de 24 indivíduos, sendo todos pertencentes à família Chironomidae da ordem, Diptera.

A estação RM3 localizada no trecho final da microbacia é a mais afetada pelas ações antrópicas, tanto aquelas decorrentes da mineração, quanto aquelas relacionadas com as atividades de agricultura familiar. Esta condição se reflete na comunidade bentônica do rio Morozini como se observa na tabela 1.

O número de macroinvertebrados bentônicos variou em cada campanha. Na primeira campanha teve registro de 20 organismos, na segunda campanha 50 e na terceira campanha 53.

Almada e Würdig (2000) avaliando a fauna bentônica na região de Butiá, Arroio dos Ratos, Charqueadas e São Jerônimo, no Rio Grande do Sul, em 10 estações amostrais e com frequência bimestral durante 12 meses, observaram que a contagem de indivíduos reduzia nos períodos de maior precipitação pluviométrica. Por outro lado, os autores constataram que com a proximidade da primavera o número de indivíduos aumentou mesmo naquelas estações onde havia maior comprometimento com as atividades de exploração de carvão.

O presente estudo não considerou um ciclo reprodutivo completo, com as amostragens se concentrando entre os meses de maio a outubro/2012, assim não se pode afirmar que essas alterações observadas na fauna bentônica são devidas à poluição do ambiente aquático ou a variáveis naturais como a sazonalidade.

Matheus et al. (1995) citam que a grande parte das espécies animais e vegetais têm certas exigências quanto às temperaturas máximas e mínimas toleradas, sendo que essas variações de temperatura da água parte do regime climático natural, desta maneira influenciando no metabolismo de comunidades aquáticas, como produtividade primária, respiração dos organismos e também da decomposição da matéria orgânica.

Neste caso, ressalta-se que a temperatura da água na campanha realizada em agosto/2012 encontrava-se em média 4°C acima do valor médio registrado em maio/2012.

Lehmukull (1979) cita que nenhum dos fatores naturais é tão importante como a temperatura, pois uma variação de um único grau Celsius pode ser significativa, interferindo entre outros processos, como a eclosão e desenvolvimento de ovos de insetos entre outros.

Nas três estações amostrais (RM1, RM2 e RM3), a família mais representativa foi Chironomidae (Diptera) com 24 indivíduos sendo esta mais abundante na segunda campanha,

seguida pela família Baetidae (Ephemeroptera) que apareceu mais na terceira campanha totalizando 16 indivíduos. A família Perlidae (Plecoptera) seguiu com total de 12 indivíduos e apresentou maior número na primeira e segunda campanha.

O número de famílias e indivíduos apresentou diminuição diretamente proporcional ao grau de impacto na qualidade da água em cada estação amostral. Que na área de estudo aumenta em direção à foz do rio.

Como ocorreu no trabalho de Rodrigues (2006) verificando a fauna bentônica em rios impactados pelas atividades carboníferas, evidenciando a exceção das espécies tolerantes. Porém, é importante ressaltar que a formação do rio Mãe Luzia, que foi a área de estudo de Rodrigues (2006), é diferente da formação do rio Morozini.

Magurran (1991) afirma que os organismos sensíveis são perdidos com o grau do aumento do impacto na água, há um aumento na abundância de organismos tolerantes, no caso deste trabalho os Chironomidae, que passam a ter maior quantidade de alimento disponível, e conseqüentemente, uma diminuição na diversidade.

A predominância dessa família foi percebida na estação amostral RM3 que recebe a contribuição da antiga mina, portanto alta tolerância a variações ambientais. Esses organismos podem viver em condições de ausência de oxigênio por várias horas, além de serem organismos detritívoros, se alimentando de matéria orgânica depositada no sedimento, proporcionando sua adaptação aos diversos tipos de ambientes e não exigindo diversidade de habitats e microhabitats.

A ordem Ephemeroptera da família Baetidae, ocorre em águas limpas, com alta concentração de oxigênio dissolvidos na água. Pode ser encontrado associado a pedras, tronco ou ainda na vegetação submersa e são considerados como bons indicadores de qualidade da água (UFMG, 2008).

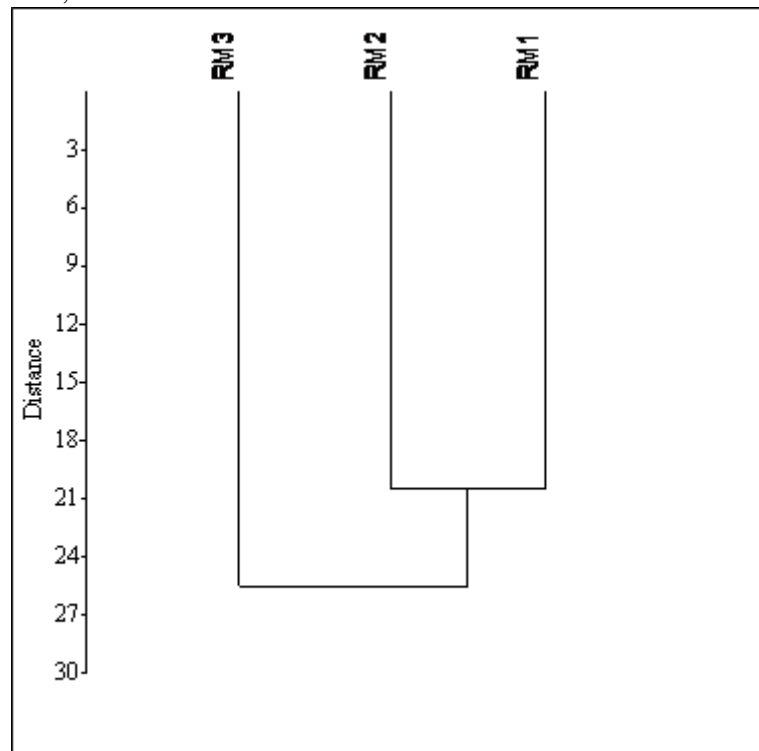
Goulart e Callisto (2003) comentam que organismos desta ordem possuem necessidade de concentração de oxigênio na água e normalmente são habitantes de ambientes com alta diversidade de habitats o que pode ser verificado nas estações RM1 e RM2 onde apresentou maior número de organismo dessa família.

Quanto à família Perlidae da ordem Plecoptera, vivem em águas correntes com alta concentração de oxigênio dissolvido e em baixo de pedras, troncos e em ramos da vegetação submersa. As famílias Perlidae e Gripopterygidae são as únicas que ocorrem no Brasil sendo utilizadas como bioindicadoras de qualidade da água. A família Gripopterygidae é a mais sensível à poluição (UFMG, 2008).

Conforme Romero (2001) os organismos da família Plecoptera têm preferência por ambientes lóticos com águas rápidas e frias e bem oxigenadas. Isso pode ser evidenciado neste estudo, pois os organismos da família Perlidae foram encontrados mais na estação RM1 que possui essas características.

O RM1 é mais semelhante ao RM2 em termos de biota quando comparado ao RM3. (Figura 9). Isto se dá pelo fato de ter aparecido mais famílias nas duas primeiras estações amostrais por conta do ambiente ser mais propício à reprodução dos organismos bentônicos.

Figura 9 - Dendrograma da distância euclidiana para a biota nas três estações amostrais no município de Treviso, SC.



Fonte: Acervo da autora.

A tabela 1 mostra que das 21 famílias registradas neste estudo, seis são comuns entre as estações RM1 e RM2 o que faz aumentar a similaridade entre os ambientes destas estações comparativamente à estação RM3. Esta última apresentou uma única família, sendo que não se registrou a ocorrência de indivíduos da Família Chironomidae nas estações RM1 e RM3.

Para melhor compreensão das condições ambientais que poderiam afetar a fauna bentônica do ambiente em estudo, foram obtidos os dados dos estudos realizados pelo IPAT que se referem à média de nove campanhas de monitoramento da qualidade da água do rio Morozini realizadas entre julho de 2008 e abril de 2012. Na tabela 2 estão expostos os valores dos parâmetros abióticos referentes à área de estudo.

Tabela 2 - Valores mínimos, médios, máximos e desvio dos parâmetros abióticos nas três estações amostrais no município de Treviso, SC.

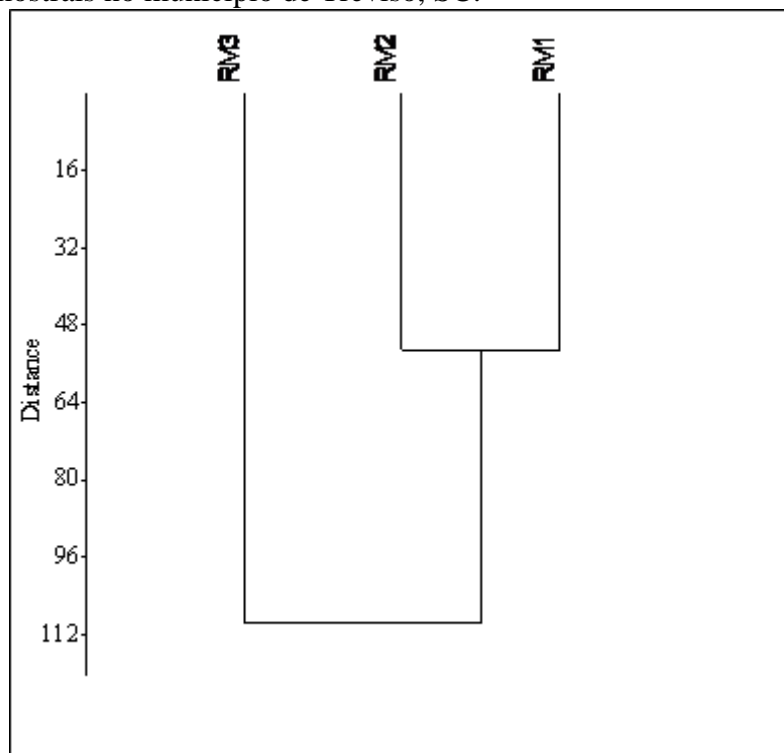
Parâmetro	Estação	Média	Desvio padrão	Valor mínimo	Valor máximo	$\alpha < 0,05$ inferior	$\alpha < 0,05$ superior
pH	RM1	7,1	0,4	6,5	7,7	6,8	7,3
	RM2	6,9	0,3	6,4	7,4	6,7	7,2
	RM3	6,9	0,4	6,4	7,4	6,6	7,1
Condutividade (mS.cm <sup>-1</sup> )	RM1	0,057	0,012	0,039	0,073	0,049	0,065
	RM2	0,164	0,066	0,016	0,233	0,120	0,207
	RM3	0,347	0,358	0,166	1,281	0,113	0,581
Sulfatos (mg.L <sup>-1</sup> )	RM1	5,3	1,0	5,0	8,0	4,7	6,0
	RM2	58,3	23,7	16,0	90,0	42,9	73,8
	RM3	141,3	187,1	41,0	630,0	19,1	263,6
Ferro total (mg.L <sup>-1</sup> )	RM1	0,15	0,07	0,10	0,30	0,10	0,19
	RM2	0,22	0,11	0,10	0,40	0,15	0,29
	RM3	0,62	1,01	0,10	3,10	0,04	1,27
Manganês Total (mg.L <sup>-1</sup> )	RM1	0,04	0,02	0,02	0,09	0,02	0,05
	RM2	0,61	0,30	0,18	1,24	0,42	0,80
	RM3	0,69	0,30	0,42	1,42	0,49	0,88
Alumínio Total (mg.L <sup>-1</sup> )	RM1	0,18	0,12	0,10	0,40	0,10	0,26
	RM2	0,28	0,12	0,10	0,40	0,20	0,36
	RM3	0,66	0,29	0,40	1,30	0,46	0,85
Oxigênio Dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	RM1	7,4	0,7	6,5	8,6	6,9	7,9
	RM2	6,8	0,8	5,4	7,9	6,3	7,3
	RM3	7,2	0,7	6,1	8,7	6,8	7,7

Fonte: IPAT/UNESC (2012).



A figura 10 apresenta a distância euclidiana em função dos parâmetros físico-químicos nas três estações amostrais. Analisando o dendrograma observa-se que o RM1 e RM2 têm uma diferença acentuada quando comparado ao RM3. Isso se dá pelo fato do RM3 ter valores mais elevados de manganês, ferro solúvel e alumínio que implicam diretamente na qualidade da água quando fora dos padrões estabelecidos pelo CONAMA nº 357/05.

Figura 10 - Dendrograma da distância euclidiana para parâmetros físico-químicos nas três estações amostrais no município de Treviso, SC.



Fonte: Acervo da autora.

O rio Morozini é classificado como rio classe 2 e segundo a Resolução do CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005 (BRASIL 2005) sobre as condições e padrões de qualidade da água para esta classe é permitido que o pH seja de 6,0 a 9,0.

A qualidade da água nas três estações amostrais demonstrou que não há diferença significativa considerando o limite de confiança de 95% nos valores de pH e assim sendo dentro dos limites estabelecidos pela Resolução do CONAMA nº 357/05 para rios de classe 2 (Tabela 2).

Carvalho et al. (2009) afirmam que o pH é importante em muitos estudos ambiental e também no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes industriais. Este autor ainda comenta que as taxas deste parâmetro podem determinar as

condições de equilíbrio dos ecossistemas aquáticos naturais por influenciar nas fisiologias de diversas espécies.

Já a condutividade elétrica (CE) segundo Schiel et al. (2002) é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica e está relacionado à presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente.

Com relação a este parâmetro, nas estações amostrais, pode se dizer com 95% de certeza que a estação RM1 é melhor do que as estações RM2 e RM3 mesmo que ainda não há diferença significativa entre a estação RM2 e RM3 para este parâmetro conforme mostrado na tabela 2.

Schiel et al. (2002) afirmam que esse parâmetro não determina quais os íons estão presentes em uma amostra de água, porém ele pode contribuir para o reconhecimento de impactos ambientais que ocorrem em um rio, ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração e entre outros.

O aumento da condutividade elétrica nas estações RM2 e RM3 ocorreu em função que o RM2 está inserido em uma área que antigamente houve mineração a céu aberto e o RM3 recebe a contribuição da área da antiga mina.

Para Esteves (1998), este parâmetro constitui uma das variáveis mais importantes em limnologia, visto que pode fornecer relevantes informações a respeito de processos importantes nos ecossistemas aquáticos.

Com relação à concentração de sulfatos o resultado foi semelhante ao da condutividade elétrica, pois esta está relacionada diretamente com a presença de sais dissolvido na água. O RM1 em relação ao RM2 e RM3 tem a qualidade da água melhor, porém quando comparado o RM2 e RM3 não existe diferença significativa na qualidade da água entre essas duas estações considerando o limite de confiança de 95%. Os valores de sulfatos podem ser observados na tabela 2.

O resultado de ferro total, apesar do limite superior da estação RM3 ser sensivelmente maior que os da estação RM1 e RM2, estatisticamente os valores são iguais (Tabela 2). De acordo com Resolução 357/05 do CONAMA o RM3 está fora do padrão por eles estabelecidos, que seria de  $0,3 \text{ mg.L}^{-1}$ .

O parâmetro manganês na estação amostral RM3 apresenta nível superior quando comparado às duas outras estações (Tabela 2). A Resolução do CONAMA 357/05 diz que para rios de classe 2 o teor de manganês deve ser de  $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$ . Desta maneira a estação

amostral RM2 e RM3 estão fora do padrão exigido pelo CONAMA 357/05 para águas de classe 2 já o RM1 encontra-se dentro do padrão estabelecido pelo CONAMA.

O resultado do alumínio teve um comportamento diferente ao do elemento. A concentração de alumínio é estatisticamente igual nas estações RM1 e RM2 enquanto que a estação RM3 apresenta com 95% de confiança uma concentração maior de alumínio na água (Tabela 2). É importante destacar que o parâmetro alumínio avaliado foi o que mais interferiu nos organismos bentônicos, pois este parâmetro esteve em maior concentração na estação amostral RM3 que foi onde houve o menor número de famílias.

Um parâmetro importante para a análise da poluição de um rio é o oxigênio dissolvido (OD) que é necessário para manter as condições de vida dos seres que vivem na água (COLIISCHONN; TASSI, 2008). Neste estudo o oxigênio dissolvido (OD) não apresentou diferença considerável uma vez que a média deles ficou entre 7,2 e 7,4 (Tabela 2).

A análise de correspondência canônica (Tabela 3, Figura 11) apresenta informações da influência das variáveis ambientais na ocorrência e distribuição dos macroinvertebrados bentônicos.

Tabela 3 - Correlação dos parâmetros e as famílias nas três estações amostrais no rio Morozini, no município de Treviso, SC.

	Axis 1	Axis 2
Perlidae	-0,45817	0,847746
Staphylinidae	-0,44847	1,08525
Elateridae	-0,53574	-1,05228
Psephenidae	-0,49501	-0,05477
Dytiscidae	-0,44847	1,08525
Gripopterygidae	-0,50665	-0,33977
Hydroptilidae	-0,44847	1,08525
Baetidae	-0,48483	0,194613
Hidropsychidae	-0,44847	1,08525
Hidrobiosidae	-0,44847	1,08525
Chironomidae	2,02932	-0,08285
Leptoceridae	-0,44847	1,08525
Hydrophilidae	-0,44847	1,08525
Corydalidae	-0,56483	-1,76479
Coenagrionidae	-0,53574	-1,05228
Leptophlebiidae	-0,56483	-1,76479
Culicidae	-0,56483	-1,76479
Odontoceridae	-0,56483	-1,76479
Calamoceratidae	-0,56483	-1,76479
Caridea	-0,44847	1,08525
Aeglidae	-0,56483	-1,76479
RM1 (CE, SO4, Fe, Mn e Al)	-0,46359	0,715013
RM2 (CE, SO4, Fe, Mn e Al)	-0,5395	-1,14439
RM3 (CE, SO4, Fe, Mn e Al)	2,02932	-0,08285

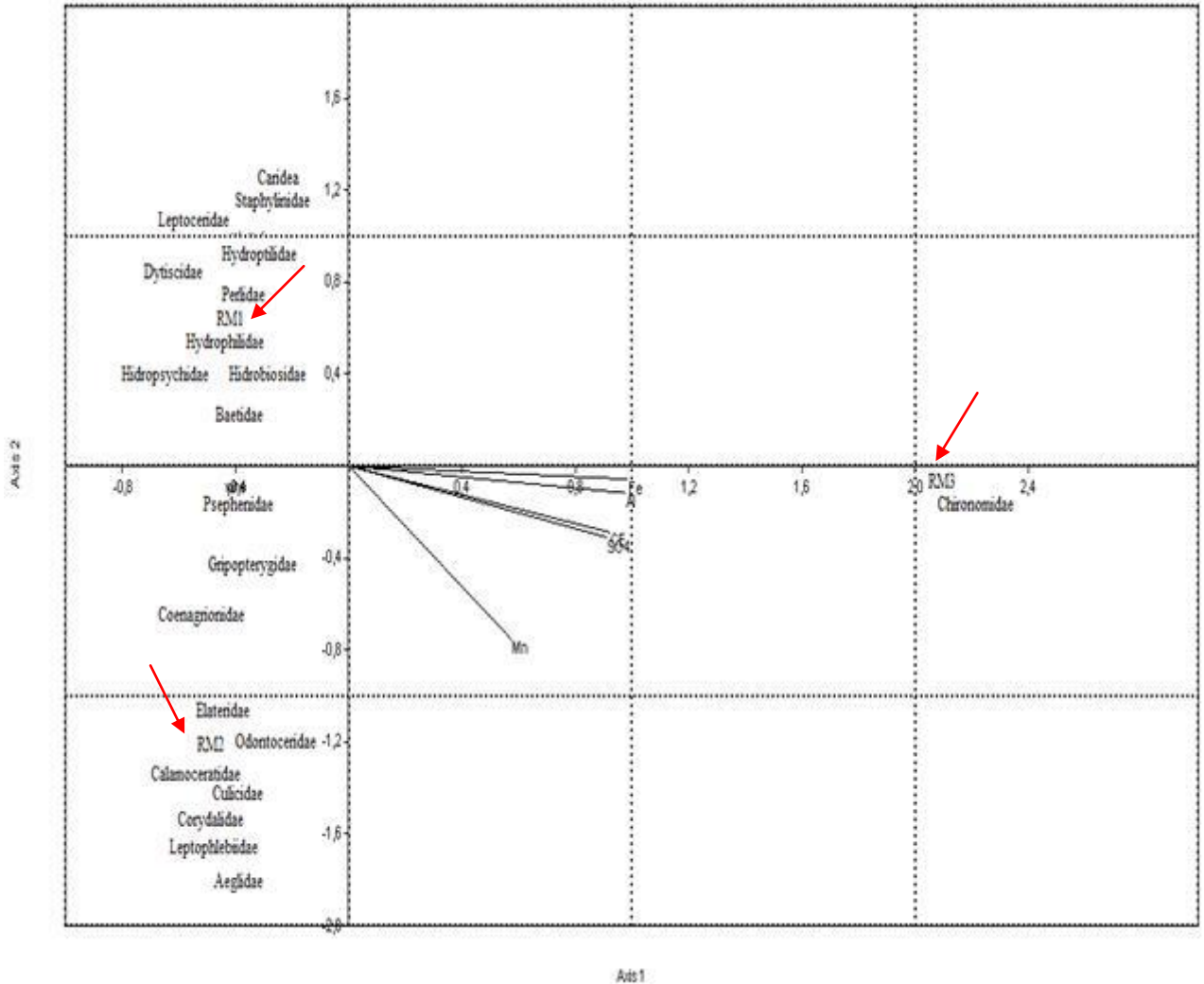
Fonte: Acervo da autora.

A tabela 3 mostra a forte correlação entre os indivíduos da família Chironomidae com a condição de qualidade da água da estação RM3. Enquanto que as condições da estação RM2 estão relacionadas com a presença de indivíduos das famílias Corydalidae, Leptophlebiidae, Culicidae, Odontoceridae, Calamoceratidae e Aeglidae.

As famílias Staphylinidae, Dytiscidae, Hidroptilidae, Hidropsychidae, Hidrobiosidae, Leptoceridae, Hydrophilidae e Caridea ocorreram apenas na estação RM1 e como mostra a tabela 3 apresenta correlação com as condições desta estação amostral.

As famílias Perlidae, Elateridae, Psephenidae, Gripopterygidae, Hydroptilidae, Baetidae e Coenagrionidae são comuns às estações amostrais RM1 e RM2. A figura 11 mostra graficamente os resultados da tabela 3.

Figura 11 - Análise de correspondência canônica entre os parâmetros de ferro total, alumínio total, condutividade elétrica, sulfatos e manganês e as famílias nas três estações amostrais no rio Morozini no município de Treviso – SC.



Fonte: Acervo da autora.

Conforme ilustrado na figura 11 a família Chironomidae apresenta uma maior tolerância com ferro total, alumínio total, condutividade elétrica, sulfatos e manganês. Há evidências de que esta família possua grande tolerância com estes parâmetros, pois é mais abundante no RM3 onde os parâmetros tiveram seus valores elevados, encontrando-se acima das concentrações obtidas nas estações RM1 e RM2 e acima dos valores recomendados pela resolução 357/05 do CONAMA para água doce de classe 2.

O parâmetro manganês teve também uma correlação com a estação RM2, assim como teve com o RM3. Os dados físico-químicos (Tabela 2) demonstram que não há diferença significativa na concentração média de manganês das estações RM2 e RM3.

## 4 CONCLUSÃO

Através dos resultados do presente estudo foi possível observar que das três estações amostrais o ponto RM3 é o que se apresenta mais impactado pelas atividades resultantes da mineração. Evidenciou-se nos resultados dos parâmetros de manganês, ferro solúvel e alumínio que na estação amostral RM3 os valores estavam fora dos padrões recomendados pela Resolução do CONAMA 357/05, corroborando com a hipótese de este ser, dentre os estudados, o ponto mais impactado.

É fato que os resultados obtidos no presente estudo evidenciaram que existe pressão antrópica sobre a biota do rio Morozini, refletindo desta maneira no impacto da comunidade de macroinvertebrados bentônicos principalmente no RM3 onde há características de degradação ambiental mais acentuada que tem como reflexo a baixa riqueza de famílias contrastando com o RM1, local onde não havia indícios maiores de impacto ambiental e fora da influência da atividade de mineração. Por conta disso, houve predominância de organismos da classe Insecta, especialmente da família Chironomidae que são tolerantes e indicadores de poluição, na estação amostral RM3.

Por fim, as comunidades macrobentônica permitiram caracterizar as várias situações ambientais que a comunidade está sujeita nas áreas estudadas, as quais permitem apontar para a sua utilização como indicadora de qualidade biológica da água. Contudo, se faz necessários estudos mais amplos e mais detalhados como a análise e a identificação dos grupos predominantes, chegando ao nível inferior à família.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, N. Z. Diagnóstico Ambiental da Região Carbonífera de Santa Catarina: Degradação dos Recursos Hídricos Naturais. **Revista de Tecnologia e Ambiente**, Criciúma, v. 5, n. 2, p. 35-50, 1999.
- ALEXANDRE, N. Z. **Análise Integrada da Qualidade das Águas da Bacia do Rio Araranguá (SC)**. 2000. 292 f. Dissertação (Mestrado em Geografia)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- ALMADA, C. M. W.; WÜRDIG, N. L. Avaliação da Fauna Bentônica em Ambiente Aquático. In: CENTRO DE ECOLOGIA/UFRGS.(org.). **Carvão e Meio Ambiente**. Porto Alegre: Ed. da Universidade, 2000. p. 784-791.
- BIS, B; KOSMALA, G. **Chave para identificação de macroinvertebrados bentônicos de água doce**. Disponível em:  
<[http://www.voluntariadoambientalagua.com/filecontrol/site/doc/136cards\\_chave\\_mib.pdf](http://www.voluntariadoambientalagua.com/filecontrol/site/doc/136cards_chave_mib.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2012.
- BUCKUP, G. B. BUCKUP, L. Família Caridae In: BUCKUP, L; BUCKUP, B.G. (org.). **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade, 1999. p. 300-318.
- BUCKUP, B. G; BUCKUP, G. Família Aeglidae. In: BUCKUP, L; BUCKUP, B.G. (org.). **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade, 1999. p. 362-382
- COLIISCHONN, W; TASSI, R. **Introdução a Hidrologia**. Porto Alegre: UFRG, 2008. 151 p. Disponível em:  
<[http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/IPH\\_111/apostila%20Completa%202008.pdf](http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/IPH_111/apostila%20Completa%202008.pdf)> Acesso em: 25 ago. 2012.
- CARVALHO, A. C.B; SOUZA, F.F.C; MIRANDA, F. P; MACHADO, P. J. O. **Uma avaliação da qualidade das águas do córrego São Pedro, em Juiz de Fora/MG**. Juiz de Fora: 2009. Disponível em:  
<[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/014.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/014.pdf)> Acesso em: 20 out. 2012.
- CAIRNS, J. Jr; PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M; RESH, V. H. (ed.) **Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates**. Nova Iorque: Chapman & Hall, 1993.
- COSTA, C.; IDE, S.; SIMONKA, C. E. **Insetos imaturos: metamorfose e identificação**. Ribeirão Preto, SP: Holos, 2006. 249 p.
- CONAMA. Resolução CONAMA nº 1 de 23 de janeiro de 1986: Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Data da legislação: 23/01/1986 - Publicação DOU 17/02/1986. p. 2548-2549. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=23>> Acesso em: 25 ago. 2012.

CONAMA. 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. Data da legislação: 17/03/2005 – Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005. p. 58-63. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>> Acesso em: 25 ago. 2012.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A; PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

EMBRAPA. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos**. Jaguaruna: Embrapa, 2004. 7 p.

EPAGRI-CIRAM. **Dados e Informações Biofísicas da Unidade de Planejamento Regional Litoral Sul Catarinense** - UPR 8. Florianópolis: EPAGRI/CIRAM, 2001. 77 p.

ESPINOSA, H. R. M. **Impactos e conflitos na gestão de recursos hídricos do Sul de Santa Catarina, Brasil**. Tubarão, 2007. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/encuen/hector.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1998. 602p.

GONÇALVES, E.M. **Avaliação da qualidade da água do rio uberabinha – Uberlândia – MG**. 2009. Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2009.

GOOGLE. Programa Google Earth, 2012.

GOULART, M. D. C. et al. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de Impacto Ambiental. Minas Gerais: **Revista da Fapam**, 2003.

HAMMER, Ø; HARPER, D. A. T; RYAN, P. D. **Palaeontological Statistics – PAST**. versão 1.81. 2008.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/>> Acesso em: 20 out. 2012.

IPAT/UNESC. **Caracterização da biota na área da antiga Indústria Carboquímica Catarinense e adjacências – Criciúma e Forquilha – SC**. Criciúma: IPAT/UNESC, 2003. 72p.

IPAT/UNESC. **Projeto de Reabilitação Ambiental de Áreas Degradadas do Campo Morozini (Treviso, SC)**. Relatório Técnico. Criciúma: IPAT/UNESC, 2009. 139p.

IPAT/ UNESC. **Programa de Monitoramento do Projeto de Recuperação Ambiental Campo Morozini – 5º Relatório de Monitoramento, Siderópolis - SC**. Criciúma: IPAT/UNESC, 2012. 156 p.



- LEHMUKULL, D.M. Environmental disturbance and life histories: principles and examples. **J Fish Res Bd Can** 1979; 36(3):329-34.
- MAGURRAN, A. E. **Ecological diversity and its measurement**. London: Chapman & Hall, 1991. 178p.
- MANTOVANI, M. **Macroinvertebrados bentônicos e sua relação com a qualidade da água em um afluente do Rio Cedro, Criciúma - Santa Catarina**. 2008. 50 f. TCC (Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2008.
- MATHEUS, C.E.; MORAES, A.; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, 1995. 62 p.
- MICROSOFT OFFICE. **Microsoft Excel**. Versão 2007.
- MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Disponível em: <[www.jfsc.jus.br/acpdocarvao](http://www.jfsc.jus.br/acpdocarvao)> Acesso em: 25 ago. 2012.
- PEREIRA, R. S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistema hídricos. **Revista Eletrônica de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 1, n. 1. p. 20-36, 2004.
- PETRUF, L. A; SACCO, V. A; LUCIO, L. C. Oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogênio (pH), temperatura e condutividade, elétrica como parâmetros físico-químicos da água do Ribeirão Morangueira, Maringá/PR. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA, 7., 2011, Maringá. **Anais Eletrônicos**. Maringá, 4p., 2011. Disponível em: <[http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/luis\\_ambrosio\\_petruf.pdf](http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2011/anais/luis_ambrosio_petruf.pdf)> Acesso em: 25 ago. 2012.
- RATNASINGHAM, S; Hebert, P. D. N. **BOLD : The Barcode of Life Data System**. 2007. Disponível em: <<http://v2.boldsystems.org/views/login.php>> Acesso em: 20 out. 2012.
- RIBEIRO-COSTA, C. S; ROCHA, R. M. **Invertebrados: Manual de Aulas Práticas**. Ribeirão Preto: Holos, 2006. 271p.
- RODRIGUES, R.C . **Insetos Bentônicos e sua Relação com a Qualidade da Água no Rio Mãe Luzia, Treviso, SC**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, SC, 2006.
- ROMERO, V. F. PLECOPTERA. In: Fernandez. H. R. Domingues, E. **Guía para la determinación de los artrópodos bentônicos Sudamericanos**. UNT, Tucumán. 2001.
- ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. Introduction to freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D.M.; RESH, V. H. (ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall, 1993. p. 1-9.
- SCHIEL, D; MASCARENHAS, S; VALEIRAS, N; SANTOS, S.A.M. **O estudo de bacias hidrográficas: uma estratégia para educação ambiental**. São Carlos: Rima, 2002. 38p.

SILVEIRA, M. P; QUEIROZ, J. F; BOEIRA, R. C. **Protocolo de Coleta e Preparação de Amostras de Macroinvertebrados Bentônicos em Riachos**. Jaguariúva: EMBRAPA, 2004. (documento 19).

THEODORO, S. H. (Org.). **Conflitos e uso sustentável dos recursos naturais**. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 343 p.

UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos. **Roteiro de aulas práticas**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 10p.

UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos. **Atlas de Identificação Rápida dos Principais Grupos de Macroinvertebrados Bentônicos**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 6p. Disponível em:

<[http://www.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Curso%20Biomonitoramento/Arquivos/Atlas.pdf](http://www.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Curso%20Biomonitoramento/Arquivos/Atlas.pdf)>. Acesso em: 20 out. 2012.

UFMG. Laboratório de Ecologia de Bentos. **Organismos Bentônicos: Biomonitoramento de qualidade de água**. Belo Horizonte: UFMG, 2008. 6p. Disponível em:

<<http://www.cnpma.embrapa.br/download/LivroBentonicos.pdf>>. Acesso em: 06 dez. 2012.

WINK, C. et al. Insetos edáficos como indicadores da qualidade ambiental. Lages: Revista de Ciências Agroveterinárias. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.4, n.1, p. 60-71, 2005.

WITTEN, I. H; FRANK, E. **Data Mining : practical machine learning tools and techniques**. São Francisco: Elsevier, 2005. 525 p.

**ANEXO**

## ANEXO A – CADASTRO DA ESTAÇÃO AMOSTRAL

DESCRIÇÃO DO AMBIENTE			
Acadêmica:			
Localização:		Ponto de Coleta:	
Data da Coleta:    /    /		Hora da Coleta:	
Tempo (Situação do dia):			
PARÂMETROS	CARACTERÍSTICAS		
1 - Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação Natural	Campo pastagem/ Agricultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2 – Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3 – Alterações antrópicas	Ausente	Alteração de origem domestica (esgoto lixo)	Alterações de origem industrial/Urba (fábricas siderúrgicas...)
4 – Cobertura do leito do córrego	Parcial	Total	Ausente
5 - Odor da água	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo / Industrial
6 – Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7 – Transparência da água	Transparente	Lama/Areia	Cimento/Canalizado
8 – Odor do sedimento	Nenhum	Esgoto (ovo podre)	Óleo/Industrial
9 – Tipo de fundo	Pedras/Cascalhos	Lama/Areia	Cimento/Canalizado
10 – Regime de escoamento	Rápido	Moderada	Lento
11 – Profundidade do canal	Alta	Moderada	Baixa

