

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

**PROPOSTA DE USO DE MACROINVERTEBRADOS BENTÔNICOS
NO BIOMONITORAMENTO DA QUALIDADE DE ÁGUA DE
AMBIENTES LÓTICOS NO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL**

Ednilson Paulino Queiroz

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, na área de concentração em Saneamento Ambiental e Recursos Hídricos.

ORIENTADOR – Prof. Dr. Kennedy Francis Roche

**Campo Grande-MS
Junho/2004**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu Pai que nos deixou em 2003, após muita luta contra uma doença. Ele que sempre teve orgulho de me ver lutando para adquirir conhecimentos, talvez por não ter tido oportunidades, mas sabia da importância do saber para nós e para as pessoas que nos rodeiam. “Fique com Deus meu Pai”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr. Kennedy Francis Roche, não só pelo brilhante orientador que é, mas por ter me ensinado tudo sobre macroinvertebrados bentônicos e sobre algo muito importante, fora e dentro do trabalho científico, que são a humildade e a simplicidade como qualidades tão importantes ao ser humano.

Ao Professor Dr. Carlos Nobuyoshi Ide, pessoa que desde o curso de Especialização em Perícia Ambiental, tem ajudado-me de forma significativa no meu aprimoramento científico.

Ao professor Dr. Antônio Conceição Paranhos Filho, que com dedicação extrema e demonstração de amizade, utilizando seu veículo particular, embrenhou-se conosco nas matas durante as coletas em campo. Em nome dele, agradeço aos demais professores do Departamento de Hidráulica e Transporte e do programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais, em especial ao Professor M. Sc. Manoel Afonso Costa Rondon.

À minha amiga Jackeline Maria Zani Pinto da Silva Oliveira, que foi praticamente uma parceira neste trabalho e também à Karina Ocampos Righi, além do pessoal do LAQUA, principalmente a Leila Marques Imolene de Sousa, que deixou seus filhos e afazeres e nos ajudou na coleta em campo.

Ao meu amigo Gláucio Mendes de Souza e a Maria Célia Montanholi Martins que foram importantíssimos nos trabalhos com as amostras biológicas.

Enfim, agradeço a todos meus colegas do PGTA, ao Agrimal Inácio de Araújo e às pessoas que contribuíram de alguma forma com este trabalho e que não foram nominadas, mas não foram esquecidas, com certeza.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS.....	iv
RESUMO	vi
ABSTRACT.....	vii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	7
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
3.1 Biomonitoramento	8
3.1.1 Bioindicador ideal	9
3.1.2 Desvantagens do uso de monitoramento biológico	10
3.1.3 Vantagens do uso de monitoramento biológico	10
3.2 Os Macroinvertebrados bentônicos	11
3.2.1 O Ciclo de vida dos insetos bentônicos	12
3.2.1.1 Metamorfose incompleta.....	12
3.2.1.2 Metamorfose completa	12
3.2.2 Os hábitos alimentares dos macroinvertebrados	12
3.3 Biologia e ecologia das ordens e classes a que pertencem as principais famílias de macroinvertebrados bentônicos utilizados em índices biológicos.....	13
3.3.1 Ordem Ephemeroptera	13
3.3.2 Ordem Odonata	14
3.3.3 Ordem Neuroptera	15
3.3.4 Ordem Hemiptera	16
3.3.5 Ordem Coleoptera	17
3.3.6 Ordem Trichoptera	18
3.3.7 Ordem Lepidoptera	19
3.3.8 Ordem Diptera	19
3.3.9 Ordem Tricladida	20
3.3.10 Ordem Plecoptera	21
3.3.11 Classe Oligochaeta	22
3.3.12 Classe Hirudinea	23
3.3.13 Classe Arachnoidea	24
3.3.14 Classe Gastropoda	22

3.3.15	Classe Bivalvia	26
3.4	Vantagens do uso de macroinvertebrados bentônicos em monitoramento.....	27
3.5	Desvantagens do uso de macroinvertebrados bentônicos em monitoramento.....	27
3.6	Alguns estudos com macroinvertebrados bentônicos	37
3.7	A utilização de índices biológicos	30
3.7.1	O Índice BMWP	31
3.7.1.1	Algumas adaptações do BMWP.....	34
3.7.2	O índice Hilsenhoff	35
4	METODOLOGIA	37
4.1	Área de estudo	37
4.2	Materiais e métodos	39
4.2.1	Caracterização física dos pontos de amostragem	43
4.2.1.1	Descrição do ponto 1.....	44
4.2.1.2	Descrição do ponto 2.....	44
4.2.1.3	Descrição do ponto 3.....	45
4.3	Amostragem e análise das comunidades de macroinvertebrados	46
4.4	Análise dos dados	46
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	Análises dos dados hidrológicos.....	48
5.1.1	Análises das características hidrológicas do córrego na data da 1ª coleta.....	48
5.1.2	Análises das características hidrológicas do córrego na data da 2ª coleta.....	49
5.2	Análises das características físicas, químicas e bacteriológicas.....	49
5.2.1	Análise do grau de saprobidade baseado nos parâmetros de DBO ₅₋₂₀ , OD, DQO e NH ₄ N.....	53
5.3	Análises dos resultados bentônicos.....	53
5.3.1	Composição taxonômica e abundância.....	54
5.3.2	Folhíço encontrado nas amostras.....	59
5.3.3	Índices biológicos.....	59
6	CONCLUSÕES.....	62
7	SUGESTÕES.....	64
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

APÊNDICE

GLOSSÁRIO

LISTA DE FIGURAS

Figura - 3.1	Ilustrações de (a) uma ninfa de Hephemeroptera e (b) um adulto.....	14
Figura - 3.2	Ilustrações de (a) uma ninfa e (b) um adulto de Odonata.....	15
Figura - 3.3	Ilustrações de(a) uma larva e (b) um adulto de Neuroptera (Megaloptera)...	16
Figura - 3.4	Ilustrações de (a) um Hemiptera da família Belostomastidae e (b) outro do gênero <i>limnocoris</i>	17
Figura - 3.5	Ilustrações de um (a) Coleoptera em estágio larval e (b) um inseto adulto...	18
Figura - 3.6	Ilustrações de (a) um abrigo de Trichoptera da família Helicopsychidae, (b)uma larva da família Odontoceridae e (c) um adulto.....	19
Figura - 3.7	Ilustração de Lepidopteros adultos.....	19
Figura - 3.8	Ilustração de Díptera das famílias Chironomidae (a), Simuliidae (b) e uma exúvia* (glossário) de Chironomidae (c).....	20
Figura - 3.9	Ilustração de Tricladida da família Dugesiidae, espécie <i>Girardia Tigrina</i> ...	21
Figura - 3.10	Ilustrações de (a) uma ninfa de Plecoptera (Perlidae) e (b) um adulto.....	22
Figura - 3.11	Ilustração de Oligochaetas tubificídeos.....	23
Figura - 3.12	Ilustração de um Hirudinea.....	24
Figura - 3.13	Ilustração de um Arachnoidea.....	25
Figura - 3.14	Ilustração de um Mollusca da classe Gastropoda.....	26
Figura - 3.15	Ilustração de um Bivalvia da família Uniodinae – (<i>Unio tumidis</i>).....	26
Figura - 4.1	Localização da área de estudo.....	37
Figura - 4.2	Ilustração de um processo erosivo e ravinas na encosta e em um morro.....	39
Figura - 4.3	Ilustração do córrego Salto, seus afluentes e plotagem dos pontos de coleta.....	40
Figura - 4.4	Ilustrações das condições do córrego no primeiro ponto de coleta, destacando (a) a mata ciliar bem conservada e (b) o leito rochoso do córrego.....	44
Figura - 4.5	Ilustrações das condições do córrego no ponto 2, destacando (a) um processo de assoreamento, pouca mata de galeria e (b) a existência de capim exótico, inclusive na margem erodida.....	45

Figura - 4.6	Ilustrações das matas ciliares pouco conservadas no ponto 3 (a); processo de assoreamento e (b) o acúmulo de sedimento nas margens.....	45
Figura - 4.7	Ilustração da coleta pelo método de Surber.....	46
Figura - 5.1	Concentrações médias dos parâmetros físicos, químicos das duas coletas...	53
Figura - 5.2	Valores médios, com desvio padrão da abundância dos taxa de macroinvertebrados encontrados nos pontos de amostragem na coleta 1.....	55
Figura - 5.3	Valores médios, com desvio padrão da abundância dos taxa de macroinvertebrados encontrados nos pontos de amostragem na coleta 2.....	55
Figura - 5.4	Dendrograma de Similaridade dos pontos de amostragem, baseado nas abundâncias dos principais taxa de macroinvertebrados bentônicos.....	57
Figura - 5.5	Resultados da Análise de Componentes Principais das variáveis físicas, químicas e biológicas selecionadas e as principais taxa de macroinvertebrados das duas coletas.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela - 3.1	Grupos tróficos funcionais dos macroinvertebrados bentônicos.....	13
Tabela - 3.2	O BMWP “sistema de pontuação”.....	31
Tabela - 3.3	Famílias do BMWP adaptado por Alba-Tercedor (1996).....	32
Tabela - 3.4	Famílias do BMWP adaptado para o Rio das Velhas-MG.).....	33
Tabela - 3.5	Classes de qualidade, significado de valores e utilização cartográfica para o Rio das Velhas-MG.....	34
Tabela - 3.6	Classes de qualidade, significado dos valores e utilização cartográfica (Granada-Espanha).....	34
Tabela - 3.7	Planilha de cálculos do índice biótico.....	36
Tabela - 3.8	Relação entre índice biótico e qualidade de água.....	36
Tabela - 4.1	Valores climatológicos estimados para São Gabriel do Oeste-MS.....	38
Tabela - 4.2	Parâmetros, unidades e técnicas utilizadas nas análises físicas e químicas.	42
Tabela - 4.3	Grau de sabroidade calculado de acordo com parâmetros físicos e químicos.....	43
Tabela - 4.4	Localização dos pontos por coordenadas geográficas.....	46
Tabela - 5.1	Dados hidrológicos do córrego Salto – coleta 1 – 14-10-2003.....	48
Tabela - 5.2	Dados hidrológicos do córrego Salto – coleta 2 – 10-02-2004.....	49
Tabela - 5.3	Resultados das análises físicas, químicas e bacteriológicas dos três pontos de amostragem - coleta 1 – 14-10-2003.....	50
Tabela - 5.4	Resultados das análises físicas, químicas e bacteriológicas dos três pontos de amostragem - coleta 2 – 10-02-2004.....	51
Tabela - 5.5	Classificação de qualidade da água com base na Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2004) e Deliberação CECA 003/87 (Morelli, 2001).....	52
Tabela - 5.6	Resultados da análise de variância feita para comparar as abundâncias totais dos macroinvertebrados entre os pontos de amostragem e as duas coletas.....	56
Tabela - 5.7	Valores do Índice de Diversidade de Shannon-Wiener (\log_{10}) para os pontos de amostragem das duas coletas.....	57
Tabela - 5.8	Auto-valores e variâncias explicadas pelos primeiros três eixos, da Análise de Componentes Principais das características físicas, químicas e biológicas selecionadas e as principais taxa de macroinvertebrados das duas coletas.....	58
Tabela - 5.9	Peso (mg) do folhinho encontrado nas amostras.....	59
Tabela - 5.10	Resultados dos índices biológicos.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

- ABRH – Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- A-1 – Amostra um.
- A-2 – Amostra dois
- A-3 – Amostra três.
- A-4 – Amostra quatro.
- A-5 – Amostra cinco
- ANZEE – “New Zeland Environmental and Conservation Council”.
- Biol. - Biologia.
- BMPS – “Biotic Monitoring Patagonian Stream”.
- BMWP – “Biological Monitoring Working Party”.
- CCET – Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.
- CECA – Conselho Estadual de Controle Ambiental – MS.
- CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia e Saneamento Ambiental de São Paulo.
- CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente.
- DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio.
- Dep. - Departamento.
- DHT – Departamento de Hidráulica e Transportes.
- Ed. – Editora.
- Ed. - Edição.
- EPA – Environmental Protect Agency – (Agência de Proteção Ambiental Americana).
- Fasc. Fascículo.
- IAP – “Andean Monitoring Patagonian Index”.
- IQA – Índice de Qualidade de Água.
- Lab. - Laboratório.
- Limnol. – Limnologia.
- m³ - Metro cúbico.
- mm – Milímetro.
- µm – Micrômetro
- MMA – Ministério de Meio Ambiente.
- MOPF – Matéria Orgânica Particulada Fina.
- MOPG – Matéria Orgânica Particulada Grossa.
- OD – Oxigênio Dissolvido.

Orgs. – Organizadores.

pH – Medida da atividade do íon hidrogênio numa amostra d'água.

Rev. - Revista.

“Score” – pontuação

SEMARH – Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Soc. - Sociedade.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio ambiente.

UNESCO – Organização das Nações Unidas para Educação Ciência e Cultura.

USEPA – “United States Environmental Protection American” (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos).

WHO – “World Health Organization”.

WQI – “Water Quality Index”.

WWF – “World Wild Fund” – (Organização não Governamental) – Fundo de Proteção para a Natureza.

°C – Graus centígrados.

mg CaCO_3/L – Miligrama de carbonato de cálcio por litro.

mg/CA/L – Miligrama de cálcio por litro.

$\mu\text{S}/\text{cm}$ – Microsimens por centímetro

mg Pt/L- Miligrama de platina por litro

mg O_2/L – Miligrama de dióxido de oxigênio por litro.

mg $\text{NH}_3\text{-N}/\text{L}$ – Miligrama de Nitrogênio Amoniacal por litro.

mg/ L – Miligrama por litro.

NMP/100mL – Número Máximo Permissível por cem mililitros.

MCT – Ministério da Ciência e Tecnologia.

UTM – “Universal Transverse Mercatur”

RESUMO

QUEIROZ, E. P (2004), *Contribuição ao uso de macroinvertebrados bentônicos no biomonitoramento da qualidade de água de ambientes lóticos no estado de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2004. 85 p. Dissertação – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.*

Este estudo propôs uma análise das comunidades de macroinvertebrados bentônicos do córrego Salto, em “Furnas dos Dionísios”, município de Jaraguari, no Estado de Mato Grosso do Sul, com o objetivo de avaliar seu uso como bioindicadores. O curso d’água escolhido é pouco impactado e foi analisado com relação à morfologia, hidrologia, características físicas e químicas da água, correlacionando às comunidades de macroinvertebrados. Em relação a abundância e diversidade dos macroinvertebrados, no período seco foram encontrados mais que o dobro dos organismos com relação à coleta em período chuvoso, sendo 9 ordens, 2 classes e 27 famílias (seca), contra 7 ordens e 13 famílias (cheia). Houve uma associação positiva entre a abundância de bentos e as variáveis de DBO, cálcio e alcalinidade e uma associação negativa entre a abundância de bentos, coliformes fecais e amônia. Aplicando o índice BMWP-original (Armitage *et al.*, 1983) e a adaptação feita por Alba-Tercedor (1996), os resultados só refletiram a qualidade da água semelhante aos dados físicos e químicos, quando aplicados aos dados totais. O BMWP adaptado por Junqueira & Campos no Rio das Velhas-MG refletiu os dados físicos e químicos em todas as amostras, bem como, as semelhanças nas famílias encontradas. O índice Hilsenhoff refletiu as semelhanças dos dados físicos e químicos, mas demonstrou que há necessidade de maiores estudos para sua adaptação, em razão de menor similaridade dos taxa utilizados no índice, com relação aos organismos encontrados.

Palavras Chaves: poluição – biomonitoramento – qualidade d’água, macroinvertebrados – limnologia.

ABSTRACT

QUEIROZ, E. P, 2004. *Contribution to the use of macroinvertebrates in the biomonitoring of the water quality of lotic habitats in Mato Grosso do Sul State. Campo Grande, 2004. 85 p. Masters thesis – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (in Portuguese).*

This study proposed an analysis of the benthic macroinvertebrate communities of the Salto Stream, in the “Furnas dos Dionísios” area, municipality of Jaraguari, Mato Grosso do Sul State, with the objective of evaluating their use as bioindicators. The water course chosen is little impacted, and was analyzed in relation to morphology, hydrology, and physical and chemical characteristics of the water, and these data were correlated with the macroinvertebrate communities. In the dry season, the numbers of macroinvertebrate individuals found were more than double those found in the wet season, while recorded diversity was also higher, with 9 orders, 2 classes, and 27 families, as compared to 7 orders and 13 families, in the dry and wet seasons, respectively. There was a positive relationship between benthos abundance and alkalinity, calcium and BOD concentrations, and a negative relationship between benthos abundance and ammonia and fecal coliform levels. Values obtained from using the original BMWP Index (Armitage *et al.* 1983) and the adaptation of Alba-Tercedor (1996), only reflected the water quality based on the physical and chemical results, when using the pooled data for each sampling date. The adaptation of Junqueira & Campos for the Rio da Velhas-MG reflected the physical and chemical data for the unpooled samples, and showed a high degree of similarity with the families encountered. Hilsenhoff Index values were correlated with the physical and chemical data, but further studies for the adaptation of this index were indicated by the lower degree of similarity between the taxa used in the index and those encountered.

Key-words: pollution - biomonitoring - water quality - macroinvertebrates - limnology

1 – INTRODUÇÃO

“A água é a seiva do nosso planeta. Ela é condição essencial à vida de todo ser vegetal, animal ou humano. Sem ela não podemos conceber como são a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura...”. “Os recursos naturais de transformação da água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, a água deve ser manipulada com racionalidade, precaução e parcimônia”. “O equilíbrio e o futuro do nosso planeta dependem da preservação da água e dos seus ciclos” (ONU, 1992). Todas estas frases fazem parte de artigos da Declaração Universal dos Direitos da Água e refletem a preocupação que a humanidade deve ter com a conservação deste recurso essencial, cuja escassez já é realidade em vários locais do planeta. Esta escassez advém da falta natural, da não potabilidade natural, ou por contaminação.

O ciclo hidrológico é o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado pela energia solar, associada à gravidade e a rotação terrestre (Tucci, 2000). Baseado nesta afirmação pode-se perceber que a água não se perde no ciclo. Portanto, com as várias interferências antrópicas como: queima de combustíveis fósseis, o desmatamento, a extração de madeira, os incêndios florestais, as queimadas entre outras, há a diminuição da cobertura vegetal no planeta, aumentando a velocidade do fluxo superficial da água, pela diminuição da infiltração, influenciando diretamente em processos erosivos e causando assoreamento de rios. Todos estes fatores podem também causar alterações climáticas e de distribuição das precipitações no planeta, o que provoca enchentes em alguns lugares e secas drásticas em outros. As mudanças climáticas podem alterar outros ciclos do planeta.

De qualquer maneira, a distribuição pode ser administrada, pois naturalmente ela já é desproporcional na Terra. A preocupação maior deve ser com relação à interferência antrópica, principalmente através da poluição. As atividades industriais despertam maior preocupação, pois interferem, através da alteração química dos elementos, que normalmente resultam em contaminação do solo, subsolo e dessa forma, trazem grandes riscos de contaminação das águas superficiais e até mesmo subterrâneas. Os rios que recebem grande quantidade de esgotos, agrotóxicos, resíduos sólidos e líquidos levam esta poluição aos mares e oceanos. A contaminação das águas subterrâneas constitui-se em um desastre, levando-se

em conta que praticamente 97% da água disponível para o consumo humano e de vários seres vivos encontra-se nessa situação.

A poluição exerce um efeito deletério sobre grande parte dos organismos que vivem em uma massa d'água. Entretanto, ocupando lugar desses organismos, pode surgir nova fauna e flora constituídas por organismos resistentes às novas condições estabelecidas pelo meio (Esteves, 1998).

A melhor maneira de controle da poluição é através de medidas preventivas de monitoramento. No Brasil, os órgãos ambientais têm utilizado controle físico e químico de qualidade d'água, obrigando as empresas que exercem atividades potencialmente poluidoras a entregarem relatórios particulares de qualidade, fato que tem demonstrado não ser totalmente seguro, pois diversos casos de poluição são detectados quando já afetaram diversos cursos d'água, inclusive, o lençol freático, como o caso recentemente descoberto no município de Paulínia/SP, onde a população foi afetada pela poluição e sofre atualmente as conseqüências de ter contraído diversos problemas de saúde ao consumirem água contaminada com metais pesados (Silvana, 2004).

O Biomonitoramento, que é a utilização de organismos vivos para determinação de condições do meio, é utilizado há séculos. Há mais de 400 anos, plantas e animais são utilizados como bioindicadores. Na idade média, seres humanos eram utilizados para degustar comidas na verificação de envenenamento. Durante a revolução industrial, os mineiros levavam canários ao fundo das minas, para monitorar a hora de voltar, que era marcada, quando os canários começavam a se arrefecerem. O biomonitoramento tem sido utilizado em pesquisas, mas a maioria das vezes, para detecção de uma poluição já existente e não como medida preventiva. Portanto, trabalhos dessa natureza contribuirão de maneira significativa para que em um futuro bem próximo, índices biológicos que já são utilizados nos países desenvolvidos, passem a ser utilizados como medidas preventivas de controle de poluição, associadas às medidas físicas e químicas e, dessa forma, dificultar a ação de infratores.

A preocupação com a qualidade da água fica mais latente, quando são vistos dados mostrando que doenças e mortes estão sendo ocasionadas pela contaminação das águas e por falta ou deficiência dos sistemas de abastecimentos de água e esgotos, principalmente nos países pobres. Madov *et. al.* (2002) mostra que a escassez de água potável já atinge 2 bilhões de pessoas no mundo e a água contaminada pelo descaso ambiental mata 2,2 milhões de pessoas por ano.

Segundo Allan (1998), apud Lanna (1999), um indivíduo necessita de 1 m³ de água por ano para dessedentação e adicionais 100 m³ para usos domésticos (embora este valor possa variar entre 25 a 150 m³ *per capita*/ano). Para a produção de comida a necessidade é muito maior, podendo atingir 1.000 m³. Para a indústria a variação ainda é maior, podendo chegar entre 5 a 20 vezes sobre o total das atividades anteriores.

Embora estes números sejam variáveis, pois a disponibilidade de água de cada País é variável, trazem uma preocupação com o controle da poluição, em razão da grande quantidade de água retirada do ciclo natural e utilizada das mais variadas formas. Portanto, estudos que venham a subsidiar e melhorar o controle da poluição da água são extremamente necessários.

A poluição das águas é um problema crescente e as formas principais são: matéria orgânica, enriquecimento com nutrientes (eutrofização), acumulação de materiais tóxicos, acumulação de sedimentos e acidificação (Abel, 1996). Na região Centro-Oeste do Brasil, os principais problemas parecem ser eutrofização, poluição orgânica, acumulação de sedimentos e materiais tóxicos. Os objetivos em descobrir, caracterizar e monitorar a poluição em *habitats* de água doce podem ser abordados de vários modos, constituindo métodos físicos, químicos e biológicos (Best & Ross, 1977; Navas-Pereira, 1994; Abel 1996; Chapman, 1989). O monitoramento biológico de poluição envolve a análise de mudança em estrutura e funcionamento de comunidades e organismos individuais, provocados pela poluição (Yasuno & Whitton, 1987; Bartram & Ballance, 1996; Chapman, 1996).

O monitoramento biológico de qualidade de água pode ser mais efetivo que o monitoramento físico e químico, pois pode revelar mudanças ambientais, a longo prazo, como também refletir os efeitos de contaminantes presentes em baixas concentrações, indetectáveis usando análises químicas convencionais, ou através de substâncias não analisadas. Efeitos sinérgicos, efeitos de bioacumulação e interações entre os materiais que causam contaminação e características ambientais, também podem ser reveladas. Lançamento intermitente de contaminantes podem não ser detectados por análise química de amostras de água. Na prática, monitoramento de ambos, biológico e físico e químico normalmente é feito simultaneamente (Bartram & Ballance, 1996). Segundo USEPA (2003) um dos modos mais significativos de se verificar alterações no ambiente aquático é através do uso de indicadores biológicos, pois estes refletem mudanças temporais e espaciais e demonstram efeitos acumulativos, bem como, possibilitam definir metas de proteção e restauração, monitorar e interpretar o que é encontrado, além de se poder avaliar a informação, selecionar medidas de controle e melhorar a eficiência das ações de gerenciamento.

O uso de índices de diversidade pode auxiliar na amostra de que em uma área sujeita à poluição, a diversidade de organismos pode diminuir. Deve ser considerado que organismos podem desaparecer e a diversidade pode decrescer substancialmente, por razões diferentes de poluição, por exemplo, invasão de espécies exóticas e perturbações abióticas como inundação. Para tanto, é necessário ter informações sobre a biologia e a ecologia dos organismos (Navas-Pereira, 1994).

Existe uma carência de informação básica sobre os macroinvertebrados, especialmente em regiões tropicais e subtropicais. Por enquanto, características de ecologia trófica são as mais utilizadas em biomonitoramento. O uso de índices bióticos foi especificamente desenvolvido para a detecção de poluição orgânica, mas abordagens recentes estão levando em consideração também outras formas de poluição. De grande destaque é o conceito de Integridade Biológica, que reflete qualquer tipo de perturbação da situação natural, como introdução de espécies exóticas, inundação, pesca predatória, bem como as várias formas de poluição (Charvet *et al.*, 2000; Usseglio-Polatera *et al.*, 2000; Johnscher-Fornasaro & Zagatto, 1987; Ohio EPA, 1988a, 1989a; Abel, 1996; Kuhlmann *et al.*, 2001; Marques *et al.*, 1999). O uso de macroinvertebrados como indicadores de qualidade ambiental, especialmente em ambientes lóticos, são requeridos pelo seguinte:

- 1 - É um grupo diverso, com muitas espécies de vários filos, com a expectativa razoável de que alguns responderão a perturbações ambientais;
- 2 - Tem mobilidade limitada e ciclos de vida relativamente longos, assim podendo ser usados para análises espaciais e temporais;
- 3 - Tem disponibilidade de chaves de identificação para a maioria dos grupos, sendo possível atingir uma competência taxonômica a curto prazo;
- 4 - Normalmente existem em altos níveis de abundância, facilitando análises quantitativas, com técnicas de amostragem bastante simples.

Foram desenvolvidas a teoria e a prática de monitoramento ambiental em regiões temperadas. Em regiões tropicais e subtropicais há uma falta relativa de informação no que concerne a tais tópicos como: identificação de espécies, tolerância à poluição de certas espécies e grupos, relação entre diversidade e poluição, como também, mudanças temporais (sazonal) na estrutura e biodiversidade de comunidades (Takeda *et al.*, 1997; Galdean *et al.*, 2001). A relevância e aplicação de vários índices biológicos de qualidade de água em diversas regiões precisam ser investigadas (Toledo *et al.*, 1983).

As informações contidas neste trabalho serão de grande importância nas áreas de limnologia básica (sazonalidade, fatores físicos, químicos e bióticos que controlam a estrutura e diversidade bentônicas) e limnologia aplicada (desenvolvimento e refinamento de técnicas de monitoramento ambiental, especialmente biomonitoramento).

Na pesquisa buscou-se avaliar as inter-relações entre as comunidades de macroinvertebrados e características físicas, químicas e bióticas de seu *habitat*, no Córrego Salto localizado, em uma área no Cerrado, no Município de Jaraguari, no Estado de Mato Grosso do Sul. Estudos deste tipo para a região são escassos e o desenvolvimento e adaptação regional de Índices Bióticos de Qualidade Ambiental, requer estudos dessa natureza (Trihadiningrum *et al.*, 1996; Alba-Tercedor, 1996; Junqueira & Campos, 1998; Junqueira *et al.*, 2000, Pizzolon & Miserendino, 2001; Lajo *et al.*, 2002a e 2002b).

De forma aplicada, o início de estudos das famílias de macroinvertebrados bentônicos é de fundamental importância para a adaptação de índices biológicos, os quais podem ser utilizados no controle de qualidade de água pelos órgãos ambientais. Atualmente, estes órgãos exercem controle apenas por análises físicas e químicas, exigidas das empresas, que contratam e marcam as datas para que o laboratório faça as coletas. Como as análises físicas e químicas são temporais e espaciais, pode haver controle no tempo e no espaço na liberação de efluentes, em função da data de coleta e os índices não refletirem a realidade.

Cita-se como exemplo, o controle de qualidade de água que é realizado pela maioria dos órgãos ambientais com relação aos frigoríficos e similares. O órgão ambiental responsável exige que seja entregue relatório de qualidade de água (mensal, trimestral, semestral, dependendo da atividade). Isso quer dizer, que quem contratará o laboratório para executar as análises é a empresa. Poderia haver casos em que os lançamentos dos efluentes seriam controlados, fazendo com que os índices se apresentassem dentro do exigido pela legislação. Esta atitude, torna-se detectável, quando se executa também o controle biológico, pois este, denuncia uma situação contínua da poluição, independente do tempo.

Devido à falta de estudos biológicos que possam nortear a legislação brasileira, esta baseia o controle de qualidade da água em padrões e índices físicos e químicos, a exemplo, a Resolução 518/2004 (Ministério da Saúde/FUNASA, 2004), que normatiza os índices de qualidade da água para o consumo humano, a Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2004) e a Deliberação Estadual-MS CECA 003/97 (Morelli, 2001), que regulam a qualidade da água para assegurar seus usos preponderantes. Conseqüentemente trabalhos dessa natureza devem ser intensificados, no intuito de subsidiar legislações futuras de controle de qualidade da água.

Dessa forma, quando os estudos forem suficientes para adaptação de índices, ou mesmo para a criação de novos índices regionais, poderão ser utilizados pelos órgãos ambientais no controle de qualidade de água, aliados às análises físicas e químicas. No Caso do Brasil, levantamentos e monitoramentos biológicos serão fundamentais no auxílio dos estudos que estão em estágio inicial, visando a gestão integrada dos recursos hídricos. Tal gestão passa por planos nacional, estadual e municipal, para a implantação dos instrumentos de gerenciamento como: enquadramento dos corpos d'água, sistema nacional de informação, outorga e cobrança.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo principal realizar estudos das famílias de macroinvertebrados bentônicos no Mato Grosso do Sul, no intuito de fornecer subsídios para adaptações regionais de índices biológicos já utilizados em outros países e em algumas regiões do Brasil. Como objetivo específico estabelece-se:

- 1 - Identificar e enumerar os grupos de macroinvertebrados encontrados nos pontos de amostragem do Córrego Salto;
- 2 - Calcular valores dos índices de diversidade e biológicos selecionados (incluindo Diversidade de Shannon-Wiener, Hilsenhoff, e BMWP) para as comunidades de macroinvertebrados amostradas nos pontos de coleta e fazer comparações entre os pontos (usando índices de semelhança e técnicas de agrupamento);
- 3 - Verificar a relação entre a largura, a profundidade média, a velocidade da correnteza d'água nos pontos de coleta e a riqueza e composição das comunidades de macroinvertebrados presentes;
- 4 – Identificar os organismos, procurando os índices que mais refletem a qualidade do meio ambiente.
- 5 - Investigar a relação entre a qualidade d'água (incluindo as características DBO, OD, condutividade e nutrientes), e a natureza das comunidades de macroinvertebrados e os valores dos índices bióticos;
- 6 – Verificar mudanças sazonais na estrutura das comunidades de macroinvertebrados, e as características físicas e químicas dos pontos de coleta.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 – Biomonitoramento

Segundo Junqueira *et. al.* (2000) a utilização de organismos do próprio ecossistema no estudo da qualidade das águas surgiu na Europa com trabalhos de Koienati (1884) e Cohn (1853) e, o primeiro sistema de índices foi desenvolvido por Kolkwitz e Marson em 1902. Segundo Ferreira (2003) os insetos e outros organismos passaram a ser utilizados no início do século XX. Os tipos seguintes de monitoramento biológico são comuns:

1. Identificação de espécies indicadoras;
2. Identificação de comunidades indicadoras, ou dentro de grupos, (por exemplo diatomáceas, larvas de insetos), ou considerando-se a comunidade inteira e um refinamento desta aproximação, isto é, o cálculo de índices bióticos, incluindo os índices multimétricos;
3. Identificação das importâncias relativas dos grupos funcionais dentro da comunidade;
4. Cálculo de índices de semelhança;
5. Cálculo de índices de diversidade;
6. Testes ecotoxicológicos.

Para os tipos 1 e 2, é requerido o seguinte: as correlações entre o grau de poluição e a presença/abundância dos **taxa*** (glossário) devem ser conhecidas. (Ohio EPA, 1988a; Abel, 1996; Spellerberg, 1994; Lazorchak *et al.*, 1998; Kelly & Whitton, 1998; Barbour *et al.*, 1999).

Segundo Lima (2003), apud Feitosa (2003) vários autores sugerem diferença entre bioindicação e biomonitoramento, sendo o primeiro mais espontâneo e ativo e o segundo, mais contínuo e passivo. Lima (2001) afirma que apesar de haver divergências, vários autores concordam que há também o biomonitoramento passivo, quando são utilizados organismos existentes no próprio meio e biomonitoramento ativo, que é feito com a exposição de organismos na área a ser avaliada por um tempo definido em condições controladas.

Segundo Kuhlmann *et. al.* (2001), alguns países há muito incorporaram o biomonitoramento à sua legislação. No Canadá o “*Ontario Water Act*” de 1996, já usava o WQI – “*Water Quality Index*”, que considera a comunidade bentônica em índice quantitativo. Nos Estados Unidos o “*Clean Water Act*” de 1972 adotou como indicador de condições ambientais a saúde ecológica. Na Oceania o “*Australian Quality Guidelines*”, instituído pelo “*Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council - Anzee*”- 1995, incorporou uma série de indicadores biológicos e ecológicos de qualidade de água. Segundo Davis *et al.* (1996) apud Kuhlmann *et. al.* (2001), nos Estados Unidos, dos 50 Estados, 44 usavam a fauna bentônica em biomonitoramento.

3.1.1 – Bioindicador ideal

Segundo Silva *et. al.* (2003) um organismo ou um grupo bioindicador deve ter as seguintes características:

- 1 - Ter reconhecimento fácil por não especialistas;
- 2 - Distribuição na maior parte do globo, para ser facilmente comparado regional e internacionalmente;
- 3 - Possuir indivíduos de diversos grupos taxonômicos, com diferentes reações de sensibilidade a mudanças ambientais;
- 4 - Possuir grande quantidade de organismos e ter grandes dimensões;
- 5 - Ser facilmente amostrável com técnicas diversas;
- 6 - Baixo custo de amostragem;
- 7 - Pequena mobilidade para representar condições locais;
- 8 - Ciclo de vida longo (semanas, meses ou anos) constituindo-se em um testemunho da qualidade ambiental no passado e no presente;
- 9 - Ser conhecido ecologicamente e utilizável em experimentos laboratoriais;
- 10 - Não ser muito sensível ou resistente a mudanças ambientais;
- 11 - Precisa ainda, ser de fácil manipulação e tratamento;
- 12 - Ter condições de padronização de metodologias, para que haja conhecimento das condições que provocam respostas, sendo possível identificar e quantificar os efeitos da alteração e avaliação das respostas;

13 - Deve também, ter possibilidade de uniformidade genética e possibilidade de avaliar as respostas.

3.1.2 – Desvantagens na utilização de monitoramento biológico

Dentre as desvantagens no uso de bioindicadores destacam-se as seguintes: após a detecção do problema, podem ser necessários vários testes químicos, testes de toxicidade e outras informações integradas tais como: conhecimento das condições ambientais local e regional (solos, vegetação, antropização etc...); emissões de poluentes atmosféricos que possam afetar o corpo d'água, além do conhecimento dos fatores de interação biológicos, dependendo das variáveis que se queira analisar.

Segundo Feitosa (2003), o exame de estimativas de variabilidade, precisa ser feito por diversos anos para assegurar que um indicador reflita as verdadeiras tendências da condição ecológica para as características que são pertinentes à questão de avaliação. Além disso, o monitoramento tem que ser feito em locais conhecidos, que permaneçam na mesma condição ecológica para determinar estabilidade anual de um indicador. Conclui a autora, que um indicador só é útil se puder proporcionar informações que apoiem decisões da administração pública, ou quantifiquem o sucesso de decisões tomadas e que, um indicador com aplicação prática deve exibir uma ou mais das seguintes características: responsabilidade por um estressor específico.

A variabilidade na diversidade, tolerância à poluição diferente para cada região, em função das condições ambientais é uma das desvantagens de se trabalhar com índices biológicos. Isso pode ser superado, através do conhecimento dos ecossistemas e dos seres vivos que se está estudando (Armitage *et al.*, 1983).

3.1.3 – Vantagens do uso de monitoramento biológico

Segundo Silva *et. al.* (2003) as vantagens dos dados bióticos com relação aos físicos e químicos são que estes são instantâneos e necessitam de diversas medições para uma representação fiel, enquanto os biológicos normalmente apresentam diferentes sensibilidades e taxas de recuperação (avaliação de degradação e recuperação ambiental), além da capacidade de concentrar e armazenar substâncias em seus tecidos, as quais muitas vezes não são detectadas por meios químicos.

Segundo Branco (1986), outro exemplo da vantagem do biomonitoramento é que o mercúrio pode ser encontrado em quantidade que caracteriza a água como adequada ao consumo, mas analisando a bioacumulação, pode-se encontrar níveis superiores aos limites

permitidos ao consumo humano. O biomonitoramento também é importante devido a testes toxicológicos que podem ser feitos nos organismos que bioacumulam substâncias. Segundo Bertoletti (2001), estima-se que existam cerca de 6 milhões de substâncias sintetizadas pelo homem, sendo 63 mil de uso cotidiano e 500 são lançadas no mercado consumidor anualmente, tendo como destino final o meio ambiente.

A avaliação da contaminação ambiental em termos de análises físicas e químicas é imprescindível, porém, informações sobre sistemas biológicos que incorporam ou são afetados por estas substâncias são necessários em algum estágio do monitoramento, segundo Almeida e Tertuliano (2000). Eles destacam as seguintes razões para esta necessidade:

- 1 - Efeito de dose, que são as conseqüências ambientais provocadas por pequenas variações nas concentrações de contaminantes sobre a qualidade dos sistemas bióticos;
- 2 - Efeito de sinergia, que são substâncias químicas que podem reagir entre si, originando compostos poluentes;
- 3 - Efeito de alvo, caracterizado por substâncias desconhecidas, ou que não foram detectadas por métodos usuais e que podem afetar sistemas bióticos;
- 4 - Efeito de bioacumulação, que é a capacidade dos organismos de acumular poluentes.

Os macrobentos, que são segundo Lima-e-Silva (1999) organismos dos bentos que possuem tamanho superior a 1 mm, possuem a maioria destas características.

3.2 – Os macroinvertebrados bentônicos

Os macroinvertebrados bentônicos, organismos utilizados neste trabalho, são animais (besouros aquáticos, libélulas, moscas de pedras, minhocas, etc...) que ficam retidos em redes de 200 a 500 μm , podendo ser facilmente visualizados. Segundo Silva *et. al.* (2003) a comunidade de macroinvertebrados bentônicos é composta por diversos organismos que podem ser utilizados como indicadores biológicos por possuírem diversas características que servem para a detecção de alterações ambientais.

Em geral, a estrutura taxonômica, biológica e ecológica das comunidades de macroinvertebrados varia com a natureza física, química e biológica do ambiente e os padrões de perturbação destas características, variam geralmente tendo gradientes longitudinais (Vannote *et al.*, 1980; Wright *et al.*, 1984; Winterbourn & Townsend, 1991; Hildrew & Giller, 1994; Townsend & Hildrew, 1994; Moss, 1998).

3.2.1 – O ciclo de vida dos insetos bentônicos

O tipo de metamorfose determina o número de estágios dos insetos, podendo ser de três estágios para a metamorfose incompleta e quatro para a metamorfose completa. (Ruppert e Barnes, 1996).

3.2.1.1 – Metamorfose incompleta

Processa-se em três estágios: ovo, ninfa e adultos. Por exemplo: libélolas e percevejos. A maioria dos insetos que sofre este tipo de metamorfose na água vive fora d'água somente no estágio adulto (Ruppert e Barnes, 1996).

3.2.1.2 – Metamorfose completa

Processa-se em quatro estágios: ovo, larva, pupa e adulto. Por exemplo: moscas, mosquitos e besouros. Alguns destes, vivem a fase de ovo, larva e pupa na água e fora d'água como adultos, ou fora da água como adultos e na água nas demais fases. Os ciclos de vida aquáticos podem variar de menos de duas semanas para moscas e mosquitos e mais de dois anos para libélolas (Ruppert e Barnes, 1996).

3.2.2 – Os hábitos alimentares dos macroinvertebrados bentônicos.

Segundo Callisto & Júnior (2002) as principais categorias de alimentos dos macroinvertebrados são:

1 - *Fragmentos* – matéria orgânica particulada grossa – MOPG, ou fina – MOPF, constituída por restos de organismos;

2 - *Perifiton* – formado por algas aderidas a algum substrato ou material orgânico/inorgânico;

3 - *Macrófitas aquáticas* – vegetais superiores que vivem em ambientes aquáticos;

4 - *Presas* – outros animais que servem de alimento;

Portanto, os macroinvertebrados são divididos nos seguintes grupos tróficos funcionais, conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Grupos tróficos funcionais dos macroinvertebrados bentônicos

Grupos Tróficos Funcionais	Alimento Principal	Mecanismo de Alimentação	Tamanho/ alimento (µm)
Fragmentadores	Tecido vegetal.	Hebívoros, minadores, detritívoros.	> 10 ³
Coletores	Matéria Orgânica Particulada Fina.	Detritívoros, filtradores, coletores, catadores.	< 10 ³
Raspadores	Perifíton.	Herbívoros, raspadores de superfícies mineral ou orgânica.	< 10 ³
Predadores	Organismos vivos.	Engolem as presas inteiras ou aos pedaços.	> 10 ³
Parasitas	Organismos vivos.	Alimentam-se interna ou externamente no corpo de outros organismos vivos.	> 10 ³

Fonte: (Callisto & Júnior, 2002).

3.3 – Biologia e ecologia das ordens a que pertencem as principais famílias de macroinvertebrados bentônicos utilizados em índices biológicos.

As ordens descritas até a página 22 pertencem à Classe Insecta e ao Phylum Arthropoda. A base das informações é Pérez (1988).

3.3.1 – Ordem Ephemeroptera

Os efemerópteros recebem este nome em razão da sua curta vida em estágio adulto (Ruppert e Barnes, 1996). Esta ordem possui 12 famílias principais: Euthyplociidae, Polymitarcyidae, Oligoneridae, Siphonuridae, Tricorythidae, Caenidae, Ephemerellidae, Hephemeridae, Ecdyonuridae, Heptageniidae, Letophlebiidae e Baetidae. É praticamente cosmopolita e só não existe na Nova Zelândia e em outras ilhas da região. A família Euthyplociidae só existe nos trópicos.

- **Biologia** – em estágio adulto (figura 3.1b) os efemerópteros possuem ciclo de vida curto. Três a quatro dias e alguns vivem apenas alguns minutos, mas neste período atingem a maturidade sexual e se reproduzem botando os ovos na superfície da água. Os ovos possuem estruturas de fixação. Os efemerópteros respiram por garras localizadas no abdômen, as quais variam em quantidade, conforme a espécie.

- **Ecologia** – os efemerópteros vivem em águas límpidas e são considerados indicadores de boa qualidade de água, embora algumas espécies resistam a certo grau de contaminação. As ninfas (figura 3.1a) encontram-se normalmente aderidas às rochas, troncos, folhas e vegetação submersa e, somente poucas espécies vivem em fundos lodosos ou arenosos. Suas ninfas alimentam-se de algas e tecidos de plantas aquáticas e fazem parte da dieta de algumas espécies de peixes.

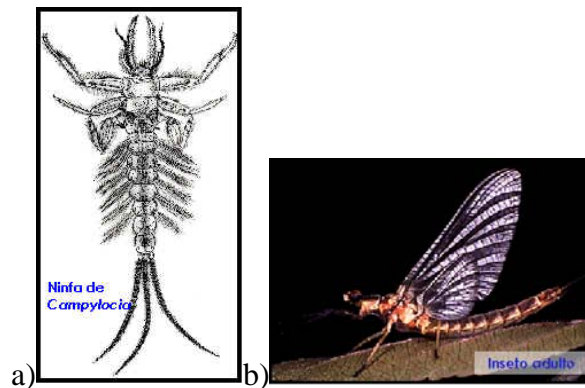


Figura – 3.1 – Ilustrações de (a) uma ninfa e (b) um adulto de Hephemeroptera. Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.2 – Ordem Odonata

O nome popular dos odonatos é “libélolas ou lavadeiras”. As libélolas (figura 3.2b) já figuram na lista de espécies ameaçadas de extinção de acordo com o “Livro Vermelho de Espécies em Extinção” (Callisto, 2004). Esta ordem possui 2 subordens Zygoptera e Anisoptera. As famílias da subordem Anisoptera são: Corduliidae, Libellulidae, Gomphidae, Aeshnidae e as famílias de Zygoptera são: Polhitoridae, Calopterygidae, Coenagrionidae (figura 3.2a), Lestidae e Megapodagrionidae. Das cerca de 26 famílias existentes, 4 vivem exclusivamente no médio trópico e 7 não são encontradas nessa região. A espécie de maior dispersão mundial é a *Pantala flavescens*.

- **Biologia** – os odonatos vivem há mais de 200 milhões de anos sem muitas mudanças evolutivas. A maioria põe os ovos na vegetação presente na água, os quais eclodem entre 5 a 40 dias. As espécies tropicais completam o desenvolvimento larval entre 100 e 200 dias e são predadoras, tendo sua ótima visão, papel importante para este fim. Os odonatos respiram através de trocas gasosas atmosféricas, realizadas através de garras anais.

- **Ecologia** – os odonatos vivem em águas limpas ou ligeiramente eutrofizadas, em poços, pântanos, margens de lagos e águas correntes pouco profundas, com presença de vegetação submersa ou superficial.

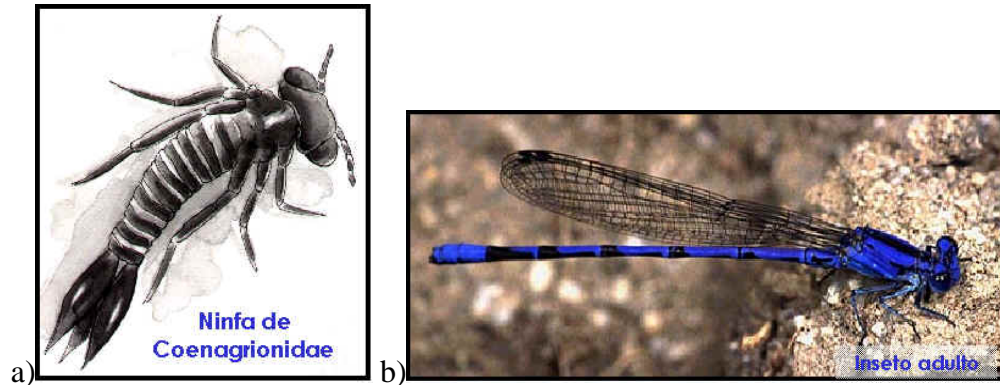
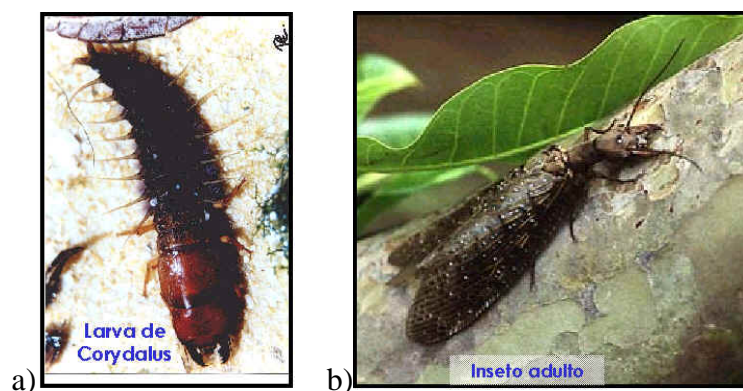


Figura 3.2 – Ilustrações de (a) uma ninfa e (b) um adulto de Odonata. Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.3 – Ordem Neuroptera

A ordem Neuroptera possui 3 subordens: Megaloptera, Planipennia e Raphidioptera. Está presente em toda a América, mas não há estudos que permitam afirmar com certeza sobre sua distribuição pelo planeta. As famílias Corydalidae e Sialidae são as únicas presentes nas Américas.

- **Biologia** – os neurópteros são provavelmente os insetos maiores e chamativos existentes na água, principalmente os pertencentes à família Corydalidae, que têm tamanhos entre 10 e 70 mm. Possuem duas fortes e grandes mandíbulas (figura 3.3a e b). Os neurópteros normalmente põem os ovos na vegetação semiaquática. Nas zonas temperadas seu desenvolvimento completo leva de 2 a 3 anos. Nos trópicos não há estudos a respeito do seu desenvolvimento.
- **Ecologia** – os neurópteros são grandes predadores e vivem debaixo de pedras, troncos e vegetação submersa, em águas correntes limpas. Geralmente são considerados indicadores de águas **oligotróficas*** (glossário) ou levemente **mesotróficas*** (glossário).



Figuras 3.3 – Ilustrações de (a) uma larva e (b) um adulto de Megaloptera. Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.4 – Ordem Hemiptera

Os hemípteros são cosmopolitas e já foram identificadas 3.000 espécies no mundo, sendo 700 no continente americano. Esta ordem possui 2 subordens: Homoptera e Heteroptera. A subordem Heteroptera possui 400 espécies. Possui 13 famílias principais: Corixidae, Belostomatidae (3.4a), Nepidae, Gelastocoridae, Naucoridae, Pleidae, Notonectidae, Saldidae, Veliidae, Gerridae, Hydrometridae, Mesoveliidae e Hebridae.

- **Biologia** – os hemípteros caracterizam-se por ter as partes da boca modificadas e um bico chupador fixado na parte anterior da cabeça. As asas anteriores são duras e as interiores membranosas. A metamorfose é simples e gradual: ovo, ninfa e adulto. Os ovos são colocados nos substratos, na vegetação, solo e alguns sobre o dorso dos machos. A respiração é aquática, mas dispõem também de tubos anais, canais abdominais e reservatórios dorsais que permitem trocas gasosas com a atmosfera.
- **Ecologia** – os hemípteros são predadores de outros insetos aquáticos e terrestres, sendo que as espécies maiores podem alimentar-se de pequenos peixes. Vivem em remansos de rios, lagos e pântanos e poucos resistem a correntes fortes. Algumas espécies resistem a certo grau de salinidade e a temperaturas termais. Segundo Callisto (2004) algumas espécies são bentônicas, vivendo no sedimento, algumas vivem na interface água-ar, enquanto que outras vivem sobre a lâmina d'água, devido à presença de pêlos hidrofóbicos. Na Serra do Cipó-Minas Gerais, espécimes do gênero *Limnocoris* (figura 3.4b) exibem mimetismo com o girino da espécie *Hyla* (Hylidae).

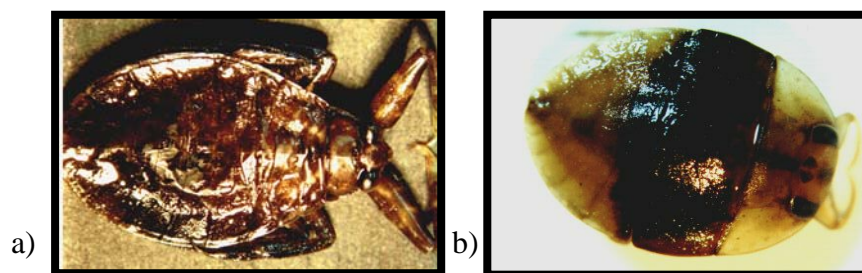


Figura 3.4 – Ilustrações de (a) um Hemiptera da família Belostomatidae e (b) outro do gênero *limnocois*. Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.5 – Ordem Coleoptera

Os coleópteros são um dos grupos mais numerosos. Podem ser aquáticos, semiaquáticos e terrestres, às vezes de difícil definição de *habitat*, mas algumas formas terrestres podem cair na água, adaptar-se e viver normalmente. As espécies aquáticas são cosmopolitas. Possui 17 famílias principais. Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Elmidae, Noteridae, Haliplidae, Staphylinidae, Psephenidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Lampyidae, Limnichidae, Dryopidae, Lutrochidae, Amphizoidae.

- **Biologia** – os coleópteros adultos (figura 3.5b) caracterizam-se por possuir corpo compacto e nas partes bucais possuem formas mandibulares que determinam seu **nicho ecológico*** (glossário). As antenas são visíveis e variam em forma e segmento. As asas cobrem o tórax e o abdômen na maioria das espécies. Apresentam metamorfose completa, porém larvas (figura 3.5a) e adultos são muito diferentes. Apresentam ciclo de vida variável de meses a anos, dependendo da espécie, com etapas em: ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos dos coleópteros são depositados em rochas, troncos e vegetação aquática. Para muitas espécies, os ovos eclodem após 8 dias e as larvas podem permanecer por 60 dias, antes de se transformarem em pupa e em seguida adultos, após curto período no velo (experiências em laboratório). Em condições naturais adversas podem durar de 1 a 2 anos.
- **Ecologia** – algumas espécies de coleópteros desenvolvem todo o seu ciclo de vida na água, enquanto outras possuem somente larva e pupa aquáticas, sendo o adulto aéreo (Callisto, 2004). A maioria dos coleópteros aquáticos vivem em águas continentais lóxicas e lênticas. Vivem em troncos e folhas em decomposição e em pedras e vegetação aquática superficial ou submersa. A presença maior é em águas limpas, correntes fortes e com alto teor de oxigênio dissolvido e temperaturas médias. Em ambientes lênticos encharcados a temperatura pode ser baixa, média ou muito alta.

Alguns podem abandonar o ambiente aquático dependendo da hora do dia. Um exemplo é a família Elmidae que pela manhã pode ser encontrada em rochas ou troncos às margens dos rios. Os coleópteros apresentam nível trófico que vai desde o segundo até o quinto nível de redes alimentícias aquáticas, ou seja, herbívoros, carnívoros e detritívoros.

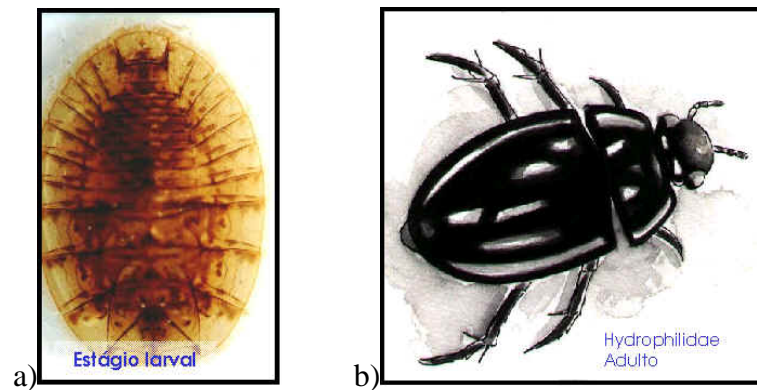


Figura 3.5 – Ilustrações de (a) um Coleóptera em estágio larval e (b) um adulto. Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.6 – Ordem Trichoptera

Os tricópteros adultos possuem as asas revestidas por pêlos – (Tricho= pêlos – ptera= asa) (Ruppert e Barnes, 1996) (figura 3.6c). Segundo Pérez, (1988) os tricópteros são cosmopolitas e foram descritos pela primeira vez no continente Americano por Burmeister (1939). Possui 12 famílias principais: Calamoceridae, Glossosomotidae, Helicopsychoidea, Hydropsychidae, Hidroptilidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Odontoceridae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae e Anomalopsychidae.

- **Biologia** – os tricópteros caracterizam-se por construírem casas e refúgios (figura 3.6a) em estágio larval (figura 3.6b), que servem também para captura de oxigênio e de alimento. Estes abrigos são utilizados para sua identificação. Quando larva os tricópteros vivem em todo tipo de *habitat* (lóticos, lênticos), mas nos ambientes lóticos frios têm sua maior representação. Eles se alimentam de material vegetal e de algas presentes nas rochas e alguns são predadoras. A maioria desenvolve-se em 1 ou 2 anos, permanecendo como pupa por 2 ou 3 semanas, quando se tornam adultos. Os ovos são colocados na água em uma massa gelatinosa.
- **Ecologia** – os tricópteros vivem em águas limpas e oxigenadas debaixo de troncos, pedras e material vegetal. Algumas espécies vivem em águas calmas e remansos de rios. São geralmente indicadores de boa qualidade de água.

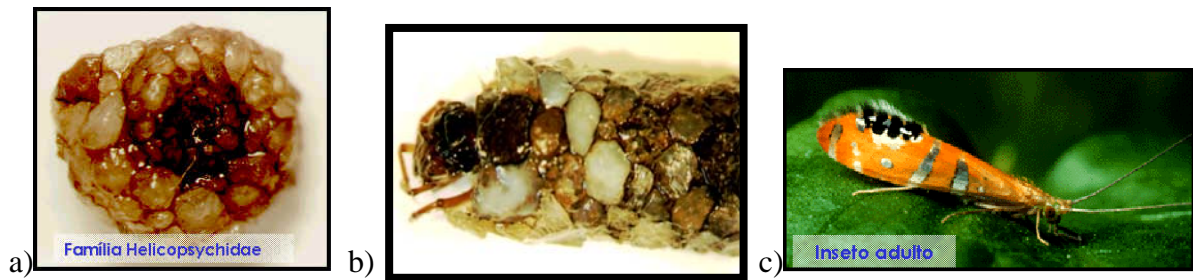


Figura 3.6 – Ilustrações de (a) um abrigo de Trichoptera da família Helicopsychidae, (b) uma larva da família Odontoceridae e (c) um adulto. Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.7 – Ordem Lepidoptera.

Os lepidópteros pertencem a um grupo pouco conhecido e a única família reportada no neotrópico é a Pyralidae, sem gênero conhecido.

- **Biologia** – os lepidópteros podem fabricar casulos de seda, que utilizam para locomoção na água. Alimentam-se de várias espécies de algas e diatomáceas. Colocam os ovos sobre rochas, em locais de forte correnteza.
- **Ecologia** – os lepidópteros vivem em águas muito oxigenadas e de corrente forte e fazem telhas sedosas sobre a superfície de rochas submersas. São considerados indicadores de águas oligotróficas.



Figura 3.7 – Ilustrações de lepidópteros adultos. Fonte: (Roldan, 2004).

3.3.8 – Ordem Diptera

Os dípteros são cosmopolitas e bem estudados em todo o mundo. Constituem uma das ordens mais diversas, abundantes e amplamente distribuídas. A ordem possui 2 subordens aquáticas: **Orthorrhapha** com infraordem Nematocera, com 8 famílias e 3 subfamílias: Tipulidae, Psychoridae, Blepharoceridae, Culicidae, Dixidae, Ceratopogonidae, Simuliidae (figura 3.8b), Chironomidae: (figura 3.8a) 3 subfamílias: (Orthocladinae, Tanypodinae e

Chironominae). **Subordem Cyclorrapha** com infraordem Brachycera e 6 famílias: Stratiomyidae, Tabanidae, Empididae, Dolichopodidae, Muscidae e Antomiidae.

- **Biologia** – os dípteros são um dos grupos mais evoluídos, juntamente com lepidóptera e tricóptera. O desenvolvimento do seu estágio larval varia de 1 semana a 1 ano. O corpo possui 3 segmentos torácicos, mas a característica mais importante é a ausência de patas torácicas e presença de 9 patas abdominais, recobertas de cerdas, ganchos e prolongamentos que facilitam a locomoção e adesão no substrato. Possui cor amarelada, branca ou negra. Alguns respiram através da cutícula por sífões aéreos, outros por garras com traquéias e outros com pigmentos respiratórios, para resistirem a baixa taxa de oxigênio. Normalmente põem ovos sobre a superfície da água, os quais se aderem às rochas e à vegetação.
- **Ecologia** – os dípteros vivem em *habitats* variados lóticos e lênticos, em troncos em brácteas de plantas etc... O hábito alimentar também é variado: alguns são herbívoros e outros são carnívoros. Os dípteros possuem famílias representantes de águas limpas como Simuliidae e contaminadas como Tipulidae e Chironomidae.



Figura 3.8 – Ilustrações de dípteras das famílias Chironomidae (a), Simuliidae (b) e uma **exúvia*** (glossário) de Chironomidae (c). Fonte: (Diemardem., 2004).

3.3.9 – Ordem Tricladida

Os Tricladidos pertencem ao Phylum Platyheminthes e à classe Turbellaria. São de ampla distribuição no planeta e a esta ordem pertencem as planárias, cujo tamanho pode chegar a 30 mm. As famílias principais são a Planariidae e a Dugesiidae (figura 3.9).

- **Biologia** – a maioria das espécies de tricladidos Sul Americanas possuem a cabeça triangular e apresentam cores diversas como: amareladas, pardas, negras ou brancas e com manchas de cores variadas. A cavidade do corpo funciona como boca e ânus. São fundamentalmente carnívoras, mas também se alimentam de algas e animais mortos,

em menor escala. A locomoção dos tricládidos é feita deslizando no substrato e poucas espécies podem nadar. A reprodução é sexuada e a maioria é hermafrodita, sendo os ovos colocados em casulos esféricos, que se fixam ao substrato mediante um pedúnculo. A respiração é basicamente epidérmica.

- **Ecologia** – a maioria dos tricládidos vive em águas lóaticas e lênticas pouco profundas, embaixo de rochas, troncos, folhas, ramos, bem oxigenadas, porém algumas espécies podem resistir a certo grau de contaminação. Os tricládidos são fontes de alimento de odonatos e outros insetos aquáticos, nematodos, anélidos e alguns crustáceos.



Figura 3.9 – Ilustração de Tricladida da família Dugesiidae, espécie *Girardia tigrina*: fonte: (Preza, 2004).

3.3.10 - Ordem Plecoptera.

O nome popular dos plec6pteros é “moscas de pedra” (Ruppert e Barnes, 1996). Os plec6pteros são praticamente cosmopolitas. No tr6pico norte a fam6lia predominante é a Perlidae. Na Am6rica do Sul s3 se conhecem as fam6lias: Gripopterygidae, e Perlidae (subfam6lia Acroneuriinae).

- **Biologia** – as ninfas de plec6pteros (figura 3.10a) se caracterizam por possuir dois cercos, largas antenas toráxicas em posiç3o ventral, às vezes apresentam garras anais. Os plec6pteros apresentam tamanhos variando entre 10 e 30 mm, sendo sua coloraç3o amarelo-clara (figura 3.10b), caf6-escura e negra. A respiraç3o é feita por garras e pela superf6cie corporal. Os ovos são postos sobre a águia durante a fase de velo e não se conhece o per6odo de eclos3o e surgimento de ninfas nos tr6picos.
- **Ecologia** – as ninfas de plec6pteros vivem em águas rápidas, bem oxigenadas, debaixo de pedras, troncos, ramos e rochas. São indicadores de águas muito limpas e oligotr6ficas. Segundo Callisto (2004) os plec6pteros são predadores táteis, procurando ativamente suas presas através de suas sens6veis antenas.

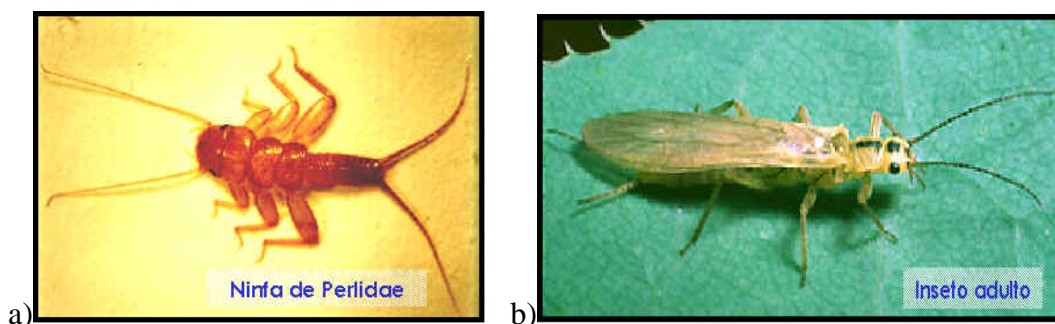


Figura 3.10 – Ilustrações de (a) uma ninfa de Plecoptera (família Perlidae) e (b) um adulto

Fonte: (Callisto, 2004).

3.3.11 - Classe Oligochaeta

Os oligoquetos aquáticos, que pertencem ao Phylum Annelida são utilizados nos índices biológicos pela classe. Famílias principais: Haplotaxidae, Aeolosomatidae, Opistocystidae, Enchytraeidae, Naididae, Alluroidae, Ocnerothricidae, Glossoscolecidae.

- **Biologia** – os oligoquetos aquáticos possuem a mesma estrutura dos terrestres, com tamanho variando de 1 a 30 mm. Alguns se locomovem arrastando-se pelo solo e outros nadam. Alimentam-se principalmente de algas filamentosas, diatomáceas e detritos de plantas e animais. A pele irrigada por capilares é a base da respiração, mas os que vivem enterrados constroem tubos no fundo que agitam a água obtendo maior quantidade de oxigênio. Possuem reprodução assexuada em algumas espécies e outras sexuadas. Possuem também a característica regenerativa de partes perdidas.
- **Ecologia** – a maioria dos oligoquetos vive em águas eutrofizadas com fundo abundante em detritos. Os tubificídeos (figura 3.11) podem viver a vários metros de profundidade, onde o oxigênio é escasso. A família Enchytraeidae habita águas doces, salobras e ambientes terrestres. Os oligoquetos são indicadores de contaminação. Em experiências laboratoriais, o gênero *Tubifex* pode resistir até 120 dias em condições anaeróbicas. A família Haplotaxidae é considerada a mais primitiva.



Figura 3.11 – Ilustração de Oligochaetas tubificídeos. Fonte: (Roldan, 2004).

3.3.12 – Classe Hirudinea

Os hirudíneos como os oligoquetos pertencem ao Phylum Annelida e estão presentes em todos os países do mundo, em ambiente marinho e de água doce. É o grupo conhecido como sanguessuga (figura 3.12). Na ordem Glossiphorme destacam-se as famílias Glossiphoniidae, Ozobranchidae e Piscicolidae. Na ordem Hirudiniforme as famílias Macrobdellidae, Semiscolecidae, Cyclobdellida e Cylicobdellidae.

- **Biologia** – os hirudíneos têm tamanhos que variam de 5 a 45 mm, com 34 segmentos formando o corpo, cada um com um gânglio e um par de nervos. Possuem corpo plano e caracterizam-se por apresentar uma ventosa anterior em volta da boca e outra caudal, as quais sevem para fixação. A coloração varia desde branco, escuro, transparente e rajado. Os hirudíneos locomovem-se com movimentos ondulatórios, com auxílio das ventosas e se alimentam de resíduos orgânicos, porém, a maioria é carnívora e se alimenta de caracóis, insetos, lombrigas d'água e outros invertebrados. Alguns hirudíneos são parasitas de peixes, rãs, crustáceos, tartarugas, etc... Apesar de serem conhecidas como sanguessugas, apenas poucas espécies atacam o homem e outros vertebrados com este propósito. A respiração é feita pela pele que é totalmente irrigada por capilares. Reproduzem aos pares, apesar de serem hermafroditas. Os ovos são colocados na água, envolvidos por casulos que se fixam ao substrato.
- **Ecologia** - os hirudíneos vivem em ambientes lânticos, sobre troncos, rochas, plantas e resíduos vegetais e toleram baixas concentrações de oxigênio. Podem ser encontrados em grande número, em locais com abundância de matéria orgânica em decomposição. São indicadores de ambientes contaminados.



Figura 3.12 – Ilustração de um Hirudinea. Fonte: (Roldan, 2004).

3.3.13 – Classe Arachnoidea

A classe Arachnoidea pertence ao Phylum Arthropoda e representa as aranhas, escorpiões e os ácaros, mas em ambientes aquáticos é representada apenas pelos ácaros d' água, os quais são cosmopolitas. Neste grupo está a ordem Acari, subordem Trombidiforme e 12 famílias: Hydracnidae (figura 3.13), Limnocharidae, Eylaidae, Clachrosperchonidae, Hydrodromidae, Tyrrelliidae, Hygrobatidae, Ulnioniciolidae, Axonopsidae, Krendowskijidae, Arrenuridae e Lymnessiidae.

- **Biologia** – os aracnídeos possuem tamanhos que variam de 0,4 a 3 mm. As fases imaturas diferenciam-se enormemente da fase adulta nos hábitos. Apresentam-se em cores amarelas, azuis, verdes e pardas; alimenta-se de pequenos crustáceos, insetos e alguns são **saprofíticos*** (glossário) e parasitas de outros animais. A maior parte das espécies pertencentes à ordem Arachnoidea faz intercâmbio gasoso através da pele, embora algumas possuam sistema traqueal. Os aracnídeos colocam os ovos sobre pedras e restos orgânicos, os quais eclodem em 6 ou 8 semanas, dependendo da espécie e das condições ambientais. A forma larvária é parasita de insetos aquáticos, principalmente plecópteros, odonatos, dípteros e hemípteros. Após um tempo variado de dias ou meses as larvas dos aracnídeos transformam-se em ninfas de vida livre e depois adultos.
- **Ecologia** – os ácaros aquáticos ocorrem em sua maioria em *habitat* de água doce, em lagos arroios, pântanos e alguns em águas termais, fixando-se em brácteas de plantas **epífitas*** (glossário). Normalmente são encontrados em águas limpas em fundo pedregoso, mas não podem ser considerados indicadores de qualidade de água, devido a sua versatilidade.



Figura 3.13 – Ilustração de um Arachnoidea.

3.3.14 – Classe Gastropoda

Nesta classe, pertencente ao Phylum Mollusca, estão presentes três quartos dos moluscos. A classe Gastropoda possui 3 subclasses: Prosobranchia com ordem Archeogastropoda – família Neritidae; ordens Neogastropoda e Mesogastropoda com as famílias: Ampuliariidae ou Pilidae, Hydriviidae e Melaniidae. A subclasse Opisthobranchia é exclusivamente marinha e a subclasse Pulmonata possui a ordem Stylomatophora (terrestres) e a ordem Basommatophora: famílias: Chiliniidae, Lymnaciidae, Physidae, Ancyliidae e Planorbidae (aquáticas).

- **Biologia** – a maioria dos gastrópodos (figura 3.14) possui uma concha enrolada em espiral, com tamanho variado de 2 a 70 mm. Possuem uma porção muscular que se projeta para fora da concha. A maioria é herbívora e se alimenta de algas e resíduos vegetais. O sangue é bombeado por um coração e um composto de cobre transporta o oxigênio. Alguns têm respiração estritamente aquática. Sexualmente, existem espécies de gastrópodos hermafroditas e com sexos separados. Os ovos são depositados em uma massa gelatinosa sobre rochas, paus e folhas. O período de vida dos gastrópodos dura de 9 a 15 meses. Eles são alimento de peixes, pássaros e anfíbios e também são atacados por sanguessugas e larvas de hemípteras, coleópteras e odonatas.
- **Ecologia** – os gastrópodos vivem em ambientes de águas salinas, principalmente ricas em carbonato de cálcio, essencial para a formação da concha. São geralmente considerados indicadores de águas duras e alcalinas. A maior parte requer altas concentrações de oxigênio, mas alguns podem resistir a ambiente com presença de restos orgânicos.



Figura 3.14 – Ilustração de um Mollusca da classe Gastropoda. Fonte: (UCM.ES, 2004).

3.3.15 – Classe Bivalvia

Esta Classe envolve a subclasse Paleoeterodonta – ordem Unioida – **Superfamília** – Unionoidea (figura 3.15) e família Hyriidae – **Superfamília** – Muteloidea – família – Mycetopodidae. Em outro ramo a Subclasse Heterodonta – ordem – Veneroidea – **Superfamília** - Curbiculoidea – famílias: Corbiculidae e Pisidiidae.

- **Biologia** – o tamanho dos bivalves varia de 2 a 180 mm de largura, com cores variando de parda-claro, verde ou negra. São filtradores de plâncton e detritos. Na reprodução, na ordem Oninoida, os gametas femininos são retidos nas hemibrânquias internas, onde são fertilizados pelos gametas masculinos. Depois da incubação são expelidas as larvas, as quais podem ser parasitas de vida livre, dependendo da espécie. Na Superfamília Muteloidea as larvas são parasitas de peixes.
- **Ecologia** – os bivalves são de água doce, lóticis e lênticos, sendo abundantes neste último ambiente. É comum encontrá-los enterrados nos substratos ou fixados na vegetação aquática. São mais abundantes em águas alcalinas, normalmente com pH acima de neutro (7), principalmente em águas duras, abundantes em carbonato e são indicadores de águas alcalinas e duras.



Figura 3.15 – Ilustração de um bivalve da família Unionidinae – (*Unio tumidis*). Fonte: (UCM.ES, 2004).

3.4 - Vantagens do uso de macroinvertebrados bentônicos em monitoramento.

Almeida e Tertuliano (2000) afirmam que uma das vantagens, dentre outras, no uso de macroinvertebrados é que estes são encontrados na maioria dos ambientes aquáticos, respondem a diversos estressores, indicam condições localizadas, bioacumulam substâncias tóxicas, são de amostragem rápida e fácil e o impacto sobre as comunidades pode ser rapidamente ligado com o fator de degradação ambiental. Segundo (Navas-Pereira, 1994), muitas vezes, considera-se que o trabalho com macroinvertebrados exige mão de obra altamente qualificada e de alto custo, o que não é verdade, pois os organismos são de fácil identificação e as análises são de baixo custo. Segundo Karr (1991 e 1993), Engle (2000) apud Feitosa (2003) a comunidade bentônica pode ser afetada pelas condições ambientais adversas, em função de atividades antrópicas, das seguintes formas:

1 - Qualidade da água e do sedimento (hipoxigenação, salinidade, temperatura e contaminantes);

2 - Estrutura do habitat e regime hidrológico (tipo de substrato, profundidade da água, complexidade do meio físico);

3 - Fonte de energia (características do material orgânico que entra no corpo d'água) e;

4 - Após uma perturbação ambiental, os macroinvertebrados necessitam de um tempo mínimo para a recolonização, próximo de um mês ou mais (Alba-Tercedor, 1996).

3.5 – Desvantagens do uso de macroinvertebrados bentônicos em monitoramento.

As desvantagens no uso de macroinvertebrados são:

1 - Não respondem a todos os impactos;

2 - Variações sazonais podem impedir comparações em épocas diferentes;

3 - Dificuldade de identificar certos grupos em nível de espécie, além das variações com a ordem dos riachos;

4 - Diferenciações regionais e entre os ambientes aquáticos.

5 - Falta de informação sobre as tolerâncias ambientais de grupos e espécies nos trópicos e sub-trópicos.

3.6 – Alguns estudos com macroinvertebrados.

Na Colômbia, na cidade de Santiago de Cali, Cardoso (1984) trabalhou o índice Shannon-Wiener, correlacionando a qualidade biológica com as características físicas e

químicas, no rio Cali, onde havia recebimento de alta carga de DBO₅/dia e em um trecho com boa qualidade ecológica (baixa taxa de carga orgânica). Encontrou neste último trecho um índice de diversidade de 3,50 *bits** (glossário) (Shannon-Wiener), destacando-se 39 famílias de macroinvertebrados bentônicos. Quantitativamente 52,6% dos indivíduos eram de insetos sensíveis à poluição: efemerópteras 34,3%, tricópteros 7,4%, odonatos 6,0% e 4,9% de plecópteros. No trecho com incremento de carga orgânica houve limitação da fauna bentônica, diminuindo a diversidade. Os insetos sensíveis desapareceram e o índice de diversidade caiu para 0,9 bits (Shannon-Wiener). Foram encontradas apenas 8 famílias, sendo 71% de oligochaetas e 16,1% de insetos tolerantes. Concluiu que a estrutura da fauna bentônica serve para determinar a qualidade de um corpo d'água com um mínimo de amostras e baixo custo.

Trabalhos em pequena escala, utilizando vários índices com macroinvertebrados bentônicos já existem no Brasil. Em ambientes lênticos, Marques *et. al.* (1999) realizaram um estudo em duas lagoas em Minas Gerais, Lagoa Carioca e a Lagoa da Barra, utilizando para a medida de diversidade o índice de Shannon-Wiener. A classificação de grupos funcionais de alimentação de Merrit e Cummins (1984) foi utilizada, sendo agrupados os organismos em seis **guildas*** (glossário) funcionais: predadores, filtradores, fragmentadores, raspadores, coletores e parasitas. A similaridade entre os dois ambientes foi calculada através do índice de Sorensen. Foi encontrada uma similaridade de 42% entre as lagoas e verificou-se que peixes invertívoros, bem como a qualidade do *litter** (glossário), interferem na abundância das comunidades de macroinvertebrados.

Em ambiente lêntico, algumas comunidades de Oligochaeta da Lagoa dos Patos no rio Ivinhema (afluente do rio Paraná) foram estudadas por Montanholi-Martins e Takeda (2001) com o objetivo de analisar associação de espécies e mudanças temporais na função de variáveis abióticas em diversos locais. Os pesquisadores identificaram 17 espécies.

Barbosa *et. al.* (2000) trabalharam na Serra do Cipó, na Bacia do rio São Francisco e rio Doce, em Minas Gerais (1996 a 1999), objetivando avaliar a diversidade, classificar as comunidades mais afetadas pelas atividades antrópicas. Os pesquisadores descobriram, apesar do alto grau de degradação das bacias estudadas, 169 taxa de macroinvertebrados bentônicos. Encontraram alta diversidade e abundância, bem como taxa sensíveis nas áreas mais preservadas, próximas aos parques, demonstrando a melhor qualidade da água nas áreas protegidas, embora estivessem estas áreas com algum grau de impacto. Em áreas extensivas de *eucalyptus* e em processo de urbanização, revelou-se a baixa qualidade das águas, devido

as seguintes características encontradas: baixa diversidade de espécies mais resistentes (*Oligochaeta* e *Chironomus*); deformação morfológica em larvas de *Chironomus*, sendo relacionadas estas mutações à acumulação de metais e alta concentração de P (fósforo) e N (nitrogênio).

Também na Serra do Cipó, Galdean *et. al.* (1999) trabalharam nos meses de maio e setembro de 1997 (seca) e fevereiro e março de 1998 (cheia), com amostras coletadas no rio Cipó e córrego Congonhas na bacia do rio São Francisco e rios Peixe e Preto do Itambé e córrego Indaiá na bacia do rio Doce, objetivando a representação das famílias de macroinvertebrados com a disponibilidade de fontes tróficas e as características de *habitats* e *micro-habitats*. Coletaram em 20 estações, 43 amostras de sedimentos, realizando análises físicas e químicas da água como: temperatura, pH, OD e condutividade. Nas amostras de macroinvertebrados bentônicos, obtiveram um domínio de larvas de insetos aquáticos das ordens: Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera e Diptera-Chironomidae, sendo encontrada *Oligochaeta* em baixa densidade. Os *habitats* com maior abundância e diversidade foram: leitos rochosos dos rios, leito argiloso, pontos com macrófitas aquáticas e pontos com substancial vegetação ripária. Os pesquisadores concluíram que o conhecimento das famílias de macroinvertebrados bentônicos, fornece elementos necessários para definição de estratégias de conservação da área estudada.

Em outro trabalho de classificação dos cursos d'água, na Serra do Cipó em Minas Gerais, Galdean *et. al.* (2000) utilizaram macroinvertebrados bentônicos, correlacionando a algumas características físicas e químicas da água. Coletaram 18 amostras nos rios Cipó, Peixe, Preto do Itambé e nos córregos Indaiá e Congonhas, definindo como classe I os trechos sem atividades antrópicas; classe II, os trechos com algumas atividades e classe III para os trechos com diversas atividades antrópicas. Os trechos da classe I mostraram-se com alta riqueza e diversidade de taxa. Na classe II houve preservação da diversidade e a classe III mostrou-se eutrofizada e com baixa diversidade bentônica. Os pesquisadores concluíram que estudos desta natureza contribuem para o monitoramento de áreas e para definições de políticas e tomadas de decisão, permitindo a conservação da qualidade das águas para as gerações futuras.

Takeda *et. al.* (1991) realizaram coletas mensais em duas estações no rio Baía, na Bacia do rio Paraná, na divisa dos estados do Paraná e Mato Grosso do Sul, no período de outubro 1986 a setembro de 1988. Registraram os seguintes grupos de macroinvertebrados: Estação I (canal mais largo) – Nematoda, Bivalvia, *Oligochaeta*, Ephemeroptera,

Chironomidae e pupa de Diptera. Na estação II (canal estreito) – Bivalvia, Oligochaeta, Ephemeroptera, Odonata, Chironomidae, Chaoboridae, pupa de Díptera e Acarina. Houve mudança na predominância temporal nas duas estações, que é explicada em parte pelas diferenças da acidez da água na estação I. Não houve coincidência mensal dos grupos predominantes, fato que não pode ser explicado apenas com base nos dados semi-quantitativos. Com relação ao fluxo do rio Baía, apesar de ser lento pode causar distúrbios, com aumento da instabilidade dos sedimentos, o que dificulta a fixação dos macroinvertebrados, principalmente no período de cheia, que normalmente conduz a uma alta taxa de mortalidade.

Takeda *et. al.* (1999) fizeram coleta mensal no período de outubro de 1986 a setembro de 1987 no canal do rio Paraná denominado Curutuba, também na divisa do Paraná com Mato Grosso do Sul. As análises biológicas foram comparadas com análises físicas e químicas. Os Grupos de macroinvertebrados encontrados foram: Bivalvia, Oligochaeta, Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera, Chironomidae, Chaoboridae, pupa de Diptera e Acarina. O canal Curutuba provém do rio Paraná e deságua no rio Ivinhema. Por este motivo, foi feita comparação com dados físicos e químicos destes rios, sendo concluído que o ponto de coleta teve mais influência do rio Paraná do que do rio Ivinhema. No período com pouca flutuação no nível das águas, houve diferenças de predominância dos grupos, destacando Trichoptera, Ephemeroptera. Com o aumento do nível do rio Paraná e conseqüentemente do canal Curutuba, predominou o grupo Chironomidae. A explicação é que estes organismos são estritamente bentônicos depois do primeiro estágio do ciclo de vida e, portanto, mais difíceis de serem carregados pela correnteza.

3.7 – A utilização de índices biológicos

Os índices biológicos no estudo da qualidade da água, normalmente relativo à poluição orgânica, são muito utilizados na Europa e Estados Unidos. Os macroinvertebrados bentônicos têm sido o grupo de maior utilização nos diversos índices criados. Um dos índices biológicos mais adaptados e utilizados na avaliação de qualidade de água com macroinvertebrados bentônicos é o do Biological Monitoring Working Party (BMWP) (Armitage *et al.*, 1983), enquanto que nos Estados Unidos, o índice de Hilsenhoff (Klemm *et al.*, 1990) é bastante utilizado.

3.7.1 - O Índice BMWP

O índice do Biological Monitoring Working Party (BMWP) foi criado em 1976 e é um dos índices mais utilizados na Europa e nos Estados Unidos, tendo sido um dos mais adaptados no mundo em estudos de qualidade de água, utilizando macroinvertebrados bentônicos. Em 1978 foi produzida a primeira versão com sistema de pontuação, sendo no mesmo ano feitos testes para avaliar a adequação do sistema de contagem em pesquisa nacional (Armitage, *et al.*, 1983). Trabalha-se em nível de família, conforme mostrado na Tabela 3.2:

Tabela 3.2 – O BMWP - “sistema de pontuação”.

Famílias	Pontuação
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae.	10
Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae,	8
Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae.	7
Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platyenimidae, Coenagriidae.	6
Mesoveliidae, Hydrometridae, Guerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Aliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Elminthidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocoelidae.	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae.	4
Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae, Asellidae.	3
Chironomidae,	2
Oligochaeta (classe inteira).	1

Fonte: (Armitage *et al.* 1983).

Uma das primeiras adaptações do índice BMWP e uma das mais conhecidas e citadas em trabalhos científicos foi a feita por Alba-Tercedor e Sanchez-Ortega em 1988. Em 1996, na cidade de Granada na Espanha, Alba-Tercedor o utilizou novamente, sendo especificadas as famílias contidas na Tabela 3.3. No Brasil, Junqueira & Campos (1998) realizaram uma adaptação do BMWP no alto rio das Velhas em Minas Gerais. O índice foi adaptado conforme as famílias na Tabela 3.4.

Tabela 3.3: Famílias do BMWP adaptado por Alba-Tercedor (1996).

Famílias	Pontuação
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molanidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae, Athericidae, Blepharicidae.	10
Astacidae, Lestidae, Calopterygidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae, Glossomatidae.	8
Ephemerellidae, Prosopistamidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Ecnomidae.	7
Neritidae, Viviparidae, Ancylidae, Thiaridae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Atyidae, Platycnimitidae, Coenagrionidae.	6
Oligoneuridae, Polymitarcidae, Dryopidae, Elmidae, Helophoridae, hydrochidae, Hydraenidae, Clambidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae, Planariidae, Dendrocolellidae, Dugesiidae.	5
Baetidae, Caenidae, Haliplidae, Curculionidae, Chysomelidae, Tabanidae, Stratiomyidae, Empididae, Dolichopodidae, Dixidae, Certopogonidae, Anthomyidae, Limoniidae, Psychodidae, Sciomyzidae, Rhagionidae, Sialidae, Piscicolidae, Hidracarina.	4
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Pleidae, Veliidae, Nonectidae, Corixidae, Asellidae, Ostracoda, Valvatidae, Hydrobiidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Bithyniidae, Bythinellidae, Sphaeriidae, Glossiphonidae, Hirudidae, Erpobdellidae.	3
Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Thaumaleidae.	2
Oligochaeta (todos), Syrphidae	1

Fonte: (Alba-Tercedor, 1996).

Tabela 3.4: Famílias do BMWP adaptado para o Rio das Velhas-MG.

Famílias	Score
Siphonuridae, Gripopterygidae, Pyralidae, Odontoceridae, Hydropsychidae, Helicopsychidae	10
Leptophlebiidae, Perlidae, Hebridae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Calopterygidae, Psephenidae, Dixidae.	8
Leptohyphidae, Veliidae, Leptoceridae, Polycentroptilidae.	7
Glossosomatidae, Hydroptilidae, Gyrinidae, Coenagrionidae, Ancylidae.	6
Naucoridae, Belostomatidae, Corixidae, Nepidae, Hydropterygidae, Gomphidae, Libellulidae, Dytiscidae, Corydalidae, Dugesidae, Simuliidae.	5
Baetidae, Elmidae, Hydrophylidae, Athericidae, Empidoidea, Tabanidae.	4
Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphonidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Culicidae	3
Erpobdellidae, Chironomidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Syrphidae..	2
Oligochaeta (todos)	1






Fonte: (Junqueira & Campos, 1998).

Analisando a Tabela 3.2 (BMWP original), Tabelas 3.3 e 3.4 (BMWP adaptados) percebe-se uma grande diferença das famílias, ou seja, famílias que existem em uma e não existem em outra, a exemplo: (Phryganeidae, Molaniidae e Ocontoceridae, etc...), além de famílias que valem menos pontos em uma tabela do que em outra, como: a família Caenidae (7 pontos na Tabela 3.2 e 4 pontos na tabela 3.3). Família Libellulidae (5 pontos na tabela do BMWP adaptado no Brasil (Tabela 3.4) e 8 pontos nas outras duas). Em várias outras adaptações estas diferenças persistem e é natural que elas aconteçam, demonstrando a variabilidade das famílias para eco-regiões, principalmente em função das condições naturais, tais como: clima e características da água, bem como separação geográfica.

As pontuações nas tabelas são feitas quantitativamente e não qualitativamente, ou seja, os valores são contados em função dos exemplares das famílias encontradas e não com relação à quantidade encontrada. Por exemplo: se encontrado apenas um exemplar de qualquer família contida na primeira linha da tabela (Siphonuridae, Gripopterygidae, Odontoceridae...) serão contados 10 pontos. Se encontrada qualquer quantidade acima de um, também serão contados 10 pontos. Se encontradas quaisquer quantidades de exemplares da classe Oligochaeta, conta-se apenas 1 ponto. A soma das pontuações por famílias encontradas para as amostras determina o valor do índice biótico encontrado. A classificação da qualidade da água em 5 classes é determinada pela faixa de pontuação, indicando a qualidade, bem






como um padrão indicativo de cor, que pode ser utilizado em cartografia. Os exemplos nas Tabela 3.5 e 3.6 são respectivamente do índice BMWP adaptado, por (Junqueira & Campos, 1998) para o rio das Velhas em Minas Gerais e por (Alba-Tercedor, 1996).

Tabela 3.5 - Classes de qualidade, significado de valores e utilização cartográfica para o Rio das Velhas-MG.

Classe	Faixa de “Score”	Qualidade da água	Padrão Indicativo
1	> 81	Excelente	
2	80-61	Boa	
3	60-41	Regular	
4	40-26	Ruim	
5	< 25	Péssima	

Fonte: (Junqueira & Campos, 1998).

Tabela 3.6 – Classes de qualidade, significado dos valores e utilização cartográfica (Granada-Espanha).

Classe	Faixa de “Score”	Qualidade	Significado	Cor
1	> 150		Águas muito limpas	
	101-120	Excelente	Sem contaminação ou alteração de modo sensível	
2	61-100	Boa	alguns efeitos de contaminação	
3	36-60	Regular	Contaminadas	
4	16-35	Ruim	Muito contaminadas	
5	Péssima	Péssima	Fortemente contaminada	

Fonte: (Alba-Tercedor, 1996).

3.7.1.1 – Algumas adaptações do Índice BMWP.

Miserendo e Pizzolon (1996) realizaram um estudo em 43 rios da Patagônia, na Argentina, com uma adaptação do BMWP, utilizando 95 famílias de macroinvertebrados entre os anos 1991 e 1996, fazendo comparações com o IAP – “*Andean Patagonian Index*” (índice biológico utilizado na Patagônia). Obtiveram resultados muito próximos e passaram a aplicar um índice chamado BMPS (*Biotic Monitoring Patagonian Streams*), o qual também estabelece pontuação de 1 a 10 para determinadas famílias de macroinvertebrados.

Junqueira *et al.* (2000) realizaram um trabalho de adaptação do BMWP, na bacia do rio das Velhas, em Minas Gerais com base em dados históricos de levantamentos de macroinvertebrados de 1985 a 1996. Constataram que sempre que os dados físicos e químicos apresentavam maior teor de poluição, a diversidade das comunidades de macroinvertebrados diminuía. Nos trechos com alta carga orgânica, houve predomínio de Oligochaetas Tubificídeos. Fizeram adaptações na pontuação das famílias de macroinvertebrados que são utilizadas no BMWP (Armitage *et al.*, 1983), pois várias delas não refletiam a realidade, devido a sua tolerância ser estudada em clima temperado. Incluíram no novo índice, diversas famílias que não constavam do BMWP (Armitage *et al.*, 1983).

3.7.2 – O Índice Hilsenhoff

O Índice Hilsenhoff (Klemm *et al.*, 1990) trata-se de um índice biológico que também usa alguns valores de tolerância de alguns grupos taxonômicos de macroinvertebrados (Tabela 3.7) e relaciona tais valores à qualidade da água em excelente, boa, ruim e péssima, além do grau de poluição orgânica em: sem poluição, pouca poluição, média poluição e alta poluição (Tabela 3.8).

Tabela 3.7 – Planilha de cálculo do índice biótico.

Grupo Taxonômico	A Valor de Tolerância	B Número de M.A	C Total
Plecoptera	1,1		
Megaloptera	2,0		
Trichoptera	2,8		
Tipulidae	3,0		
Ephemeroptera	3,5		
Anisoptera	4,0		
Tubellaria	4,0		
Coleoptera	4,3		
Diptera	5,6		
Chironomidae	6,0		
Simuliidae	6,0		
Amphipoda	6,0		
Gastropoda	7,0		
Zygoptera	7,6		
Oligochaeta	8,0		
Isopoda	8,0		
Hirudinea	10,0		

Fonte: (Klemm *et al.*, 1990)

Tabela 3.8 – Relação entre índice biótico de Hilsenhoff e qualidade da água.

Índice Biótico	Qualidade da Água	Grau de Poluição Orgânica
< 3,75	Excelente	Sem poluição orgânica
3,76 a 5,00	Boa	Pouca poluição orgânica
5,1 a 6,5	Ruim	Média poluição orgânica
6,6 a 10,0	Péssima	Alta poluição orgânica

Fonte – Valores de Tolerância baseados na escala de 0 a 10. (Klemm *et al.*, 1990).

Fórmulas de Cálculo: 1ª fórmula: $A \times B = C$

2ª fórmula: Total de $\frac{C}{B} = I$, onde:

A = valor de tolerância dos organismos; B = Número de organismos da amostra e I = índice. Usa-se a Tabela 3.8 para determinar a qualidade da água e o grau de poluição orgânica representado pelo valor biótico calculado.

4. METODOLOGIA

4.1 – Escolha da área de estudo

A área escolhida para o desenvolvimento do trabalho, localiza-se em Furnas dos Dionísios está localizada a 47 km de Campo Grande, no município de Jaraguari, ao sul da Vila Paratudo e ao norte do distrito Rochedinho, no Estado de Mato Grosso do Sul (Figura 4.1). O acesso é feito pela estrada que liga Campo Grande ao distrito de Rochedinho. A área situa-se entre as latitudes 20° e $20^{\circ} 30'$ S e longitudes $54^{\circ}45'$ e $54^{\circ}15'$ N (Oliveira, 2002).



Figura 4.1: Localização da área de estudo.

Com relação à climatologia da área, foram encontrados apenas dados relacionados ao município de São Gabriel do Oeste. Por ser este município, próximo de Jaraguari e de Furnas dos Dionísios, pode-se ter uma base da climatologia regional. O clima é tropical chuvoso, sem estação fria, mas com estação seca (inverno) bem definida com, pelo menos, um mês com precipitação menor que 60 mm, sendo a menor temperatura média mensal superior a 18 °C. Os demais dados são descritos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Valores climatológicos estimados para São Gabriel do Oeste-MS.

Precipitação anual	1.500 mm
Precipitação máxima em 24 horas	160 mm
Trimestre mais chuvoso	Janeiro/fevereiro/março
Temperatura média de janeiro	24 °C
Temperatura média de julho	19 °C
Temperatura máxima média de janeiro	31 °C
Temperatura máxima média de julho	22 °C
Temperatura mínima média de janeiro	22 °C
Temperatura mínima média de julho	13 °C
Temperatura máxima absoluta	40 °C
Temperatura mínima absoluta	- 2 °C
Umidade relativa média de janeiro	80%
Umidade relativa média de julho	65%
Brilho solar (insolação) janeiro	190 horas
Brilho solar (insolação) julho	245 horas

Fonte: (Embrapa, 1997).

A área de coleta foi determinada em razão de ser pouco impactada. Está praticamente dentro de uma depressão, sendo pouco afetada por atividades antrópicas, apesar de existirem moradores na região. Sendo o objetivo do trabalho iniciar levantamentos de famílias de macroinvertebrados presentes no Estado de Mato Grosso do Sul, julgou-se importante trabalhar com área pouco degradada, ou sem degradação, pois dessa forma, a diversidade de espécies seria mais representativa. O local é habitado por uma comunidade quilombola, que desenvolve como atividades econômicas principais a agricultura familiar, pecuária leiteira com pouco gado, além de existirem duas pequenas feculares que funcionam em sistema artesanal. Existe pouca mecanização para o desenvolvimento das atividades, à exceção de poucos tratores. Toda a comunidade reside dentro de uma depressão, sendo a maior parte da

área disponível, de encosta ou morro, dificultando as atividades econômicas. Também, os próprios moradores estão conscientes da necessidade de conservação dos recursos naturais e normalmente, apesar do ambiente inadequado para as atividades, elas são desenvolvidas de forma a causar o menor impacto possível à qualidade ambiental.

De qualquer forma, a comunidade recebe resíduos de atividades agrícolas (mandioca, feijão, tomate, horticultura) existentes a montante, na bacia do córrego Salto (onde foram feitas às coletas), que adentra a depressão. Mesmo assim, verificou-se que a população utiliza a água deste córrego, para consumo, após tratamento simples. Também algumas atividades dentro da área da comunidade têm causado alguns impactos ambientais significativos. A retirada da vegetação dos morros e suas encostas, para o desenvolvimento de atividades agrícolas tem exposto o solo ao “*splash*”* (glossário), causando desagregação do solo e contribuindo com processos de ravinamento, tendo algumas **ravinas*** (glossário) já evoluído para vossorocas, o que tem conseqüentemente, carregado sedimentos para os cursos d’água, gerando processos de assoreamento (figura 4.2).

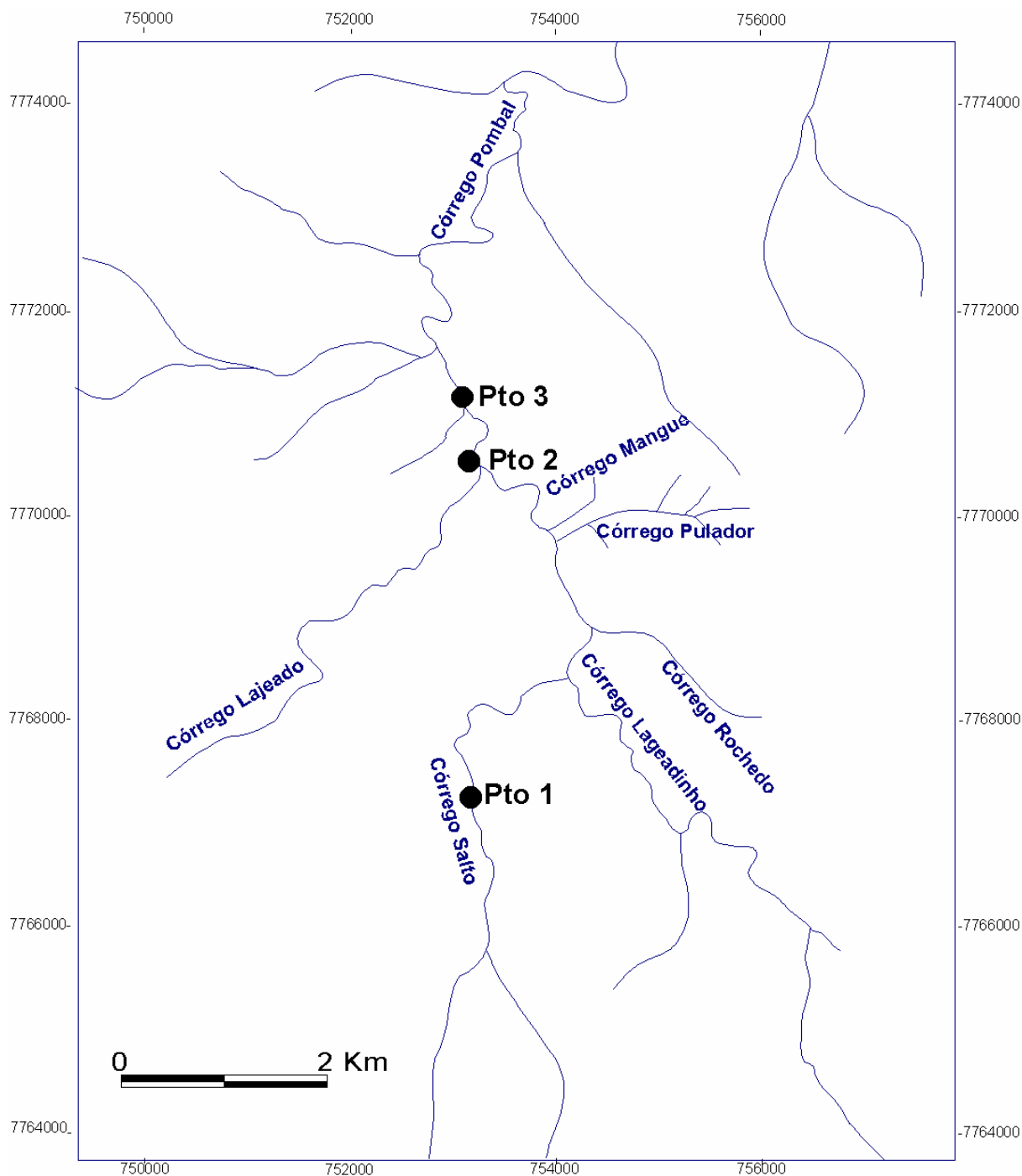


(2003).

Figura 4.2 – Ilustração de um processo erosivo e ravinas na encosta e em um morro.

4.2 – Materiais e Métodos.

Os pontos amostrados foram escolhidos em visita prévia, no mês de fevereiro de 2003, sendo definidos três pontos no córrego Salto, onde foram coletadas 5 amostras para bentos e uma amostra d’água para as análises físicas e químicas em cada ponto. A primeira coleta foi realizada no dia 14 de outubro de 2003 e a segunda no dia 10 de fevereiro de 2004. A escolha das datas deu-se em função da pluviosidade. A primeira coleta foi realizada em um período considerado na região, como de pouca chuva (seco) e a segunda coleta foi realizada em um período considerado chuvoso (cheia), pois uma das características que se queria analisar, era a influência das cheias e secas na composição taxonômica e na quantidade dos macroinvertebrados bentônicos. Os pontos foram indicados na figura 4.3.



Fonte: Oliveira (2002)

Figura 4.3 – Ilustração do córrego Salto, seus afluentes, e plotagem dos pontos de coleta.

Para definir a posição longitudinal dos pontos ao longo do riacho foi calculada a distância entre os pontos a partir de cartografia. Distâncias: do salto (cachoeira) ao ponto 1: 900 m; do ponto 1 ao 2 - 5.150 m; do ponto 2 ao 3 - 945 m. Durante cada coleta foram medidos:

1) a profundidade, através de uma haste marcada a cada 10 cm. As medidas foram feitas em 17 seções a cada 30 cm e a média de profundidade em cada ponto foi considerada como a profundidade média do ponto;

2) a velocidade da corrente e a vazão com utilização de molinete, em profundidade de 0,6 m, numa seção de pontos a cada metro. Identificação do Molinete: A. OTT-15973. Equação: $V = 0,1351 \times N + 0,0248$, onde V a vazão e N o número de giros da hélice do molinete;

3) a presença ou ausência de troncos ou galhos submersos, macrófitas aquáticas e folhíço (descrição visual e de materiais aparados pelas redes). O sedimento foi retirado e o material orgânico pesado, após secagem;

4) a ocorrência ou não de sombreamento (causado por vegetação arbórea, arbustiva ou herbácea pendente sobre a água ou mergulhada);

5) o tipo de substrato;

6) a largura, que foi determinada ao final da medida das vazões nos pontos;

7) temperatura.

Uma amostra d'água de cada ponto foi analisada no laboratório para as características, unidades e técnicas listadas na Tabela 4.2. As análises comparativas dos resultados físicos e químicos foram realizadas conforme os padrões exigidos pela legislação com relação ao uso preponderante que se faz da água.

Além de várias alternativas de análises, foi feito um comparativo com uma tabela utilizada por Junqueira & Campos (1998). Essa tabela foi constituída na Alemanha por "Landamt Fur Wasser Und Abfaal" (LAWA, 1982) e propõe um padrão de carga orgânica, baseado nos valores obtidos nas análises de saturação de OD e concentrações de DBO_5 , DQO e NH_3-N (Tabela 4.3).

Tabela 4.2 – Parâmetros, unidades e técnicas utilizadas nas análises físicas e químicas.

Parâmetros	Unidades	Técnicas analíticas
Alcalinidade total	mg L ⁻¹ CaCO ₃	Titulométrico, Standard Methods
Cálcio	mg L ⁻¹ CaCO ₃	Titulométrico, Standard Methods
Condutividade	µS/cm	Potenciométrico, Standard Methods
DBO ₅	mg L ⁻¹	Azida modificado, Standard Methods
DQO	mg L ⁻¹ O ₂	Refluxo fechado, Standard Methods
Nitrogênio amoniacal	mg L ⁻¹ NH ₃ -N	Espectrofotométrico, Standard Methods
Oxigênio dissolvido	mg L ⁻¹ O ₂	Azida modificado, Standard Methods
pH	-	Potenciométrico, Standard Methods
Sólidos dissolvidos totais	mg L ⁻¹ SDT	Resíduo seco à 105°C, Standard Methods
Sólidos totais	mg L ⁻¹ ST	Resíduo seco à 105°C, Standard Methods
Transparência	cm	Disco de Secchi, Standard Methods
Coliformes totais	NMP/100mL	Tubos múltiplos, Standard Methods
Coliformes fecais	NMP/100mL	Tubos múltiplos, Standard Methods

Tabela 4.3 - Grau de saprobridade calculado de acordo com os parâmetros físicos e químicos.

Classes	Nível de Saprobridade	Grau de poluição orgânica	Parâmetros Físicos e Químicos				
			Déficit Saturação (%)	Excesso Saturação (%)	DBO ₅ (mg.L ⁻¹)	NH ₃ -N (mg.L ⁻¹)	DQO (mg.L ⁻¹)
I	Oligossapróbia (os)	Nenhuma ou leve	0 – 5	0 – 3	0,0–0,5	< 0,1	1 < 3
I–II	Oligo-β-mesossapróbia (os-βms)	Leve	5 – 15	3 – 10	0,5-2,0	0,1	3 < 6
II	β-mesossapróbia (βms)	Moderada	15 – 30	10 – 25	2,0-4,0	> 0,1-0,3	6 < 10
II–III	β-a-α-mesossapróbia (βms-αms)	Problemática	30 – 50	25 – 50	4,0-7,0	> 0,3<0,7	10 < 19
III	α-meso-a-sapróbia (αms)	Alta	50 – 75	50 – 100	7,0-13,0	> 0,7 < 3,0	19 < 75
III–IV	α-meso-polissapróbia (αms-os)	Muito alta	75 – 90	+ 100	13,0-22,0	> 3,0 < 9,0	> 75
IV	Polissapróbia (ps)	Extremamente alta	+ 90	-	+ 22,0	> 9,0	-

Fonte: (Junqueira & Campos, 1998).

4.2.1 – Caracterização física dos pontos de amostragem.

A caracterização física dos pontos de amostragem é importantíssima para o entendimento de alguns resultados, principalmente quando se trabalha com material biológico, que pode, muitas vezes, responder a estresse local. As coordenadas geográficas dos três pontos estão na Tabela 4.4.

4.2.1.1 – Descrição do Ponto 1.

A localização do ponto 1 foi determinada, em virtude de que a montante, dentro da depressão, onde está localizada Furnas dos Dionísios, não existe atividade humana. As matas ciliares encontravam-se bem conservadas e por esta razão o ponto apresentou-se com maior sombreamento. Havia grande quantidade de folhiço e galhos submersos, principalmente nas partes próximas das margens (figura 4.4a). O leito apresentava-se rochoso, composto por seixos, matacões e blocos (figura 4.4b).

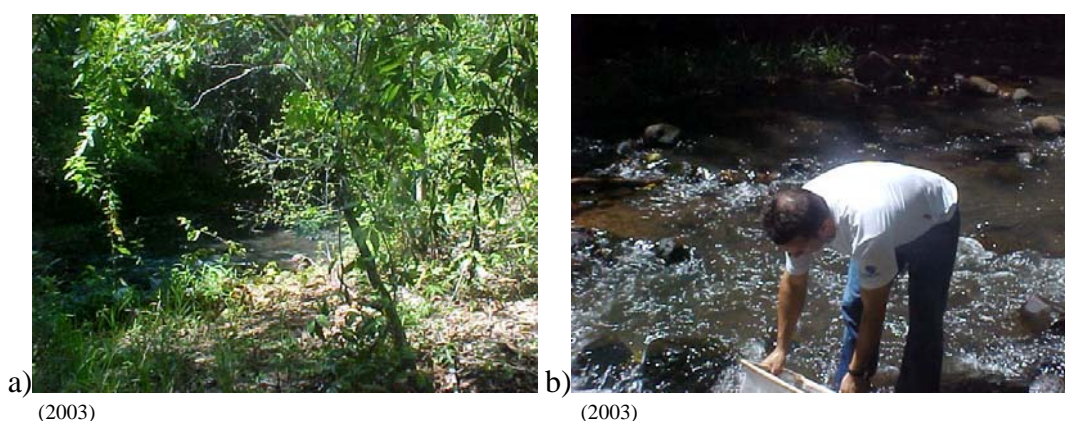


Figura 4.4 – Ilustrações das condições do córrego no primeiro ponto de coleta, destacando (a) a mata ciliar bem conservada e (b) o leito rochoso do córrego.

4.2.1.2 – Descrição do Ponto 2.

O local caracteriza-se por estar a jusante de duas pequenas atividades de pecuária, além de algumas chácaras com criação de gado, irrigação de horticultura e demais atividades agrícolas. A montante, existia em um dos morros, um processo de erosão em expansão, que contribuía com carreamento de sedimento para o leito do córrego (figura 4.5a). As matas de galeria apresentavam-se em processo de degradação, com largura de aproximadamente 2 metros na margem direita, destacando um processo inicial de erosão de margem, provocando assoreamento. Foi também verificada a presença de capim exótico (colonião e brachiária) (figura 4.5b). Verificou-se acúmulo maior de sedimento, em relação ao primeiro ponto. No local havia menos folhiço e galhos submersos que no ponto 1. Porém, nas amostras coletou-se grande quantidade de folhiço, em razão de que a coleta foi realizada em lugares rochosos e de correntes mais fortes, havendo folhas e galhos presos nas rochas, que foram parar na rede, ao se fazer a remoção dos seixos, dos matacões e blocos para a coleta biológica. O local apresentava pouco sombreamento, devido à degradação da mata ciliar.

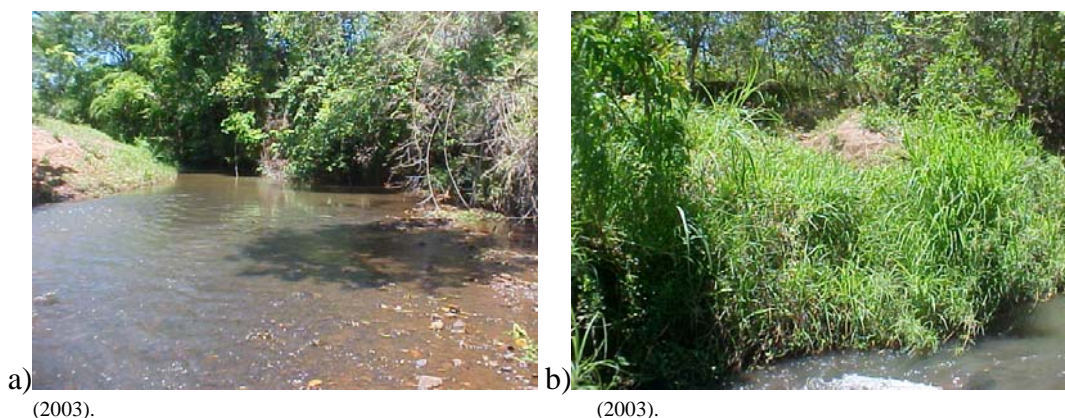


Figura 4.5 – Ilustrações das condições do córrego no ponto 2, destacando (a) um processo de assoreamento, pouca mata de galeria e (b) a existência de capim exótico, inclusive na margem erodida.

4.2.1.3 – Descrição do Ponto 3

Este ponto está a jusante a todas as atividades da comunidade de Furnas dos Dionísios. O córrego Salto, neste ponto já recebeu todos os afluentes. À margem direita (figura 4.5a), a vegetação ripária encontrava-se praticamente degradada e com pouca conservação à esquerda (Figura 4.5b) (cerca de 3 metros), destacando-se o aumento do acúmulo de sedimento nas duas margens, além de processo de assoreamento. Destaca-se nas proximidades, o plantio de capim exótico brachiária. O leito do córrego, apesar de rochoso, apresentava sedimentação recobrimdo parte dos seixos e matações. As características do ponto 3, com relação ao folhijo e sombreamento, eram semelhantes às encontradas no ponto 2.

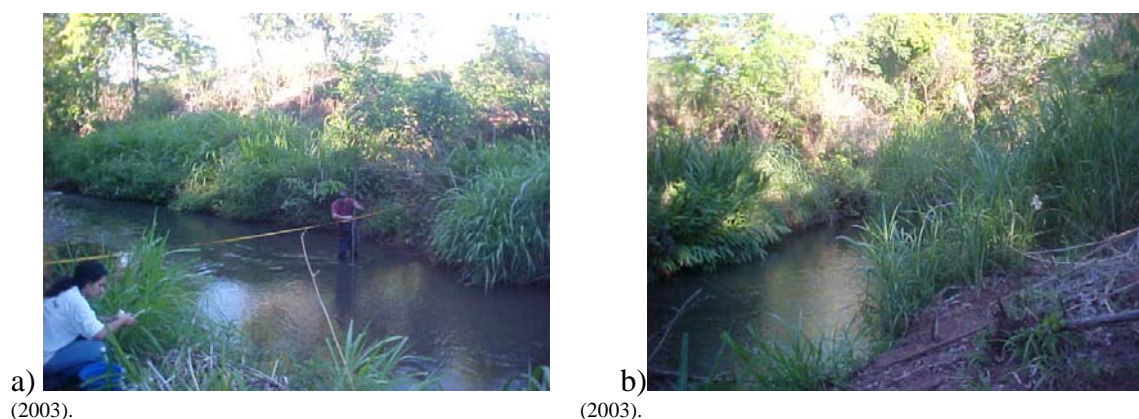


Figura 4.6 – Ilustrações das matas ciliares pouco conservadas no ponto 3 (a); processo de assoreamento e (b) o acúmulo de sedimento nas margens.

Tabela 4.4 – Localização dos pontos por coordenadas geográficas.

Coordenadas (UTM)	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Fuso	Datum
X	753163	753204	753030	21	Córrego Alegre
Y	7767449	7770480	77701145	21	Córrego Alegre

4.3 - Amostragem e análise das comunidades dos macroinvertebrados.

Em cada ponto, as comunidades foram amostradas usando o método de Surber, sendo colocadas em vasilhas plásticas, com fixação em etanol 70% (Peckarsky, 1984; Wetzel & Likens, 1991). O método de Surber é um dos métodos utilizados para amostragem de bentos. Utiliza-se uma rede de nylon com uma base metálica de 900 cm² (Pérez, 1988). O marco foi colocado ao fundo e a boca da rede contra a corrente, sendo o material do fundo removido em toda a área do marco e aparado pela rede, sem limite de tempo (figura 4.7).

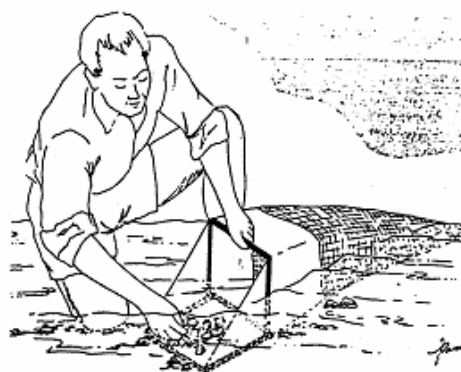


Figura 4.7 – Ilustração da coleta pelo método de Surber. Fonte: (Pérez, 1988).

A coleta biológica foi feita, escolhendo-se pontos onde a base metálica da rede (Surber) pudesse estar totalmente acoplada ao fundo. Além disso, procurou-se identificar os pontos mais oxigenados, ou seja, com maior correnteza. O número de réplicas foi de 5 por ponto, sendo feita de jusante/montante, com espaço de cerca de 1 metro de uma réplica para a outra, em locais aleatórios. A composição e abundância dos macroinvertebrados encontrados em cada ponto foram determinadas no laboratório, usando microscópios convencionais e de dissecação. Identificação taxonômica foi em nível de família. As chaves de identificação utilizadas incluíram: (Pérez, 1988); (Merritt & Cummins, 1984), Anisoptera (Daigle, 1992), Hydracarina (Pluchino *et al.*, 1999).

4.4 - Análise dos dados.

Os índices bióticos testados foram: o Hilsenhoff (Klemm *et al.*, 1990), e o BMWP (Armitage *et al.*, 1983) e suas modificações (Alba-Tercedor, 1996; Junqueira & Campos, 1998). Índices de diversidade e similaridade de taxa (Shannon-Wiener e Bray-Curtis -

softwares) foram calculados e uma Análise de Agrupamento foi aplicada para examinar relações possíveis entre as amostras baseadas nas abundâncias dos taxa de macroinvertebrados encontrados (Biodiversity Pro - *software*).

Comparação da abundância total dos macroinvertebrados encontradas entre as datas de amostragem e entre os vários pontos de amostragem foi feita usando análise estatística ANOVA, depois foi feita a transformação dos dados para $\ln(x+1)$ (*Statistic - software*). Uma Análise de Componentes Principais foi usada para examinar as relações possíveis entre as características físicas, químicas e biológicas e abundâncias totais de bentos das amostras (PC-Ord - *software*).

5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.

5.1 – Análises dos dados hidrológicos

Levantamentos hidrológicos de um curso d'água são de fundamental importância para a compreensão de quaisquer resultados que se queira mostrar com relação à qualidade de água, sejam eles físicos, químicos ou biológicos. Nos casos dos trabalhos com bentos tornam-se imprescindíveis, à medida que influenciam diretamente nos resultados. Um exemplo que se pode destacar é que quando há uma vazão extrema em período de cheia, a corrente pode arrastar os bentos, influenciando diretamente na abundância e até na diversidade de material biológico encontrado. Foram efetuadas duas campanhas de medição de vazão, no momento em que foram feitas as coletas para análises físicas, químicas e biológicas. Os resultados obtidos estão apresentados nas tabelas 5.1 e 5.2.

Tabela 5.1 – Dados hidrológicos do córrego Salto. Coleta 1 – 14/10/2003.

Dados do Córrego	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Profundidade média (m)	0,25	0,32	0,33
Largura (m)	4,37	5,70	7,70
Velocidade média (m/s)	0,47	0,58	0,34
Vazão (m ³ /s)	0,62	1,04	0,86

5.1.1 – Análises das características hidrológicas do córrego na data da 1ª coleta.

De acordo com os dados obtidos na 1ª campanha (Tabela 5.1), constatou-se que a vazão do ponto 2 foi 68% maior do que a do ponto 1, devido a contribuição de quatro pequenos córregos que deságuam entre os dois pontos de coleta: Córrego Lageadinho, Rochedo, Pulador e Mangue (figura 4.3). O ponto 3, localizado à jusante dos pontos 1 e 2, apresentou menor vazão do que o ponto 2, provavelmente devido à retirada de água, através de bombas de sucção, que captavam água para irrigação, dessedentação de animais e uso doméstico. Entre os dois pontos há contribuição apenas de uma pequena nascente (figura 4.3).

Tabela 5.2 – Dados hidrológicos do córrego Salto. Coleta 2 – 10/02/2004.

Dados do Córrego	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Profundidade média (m)	0,20	0,23	0,32
Largura (m)	4,70	5,50	7,70
Velocidade média (m/s)	0,46	0,55	0,40
Vazão (m ³ /s)	0,42	0,71	0,98

5.1.2 – Análises das características hidrológicas do córrego na data da 2ª coleta.

Na 2ª coleta (Tabela 5.2) constatou-se, de acordo com o esperado, que o aumento de vazão entre os pontos 1 e 2 foi de 69%, valor este próximo do valor encontrado na 1ª coleta. Entre os pontos 2 e 3 o aumento de vazão foi de 38%, diferente dos resultados obtidos na 1ª coleta, quando houve diminuição de vazão; a 2ª coleta foi realizada em fevereiro, época das chuvas, não havendo necessidade de captação de água para irrigação das pequenas atividades agrícolas.

Ao comparar as vazões da 1ª coleta realizada no período seco com as vazões da 2ª coleta realizada no período chuvoso, constatou-se que ao contrário do esperado, as vazões dos pontos 1 e 2, foram maiores no período seco, em virtude de que, embora a 1ª coleta tenha sido procedida em período seco, segundo relato dos moradores da região, houve forte precipitação na cabeceira do córrego Salto, nos dois dias que precederam a primeira coleta, enquanto que na segunda coleta não houve chuva nos 7 dias anteriores. Os dados de chuvas foram baseados nas informações de habitantes locais. Procurou-se confirmação das informações, entretanto, o único posto de medição é o de número 79 – código – 205419, localizado em Jaraguari, localizado a cerca de 15 km de Furnas dos Dionísios, em linha reta. Na Agência Nacional de Águas – ANA (www.ana.gov.br), não havia informação de nenhum dado de chuva do referido posto.

5.2 – Análises das características físicas, químicas e bacteriológicas.

Aliar análises físicas e químicas aos trabalhos de monitoramento biológico é fundamental para se entender o comportamento de espécies e estrutura da comunidade de organismos estudados. Quando se iniciam pesquisas para verificação de uso de organismos em índices biológicos, alguns parâmetros não podem deixar de ser analisados. O entendimento de tolerância à poluição dos organismos, que são variáveis conforme as condições ambientais, só ocorre a partir do conhecimento das características físicas, químicas e biológicas dos locais de amostragem.

Tabela 5.3 – Resultados das análises físicas químicas e bacteriológicas dos três pontos de amostragem. Coleta 1 - 14/10/2003

PARÂMETROS	UNIDADES	RESULTADOS		
		A-1	A-2	A-3
Hora da coleta	h	09:09	11:52	16:21
Temperatura ambiente do ar	°C	24,0	24,0	27,0
Temperatura da água	°C	20,0	24,0	25,0
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	288,9	57,4	41,9
Cálcio	mg Ca/L	20,0	26,0	30,0
Cor aparente	Pt/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00
DBO _(5,20)	mg/L	2,0	3,1	2,3
DQO	mg/L	21,8	38,8	26,4
Nitrogênio amoniacal	mg NH ₃ -N/L	0,08	0,12	0,14
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	6,8	6,4	6,5
Sólidos totais	mg/L	47,0	66,0	82,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	29,0	61,0	76,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	18,0	5,0	6,0
Transparência	cm	75,0	35,0	25,0
Coliformes totais	NMP/100mL	> 2,4 x 10 ⁴	1,7 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴
Coliformes fecais	NMP/100mL	2,8 x 10 ²	2,6 x 10 ²	1,6 x 10 ²

Tabela 5.4 – Resultados das análises físicas químicas e bacteriológicas dos três pontos de amostragem. Coleta 2 - 10/02/2004

PARÂMETROS	UNIDADES	RESULTADOS		
		A-1	A-2	A-3
Hora da coleta	h	09:33	10:55	12:15
Temperatura ambiente do ar	°C	24,0	28,0	31,0
Temperatura da água	°C	23,0	24,5	26,0
Alcalinidade total	mg CaCO ₃ /L	32,0	51,2	44,8
Cálcio	mg Ca/L	7,2	9,6	10,4
Condutividade	µS/cm	44,2	58,6	55,6
Cor aparente	Pt/L	< 5,00	< 5,00	< 5,00
DBO _(5,20)	mg/L	<1,0	<1,0	<1,0
DQO	mg/L	2,6	6,5	7,8
Nitrogênio amoniacal	mg NH ₃ -N/L	0,11	0,27	0,28
Oxigênio dissolvido	mg O ₂ /L	5,6	5,3	5,3
pH	-	7,6	7,9	8,0
Sólidos totais	mg/L	59,0	86,0	82,0
Sólidos dissolvidos totais	mg/L	56,0	46,0	50,0
Sólidos suspensos totais	mg/L	3,0	40,0	32,0
Transparência	cm	75,0	35,0	25,0
Coliformes totais	NMP/100mL	2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴	> 2,4 x 10 ⁴
Coliformes fecais	NMP/100mL	8,6 x 10 ²	1,1 x 10 ³	1,7 x 10 ³

Com os resultados das análises físicas, químicas e bacteriológicas pôde-se verificar as condições de contaminação do córrego em estudo e os impactos causados pela atividade antrópica ao longo do seu trajeto, antes, durante e após seu percurso no perímetro rural. As análises dos resultados basearam-se na legislação vigente no Brasil: Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2004) e Deliberação Estadual CECA 003/1997 (Morelli, 2001), que normatizam o enquadramento das águas por seus usos preponderantes e Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde/FUNASA, 2004), que trata da potabilidade da água.

Os cursos d'água de Furnas dos Dionísios ainda não foram enquadrados pelo órgão Federal e Estadual responsável (IBAMA e SEMA), portanto, os parâmetros teriam que ser analisados, conforme a utilização que a comunidade faz da água. Enquadramento – águas doces – Classificação – especial. Entretanto as normatizações do CONAMA e CECA não permitem para águas dentro deste enquadramento e classificação, qualquer lançamento de águas residuárias, domésticas e/ou industriais, lixos e outros resíduos sólidos, substâncias potencialmente tóxicas, defensivos agrícolas, fertilizantes químicos e outros poluentes, mesmo tratados. Alguns lançamentos só são permitidos, a partir de águas classe 2. Portanto, levando em consideração a legislação vigente, para a classificação real do curso d'água conforme os parâmetros, seria totalmente diferente e, ainda a água em questão não teria o uso que a população faz atualmente. A Portaria 518/2004 (Ministério da Saúde/FUNASA, 2004) também é totalmente restritiva a quaisquer lançamentos às águas potáveis.

A maior alteração encontrada foi com relação à alcalinidade total (288,9 mgCaCO₃/L) na amostra 1 da coleta 1. Não há explicação óbvia para este valor. Para uma variação deste nível na alcalinidade seria muito provavelmente necessário que os valores do cálcio fossem muito mais altos do que os apresentados. A explicação mais plausível é de que pode ter havido alguma contaminação na vidraria.

Tabela 5.5 – Classificação de qualidade da água com base na Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2004) e Deliberação CECA 003/87 (Morelli, 2001).

Parâmetros	Unidade	Média C 1	Média C 2	Classe		Classe	
				CONAMA	CECA	CONAMA	CECA
DBO _{5,20}	mgL	2,47	1,00	1	1	2	2
OD	mgL	6,57	5,40	1	2	2	2
pH	-	-	7,8		1	-	2
Cor aparente	Pt/L	< 5,00	< 5,00	1	1	1	1
Coliformes totais	NMP/100mL	1,7x10 ⁴	2,4x10 ⁴	3	4	3	4
Coliformes Fecais	NMP/100mL	2,3x10 ²	1,2x10 ³	4	4	4	4

Em análise para a classificação do curso d'água, por alguns parâmetros físicos e químicos da água, com relação à legislação Federal, Resolução CONAMA 20/86 (MMA, 2004), verifica-se predomínio para a classe 1, (boa qualidade), a exceção dos parâmetros de coliformes que extrapolaram, indicando água de baixa qualidade. Com relação á legislação

Estadual, Deliberação CECA 003/87 (Morelli, 2001), também houve indicação de baixa qualidade para coliformes e Classe 2 para os demais parâmetros (boa qualidade).

5.2.1 – Análise do grau de saprobidade baseado nos parâmetros de DBO₅, OD, DQO e NH₃N.

Esta análise, representada na figura 5.1, é baseada na tabela constituída na Alemanha por “Landamt Fur Wasser Und Abfaal” (LAWA, 1982) e utilizada por Junqueira e Campos (1998) para o rio das Velhas em Minas Gerais.

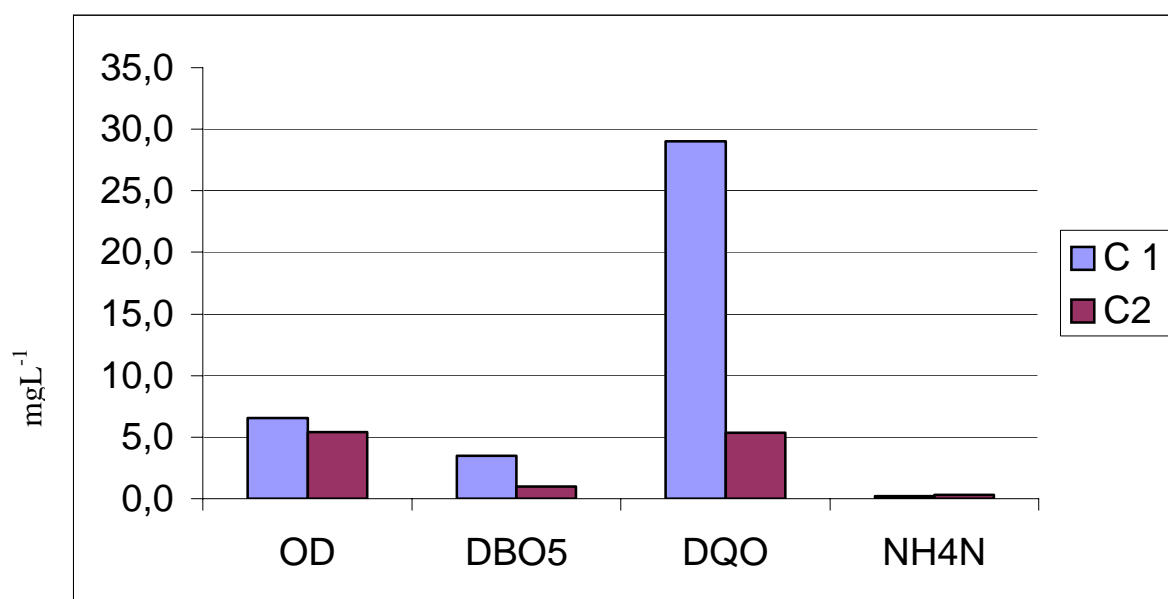


Figura 5.1 – Concentrações médias de parâmetros físicos e químicos das duas coletas.

Quando comparadas às médias dos valores na figura 5.1 com a Tabela 4.3 utilizada por Junqueira & Campos (1998), com exceção da DQO da coleta 2, observou-se que o nível de saprobidade apresentou-se oligo-β-mesosapróbica, indicando um leve grau de poluição orgânica.

5.3 – Análises dos resultados bentônicos.

Os macroinvertebrados bentônicos analisados e identificados foram separados, alguns por classe e outros por ordem e família, tendo em vista que os índices aplicados utilizam estes organismos até estes níveis de classificação.

5.3.1 – Composição taxonômica e abundância.

As abundâncias totais de macroinvertebrados foram significativamente diferentes entre as duas datas de coleta, enquanto não houve diferenças significativas entre os pontos de amostragem para cada data (Tabela 5.6). Para as duas coletas, as famílias mais abundantes foram as Baetidae, 22,66%, Elmidae 29,43% e Hydropsychidae 12,61%, resultado semelhante ao encontrado por Galdean *et. al.* (1999) na Bacia do rio São Francisco, trabalhando em período de cheia e seca, onde houve predomínio de famílias pertencentes às ordens Ephemeroptera, Plecopetra, Trichoptera e Diptera-Chironomidae.

Na análise quantitativa das coletas, verificou-se que a primeira apresentou número de organismos totais 165% maior que a segunda. Esse fato pode ser explicado parcialmente, levando em consideração o fator físico da pluviosidade (período chuvoso), quando foi realizada a segunda coleta. Fortes cheias são um dos fatores ambientais que influenciam diretamente na formação quantitativa das comunidades de macroinvertebrados bentônicos, ao arrastarem e ainda cobrirem de sedimento os organismos. O restabelecimento das comunidades pode levar alguns dias, semanas e, dependendo de alguns grupos, até meses (Alba-Tercedor, 1996). As famílias Elmidae (Coleoptera) e Baetidae (Ephemeroptera) destacaram-se ao constituírem mais de 52,1% dos macroinvertebrados encontrados no somatório dos organismos nas duas coletas (figuras 5.2 e 5.3).

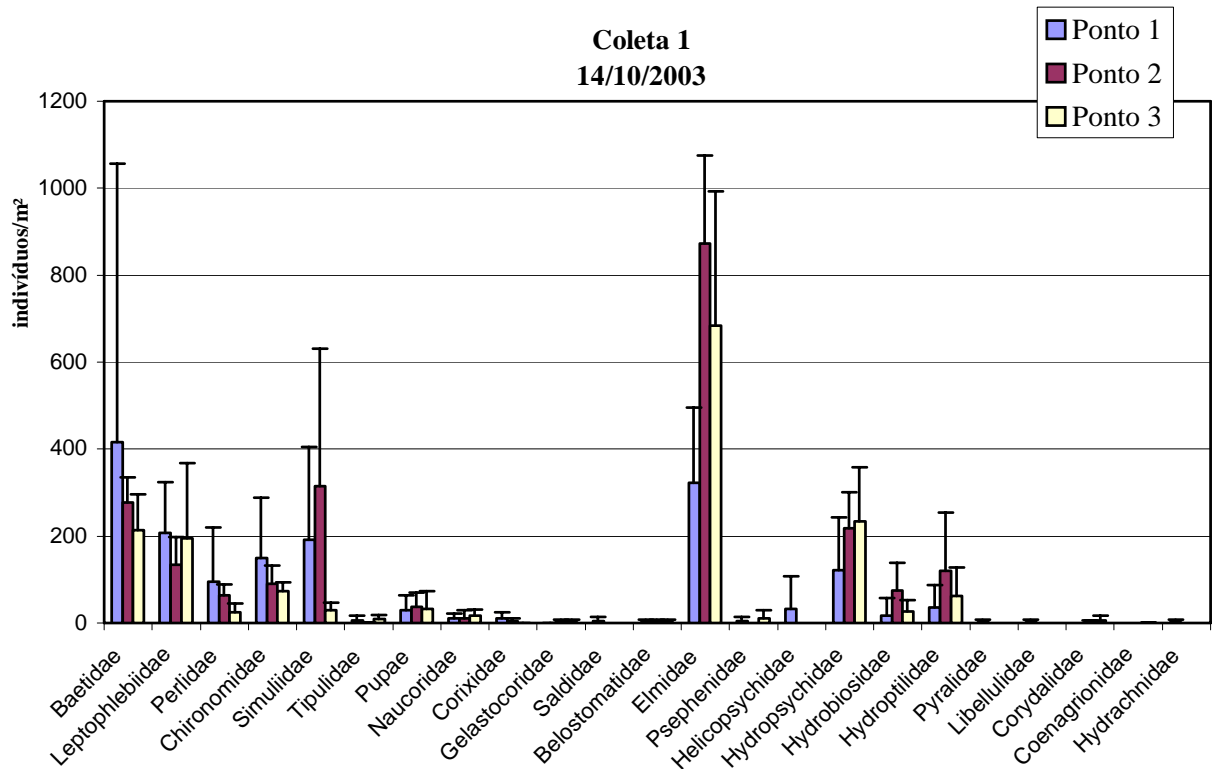


Figura 5.2 – Valores médios, com desvio padrão da abundância dos taxa de macroinvertebrados encontrados nos pontos de amostragem na coleta 1.

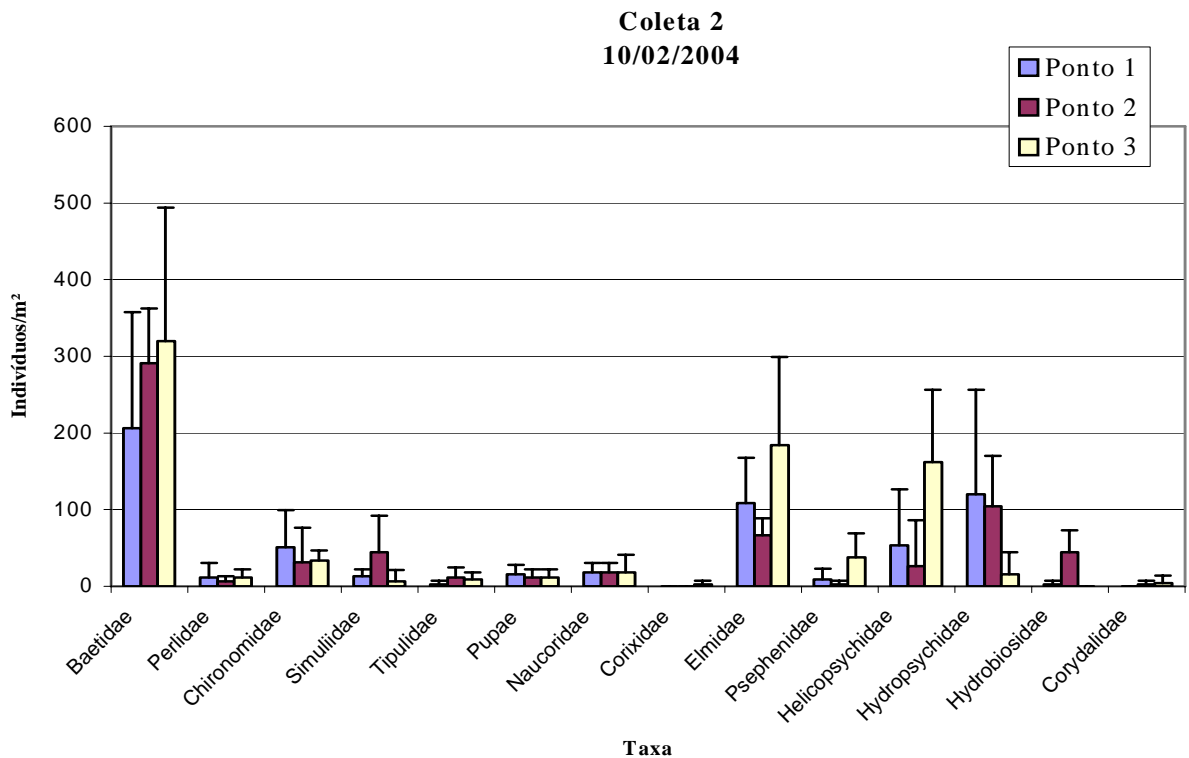


Figura 5.3 - Valores médios, com desvio padrão da abundância dos taxa de macroinvertebrados encontrados nos pontos de amostragem na coleta 2.

Tabela 5.6 - Resultados da análise de variância feita para comparar as abundâncias totais dos macroinvertebrados entre os pontos de amostragem e as duas coletas

Efeito	F	Probabilidade
Coletas	42,52	0,00003
Pontos	0,96	0,41066

Qualitativamente verificou-se uma maior diversidade na primeira coleta, quando foram encontradas 2 classes, 11 ordens, e 24 famílias, em comparação com a segunda coleta, quando foram encontradas 7 ordens e 13 famílias. A diminuição da diversidade dos organismos na 2ª coleta também pode ser explicada parcialmente pelo aumento da vazão do córrego em razão do período chuvoso, ou seja, as comunidades poderiam não ter sido reconstituídas após serem arrastadas pela força da água. Também a maior transparência, em razão da estabilidade da água, além de maior produção primária e quantidade de alimento para os bentos podem ter contribuído com a maior abundância na coleta 1. Poderia também ter ocorrido menor pressão de predação por peixes.

Houve predomínio dos macroinvertebrados de média a baixa tolerância à poluição, constituindo mais de 94,3%, porém apesar de em menor quantidade, os organismos de baixa tolerância foram decisivos para o alinhamento dos dados físicos químicos com os biológicos, em virtude da grande diversidade. Foram encontrados apenas 0,03% de Oligochaeta e 5,64% de Chironomidae (tolerantes). Esses dados estão alinhados com um Estudo de Cardoso (1984), no rio Cali, na Colômbia, onde foram encontrados no trecho de menor carga orgânica 52,6% de insetos sensíveis à poluição. Nos trechos com implementação de carga orgânica foram encontrados 71% de oligochaetas e 16,1% de insetos tolerantes. Na aplicação do índice de Diversidade Shannon-Wiener, os resultados foram também semelhantes. Na mesma metodologia (\log_2) aplicada por Cardoso (1984), os resultados das duas coletas deste trabalho, ficaram próximos do atingido no trecho com baixa poluição no rio Cali. Em comparação com o trabalho de Galdean *et. al.* (2000) na Serra do Cipó-Minas Gerais, os resultados foram semelhantes, apresentado alta diversidade nos locais com baixa atividade antrópica e com menor índice de poluição.

Os pontos 1, 2 e 3 referem-se à primeira coleta, e os pontos 4, 5 e 6 referem-se à segunda coleta. A Análise de agrupamento baseada nas abundâncias dos taxa de macroinvertebrados encontrados confirmou a similaridade entre os pontos de cada data de coleta, sendo que os pontos 2 e 3 na coleta 1 apresentaram maior similaridade com relação ao ponto 1. Na coleta 2 foram os pontos 1 e 2 que apresentaram similaridade maior com relação ao ponto 3. As duas coletas apresentaram índice de similaridade de aproximadamente 68%.

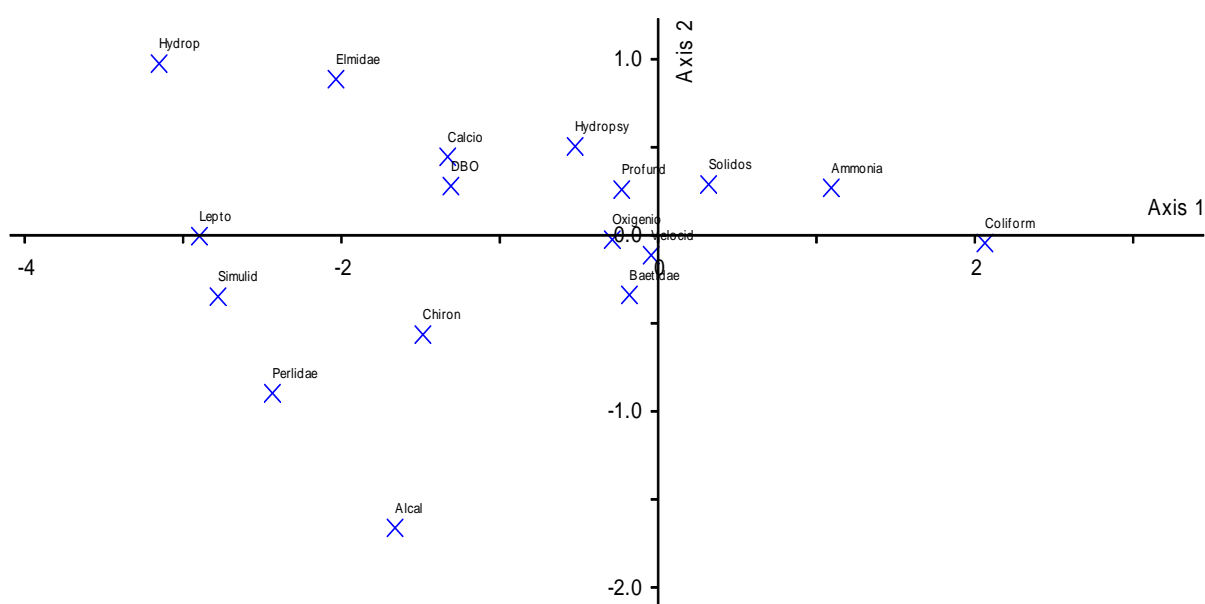


Figura 5.5 - Resultados da Análise de Componentes Principais das variáveis físicas, químicas e biológicas selecionadas e os principais taxa de macroinvertebrados das duas coletas.

Tabela 5.8 - Auto-valores e variâncias explicadas pelos primeiros três eixos da Análise de Componentes Principais das características físicas, químicas e biológicas selecionadas e as principais taxa de macroinvertebrados das duas coletas.

Componente	Auto-valor	% total de variância	% acumulada	broken-stick
1	9,326	54,869	54,860	3,440
2	4,138	24,340	79,200	2,440
3	1,700	10,000	89,200	1,940

A Análise de Componentes Principais mostrou uma associação positiva entre a abundância da maioria das famílias principais, e as variáveis de DBO e cálcio e uma associação negativa entre as abundâncias das famílias e coliformes fecais e amônia, com as exceções das famílias Hydropsychidae e especialmente Baetidae.

5.3.2 – Folhiço encontrado nas amostras.

Apesar de se saber que o folhiço (galhos, folhas) é importante na abundância e diversidade dos macroinvertebrados bentônicos, por constituir alimento para alguns dos organismos, não foi possível fazer uma avaliação desta influência nesta pesquisa. Comparando abundância com quantidade de folhiço, observou-se que algumas amostras apresentaram maior quantidade de macroinvertebrados, embora com menor quantidade de folhiço.

Tabela 5.9 – Peso (mg) do folhiço encontrado nas amostras.

Coleta 1	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	Total
Ponto 1	0,007	0,004	0,007	0,076	0,002	0,096
Ponto 2	0,008	0,013	0,009	0,009	0,003	0,042
Ponto 3	0,002	0,001	0,004	0,002	0,019	0,028

Coleta 2	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	Total
Ponto 1	0,001	0,003	0,001	0,001	0,020	0,026
Ponto 2	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,007
Ponto 3	0,001	0,001	0,004	0,001	0,006	0,013

Também foram capturados na coleta 1, na amostra 4 do ponto 2, um alevino de “bagre cabeçudo” (*Pimelodus ornatus*) e na amostra 3 do ponto 1, na coleta 2, um alevino de “cascudo” (*Necrolepidogaster sp.*). Estas espécies da ictiofauna vivem entre os blocos e matações do leito dos rios e sabe-se que se alimentam também de insetos aquáticos, principalmente neste estágio do ciclo de vida. Foi feita a dissecação de ambos os alevinos, mas não foram localizados insetos aquáticos no trato digestivo. Portanto, não se pode afirmar que a ictiofauna local influenciou na abundância e diversidade dos organismos.

5.3.3 – Índices biológicos.

A Tabela 5.10 apresenta os resultados dos índices aplicados, sendo BMWP original (Armitage *et. al.* 1983) – BMWP-1, BMWP adaptado (Alba-Tercedor, 1996) – BMWP-2, BMWP adaptado (Junqueira & Campos, 1998) – BMWP-3 e o Hilsenhoff (Klemm *et al.*, 1990).

Tabela 5.10 – Resultados dos índices biológicos

Índices	BMWP 1	BMWP2	BMWP 3	Qualidade da Água	Hilsenhoff	Qualidade da Água
Coleta 1						
Ponto 1	65	68	96	Excelente	3,96	Boa
Ponto 2	57	58	73	Boa	4,08	Boa
Ponto 3	52	61	77	Boa	3,84	Boa
Total da C-1	65	76	112	Excelente	3,87	Boa
Coleta 2						
Ponto 1	36	39	62	Boa	3,68	Excelente
Ponto 2	36	39	67	Boa	3,65	Excelente
Ponto 3	41	42	62	Boa	3,35	Excelente
Total da C-2	46	47	62	Boa	3,65	Excelente

Os valores do BMWP original (Armitage *et al.*, 1983) e o BMWP adaptado por Alba-Tercedor (1996) apresentaram valores menores do que os apresentados no BMWP adaptado por Junqueira & Campos (1998). As diferenças observadas poderiam ser explicadas pelo fato de que os dois primeiros índices foram constituídos e utilizados em países europeus, Inglaterra e Espanha, onde o clima e várias outras condições ambientais são muito diferentes das existentes no Brasil e no Estado de Mato Grosso do Sul. Por este motivo, várias famílias de macroinvertebrados que constam do índice BMWP de Armitage *et. al.* (1983), que já são diferentes do adaptado por Alba-Tercedor (1996), apresentaram semelhança menor ainda com as famílias encontradas neste trabalho.

As coincidências de famílias foram maiores com o índice BMWP adaptado por Junqueira & Campos (1998) para o rio das Velhas em Minas Gerais, refletindo as semelhanças ambientais e conseqüentemente, quando aplicado este índice, a qualidade da água apresentou-se semelhante biologicamente com os resultados físicos e químicos analisados. Porém, não se pode adotá-lo simplesmente sem adaptações, pois foi observado o aparecimento de várias famílias que não são encontradas neste índice.

Em relação aos valores do BMWP adaptado por Junqueira & Campos (1998), observou-se que a qualidade da água apresentou-se biologicamente, dentro do esperado com relação aos dados físicos e químicos, sendo excelente e boa na primeira coleta e boa na segunda.

Na aplicação do índice biológico Hilsenhoff (Klemm *et al.*, 1990) observou-se nos 3 pontos, boa qualidade da água, condizente com os resultados das análises físicas e químicas. Na coleta 2 os resultados demonstram a qualidade da água como excelente. Porém, quando se observa, com relação à aplicação dos índices BMWP, verifica-se uma inversão na qualidade da água das duas coletas, quando a segunda apresenta índice melhor que a primeira. Isso não deveria ocorrer, considerando que a primeira coleta apresentou maior diversidade de organismos. Por outro lado, a DBO foi maior na coleta 1, indicando um maior grau de poluição orgânica.

6 - CONCLUSÕES

1. Os índices aplicados, embora apenas como teste, mostraram que com poucas adaptações podem ser utilizados na região. Observou-se que a adaptação de índices utilizados em regiões com semelhanças ambientais pode apresentar resultados melhores, pois a variação das famílias foi pequena e provavelmente os valores de tolerância também não serão muito diferentes, como foi mostrado na aplicação do BMWP adaptado por Junqueira & Campos (1998) no Rio das Velhas em Minas Gerais.

2. Foi demonstrada que há diferença sazonal, tanto quantitativa como qualitativa dos organismos, com relação aos parâmetros analisados de cheia e seca, pois, a coleta 1, realizada em período seco apresentou maior quantidade e diversidade de organismos com relação à coleta 2.

3. O índice Hilsenhoff (Klemm *at. al.*, 1990), apresentou melhor qualidade da água na segunda coleta em relação à primeira, quando no BMWP original e BMWP adaptados, bem como a diversidade das comunidades, mostraram o contrário. Entretanto, todos os índices biológicos apresentaram resultados de qualidade da água semelhantes com o índice de qualidade das análises físicas, químicas e bacteriológicas.

4. Com relação aos parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, os pontos apresentaram-se dentro do esperado, conforme os impactos recebidos, relativos às atividades antrópicas dentro da depressão de Furnas dos Dionísios, sendo que o ponto 1, escolhido por ser o menos impactado, apresentou nas duas coletas resultados melhores que os demais. Entretanto, a DBO nos 3 pontos da coleta 1, apresentaram mais elevadas que na coleta 2. Todos os pontos apresentaram resultados bacteriológicos preocupantes, com relação ao uso que a comunidade tem feito da água, ou seja, dessedentação após tratamento simples.

5. Neste trabalho foram confirmadas todas as vantagens da utilização de macroinvertebrados bentônicos em biomonitoramento descritas, tais como: respondem aos estressores, indicam condições localizadas, amostragem e identificação fáceis, baixo custo de análises e também necessidade de tempo mínimo para a recuperação das comunidades. Porém, com relação a afirmação de Almeida de Tertuliano (2000) de que a amostragem é rápida, verificou-se o contrário. Durante os trabalhos e lendo outros similares, verificou-se que o processo de triagem e identificação das amostras é todo manual e humano. Isso torna os

exames das amostras muito demorados, embora esse tempo pode ser menor em locais poluídos, onde se espera ser encontrada menor diversidade de organismos. Esse é um fator principal de desvantagem de se trabalhar com macroinvertebrados, principalmente, porque normalmente os trabalhos são feitos aliados a análises físicas, químicas e bacteriológicas que têm suas análises concluídas em no máximo vinte dias, quando se realiza a análise da $DBO_{20\text{dias}}$, mas normalmente utiliza-se a $DBO_{5\text{dias}}$, portanto, os resultados ficam prontos em 5 dias. Os resultados biológicos levariam um tempo bem maior, a não ser que se disponibilizasse uma quantidade grande de técnicos para as análises.

Enfim, diante das análises e resultados obtidos nesta pesquisa e análises dos prós e contras, verificou-se que os índices que utilizam macroinvertebrados bentônicos, aliados às análises físicas, químicas e bacteriológicas, são de extrema importância no controle da qualidade de água e poderão ser utilizados pelos órgãos ambientais com esta finalidade em curto espaço de tempo, não só para a tomada de decisões referentes às atividades potencialmente poluidoras, mas também para implementação dos planos de recursos hídricos, que estão sendo realizados pelos Estados Federados e pela União. Entretanto, mais estudos são necessários em ambientes variados com relação às características físicas, químicas e biológicas, especificamente, alcalinidade e outros fatores químicos, correnteza, profundidade e níveis de matéria orgânica, no intuito de caracterizar melhor a sensibilidade dos índices bióticos a estas alterações e às mudanças naturais sazonais na abundância e diversidade das comunidades.

7 – SUGESTÕES

1. As pesquisas devem continuar avaliando os macroinvertebrados com relação aos índices e todas as vertentes ambientais, inclusive, algumas que não puderam ser avaliadas neste trabalho, tais como: folhiço e natureza das matas ciliares, sedimentos (granulometria e conteúdo orgânico), alcalinidade, profundidade, velocidade da corrente, predação, diferença de bioma e comparação entre locais poluídos e de baixa, a zero de poluição para a adequação dos valores de tolerância dos organismos para a região.

2. Outros aspectos potencialmente importantes no biomonitoramento devem ser investigados, como variações em espectro de tamanho corporal, biomassa, produção, fontes de alimento e estrutura trófica das comunidades. Um maior entendimento de mudanças sazonais em estrutura e funcionamento das comunidades, bem como uma maior resolução taxonômica (se possível, até espécies) serão desejáveis.

3. Os trabalhos futuros com macroinvertebrados bentônicos realizados pelo Programa de Mestrado em Tecnologias Ambientais-PGTA devem comparar variáveis com este, e entre eles, para o desenvolvimento ou adaptação rápida de um índice biológico para a nossa região.

4. Existe a necessidade de intercâmbio entre as universidades e pesquisadores que trabalham com macroinvertebrados bentônicos. Isso pode ser feito pela “*internet*”, inclusive em salas de discussões para soluções de dúvidas. A partir disso, poder-se-ia iniciar um banco de dados, onde se colocariam os trabalhos, chaves taxonômicas e principalmente fotografias dos organismos já identificados e pertencentes às coleções existentes. Este banco de dados auxiliaria também no desenvolvimento de novas tecnologias de identificação dos organismos. Sugerem-se as seguintes instituições: Universidade Federal de Minas Gerais, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG), Universidade Estadual de Maringá-PR, Universidade Federal de São Carlos, Universidade de Antioquia na Colômbia, Universidade de Granada na Espanha, *Utah State University*, Logan, U.S.A, Agência de Proteção Ambiental Americana – EPA - U.S.A, pois todas possuem importantes trabalhos utilizando macroinvertebrados bentônicos.

5. Há a necessidade de se desenvolver instrumentos que analisem as amostras rapidamente. As instituições de pesquisas devem desenvolver, ou contratar empresas de tecnologias para o desenvolvimento de máquinas de análises, pois a implementação

tecnológica às pesquisas, trará rapidez nas coletas, triagem e análises e fará com que as variáveis sejam analisadas rapidamente, trazendo maior segurança aos dados e aos índices adaptados para cada região.

6. Enfim, pelo que foi demonstrado neste trabalho, pôde-se perceber que o biomonitoramento é ferramenta barata no controle da qualidade de água e, além da economia direta que pode proporcionar, pode diminuir custos em tratamento, mitigação de impactos e até indenizações futuras pelos órgãos públicos, os quais precisam rapidamente implementar a especialização de seus técnicos e passar a utilizar este meio barato e fácil de controle de qualidade de água.

7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ABEL, P. B. **Water Pollution Biology**. John Wiley & Sons, Chichester, 1996.

ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. **Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el índice de Hellawell (1978)**. *Limnética* 4: p.51-56, 1988.

ALBA-TERCEDOR, J. **Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos**. IV Simpósio Del Agua en Andalucía (SIAGA). Almeria, 1996. Deptº. de Biología Animal e Ecología. Universidade de Granada. Espanha. v.II p. 203-213 – ISBN: 847840-262-4, 1996.

ALMEIDA, J. R. de; TERTULIANO, M. F. **Diagnose dos sistemas ambientais: métodos e indicadores**. In. CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T., Avaliação e perícia ambiental. Ed. Bertrand do Brasil. Rio de Janeiro, cap.3, p.115-171, 2000.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. AWWA, WPCF, 18. ed., Washington, 1155p, 1992.

ARMITAGE, P. D., MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M.T. **The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites**. *Water Res.* 17: p.333-347, 1983.

BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M; GALDEAN, N. **The diversity of benthic macroinvertebrates as an indicator of water quality and ecosystem health: a case study for Brazil**. *lab. Limnologia. Dep. Biologia. UFMG. Belo Horizonte-MG, Brazil, 2000.*

BARBOUR, M. T.; GERRITSEN, J.; SNYDER, B. D.; STRIBLING, J. B. **Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, macroinvertebrates and fish**. 2. ed. EPA 841-B-99-002, Washington DC, 1999.

BARTRAM, J.; BALLANCE, R. **Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes**. UNEP/WHO, E & F. N. Spon, London, 383p, 1996.

BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática**. EDUC, INEP. 285p. São Paulo, 2001.

BEST, G. A.; ROSS, S. L. **River Pollution Studies**. Liverpool University Press, 92p, 1977.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à engenharia ambiental**. 3. ed. São Paulo: CETESB 640p., 1986.

- CALLISTO, M. **Coleção de Macroinvertebrados bentônicos**. Dep. Biologia Geral. Lab. Ecologia de Bentos. <http://www.icb.ufmg.br/~cct/insaqp.htm> . Acesso em 06-04-2004.
- CALLISTO, M.; JÚNIOR, J. F. G. **A vida nas águas das montanhas**. Revista Ciência Hoje, v.31., n.182., p.68-71, mai. 2002.
- CARDOSO, C. Z. de. **Estudio de la ecologia del rio Cali con enfasis en su fauna bentonica como indicador biologico de calidad**. Deptº. de Processos Quimicos y Biológicos. Univesidad del Valle. Apresentado no Congresso Nacional da Colômbia, 1984.
- CHAPMAN, D. V. **Concepts and strategies for biological monitoring**. London GEMS Monitoring and Assessment Research Centre, 25p, 1989.
- CHARVET, S.; STATZNER, B.; USSEGLIO-POLATERA, P.; DUMONT, B. **Traits of benthic macroinvertebrates in semi-natural French streams: an initial application to biomonitoring in Europe**. Freshwat. Biol. 43: p.277-296, 2000.
- DAIGLE, J. J. **Florida dragonflies (Anisoptera): A species key to the aquatic larval stages**. Florida EPA, 1992.
- DIEMARDEN, U. H. **Hirudinea**. <http://www.hlug.de/medien/wasse/gewaesserguete/ref/glocom.htm>. Acesso em 07-04-2004.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 1998.
- FEITOSA, R. C. **Utilização de bioindicadores em perícias ambientais: limites e possibilidades**. (Monografia do Curso de Especialização em Perícia Ambiental. 63p. DHT-CCET- Universidade Federal de Mato Grosso do Sul). Campo Grande-MS, 2003
- FERREIRA, A. **Bioindicadores: armas da ciência**. Laboratório de Ecologia de Bentos. Universidade Federal de Minas Gerais. Unicentro Newton Paiva. <http://www.icb.ufmg.br/~limnos>. Acesso em 10-06-2003.
- GALDEAN, N.; BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M.; ROCHA, L. A.; MARQUES, M. M. G. S. M. **A proposed typology for the rivers of Serra do Cipó (Minas Gerais, Brazil) based on the diversity of benthic macroinvertebrates and the existing habitats**. lab. Limnologia. Dep. Biologia. UFMG. Belo Horizonte-MG, Brazil. Trav. Must. natl. Hist. "Grigore Antipa". v. 41. p.445-453, 1999.

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.** Lab. Limnologia. Dep. de Biologia Geral. UFMG. Belo Horizonte-MG-Brazil. Aquatic Ecosystem Health and Management Society 3 – p.545-552, 2000.

GALDEAN, N.; CALLISTO, M.; BARBOSA, F. A. R. **Biodiversity assessment of benthic macroinvertebrates in altitudinal lotic ecosystems of Serra do Cipó (MG, Brazil).** Rev. Brasil. Biol. 61: p.239-248, 2001.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e conservação de solos: conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1999.

HILDREW, A. G.; GILLER, P. S. **Patchiness, species interactions and disturbance in the stream benthos.** Aquatic ecology Scale, pattern and process (eds. Giller, P.S., Hildrew, A.G.; Raffaelli, D.G.), Blackwell, Oxford, p.21-62, 1994.

HILSENHOFF, W. L. **Family level biotic rapid field assessment of organic pollution with an index.** J. N. Am. Benthol. soc. 7(1): p.65-68, 1988.

JOHNSCHER-FORNASARO, G.; ZAGATTO, P. A. **The use of the benthic community as a water quality indicator in the Cubatão River basin.** Wat. Sci. Tech. 19: p.107-11, 1987.

JUNQUEIRA, M. V.; CAMPOS, S. C. M. **Adaptation of the “BMWP” method for water quality evaluation to Rio das Velhas watershed (Minas Gerais, Brazil).** Acta Limnol. Brasil. 10(2): p.125-135, 1998

JUNQUEIRA, M. V; AMARANTE, M. C; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. **Biomonitoramento da qualidade das águas da Bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através de macroinvertebrados.** Acta Limnol. Brasil. 12(1): p.73-87, 2000.

KELLY, M.G.; WHITTON, B. A. **Biological monitoring of eutrophication in rivers.** Hydrobiologia 384: p.55-67, 1998.

KLEMM, D. J.; LEWIS, P. A.; FULK, F.; LAZORCHAK, J. M. **Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters.** Section 7, Data Evaluation. EPA 600/4-90/030, Washington DC, 1990.

KUHLMANN, M. L.; BRANDIMARTE, A. L.; SHIMIZU, GISELA. Y. S; ANAYA, M. **Invertebrados bentônicos como indicadores antrópicos sobre ecossistemas aquáticos**

continentais. Indicadores ambientais: conceitos e aplicações (eds. Maia, N. B., Martos, H. L.; Barrella, W.), p.237-248, 2001.

KUHLMANN, M. L.; HAYASHIDA, C. Y.; ARAÚJO, R. P. A. **Using *Chironomus* (Chironomidae: Diptera) mentum deformities in environmental assessment**. Acta Limnol. Brasil. 12(2): p.55-61, 2000.

LAJO, A. A. M.; IDE, C. N.; ROCHE, K. F.; FERREIRA, L. M.; SILVA, O. J. da. **Biomonitoramento da qualidade das águas do Córrego Prosa (MS/Brasil) com uso de macroinvertebrados**. II Simpósio Centro-Oeste de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS, 2002a.

LAJO, A. A. M.; IDE, C. N.; ROCHE, K. F.; FERREIRA, L. M.; SILVA, O. J. da. **Monitoramento e avaliação da qualidade da água do Córrego Cabaça, Campo Grande-MS, através do Iqa-Nsf, BMWP' e BMWP-modificado**. II Simpósio Centro-Oeste de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS, 2002b.

LANNA, E. A. **Planejamento Ambiental**. Apostila para Curso de Especialização em Engenharia Ambiental. DHT- Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Campo Grande-MS, 1999.

LAZORCHAK, J. M.; KLEMM, D. J.; PECK, D. V. **Environmental monitoring and assessment program - surface waters: field operations and methods for measuring the ecological condition of wadeable streams**. EPA 620/R94/004F, Washington DC, 1998.

LIMA, J. S. **Processos biológicos e o biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos**. EDUC, INEP. 285p. São Paulo, 2001.

LIMA-e-SILVA, P. P. de; GUERRA, A. J. T.; BUENO, C.; MOUSINO, P.; *et. al.* **Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1999.

MADOV, N.; GRECO, A.; SAMPAIO, F.; COUTINHO, L. **O Planeta pede socorro**. Revista Veja. Editora Abril. Edição 1.765, 21 ago. 2002.

MARQUES, M. G. S. M.; BARBOSA, F. A. R.; CALLISTO, M. **Distribution and abundance of Chironomidae (Diptera, Insecta) in an impacted watershed in south-east Brazil**. Rev. Brasil. Biol. 59: p.553-561, 1999.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An introduction to the aquatic insects of North America**. 2. ed., Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa, 722p, 1984.

MINISTÉRIO DA SAÚDE/FUNASA/BRASIL. **Legislação.** <http://portalsaude.gov.br/saude/>. Acesso em 28 – 04 –2004.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Legislação/Resoluções/CONAMA.** <http://www.mma.gov.br>. Acesso em 28-04-2004.

MISERENDO, M. L.; PIZZOLON, L. A. **Rapid assessment of river water quality using macroinvertebrates: A family level biotic index for the Patagonic Andean Zone.** Laboratório de Ecologia Aquática. Universidad Nacional de La Patagônia. Samento 849.9200. Esquel chubut. Argentina. C. O.N.C.E.T., 1996.

MONTANHOLI-MARTINS, M. C.; TAKEDA, A. M. **Spatial and temporal, varions of oligochaetas of the Ivinhema River and Patos Lake in the Paraná River Basin.** Brazil. Rev. Hydrobiologia, p.197-205, 2001.

MORELLI, S. L. **Legislação Ambiental do Estado de Mato Grosso do Sul.** 2. ed. Campo Grande-MS, 2001.

MOSS, B. **Ecology of freshwaters Man and medium, past to future.** 3. ed., Blackwell, Oxford, 1998.

NAVAS-PEREIRA, D. **Ecosistemas aquáticos: Diagnóstico por biomonitoramento.** Qualidade de águas continentais no Mercosul. (ed. Motta Marques, D. da). ABRH, RJ, p.343-364, 1994.

OHIO EPA. **Biological Criteria for the Protection of Aquatic Life.** v.1: The Role of Biological Data in Water Quality Assessment. Division of Surface Water, EPA, Columbus, Ohio, 1988a.

OHIO EPA. **Biological Criteria for the Protection of Aquatic Life.** v. 2: User's Manual for Biological Field Assessment of Ohio Surface Waters. Division of Surface Water, EPA, Columbus, Ohio, 1988b.

OHIO EPA. **Biological Criteria for the Protection of Aquatic Life.** v. 3: Standardized Biological Field Sampling and Laboratory Methods for Assessing Fish and Macroinvertebrate Communities. Division of Surface Water, EPA, Columbus, Ohio, 1989a.

OHIO EPA. **The Qualitative Habitat Evaluation Index [QHEI]: Rationale, Methods, and Application.** Division of Surface Water, EPA, Columbus, Ohio, 1989b.

OLIVEIRA, J. M. Z. P. S. da. **Contribuição ao diagnóstico ambiental de Furnas de Dionísios-MS**. Campo Grande-MS, 2000. 53p. Monografia de Especialização em Perícia Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

ONU/1992. **Declaração universal dos direitos da água**.<http://www.planetaorganico.com.br>. Acesso 04-04-2004.

PECKARSKY, B. L. **Sampling the stream benthos**. A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters. (eds: Downing, J. A.; Rigler, F. H.), IBP Handbook 17, 2. ed., Blackwell, p.131-160, 1984.

PÉREZ, G. R. **Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia**. Universidade de Antioquia, CIEN. Bogotá-Colômbia, 1998.

PIZZOLON, L.; MISERENDINO, M. L. **The performance of two regional biotic indices for running water quality in Northern Patagonian Andes**. Acta Limnol. Brasil. 13(1): p.11-27, 2001.

PLUCHINO, E. S.; RICHARDSON, J.; RILEY, J. **Guide to the common water mite genera of Florida**. Florida, EPA, www.dep.state.fl.us/labs/library/keys.htm. Acesso em 10-11-1999.

PREZA, D. <http://www.ufba.br/~qualibio/txt056.html>. Acesso em 10-07-2004.

ROLDAN, C. J. **Hormiga león (orden neuroptera)**. <http://www.aragonia.com/natural/fotos/insecto6.htm>. Acesso em 07-04-2004.

RUPPERT, E. E.; BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. Ed. Roca. São Paulo, 1996.

SILVA, M. J. M; ROCHA, F. M. da; CESAR, F. B.; OLIVEIRA, B. A. de. **Comunidade bentônica**. Brasília-DF, SEMARH. <http://www.semarh.df.gov.br>. Acesso 10-06-2003.

SILVANA, G. **Moradores do recanto dos pássaros serão removidos**. 2004. <http://www.estado.com.br/ciência/noticias/2003/fev/20/300.html>, acesso em 04-04-2004.

SPELLERBERG, I. F. **Monitoring Ecological Change**. Cambridge University Press, 334p, 1994.

TAKEDA, A. M.; SHIMIZU, G. Y.; HIGUTI, J. **Variações espaço-temporais da comunidade zoobentônica**. A planície de inundação do Alto Rio Paraná (eds. Vazzoler, A.E.A. M. de; Agostinho, A.A.; Hahn, N. S.). Nupelia, EDUEM, Maringá, p.157-177, 1997.

TAKEDA, M. A. *et. al.* **Zoobentos do rio Baía-MS – alto rio Paraná – Brasil.** Dep. de Biologia/NUPELIA. Universidade Estadual de Maringá-PR. Rev. Unimar, Maringá-PR. 13 (2): p.327-338, 1991.

TAKEDA, M. A.; BÜTTOW, N. C.; MELO, S. M. **Zoobentos do canal Curutuba-MS – alto rio Paraná – Brasil.** Dep. de Biologia/NUPELIA. Universidade Estadual de Maringá-PR. Rev. Unimar, Maringá-PR. 13 (2): p.353-364, 1999.

TOLEDO, A. P. Jr. de; TALARICO, M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E. G. **A aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo da eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** CETESB, Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 12. Santa Catarina, v. 22, 34p., 1983.

TOWNSEND, C. R.; HILDREW, A. G. **Species traits in relation to a habitat templet for river systems.** Freshwat. Biol. 31: p.265-275, 1994.

TRIHADININGRUM, Y.; PAUW, N. de.; TJONDRONEGORO, I.; VERHEYEN, R. F. **Use of benthic macroinvertebrates for water quality assessment of the Blawi river (East Java, Indonesia).** Schiemer, F.; K.T. Boland (eds.), Perspectives in Tropical Limnology, SPB Academic Publishing, Amsterdam, 199-221, 1996.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação.** 2. ed. Reimpr. – Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS:ABRH, 2.000.

UCM.ES. [Http://www.ucm.es/info/zôo/arthopodos/links.htm](http://www.ucm.es/info/zôo/arthopodos/links.htm). Acesso em 07-04-2004.

USEPA-United States Environmental Protection Agency. **Biological indicators. Biological Indicators of Watershed Health.** 2003. (http://www.epa.gov/bioindicators/html/about_img.html), acesso em 06-06-2003.

USSEGLIO-POLATERA, P.; BOURNAUD, M.; RICHOUX, P.; TACHET, H. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: **Relationships and definition of groups with similar traits.** Freshwater. Biol. 43: p.175-205, 2000.

VANNOTE, R. L.; MINSHALL, G. W.; CUMMINGS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. **The river continuum concept.** Can. J. Fish. Aq. Sci. 37: p.120-137, 1980.

WETZEL, R. G.; LIKENS G. E. **Limnological Analyses.** 2. ed. Springer-Verlag, 391p, 1991.

WINTERBOURN, M. J.; TOWNSEND, C. R. **Streams and rivers: one-way flow systems.** in: **Fundamentals of aquatic ecology.** (eds. Barnes, R. S. K.; Mann, K. H.). 2. ed., Blackwell, Oxford, p.230-242, 1991.

WRIGHT, J. F., MOSS, D., ARMITAGE, P. D.; FURSE, M. T. **A preliminary classification of running water sites in Great Britain based on macro-invertebrate species and the prediction of community type using environmental data.** *Freshwater Biol.* 14: p.221-256, 1984.

YASUNO, M.; WHITTON, B. A. **Biological Monitoring of Environmental Pollution.** Tokyo University Press, 1987.

APÊNDICE

Tabelas com os dados de cada amostra, quantidade, quantidade por m², desvio padrão e dados totais das coletas.

APÊNDICE

DADOS BIOLÓGICOS POR AMOSTRA, QUANTITATIVO, QUANTITATIVO (m²)
E DESVIO PADRÃO DAS COLETAS.

Tabela I – Dados biológicos da Coleta – 1 - Ponto 1. Data 14/10/2003

Ordem	Família	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Total	Total/m ²	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	140	21	11	6	9	187	415,56	640,34
	Leptophlebiidae	35	6	20	17	15	93	206,67	117,22
Plecoptera	Perlidae	2	3	8	28	2	43	95,56	123,63
	Chironomidae	16	9	4	34	4	67	148,89	139,13
Diptera	Simuliidae	49	5	5	22	5	86	191,11	213,78
	Tipulidae	-	-	-	1	2	3	16,67	7,86
Diptera / pupa	*****	-	-	7	1	5	13	48,15	33,95
Hemiptera	Naucoridae	2	-	-	2	1	5	18,52	6,42
	Corixidae	1	-	3	-	1	5	18,52	12,83
	Saldidae	-	2	-	-	-	2	22,22	0,00
Coleoptera	Elmidae	26	17	30	55	17	145	322,22	173,38
	Psephenidae	2	-	-	-	-	2	22,22	0,00
Trichoptera	Helicopsychidae	15	-	-	-	-	15	166,67	0,00
	Hydropsychidae	10	7	5	30	3	55	122,22	121,46
	Hydrobiosidae	-	-	-	8	-	8	88,89	0,00
	Hydroptilidae	-	10	6	-	-	16	88,89	31,43
Lepidoptera	Pyralidae	1	-	-	-	-	1	11,11	0,00
Odonata	Libellulidae	1	-	-	-	-	1	11,11	0,00
Classe Arachnoidea	Hydrachnidae	-	1	-	-	-	1	11,11	0,00
Oligochaeta			1				1	11,11	0,00
Total		300	82	99	204	64	749	1664,44	1111,62

Tabela II – Dados biológicos da Coleta – 1 - Ponto 2. Data 14/10/2003.

Ordem	Família	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Total	Total/m²	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	21	19	32	27	26	125	277,78	57,20
	Leptophlebiidae	19	17	7	11	6	60	133,33	64,79
Plecoptera	Perlidae	6	6	9	5	3	29	64,44	24,09
Diptera	Chironomidae	6	14	6	5	10	41	91,11	41,87
	Simuliidae	29	77	11	18	7	142	315,56	315,80
	Tipulidae	-	-	-	-	1	1	11,11	0,00
Díptera / pupa	*****	2	8	3	4	-	17	47,22	29,22
Hemiptera	Naucoridae	4	-	-	1	-	5	27,78	23,57
	Corixidae	-	-	-	1	1	2	11,11	0,00
	Belostomatidae	-	1	-	-	-	1	11,11	0,00
	Gelastocoridae	-	-	-	1	-	1	11,11	0,00
Coleoptera	Elmidae	54	88	66	86	99	393	873,33	202,09
Trichoptera	Hydropsychidae	16	28	10	18	26	98	217,78	82,25
	Hydrobiosidae	8	8	-	3	15	34	94,44	54,81
	Hydroptilidae	-	29	-	15	10	54	200,00	109,43
Neuroptera	Corydalidae	-	-	-	-	3	3	33,33	0,00
TOTAL		165	295	144	195	207	1006	2235,56	644,37

Tabela III – Dados biológicos da Coleta – 1 - Ponto 3. Data 14/10/2003.

Ordem	Família	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Total	Total (m²)	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	17	17	25	28	9	96	213,33	83,30
	Leptophlebiidae	4	44	17	13	10	88	195,56	172,24
Plecoptera	Perlidae	1	-	3	2	5	11	30,56	18,98
Diptera	Chironomidae	8	9	5	5	6	33	73,33	20,18
	Simuliidae	1	1	5	3	3	13	28,89	18,59
	Tipulidae	-	1	1	-	2	4	14,81	6,42
Diptera / pupa	*****	2	3	1	9	-	15	41,67	39,93
Hemiptera	Naucoridae	2	3	2	-	1	8	22,22	9,07
	Gelastocoridae	-	-	-	-	1	1	11,11	0,00
Coleoptera	Elmidae	30	47	79	52	100	308	684,44	308,38
	Psephenidae	4	-	-	1	-	5	27,78	23,57
Trichoptera	Hydropsychidae	13	39	21	22	10	105	233,33	125,46
	Hydrobiosidae	-	2	1	6	3	12	33,33	24,00
	Hydroptilidae	-	-	10	13	5	28	103,70	44,91
Neuroptera	Corydalidae	-	-	2	-	1	3	16,67	7,86
Odonata	Coenagrionidae	-	1	-	-	-	1	11,11	0,00
TOTAL		82	167	172	154	156	731	1624,44	407,37

Tabela IV – Dados biológicos totais da Coleta – 1 - Data 14/10/2003.

Ordem	Família	P - 1	P - 2	P - 03	Total	Total (m²)	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	187	125	96	408	1511,11	516,52
	Leptophlebiidae	93	60	88	241	892,59	197,62
Plecoptera	Perlidae	43	29	11	83	307,41	178,24
Diptera	Chironomidae	67	41	33	141	522,22	197,52
	Simuliidae	86	142	13	241	892,59	718,74
	Tipulidae	3	1	4	8	29,63	16,97
Diptera / pupa	*****	13	17	15	45	166,67	22,22
Hemiptera	Naucoridae	5	5	8	18	66,67	19,25
	Corixidae	5	2	-	7	38,89	23,57
	Saldidae	2	-	-	2	22,22	0,00
	Gelastocoridae	-	1	1	2	11,11	0,00
	Belomastidae	-	1	-	1	11,11	0,00
Coleoptera	Elmidae	145	393	308	846	3133,33	1400,31
	Psephenidae	2	-	5	7	38,89	23,57
Trichoptera	Helicopsychidae	15	-	-	15	166,67	0,00
	Hydropsychidae	55	98	105	258	955,56	300,82
	Hydrobiosidae	8	34	12	54	200,00	155,56
	Hydroptilidae	16	54	28	98	362,96	215,83
Neuroptera	Corydalidae	-	3	3	6	33,33	0,00
Odonata	Libellulidae	1	-	-	1	11,11	0,00
	Coenagrionidae	-	-	1	1	11,11	0,00
Lepidoptera	Pyralidae	1	-	-	1	11,11	0,00
Classe Arachnoidea	Hydrachnidae	1	-	-	1	11,11	0,00
Oligochaeta	-	1	-	-	-	11,11	0,00
TOTAL		749	1007	731	2486	9207,41	1718,61

Tabela V – Resultados biológicos da Coleta – 2 - Ponto 1. Data 10/02/2004.

Ordem	Família	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Total	Total (m²)	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	40	12	13	5	23	93	206,67	150,84
Plecoptera	Perlidae	1	-	-	-	4	5	27,78	23,57
	Chironomidae	8	6	-	-	9	23	85,19	16,97
Diptera	Simuliidae	-	1	1	2	2	6	16,67	6,42
	Tipulidae	-	-	-	-	1	1	11,11	0,00
Diptera / pulpa	*****	3	1	1	-	2	7	19,44	10,64
Hemiptera	Naucoridae	2	2	3	-	1	8	22,22	9,07
	Elmidae	16	3	6	13	11	49	108,89	58,48
Coleoptera	Psephenidae	-	3	-	1	-	4	22,22	15,71
	Helicopsychidae	12	-	-	12	-	24	133,33	0,00
Trichoptera	Hydropsychidae	7	13	3	-	31	54	150,00	137,44
	Hydrobiosidae	-	-	-	1	-	1	11,11	0,00
	TOTAL	89	41	27	34	84	275	611,11	324,80

Tabela VI – Resultados biológicos da Coleta – 2 - Ponto 2. Data 10/02/2004

Ordem	Família	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Total	Total (m²)	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	23	23	27	37	21	131	291,11	71,32
Plecoptera	Perlidae	-	-	1	1	1	3	11,11	0,00
	Chironomidae	1	2	-	10	1	14	38,89	48,43
Diptera	Simuliidae	-	2	7	10	1	20	55,56	47,14
	Tipulidae	1	-	-	3	1	5	18,52	12,83
Diptera / pulpa	*****	2	2	-	1	-	5	18,52	6,42
Hemiptera	Naucoridae	1	2	2	3	-	8	22,22	9,07
	Elmidae	8	4	4	8	6	30	66,67	22,22
Coleoptera	Psephenidae	1	-	-	-	-	1	11,11	0,00
	Helicopsychidae	-	12	-	-	-	12	133,33	0,00
Trichoptera	Hydropsychidae	9	-	15	14	9	47	130,56	35,57
	Hydrobiosidae	2	7	6	4	1	20	44,44	28,33
Neuroptera	Corydalidae	1	-	-	-	-	1	11,11	0,00
	TOTAL	49	54	62	91	41	297	660,00	213,81

Tabela VII – Resultados biológicos da Coleta – 2 - Ponto 3. Data 10/02/2004.

Ordem	Família	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	Total	Total (m²)	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	13	13	31	39	48	144	320,00	173,63
Plecoptera	Perlidae	-	1	-	2	2	5	18,52	6,42
	Chironomidae	3	1	4	3	4	15	33,33	13,61
Diptera	Simuliidae	-	-	-	-	3	3	33,33	0,00
	Tipulidae	-	-	1	1	2	4	14,81	6,42
Diptera / pulpa	*****	2	1	-	-	2	5	18,52	6,42
Hemiptera	Naucoridae	-	2	-	5	1	8	29,63	23,13
	Corixidae	1	-	-	-	-	1	11,11	0,00
Coleoptera	Elmidae	10	9	12	18	34	83	184,44	114,83
	Psephenidae	4	8	1	2	2	17	37,78	31,03
Trichoptera	Hydropsychidae	7	5	16	25	20	73	162,22	94,48
	Hydrobiosidae	-	-	1	-	6	7	38,89	39,28
Neuroptera	Corydalidae	-	-	2	-	-	2	22,22	0,00
	TOTAL	40	40	68	95	124	367	815,56	403,96

Tabela VIII – Dados biológicos totais da Coleta – 2 - Data 14/10/2003

Ordem	Família	P - 1	P - 2	P - 3	Total	Total (m²)	D.P
Ephemeroptera	Baetidae	93	131	144	368	1362,96	294,46
Plecoptera	Perlidae	5	3	5	13	48,15	12,83
	Chironomidae	23	14	15	52	192,59	54,81
Diptera	Simuliidae	6	20	3	29	107,41	100,82
	Tipulidae	1	5	4	10	37,04	23,13
Diptera / pupa	*****	7	5	5	17	62,96	12,83
	Naucoridae	8	8	8	24	88,89	0,00
Hemiptera	Corixidae	-	-	1	1	11,11	0,00
	Elmidae	49	30	83	162	600,00	298,35
Coleoptera	Psephenidae	4	1	17	22	81,48	94,50
	Helicopsychidae	24	12	-	36	200,00	94,28
Trichoptera	Hydropsychidae	54	47	73	174	644,44	149,48
	Hydrobiosidae	1	20	7	28	103,70	107,92
Neuroptera	Corydalidae	-	1	2	3	16,67	7,86
	TOTAL	275	297	367	939	3477,78	533,80

Tabela IX – Dados biológicos totais da Coleta – 1 e 2 - Data 14/10/2003.

Ordem	Família	C1	C 2	Total	Total/m²	D.P	%
Ephemeroptera	Baetidae	408	368	776	4311,11	314,27	22,66
	Leptophlebiidae	241	-	241	2677,78	0,00	7,04
Plecoptera	Perlidae	83	13	96	533,33	549,97	2,80
Diptera	Chironomidae	141	52	193	1072,22	699,25	5,64
	Simuliidae	241	29	270	1500,00	1665,63	7,88
	Tipulidae	8	10	18	100,00	15,71	0,53
Diptera / pupa	*****	45	17	62	344,44	219,99	1,81
Hemiptera	Naucoridae	18	24	42	233,33	47,14	1,23
	Corixidae	7	1	8	44,44	47,14	0,23
	Saldidae	2	-	2	22,22	0,00	0,06
	Gelastocoridae	2	-	2	22,22	0,00	0,06
	Belomastidae	1	-	1	11,11	0,00	0,03
Coleoptera	Elmidae	846	162	1008	5600,00	5374,01	29,43
	Psephenidae	7	22	29	161,11	117,85	0,85
Trichoptera	Helicopsychidae	15	36	51	283,33	164,99	1,49
	Hydropsychidae	258	174	432	2400,00	659,97	12,61
	Hydrobiosidae	54	28	82	455,56	204,28	2,39
	Hydroptilidae	98	-	98	1088,89	0,00	2,86
Neuroptera	Corydalidae	6	3	9	50,00	23,57	0,26
Odonata	Coenagrionidae	1	-	1	11,11	0,00	0,03
	Libellulidae	1	-	1	11,11	0,00	0,03
Lepidoptera	Pyralydae	1	-	1	11,11	0,00	0,03
Classe Arachnoidea	Hydrachnidae	1	-	1	11,11	0,00	0,03
Oligochaeta		1		1	11,11	0,00	0,03
TOTAL		2486	939	3425	19027,78	12154,38	100,00

GLOSSÁRIO

GLOSSÁRIO

Biótopos – literalmente “lugar da vida”. Área de extensões (superfície e volume) variáveis, sujeita a condições dominantes homogêneas (Lima-e-Silva *et. al.*, 1999).

Datum – (Planimétrico e altimétrico) – Origem do sistema de coordenadas – Ponto de intersecção entre o geóide e o elipsóide da terra. (autor).

Epífita – Espécie vegetal que cresce ou se apóia fisicamente em outra planta, geralmente uma árvore, mas não se comporta como parasita; retira seu alimento de detritos e resíduos que coleta a partir de seu ponto de apoio, da água da chuva etc... (Lima-e-Silva *et. al.*, 1999).

Exúvia – Casca que o inseto troca, na qual permanecem todas as características anatômicas do indivíduo.

Guildas – conjunto de organismos que se alimentam de um mesmo recurso alimentar (Callisto e Júnior, 2002).

Litter – parte húmica, resultante de queda de folhas e outros materiais vegetais. O “litter” acumulado nos fundos dos cursos d’água é proveniente das matas ciliares e de outras partes, sendo carregado pelas águas pluviais. (autor).

Mesotróficas ou mesossapróbia – zona aquática, onde o material orgânico encontra-se parcialmente oxidado, havendo ainda, quantidade apreciáveis de aminoácidos resultantes da decomposição de proteínas, além de outros compostos ainda ricos em energia, porém a DBO não é tão grande e já aparece grande número de organismos fotossintetizantes, pertencentes às espécies dotadas de maior resistência à poluição (Branco, 1986).

Nicho Ecológico – papel ecológico de uma espécie (Lima-e-Silva, *et. al.* 1999).

Oligotróficas – diz-se de habitat aquático de baixa produtividade; pobre em nutrientes minerais, com pouco crescimento de algas e outros organismos (Lima-e-Silva *et. al.*, 1999).

Ravinas – Sulco que se forma nas encostas devido ao escoamento superficial concentrado. Geralmente o processo de formação de ravinas se inicia com a erosão do lençol freático, originada no escoamento difuso. Com sua evolução as ravinas podem se transformar em vossorocas (Lima-e-Silva *et. al.*, 1999).

Saprobíóticos – mesmo que saprofíticos (Lima-e-Silva *et. al.*, 1999).

Saprobílicos – (**saprobíto ou saprobíio**) – designação genérica de organismos animais ou vegetais heterotróficos, que se nutrem de matéria orgânica morta, ou parcialmente decomposta. Organismo que vive em matéria orgânica , em água poluída (Lima-e-Silva *et. al*, 1999).

Splash – Também conhecido por erosão de salpicamento - é o estágio mais inicial do processo erosivo, pois prepara as partículas que compõem o solo, para serem transportadas pelo escoamento superficial. Essa preparação se dá, tanto pela ruptura dos agregados, quebrando-os em tamanhos menores, como pela própria ação transportadora que o salpicamento provoca nas partículas dos solos. Além disso, os agregados vão preenchendo os poros da superfície do solo, provocando a selagem e a conseqüente diminuição da porosidade, o que aumenta o escoamento das águas. (Guerra, *et al.*, 1999).

Taxa – plural de táxon (autor).