

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Programa de Pós-Graduação em Ecologia

Guilherme Fernandes Moreira Alfenas

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA  
ASSEMBLÉIA DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS EM UM ECOSSISTEMA AQUÁTICO  
PRESERVADO DE MATA ATLÂNTICA**

JUIZ DE FORA  
2009

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA**

**VARIAÇÃO ESPACIAL E TEMPORAL DA  
ASSEMBLÉIA DE MACROINVERTEBRADOS  
BENTÔNICOS EM UM ECOSSISTEMA AQUÁTICO  
PRESERVADO DE MATA ATLÂNTICA**

**Guilherme Fernandes Moreira Alfenas**

**Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Ecologia da  
Universidade Federal de Juiz de Fora,  
como parte dos pré-requisitos para  
obtenção do título de Mestre em Ecologia.**

**Orientador: Prof. Dr. Roberto da Gama Alves**

**Co-Orientadora: Prof(a) Dra. Dionéia Evangelista Cesar**

**Juiz de Fora, Minas Gerais, março de 2010**

# **Variação espacial e temporal da assembléia de macroinvertebrados aquáticos em um ecossistema aquático preservado de Mata Atlântica.**

**Guilherme Fernandes Moreira Alfenas**

Orientador: Prof. Dr. Roberto da Gama Alves

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências Biológicas, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais.

Aprovada em 31 de março de 2010.

---

Prof. Dr. Roberto da Gama Alves  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

---

Prof. Dr. Marcos Paulo Figueiredo de Barros  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Dionéia Evangelista Cesar  
Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF

Alfenas, Guilherme Fernandes Moreira.

Varição espacial e temporal da assembléia de  
macroinvertebrados aquáticos em um ecossistema aquático  
preservado de Mata Atlântica / Guilherme Fernandes Moreira  
Alfenas. – 2010.

77 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Ecologia)–Universidade Federal de  
Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2010.

1. Macroinvertebrados bentônicos. 2. Mata Atlântica. 3.  
Ecossistema Preservado. 4. Variação Espacial Temporal

# ÍNDICE

1. Introdução .....	10
1.1. Considerações gerais .....	10
1.2. A Teoria do Rio Contínuos – “The River Continuum Consept” .....	13
1.3. A teoria da “Descontinuidade Serial” .....	14
1.4. As quatro dimensões naturais dos ecossistemas lóticos .....	15
1.4.1. Dimensão longitudinal .....	15
1.4.2. Dimensão lateral .....	16
1.4.3. Verticalidade .....	16
1.4.4. Escala temporal .....	17
1.5. Córregos, Áreas alagadas e lagos rasos .....	17
2. Objetivo .....	19
2.1. Objetivo geral .....	19
2.2 Objetivo específico .....	19
3. Métodos .....	19
3.1. Área de estudo .....	19
3.2. Estações de amostragem .....	22
3.3. Precipitação pluviométrica .....	24
3.4.1. Variáveis abióticas e bióticas .....	24
3.4.2. Variáveis abióticas .....	24
3.4.3. Macroinvertebrados .....	25
3.4.4. Índice BMWP .....	26
3.4.5. Índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) .....	27
3.5. Análises estatísticas .....	28
4. Resultados .....	28
4.1. Precipitação pluviométrica .....	28
4.2. Variáveis físicas e químicas .....	29
4.2.1. Temperatura da água .....	31
4.2.2. Potencial hidrogeniônico da água (pH) .....	31
4.2.3. Condutividade elétrica .....	31
4.2.4. Oxigênio dissolvido .....	32
4.2.5. Turbidez .....	32
4.2.6. Correnteza .....	32
4.2.7. Nutrientes .....	33

4.2.7.1. Nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) .....	33
4.2.7.2. Nitrogênio orgânico total (NOT) .....	33
4.2.8. Sedimento .....	33
4.2.8.1. Matéria orgânica .....	33
4.2.9. Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis físicas e químicas..	34
4.3.1 Comunidade de Macroinvertebrados .....	37
4.3.2. Análise de agrupamento .....	44
4.4.1. Análise de Correspondência (AC) .....	46
4.5. Qualidade da água .....	48
4.5.1. Índice BMWP .....	48
4.5.2. Porcentagem de EPT .....	49
5. Discussão .....	50
5.1. Variação temporal .....	50
5.2. Variação espacial .....	52
5.2.1. Variáveis físicas e químicas .....	52
5.1.2. Análise de Componentes Principais (ACP) .....	57
5.2. Comunidades de macroinvertebrados .....	57
5.2.1. Análise de Agrupamento (UPGMA) .....	57
5.2.2. Riqueza, Índice de Diversidade de Shannon Abundância Numérica .....	58
5.2.3. Análise de correspondência .....	59
5.2.4. Composição da assembléia de macroinvertebrados .....	61
5.2.4.1. Período seco .....	61
5.2.4.2. Período chuvoso .....	62
5.2.5. Índices bióticos .....	64
5.2.5.1. Índice BMWP .....	64
5.2.5.2 Porcentagem de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera E Trichoptera) .....	64
6. Teorias ecológicas .....	64
7. Conclusões .....	65
8. Referências bibliográfica .....	67



## RESUMO

Os macroinvertebrados bentônicos desempenham importantes papéis ecológicos em ecossistemas aquáticos com importante participação no fluxo de energia, na ciclagem de nutrientes e nos ciclos biogeoquímicos. Eles são considerados componentes essenciais da rede alimentar, levando parte da matéria orgânica e dos nutrientes aos níveis tróficos mais elevados, participam da mineralização e decomposição, fragmentam o material alóctone em partículas mais finas que serão utilizadas por outros organismos, disponibilizam nutrientes estocados no sedimento para a coluna d'água através da bioturbação. É também um dos grupos mais diversos e estão presentes na maioria dos ecossistemas aquáticos. A sua distribuição e diversidade são influenciadas pela heterogeneidade física dos ambientes lóticos em relação ao substrato, a velocidade de correnteza, dinâmica de nutrientes, distribuição e presença de algas e macrófitas, retenção e distribuição de matéria orgânica, pH, temperatura e oxigênio dissolvido e interações entre organismos. O presente estudo tem como objetivo investigar a influência de fatores ambientais na composição e a distribuição espacial e temporal dos macroinvertebrados bentônicos de um ecossistema aquáticos preservado de Mata Atlântica localizado na Reserva Biológica Municipal do Poço D'Anta, Juiz de Fora, Brasil. Para isso foram realizadas três coletas no período seco e três no período chuvoso entre junho de 2008 e fevereiro de 2009 em quatro estações amostrais diferentes em seqüência: (i) parte inferior de um córrego de baixa ordem, (ii) local de transição entre o córrego e o lago, caracterizada como uma área alagada, (iii) parte central de um lago raso, (iv) fluxo de água formado após o lago, recuperando algumas características lóticas. Foram coletadas amostras de água processadas em laboratório (com exceção da temperatura da água, obtida no local) para obtenção dos valores de pH, turbidez, oxigênio dissolvido, velocidade de correnteza, condutividade elétrica, nitrogênio orgânico total, nitrogênio orgânico dissolvido, fósforo total e amostras de sedimento para determinar a porcentagem de matéria orgânica. Os macroinvertebrados do sedimento foram coletados por meio de arrasto durante 30 segundos com coletor tipo rede em D (malha de 0,21mm), fixados em formol 10%, lavadas em água corrente sobre peneira de 0,21mm em laboratório. Após a triagem em bandeja de PVC branca transluminada, os organismos foram transferidos para álcool 70% e identificados em nível de família conforme os critérios taxonômicos adotados pelas chaves de identificação e literatura especializada. Foi calculado o Índice de Diversidade de Shannon, abundância, riqueza de espécies, Equitabilidade de Pielou, Índice de EPT e

Índice BMWP. Assim como também foi utilizado o teste de Kruskal Wallis para verificar diferenças significativas dos valores das variáveis físicas e químicas. Foram coletados 3222 macroinvertebrados bentônicos, sendo 2093 no período seco e 1129 no período chuvoso. O período seco apresentou também maior riqueza de famílias e Índice de Diversidade de Shannon. Especialmente a estação amostral I obteve os maiores valores destas métricas citadas acima e a estação amostral III os menores valores, em ambos períodos de coleta. As variáveis físicas e químicas da água mostraram valores próximos entre as estações amostrais, provavelmente devido a pequena distância entre elas, entretanto a temperatura, pH, condutividade elétrica e turbidez apresentaram diferença significativa entre os períodos de coleta. A família Chironomidae foi a mais abundante em todas as estações amostrais, evidenciando suas habilidades para viver em ambientes diversos e sua grande importância em ecossistemas aquáticos de água dulciaquícolas. A biota mostrou-se diferenciada e adaptada as características de cada local, sendo que a “quebra” da continuidade do córrego, formando o lago raso, provavelmente modificou toda a biota local; e esta começou a se reestruturar na estação amostral IV, logo após o lago, retomando características lólicas.

**Palavras - chave:** Macroinvertebrados bentônicos, Mata Atlântica, Ecossistema preservado, Variação espacial e temporal, Teoria do Rio Contínuo

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. Considerações Gerais

Nas últimas décadas, o aumento dos problemas ambientais vem impulsionando a preocupação com a preservação dos ecossistemas aquáticos. Alguns desastres ecológicos deixaram marcas ainda visíveis e algumas até permanentes em nossos ambientes (Valle e Lage, 2004). Fato que levou a um crescimento na conscientização e nos estudos em ecossistemas impactados (Paerl et al., 2003; Faulkner 2004; Bakanov, 2004), a procura de mecanismos eficientes capazes de reduzir os impactos ambientais e o seu monitoramento (Negreiros, 1997). Contudo, para entender o funcionamento após o impacto e viabilizar possíveis medidas mitigadoras, é necessário conhecer a dinâmica do sistema ainda preservado. Desta forma, fica evidente a importância dos estudos em ecossistemas preservados (Clarke et al, 2008; Callisto et al, 2004; Lorion e Kennedy, 2009), pois através deles sua estrutura e função podem ser melhor compreendidos. Tal conhecimento é necessário para posteriormente reconhecer os efeitos de uma possível alteração sobre o ecossistema e a biota aquática residente.

A fim de acompanhar estas alterações, os métodos analíticos dos parâmetros físicos e químicos da água são considerados mais convencionais, mas segundo Karr (1998) não são suficientes, pois fornecem informações relativas apenas ao instante em que a amostra foi retirada, sendo que os eventos de curto prazo podem não ser detectados. Diante desse fato métodos biológicos podem substituir ou complementar as variáveis físicas e químicas (Resh et al., 1995).

Existem vários indicadores biológicos, que segundo Callisto e Gonçalves (2002) são espécies, grupo de espécies ou comunidade biológicas cuja presença, quantidade e distribuição indicam a magnitude de impactos ambientais em um ecossistema aquáticos e sua bacia de drenagem. Dentre estes indicadores podemos citar as algas e os peixes, mas os mais comumente utilizados são os macroinvertebrados bentônicos (Smith et al, 1999; Resh e Jackson, 1993; Baptista, 2008; Buss et al., 2002; Moreno, 2008).

Os macroinvertebrados são aqueles que ficam retidos em rede com malha de 0,21 mm (Roque et. al., 2003) compostos por larvas de insetos aquáticos, oligochaetas, crustáceos e moluscos. Segundo Rosemberg e Resh (1993), Alba-Tercedor (1996) e Goulart e Callisto (2003) este grupo apresenta diversas vantagens para sua utilização em monitoramento como elevada abundância, diversidade e capacidade de viver na maioria dos ecossistemas aquáticos possibilitando ampla gama de respostas frente a diferentes

níveis de contaminações e perturbações; reagem rapidamente a possíveis alterações ambientais; são relativamente grandes, de fácil visualização, amostragem e identificação; possuem ciclos de vida longos; são geralmente sedentários, sendo representativos das condições locais.

As famílias Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera podem ser indicadoras de ambientes preservados (Dohet et al., 2002) e a elevada abundância de indivíduos do gênero *Chironomus*, pertencente a Família Chironomidae da Ordem Diptera pode indicar ambientes com perturbação severa (Strixino e Strixino, 1988; Fernandes, 2002; Tudorancea e Tudorancea, 2002).

Muitos estudos têm demonstrado que esta fauna responde previsivelmente a impactos como enriquecimento orgânico (Brabec et al., 2004), represamento (Russel & Ward, 1988; Brandimarte et al., 1999; Kleine & Trivinho-Strixino, 2005), sedimentação (Wood & Armitage, 1997), mineração (Coutney & Clements, 2002) e atividades agrícolas mecanizadas e anuais como cana-de-açúcar (Corbi & Trivinho-Strixino, 2006), soja e milho (Richards et al., 1993).

Estes organismos desempenham importantes papéis ecológicos em ecossistemas aquáticos sendo considerados componentes essenciais da rede alimentar, levando parte da matéria orgânica e dos nutrientes aos níveis tróficos mais elevados (Strayer, 2006), participam da mineralização e decomposição, fragmentam o material alóctone em partículas mais finas que serão utilizadas por outros organismos, disponibilizam nutrientes estocados no sedimento para a coluna d'água através da bioturbação (Ward, 1992). Eles são também um dos grupos mais diversos e estão presentes na maioria dos ecossistemas aquáticos (Voelz & McArthur, 2000).

A sua distribuição e diversidade são influenciadas pela heterogeneidade física dos ambientes lóticos, em relação ao substrato (Minshall, 1984), a velocidade de correnteza (Wallace e Webster, 1996), dinâmica de nutrientes (Pringle et al, 1988), distribuição e presença de algas e macrófitas (Pringle et al, 1988), retenção e distribuição de matéria orgânica (Jones e Smock et al, 1991), pH, temperatura (Vannote e Sweeney, 1980) e oxigênio dissolvido (Williams e Hynes 1974) e interações entre organismos (Baptista et al, 2001).

O principal efeito da correnteza sobre os macroinvertebrados é o seu deslocamento e transporte em direção à jusante (Giller e Malmqvist, 1998). Deste modo, estes organismos desenvolveram adaptações e mecanismos morfológicos, fisiológicos ou comportamentais para viver em águas correntes (Angelier, 2003). Contudo, muitos destes organismos possuem necessidade de correnteza para

alimentação ou para exigências respiratórias (Allan, 1995). A velocidade da correnteza também pode influenciar a natureza do substrato e por consequência a composição e a distribuição dos macroinvertebrados (Whitton, 1975).

O substrato é importante para os macroinvertebrados, pois possibilita superfície de contato, habitats e abrigo contra correnteza e predadores, bem como sendo fonte alimentar (Allan, 1995). Alguns grupos são generalistas em relação ao substrato e outros têm preferência a determinadas composições e tamanho de partícula de substrato, influenciando em seu ciclo de vida (Giller e Malmquist, 1998).

O oxigênio é consumido durante a respiração e existem mínimas concentrações necessárias para esses organismos, podendo variar de acordo com as espécies. Este fato faz com que o oxigênio seja um fator que pode afetar a sua distribuição (Angelier, 2003).

A temperatura influencia diretamente o metabolismo da biota, já que reações químicas e as atividades celulares só ocorrem em determinados intervalos de temperatura (Angelier, 2003). Indiretamente, a temperatura influencia a concentração de oxigênio, uma vez que o aumento dela propicia a diminuição da solubilidade do oxigênio (Angelier, 2003). Os ciclos de vida também estão intimamente ligados a variação de temperatura, seja diária ou sazonal (Allan, 1995).

A vegetação ripária influencia os macroinvertebrados fornecendo sombra e modificando a temperatura da água, mas principalmente pelo fornecimento de matéria orgânica e nutriente, os quais são importantes fontes de energia para a base da cadeia de detritos a qual os macroinvertebrados fazem parte (Vannote et al, 1980). A vegetação também possibilita abrigo contra predadores e correnteza, devido ao fornecimento de folhas e galhos para estes sistemas.

A disponibilidade de alimento também pode influenciar a ocorrência e abundância dos macroinvertebrados, pois possuem preferências para locais onde o seu alimento está disponível.

Normalmente as interações bióticas naturais não são fortes o suficiente para alterar a composição pela exclusão de uma determinada espécie, devido à complexidade do habitat e as altas taxas de renovação de presas, mas podem influenciar na abundância relativa das mesmas (ALLAN, 1995).

A fim de entender e explicar esses padrões de distribuição das espécies e o funcionamento dos ecossistemas, algumas teorias ecológicas foram formuladas. O “River Continuum Concept” ou “Teoria do Rio Contínuo” (TRC) desenvolvido por Vannote et al (1980) é uma das principais teorias, baseando-se na idéia de que as

comunidades obedecem as mudanças físico-químicas e morfológicas que ocorrem longitudinalmente ao longo do curso d'água visando perda mínima de energia. Outra teoria complementar à TRC foi formulada por Ward e Stanford (1983) e foi chamada de “Teoria da Descontinuidade Serial” (TDS). Esta teoria alega que o represamento do rio causa rompimento do “contínuo”, interrompendo o gradiente das condições ambientais. A seguir as duas teorias serão brevemente explicadas.

## **1.2. A teoria do Rio Contínuo – “River Continuum Concept”**

Esta teoria é considerada pioneira em estudos da ecologia dos ecossistemas lóticos em geral e foi proposta por Vannote et al. (1980) e considera que da montante à jusante, as variáveis físicas de um sistema lótico apresentam um gradiente contínuo de condições, sendo estas mudanças no volume da água, profundidade, temperatura, quantidade e qualidade do material transportado, etc. Este gradiente deveria induzir uma série de respostas dentro das comunidades, resultando em uma regulação contínua da biota e padrões consistentes de carreamento, transporte, utilização e armazenamento de matéria orgânica ao longo da extensão do rio.

A dimensão longitudinal, principal característica dos sistemas lóticos tem por referencial físico a extensão da nascente à foz e muitos processos ecológicos são explicados a partir dos fenômenos de transportes (matéria e energia) e a interação com a bacia de drenagem. Os processos fluviais são destacados apenas nas dimensões longitudinal e temporal irrelevando os efeitos da profundidade e das inundações laterais.

Os cursos d'água são divididos em trechos como cabeceira, médio curso e baixo curso, apresentando características distintas como vazão, tamanho das partículas orgânicas, razão produção/respiração, morfologia do canal, carreamento de detritos.

A maioria das nascentes e córregos de baixa ordem é influenciada pela vegetação ripária, que proporciona sombra, diminuindo assim a produção primária autóctone e ainda contribuindo largamente para o aumento dos detritos alóctones. A razão produção/respiração (P/R) geralmente é menor que 1, sendo o local dependente da entrada de matéria orgânica terrestre. Nesta região predominam os macroinvertebrados retalhadores, que utilizam a matéria orgânica particulada grossa (MOPG) oriunda da serrapilheira, com forte dependência da biomassa microbiana, como fonte alimentar e também os coletores que filtram do transporte ou recolhem do sedimento a matéria orgânica particulada fina e ultrafina (MOPF e MOPU).

Com o aumento do tamanho do córrego ocorre a diminuição da influência da vegetação ripária e por consequência aumento da produção primária autóctone por algas e plantas aquáticas vasculares, que é dependente de luz. Ocorre também aumento significativo de transporte de matéria orgânica proveniente da nascente. A razão P/R geralmente é maior que 1. Nesta região ainda existem os retalhadores, mas o predomínio é de coletores, existindo ainda grande quantidade de herbívoros, devido a alta densidade de algas.

A região final do rio tende a ser turva (elevada turbidez), devido à grande carga de sedimento referente a todos os processos ocorridos à montante. A razão P/R volta a ser menor que 1 principalmente pelo controle exercido pela turbidez na produção primária, mas também pela alta respiração que as comunidades estabelecidas realizam.

Baseados na “Teoria de Equilíbrio de Energia” e na geomorfologia fluvial, os autores hipotetizaram que as características funcionais e estruturais das comunidades são adaptadas conforme a ordem dos rios e córregos. Comunidades biológicas desenvolvidas em córregos naturais assumem processos estratégicos envolvendo mínima perda de energia, desta forma as comunidades rio abaixo (jusante) são adaptadas a captar e acumular as ineficiências processadas rio acima (montante).

### **1.3. A teoria da “Descontinuidade Serial”**

Esta teoria foi proposta por Ward e Stanford (1983) usando os conceitos da TRC de Vannote et al. (1980). Eles enfatizaram que o represamento do rio rompe o gradiente em relação às condições ambientais, produzindo mudanças em sua dimensão longitudinal. A teoria proposta por Ward (1989) a ser descrita posteriormente, explica as dimensões que influenciam o rio, inclusive a longitudinal, citada na teoria de Ward e Stanford (1983).

Represamentos em um rio provocam mudanças tanto à jusante quanto à montante, em relação aos processos bióticos e abióticos, implicando em importantes mudanças no perfil do sistema rio e na formação de novos padrões dentro do sistema aquático - relacionadas ao estoque e à retirada da água.

Mesmo apresentando características lênticas os reservatórios conservam os gradientes longitudinais típicos de rios, graças aos influxos promovidos pelo rio principal e afluentes, e ao defluxo efetuado pela barragem (Margalef, 1983).

A implantação de barragens ou represamentos em um curso d'água ocorre devido a necessidade do desenvolvimento econômico e social, como geração de energia, abastecimento de água e irrigação e controle de inundações. Com isso, o regime fluvial passa a ser controlado de acordo com as necessidades de uso da água pela sociedade, modificando assim os regimes de cheia e seca.

Esta regulação do curso d'água pelas barragens e represamentos provoca uma descontinuidade longitudinal formando a montante um ambiente lêntico e a jusante um ambiente lótico diferentes do estado inicial do ecossistema aquático. As modificações na dinâmica natural hidrológica alteram a quantidade e a frequência do fluxo da água nas dimensões longitudinais, verticais e laterais afetando todo o sistema fluvial, abrangendo o leito, as planícies de inundação e as lagoas marginais quando presentes, mudanças na temperatura da água e no substrato que por conseqüências alteram toda a biota residente.

Assim, esta interrupção das conectividades longitudinais e laterais causadas por barragens ou represamentos, altera profundamente os componentes envolvidos, com conseqüências nas comunidades bióticas presentes, contribuindo negativamente para a perda da biodiversidade (Alves & Bernardo, 2000).

#### **1.4. As quatro dimensões naturais dos ecossistemas lóticos**

Esta teoria, proposta por Ward (1989), descreve os sistemas lóticos como tetradimensionais, isto é, possuem componentes laterais, verticais e longitudinais que se modificam ao longo do tempo. Boon (1992) incorporou um quinto componente: a dimensão conceitual humana. Segundo Ward (1989), existem importantes interações entre o rio e o sistema de inundações e entre o rio e os aquíferos, as quais também deveriam ser integradas com uma dimensão temporal.

##### **1.4.1. Dimensão Longitudinal**

O transporte unidirecional de água ao longo do canal do rio está relacionado ao aspecto físico da bacia hidrográfica e é possibilitado pela força gravitacional. Geralmente, o volume de água transportado é maior nas regiões mais baixas, próximas à foz, em relação às regiões mais altas (nascentes) e este princípio tem implicações diretas sobre as comunidades aquáticas, uma vez que gera um gradiente da nascente à foz dos

rios. A carga de sedimentos tende a aumentar à medida que se aproxima da foz e a deposição de sedimentos é favorecida por um relevo de menor declividade. As regiões de baixa ordem tendem a desenvolver um sistema de remansos e corredeiras com materiais mais grosseiros; já as regiões de maiores ordens apresentam deposição e erosão de material mais fino.

#### **1.4.2. Dimensão Lateral**

Transferências de matéria e energia entre o rio e a zona ripária e sistema zona de inundação ocorrem ao longo da dimensão lateral. Interações ao longo dessa dimensão incluem movimentos ativos e passivos de organismos entre o rio e a zona ripária, gerando a entrada de nutriente e matéria orgânica. A formação da área de inundação e as matas ciliares são os dois principais componentes funcionais da dimensão lateral dos rios.

A área de inundação compreende a zona em que os rios, em seu período de maior fluxo, extravasam suas águas e aumentam a conectividade com o meio terrestre.

A vegetação ripária compreende a faixa de vegetação que circunda os corpos d'água e são responsáveis pelo aporte de matéria orgânica, que é a fonte de energia para grande parte dos invertebrados dos pequenos riachos.

#### **1.4.3. Verticalidade**

Os rios apresentam uma dimensão vertical associada à dinâmica do nível freático, que funciona como uma espécie de reservatório de água para os rios. O tipo de interação do rio e as águas subterrâneas dependem de fatores geomorfológicos que determinarão o grau de exportação e de importação de água do rio para o nível freático. Assim como as áreas alagáveis, ela mantém uma conexão entre o sistema aquático e o terrestre.

#### **1.4.4. Escala temporal**

As três dimensões descritas anteriormente (longitudinal, vertical e lateral) se modificam ao longo do tempo, variando assim em estações do ano, mudanças diárias, períodos chuvosos e secos.

#### **1.5. Córregos, áreas alagadas e lagos rasos**

Os córregos de baixa ordem e locais de nascentes presentes em áreas ainda preservadas são locais importantes para a transformação da matéria orgânica (Bilby & Likens, 1980) e para a ciclagem de nutrientes (Bernhardt et al., 2005). Segundo Doods (2002), os córregos e rios possuem uma ligação vital nos ciclos biogeoquímicos globais, pois carregam material advindo da bacia de drenagem e terras adjacentes para lagos, estuários e o oceano. Esses locais podem ser vitais para a manutenção da estrutura e metabolismo do rio como um todo (Gomi, Sidle & Richardson, 2002; Bernhardt et al., 2005; Lowe & Likens, 2005; Wipfli, Richardson & Naiman, 2007). Além disso, são áreas importantes para a manutenção da biodiversidade (Heino et al., 2005; Lowe & Likens, 2005; Richardson & Danehy, 2007).

A característica principal dos córregos e demais ambientes lóticos é o fluxo direcional da água ao longo de um gradiente de declínio elevacional, afetando a morfologia, os padrões de sedimentação, a química da água e a biologia dos organismos que habitam (Wetzel, 2001). Dentre outras características importantes desses ambientes aquáticos podemos citar: a morfologia do canal e do substrato (tipo, fração, natureza) tendem a ser instáveis e a sofrer constantes mudanças; a maior parte da matéria orgânica que sustenta o metabolismo do sistema têm origem em fontes alóctones; a heterogeneidade espacial e temporal é alta, pois os sistemas lóticos respondem em maior escala e mais rapidamente a precipitações ocorridas na bacia, que geram mudanças no carreamento dos organismos e nas condições físicas e químicas; alta variabilidade nas variáveis físicas, químicas e biológicas; grande parte da biota está adaptada as condições de águas correntes (Wetzel, 2001); os processos que ocorrem a jusante são influenciados pelos ocorridos a montante (Vannote et al, 1980).

Assim como os córregos, áreas alagadas também devem ser estudadas, pois são consideradas locais de elevada biodiversidade e por apresentarem padrões únicos de processos ecológicos e formas de vida (Keddy, 2002; Agostinho et al., 2000).

Segundo o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos áreas alagadas são ecossistemas que dependem da constante ou recorrente inundação superficial ou saturação da superfície do substrato. Essas áreas apresentam fatores físicos, químicos e biológicos adaptados a condição de inundação, solos hídricos, vegetação hidrofítica e vários tipos de organismos e atividades biológicas adaptadas as condições ambientais (NRC, 1995). Podem ser naturais ou artificiais, permanentes ou temporárias, com águas estáticas ou com fluxo. São consideradas áreas de transição entre o ecossistema terrestre e o aquático (Mitsch e Gosselink, 2007).

São conhecidos como “supermercados ecológicos” devido à alta disponibilidade de alimento (Mitsch e Gosselink, 2007) e promovem vários serviços aos ecossistemas, incluindo controle dos pulsos de inundação e melhorias na qualidade da água (Dodds, 2002). Além disso, apresentam grande importância na ciclagem de nutrientes, participando ativamente no ciclo do carbono, transformação da matéria orgânica, e são locais de alta taxa de decomposição (Keddy, 2002). Podem ainda ser importantes sumidouros de carbono, pois as plantas que habitam essas áreas captam rapidamente o CO<sub>2</sub> atmosférico transformando-o em biomassa. Porém, podem atuar também como importantes fontes de carbono para a atmosfera por serem potenciais emissores de metano (Keddy, 2002).

A produção autóctone em áreas alagadas é extremamente alta o que geralmente confere uma das maiores taxas de produtividade primária existentes em ecossistemas aquáticos, no entanto a maior parte da produção primária por macrófitas não é consumida por herbívoro, mas depositada na forma de detritos, armazenada no sedimento ou consumida por invertebrados (Dodds, 2002). Ao contrário dos córregos, os retalhadores, especialmente adaptados a processar diretamente as folhas das plantas são raros, no entanto numerosos invertebrados como as larvas de Chironomídeos, podem realizar esta função.

Áreas alagadas podem formar lagos rasos em determinadas condições, abrigando grande biodiversidade de microorganismos, como vírus e bactérias, invertebrados, peixes, aves e mamíferos. A grande maioria dos lagos existentes na Terra são corpos d’água de pequena profundidade e pequena extensão (Esteves, 1998). Segundo Scheffer (1998) são considerados lagos rasos aqueles com profundidades menores ou iguais a três metros.

Estes sistemas geralmente possuem águas claras e podem ser amplamente colonizados por macrófitas, ao contrário dos lagos profundos, onde o fitoplâncton é que

pode dominar (Dodds, 2002). Estes tipos de lagos vêm sendo muito estudados ultimamente devido a sua ampla distribuição pela superfície da terra (Scheffer, 1998) e pelo fato de poderem emitir grandes quantidades de carbono para a atmosfera (Duarte et al., 2008).

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo Geral**

Conhecer a composição e a distribuição espacial e temporal dos macroinvertebrados bentônicos de um ecossistema aquáticos preservado de Mata Atlântica localizado na Reserva Biológica Municipal do Poço D'Anta, Juiz de Fora, Brasil.

### **2.2. Objetivo específico**

Investigar a influência de fatores ambientais como a sazonalidade das chuvas (período seco e chuvoso), tipo de substrato, oxigênio, temperatura, alcalinidade, pH, turbidez, condutividade, nitrogênio orgânico total, nitrogênio inorgânico dissolvido, nitrogênio total, fósforo total, matéria orgânica do sedimento na composição e distribuição dos macroinvertebrados.

## **3. Métodos**

### **3.1. Área de estudo**

A Reserva Biológica Municipal Poço D'Anta (REBIO Poço D'Anta) localiza-se na cidade de Juiz de Fora, Minas Gerais entre as coordenadas 21°44'23,33" a 21°45'51,78" latitude sul e 43°18'29,28" a 43°19'9,70" longitude oeste (Mapa 1). Esta área consiste em uma unidade de Conservação de Proteção Integral, criada pelo Decreto Municipal 2.794, de 21 de setembro de 1982, sendo a primeira Unidade de Conservação criada no município de Juiz de Fora (Plano de Manejo REBIO Poço D'Anta, 2008) (Mapa 1).



Mapa 1 – Mapa referente à localização da Reserva Biológica Municipal Poço D’Antas, Juiz de Fora/MG.  
Fonte: Plano de Manejo Reserva Biológica Poço D’Anta, Juiz de Fora/MG – 2008.

A área aproximada da REBIO Poço D’Anta é de 277 ha, situada totalmente em ambiente urbano. Encontram-se ao seu redor os bairros Linhares, São Benedito, Vila Alpina, São Bernardo, Costa Carvalho, Nossa Senhora de Lourdes, Santo Antônio do Paraibuna, Bosque dos Pinheiros, Parque Serra Verde (Mapa 2).

A área da Reserva é um fragmento com vegetação típica do bioma Mata Atlântica, encontrando-se em estágio de regeneração secundária. A evolução dos processos de regeneração nos últimos anos vem formando um corredor de mata o qual conecta a ReBio Poço D’Anta à mata da Fazenda da Floresta, sendo esta última propriedade particular, integrando o maior fragmento florestal existente no município (Foto 1), com cerca 650-700 ha de área total. Segundo a classificação fisionômico-ecológica de Veloso et al. (IBGE, 1992) a vegetação da ReBio Poço D’Anta se enquadra como Floresta Estacional Semidecidual Montana, pois está localizada acima de 800m de altitude. Pela dimensão e significativo grau de conservação, é uma das poucas amostras de floresta estacional semidecídua do Estado de Minas Gerais, a única parcialmente encravada numa zona urbana (Plano de Manejo REBIO Poço D’Anta, 2008).



Foto 1 – Mapa da Reserva Biológica Municipal Poço D’Anta, Juiz de Fora, MG e sua localiza urbana.

Fonte: Google Earth

Esta classificação está condicionada a uma dupla estacionalidade climática, uma tropical, com época de intensas chuvas de verão e temperatura elevada seguida por estiagens acentuadas e uma queda na temperatura, e outra subtropical, não havendo período seco, mas com seca fisiológica provocada pelo intenso frio de inverno, com temperaturas médias inferiores a 15°C (Santiago et al., 2007). Neste tipo de vegetação, o percentual de árvores caducifólias ou decíduas (que perdem suas folhas) no conjunto florestal é de 20 a 50%, por este motivo é chamada de semidecidual (Radambrasil, 1983 & Ambiente Brasil, 2004).

Em relação às características do solo, talvez a única comum a todos os tipos de solos da área seja a extrema pobreza química, a qual pode ser inferida pela elevada acidez, baixa capacidade de troca catiônica, elevada saturação em alumínio e praticamente nulidade em termos de macronutrientes (Plano de Manejo REBIO Poço D'Anta, 2008).

Os corpos d'água da REBIO Poço D'Anta pertencem a sub-bacia do Rio Paraibuna, a qual pertence à Bacia do Rio Paraíba do Sul. Todos os córregos geram na área da bacia, que corresponde a uma área de drenagem de 3,83 Km<sup>2</sup>, uma vazão média de 0,0783m<sup>3</sup>/s (78,3L/s), avaliado no período de 1955 a 2001 (CESAMA, 2001).

A área de coleta consiste no segmento inferior de córrego de baixa ordem, uma área alagada formada pelo córrego e um ambiente lântico formado pelo represamento natural do citado córrego logo após a área alagada, na Reserva Biológica Municipal Poço D'Anta, Juiz de Fora/MG.

### **3.2. Estações de amostragem**

Foram selecionadas quatro estações de amostragem para o presente estudo, sendo as coletas divididas de acordo com as estações climáticas. As coletas referentes ao período seco foram realizadas nos meses de junho, julho e agosto de 2008 e as referentes ao período chuvoso nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro de 2009.

A estação amostral I foi definida como a parte inferior de um córrego de baixa ordem, caracterizando-se por ser um trecho de cabeceira. Possui mata ciliar densa em suas margens, recobrindo boa parte do seu leito. O tipo de substrato predominante é o pedregoso, com matéria orgânica (aproximadamente 20% na seca e 45% na chuva)

grossa advinda do interior da mata, como galhos, folhas, troncos, frutos e sementes (Foto 2A).

A estação amostral II é um local de transição entre o córrego e o lago, distando 20 metros da estação amostral I. É composta por uma área alagada tomada basicamente por macrófitas enraizadas e elevado teor de matéria orgânica (aproximadamente 85% na seca e 90% na chuva. Predomina-se o substrato argiloso, escuro e húmico (Foto 2B).

A estação amostral III localizou-se na parte central de um lago raso, um ambiente lântico, com distância de uma margem a outra de aproximadamente 20 metros e 37 metros da estação amostral II. Sua superfície é coberta por macrófitas, em sua maioria *Salvinia* sp. A mata ciliar circundante é densa e fornece grande quantidade de matéria orgânica. O teor de matéria orgânica é elevado (aproximadamente 85% na seca e 95% na chuva), sendo o substrato formado basicamente pelas macrófitas em decomposição, folhas e galhos proveniente da mata ciliar e também do córrego e da área alagada (Foto 2C).

A estação amostral IV foi definida no fluxo de água formado após o lago, recuperando algumas características lóticis, distando 26 metros da estação amostral III. A mata ciliar é densa e o teor de matéria orgânica é alto (aproximadamente 85% em ambas as estações), o substrato é arenoso (Foto 2D).





Foto2 – Estações amostrais na Reserva Biológica Municipal Poço D’Antas, Juiz de Fora, MG. Estação amostral I (A), II (B), III (C) e IV (D).

### 3.3. Precipitação Pluviométrica

Os dados de precipitação pluviométrica foram cedidos pelo Laboratório Climatologia da Universidade Federal de Juiz de Fora e referem-se ao período de janeiro de 2008 a junho de 2009.

#### 3.4.1. Variáveis abióticas e bióticas

Para cada estação amostral, foram medidas variáveis abióticas da coluna d’água, quantidade de matéria orgânica no sedimento e densidade das famílias de macroinvertebrados bentônicos.

Para comparar estas variáveis sazonalmente (período seco e chuvoso) foi utilizada a média dos valores encontrados em todas as estações amostrais. Para comparar as variáveis espacialmente foi utilizada a média dos valores encontrados para cada estação amostral durante cada período (seco e chuvoso).

#### 3.4.2. Variáveis Abióticas

As variáveis abióticas analisadas e seus respectivos métodos encontram-se na tabela 1.

Para a mensuração das concentrações de nutrientes na coluna d'água, foram coletadas amostras em recipientes plásticos previamente esterilizados em laboratório. As amostras foram levadas para o Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Federal de Juiz de Fora onde foram processadas.

Tabela 1 – Variáveis abióticas e metodologia utilizada nas análises da água e do sedimento.

Variável	Metodologia
Temperatura	Sonda Horiba U22
pH	Sonda Horiba U22
Turbidez	Sonda Horiba U22
Condutividade elétrica	Sonda Horiba U22
Oxigênio dissolvido	Winkler modificado por Roland et al (1999)
Velocidade de correnteza	Mensurada através do tempo cronometrado de um objeto plástico flutuante colocado no corpo d'água e acompanhado ao longo de uma determinada distância (m/s).
Nitrogênio inorgânico dissolvido (NID)	Wetzel & Likens (2000)
Nitrogênio orgânico total (NOT)	Mackereth, (1978)
Fósforo total	Wetzel & Likens (2000)
Matéria orgânica do sedimento	Mackereth, (1978)

### 3.4.3 Macroinvertebrados

As amostras do sedimento foram obtidas por meio de arrasto durante 30 segundos com coletor tipo rede em D, com malha de fundo de abertura igual a 0,21mm. Após serem fixadas em formol 10% e acondicionadas em sacos plásticos foram conduzidas ao Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Federal de Juiz de Fora. No laboratório foram lavadas em água corrente sobre peneira de 0,21mm. Após a triagem em bandeja de PVC branca translúcida, os organismos foram transferidos para álcool 70%. A identificação dos invertebrados em nível de família foi realizada conforme os critérios taxonômicos adotados pelas chaves de identificação e literatura especializada (McCaffrty, 1981; Pérez, 1988; Lopretto & Tell, 1995; Trivinho-Strixino

& Strixino, 1995; Chacón & Segnini, 1996; Merrit & Cummins, 1996; Wiggins, 1996; Nieser & de Melo, 1997; Buckup & Bond- Buckup, 1999 e Costa, de Souza & Oldrini, 2004).

O índice de diversidade de Shannon, que leva em consideração a riqueza das espécies e sua abundância relativa e o índice de equitabilidade de Pielou, que se refere ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies foram utilizados para verificar a estrutura faunística. Para o cálculo destes índices foi utilizado o programa estatístico Bioestat.

### 3.4.4. Índice BMWP

O índice biótico BMWP (Biological Monitoring Working Party) foi utilizado para a caracterização da qualidade da água. Este índice foi proposto por Hellawell (1978) e modificado por Junqueira & Campos (1998). Este índice leva em consideração os macroinvertebrados identificados em nível de família, atribuindo valores de 1 a 10 de acordo com a sensibilidade a poluição orgânica. As famílias que são tolerantes a poluentes orgânicos recebem valores baixos, enquanto as famílias que são sensíveis a estes poluentes recebem valores mais altos (tabela 2). Após o registro da ocorrência das famílias em um determinado local, atribuem-se os valores e efetua-se a soma, resultando num valor final a ser interpretado de acordo com a tabela 3, retirada de Junqueira & Campos(1998):

Tabela 2 - Famílias utilizadas no Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) e seus respectivos valores de pontuação.

Família	Pontuação
Siphonuridae, Gripopterygidae, Pyralidae, Odontoceridae, Hydroscaphidae, Helicopsychidae.	10
Leptophlebiidae, Perlidae, Hebridae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Calopterygidae, Psephenidae, Dixidae.	8
Leptohyphidae, Veliidae, Leptoceridae, Polycentropodidae.	7
Glossosomatidae, Hidroptilidae,	6

Gyrinidae, Coenagrionidae, Ancyliidae.	
Naucoridae, Belostomatidae, Corixidae, Nepidae, Hydropsychidae, Gomphidae, Libellulidae, Dytiscidae, Corydalidae, Dugesiidae, Simuliidae.	5
Baetidae, Elmidae, Hydrophylidae, Piscicolidae, Athericidae, Empidoidea, Tabanidae.	4
Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Glossiphoniidae, Ceratopogonidae, Tipulidae, Culicidae.	3
Erpobdellidae, Chironomidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Syrphidae.	2
Oligochaeta (qualquer classe).	1

Tabela 3 - Sistema de classificação da qualidade da água utilizado pelo Índice BMWP, de acordo com o valor obtido pela soma da pontuação de cada táxon.

Classe	Valor final	Qualidade da água
<b>I</b>	$\geq 86$	Excelente
<b>II</b>	64 – 85	Muito Boa
<b>III</b>	37 – 63	Satisfatória
<b>IV</b>	17 – 36	Ruim
<b>V</b>	$\leq 16$	Muito ruim

### 3.4.5. Índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera)

A porcentagem de famílias de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em relação à biota total foi calculada para cada período (seco e chuvoso) e para cada estação amostral nos mesmos períodos (Cairns & Pratt, 1993).

A qualidade da água é maior quanto maior for a abundância relativa dessas famílias na amostra. Essa medida é baseada no conhecimento de que, em geral, a maioria dos organismos dessas ordens é mais sensível à poluição orgânica (Carrera e Fierro, 2001; Rosenberg e Resh, 1993).

### **3.5. Análises Estatísticas**

O teste de Kruskal Wallis foi utilizado para verificar se houve diferença significativa nos valores das variáveis físicas e químicas entre as estações amostras dentro de cada período e entre os períodos (seco e chuvoso). O programa utilizado foi o Bioestat e foram considerados significativos os valores de  $p < 0,05$ .

A riqueza de famílias, a abundância numérica, o índice de diversidade de Shannon, o índice de Equitabilidade de Pielou foram calculados através do Programa Bioestat ( $p < 0,05$ ) e utilizados na análise de agrupamento através do índice de similaridade de Bray-Curtis (UPGMA) das estações amostrais.

Os dados abióticos obtidos nos dois períodos de coleta foram utilizados nas Análises de Componentes Principais (ACP), sendo uma ACP para o período seco e uma ACP para o período chuvoso. Para isso os dados foram transformados em logx. A importância das variáveis na ACP foi determinada pela distância de cada variável a partir do centro do eixo:  $d \geq \text{raiz quadrada de } 2/n$ , onde  $n$  é o número de variáveis (Legendre e Legendre, 1998), correspondendo a  $d = 0,45$  neste caso. Correlações foram obtidas entre as variáveis e os eixos 1 e 2, gerando um gráfico de vetores. Foi utilizado nesta análise o Programa Canoco for Windows Versão 4.5 e CanoDraw for Windows 4.

Os dados bióticos foram utilizados para confecção da AC (Análise de Correspondência) para os períodos seco e chuvoso. A AC foi utilizada para observar a distribuição e a influência das estações amostrais sobre a assembléia de macroinvertebrados bentônicos. Foi utilizado nesta análise o Programa Canoco for Windows Versão 4.5 e CanoDraw for Windows 4.

## **4. Resultados**

### **4.1. Precipitação pluviométrica**

A precipitação pluviométrica em Juiz de Fora nos anos de 2008 e 2009 mostrou dois períodos distintos de seca e chuva, como podemos observar no gráfico 1.

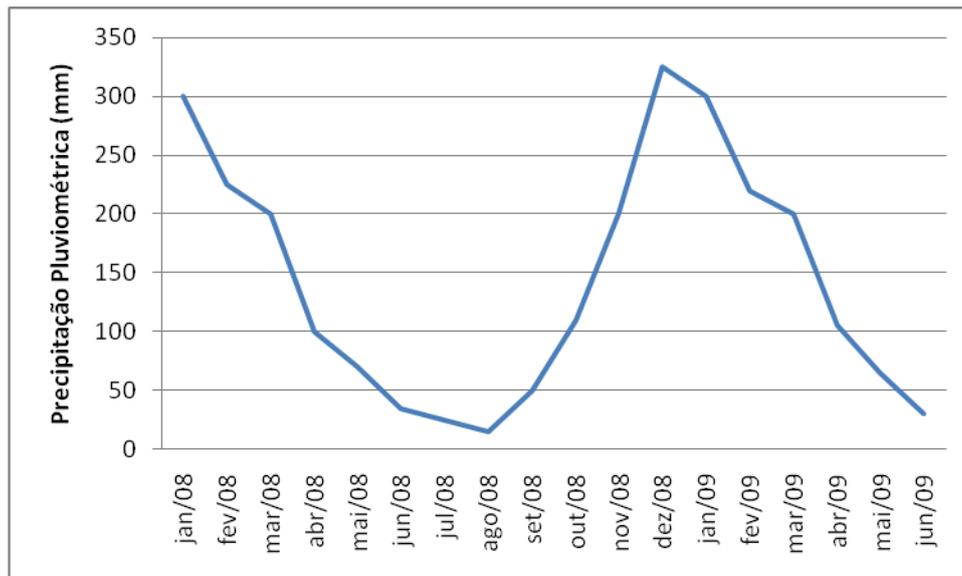


Gráfico 1 – Precipitação pluviométrica em Juiz de Fora (MG) no período entre janeiro de 2008 e junho de 2009.

#### 4.2. Variáveis físicas e químicas

O valor médio e o desvio padrão das variáveis físicas e químicas da água, medidas nas estações amostrais I, II, III e IV, nos períodos seco (2008) e chuvoso (2009) estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 – Média e desvio padrão das variáveis físicas e químicas no período seco e chuvoso nas estações amostrais (I, II, III e IV) na Reserva Biológica Municipal Poço D’Anta.

Estações amostrais	Oxigênio (mg L <sup>-1</sup> )				p.H.				Temperatura (°C)				Condutividade (µS/cm)				Turbidez (NTU)			
	Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
<b>Estação amostral I</b>	7,87	1,95	6,47	0,82	6,05	0,53	5,72	0,50	15,87	1,21	18,90	0,10	10,67	1,53	16,67	1,53	1,90	0,10	2,88	0,38
<b>Estação amostral II</b>	7,10	0,95	6,76	0,93	5,96	0,13	5,58	0,42	15,63	1,65	18,83	0,15	9,67	1,53	15,67	1,53	5,94	2,45	21,00	10,00
<b>Estação amostral III</b>	5,33	1,12	2,52	0,93	5,85	0,09	5,35	0,33	15,07	1,55	19,07	0,21	10,00	1,00	16,67	2,52	4,63	1,48	11,10	0,69
<b>Estação amostral IV</b>	3,82	1,04	3,58	1,06	5,81	0,19	5,52	0,24	14,70	1,71	19,03	0,21	10,33	1,53	17,00	1,00	3,40	0,26	3,94	0,66

Continuacao Tabela 4 – Média e desvio padrão das variáveis físicas e químicas no período seco e chuvoso nas estações amostrais (I, II, III e IV) na Reserva Biológica Municipal Poço D’Anta.

Estações amostrais	Correnteza (m/s)				NOT (µg L <sup>-1</sup> )				PT (µg L <sup>-1</sup> )				DIN (µg L <sup>-1</sup> )				Matéria Orgânica (%)			
	Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva		Seca		Chuva	
	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio	Média	Desvio
<b>Estação amostral I</b>	0,60	0,02	0,92	0,02	357,36	275,61	551,44	100,36	363,12	557,58	37,48	1,71	124,92	24,63	60,21	20,64	19,40	16,48	46,67	1,94
<b>Estação amostral II</b>	0,24	0,01	0,32	0,02	600,22	117,90	362,77	121,50	155,22	144,35	40,20	0,11	143,99	65,07	116,48	52,78	86,17	4,46	91,40	1,48
<b>Estação amostral III</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	312,03	263,25	288,61	154,51	51,80	35,75	35,91	8,79	139,97	33,22	95,76	44,65	85,22	8,95	95,73	1,71
<b>Estação amostral IV</b>	0,32	0,01	0,45	0,02	380,94	196,76	172,74	19,35	40,02	18,21	34,38	0,61	163,44	94,78	194,48	18,94	87,20	3,48	85,73	2,69

#### **4.2.1. Temperatura da água**

A média da temperatura da água no período seco foi  $15,31 \pm 1,39^{\circ}\text{C}$  e no período chuvoso foi  $18,95 \pm 0,17^{\circ}\text{C}$ .

Entre os períodos seco e chuvoso houve diferença significativa na temperatura da água ( $p < 0,0001$ ), entretanto quando comparadas as estações amostrais dentro de cada período para uma comparação espacial e entre os períodos para uma comparação temporal não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

#### **4.2.2. Potencial Hidrogeniônico da água (pH)**

O pH da água foi caracterizado como ácido em todas as estações amostrais em ambos os períodos (seco e chuvoso).

A média dos valores de pH da água no período seco foi de  $5,91 \pm 0,26$  e no período chuvoso foi de  $5,54 \pm 0,35$ .

Entre os períodos seco e chuvoso houve diferença significativa no pH da água ( $p = 0,01$ ), entretanto não houve diferença significativa entre as estações amostrais em cada período, para uma comparação espacial e também não houve diferença significativa entre as estações amostrais comparando os períodos, para uma comparação temporal ( $p > 0,05$ ).

#### **4.2.3. Condutividade Elétrica**

Os valores de condutividade elétrica foram maiores no período chuvoso, sendo o maior valor ( $19 \text{ uS/cm}$ ) encontrado na estação amostral III no mês de fevereiro/2009 e o menor valor ( $8 \text{ uS/cm}$ ) na estação amostral II no mês de junho/2008.

A média dos valores de condutividade elétrica no período seco foi de  $10,16 \pm 1,26 \text{ uS/cm}$  e do período chuvoso foi de  $16,51 \pm 1,56 \text{ uS/cm}$ .

Entre os períodos seco e chuvoso foi observada diferença significativa na condutividade elétrica da água ( $p < 0,0001$ ). Quando comparadas as estações amostrais temporalmente, a estação amostral III mostrou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso ( $p = 0,02$ ), sendo maior no período chuvoso ( $16,66 \pm 2,51 \text{ uS/cm}$ ) e a estação amostral IV apresentou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso ( $p = 0,02$ ), sendo maior no período chuvoso ( $17,00 \pm 1,00 \text{ uS/cm}$ ). Quando comparadas

as estações amostrais espacialmente dentro de cada período não foi observada diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

#### **4.2.4. Oxigênio Dissolvido**

O valor médio de oxigênio dissolvido na água no período seco foi de  $6,03 \pm 1,99$  mg L<sup>-1</sup> e no período chuvoso foi de  $4,83 \pm 2,00$  mg L<sup>-1</sup> (Gráfico 4).

Entre os períodos seco e chuvoso não foi observada diferença significativa em relação ao oxigênio dissolvido na água ( $p > 0,05$ ), entretanto quando comparadas as estações amostrais espacialmente, a estação amostral I e a estação amostral II mostraram-se diferentes significativamente da estação amostral IV no período seco ( $p=0,03$  e  $p=0,04$  respectivamente) e no período chuvoso a estação amostral I mostrou-se diferente significativamente da estação amostral III ( $p=0,01$ ) e da estação amostral IV ( $p=0,02$ ); já a estação amostral II mostrou-se diferente significativamente da estação amostral III ( $p=0,02$ ) e da estação amostral IV ( $p=0,03$ ). Quando comparadas temporalmente, as estações amostrais não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

#### **4.2.5. Turbidez**

A média da turbidez foi maior na estação chuvosa com média de  $9,72 \pm 8,68$  NTU, enquanto na estação seca foi de  $3,96 \pm 1,98$  NTU.

Entre os períodos seco e chuvoso houve diferença significativa em relação à turbidez ( $p=0,03$ ). Quando comparadas as estações amostrais espacialmente, a estação amostral I mostrou-se diferente significativamente em relação à estação amostral II no período seco ( $p=0,02$ ) e também no período chuvoso ( $p=0,04$ ). No período chuvoso a estação amostral I mostrou-se diferente significativamente em relação estação amostral III ( $p=0,01$ ). Quando comparadas temporalmente, as estações amostrais não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

#### **4.2.6. Correnteza**

A média da correnteza da água no período seco foi de  $0,35 \pm 0,18$  m/s e no período chuvoso foi de  $0,60 \pm 0,28$  m/s.

Entre os períodos seco e chuvoso não foi observada diferença significativa na correnteza ( $p > 0,05$ ), entretanto quando comparadas espacialmente a estação amostral I

apresentou-se diferente significativamente que a estação amostral II ( $p=0,03$ ) no período seco. Quando as estações amostrais foram comparadas temporalmente a estação amostral I apresentou-se diferente significativamente entre os períodos seco e chuvoso ( $p=0,03$ ).

#### **4.2.7. Nutrientes**

##### **4.2.7.1. Nitrogênio Inorgânico Dissolvido (NID)**

A média do nitrogênio inorgânico dissolvido na água no período seco foi de  $142 + 54 \mu\text{gL}^{-1}$  e no período chuvoso foi  $112 + 60 \mu\text{gL}^{-1}$ .

Entre os períodos seco e chuvoso o nitrogênio inorgânico dissolvido não apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ). Entretanto quando comparadas as estações amostrais espacialmente a estação amostral I apresentou-se diferente significativamente em relação à estação amostral IV ( $p=0,006$ ) no período chuvoso. Quando comparadas as estações amostrais temporalmente somente a estação amostral I apresentou diferença significativa entre os períodos seco e chuvoso ( $p=0,04$ ).

##### **4.2.7.2. Nitrogênio orgânico total (NOT)**

A média de nitrogênio orgânico total na água no período seco foi de  $412 \pm 222 \mu\text{gL}^{-1}$  e no período chuvoso foi igual a  $343 \pm 172 \mu\text{gL}^{-1}$ .

Entre os períodos seco e chuvoso o nitrogênio orgânico total (NOT) não apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ). Entretanto quando comparadas as estações amostrais temporalmente, a estação amostral II e a estação amostral IV apresentaram diferença significativa em relação aos períodos seco e chuvoso ( $p=0,04$  para ambas). Quando comparadas espacialmente, dentro de cada período as estações amostrais não apresentaram diferença significativa ( $p>0,05$ ).

#### **4.2.8. Sedimento**

##### **4.2.8.1. Matéria orgânica**

A média da porcentagem de matéria orgânica do sedimento no período chuvoso foi de  $79,88\% \pm 20,44$  enquanto no período seco foi de  $69,49\% \pm 31,35$ .

Entre os períodos seco e chuvoso a matéria orgânica não apresentou diferença significativa ( $p>0,05$ ). Entretanto quando comparadas as estações amostrais espacialmente, no período seco a estação amostral I apresentou-se diferente significativamente em relação à estação amostral II ( $p=0,04$ ), a estação amostral III ( $p=0,03$ ) e a estação amostral IV ( $p=0,03$ ). No período chuvoso a estação amostral I apresentou-se diferente significativamente em relação à estação amostral II ( $p=0,02$ ) e a estação amostral III ( $p=0,001$ ). A estação amostral III apresentou-se diferente significativamente em relação a estação amostral IV ( $p=0,04$ ). Quando comparadas temporalmente as estações amostrais não apresentaram diferença significativa ( $p<0,05$ ).

#### **4.2.9. Análise de Componentes Principais (ACP)**

A Análise de Componentes Principais (ACP) dos dados físicos e químicos obtidos no período seco (Gráfico 12) mostrou explicabilidade (98,1%) da variância total dos dados. Os valores de correlação entre as variáveis físicas e químicas com o eixo 1 e com o eixo 2 obtidos na ACP encontram-se na tabela 5. O eixo 1 explicou 82,9% dos dados, sendo que todas as cinco variáveis correlacionadas positivamente apresentaram alto coeficiente de correlação (acima de 0,8) e das três correlacionadas negativamente, duas apresentaram alto coeficiente de correlação (acima de 0,8). O eixo 1 foi positivamente correlacionado com o oxigênio, pH, temperatura, correnteza e fósforo total (PT) e correlacionado negativamente com a turbidez, nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e matéria orgânica (MO). Já o eixo 2 explicou 15,2% dos dados, sendo que das duas variáveis correlacionadas positivamente, uma apresentou alto coeficiente de correlação (acima de 0,8) e a única correlacionada negativamente apresentou alto valor de coeficiente de correlação (acima de 0,8). O eixo 2 foi positivamente correlacionado com a turbidez e o nitrogênio orgânico total (NOT) e negativamente correlacionado com a condutividade.

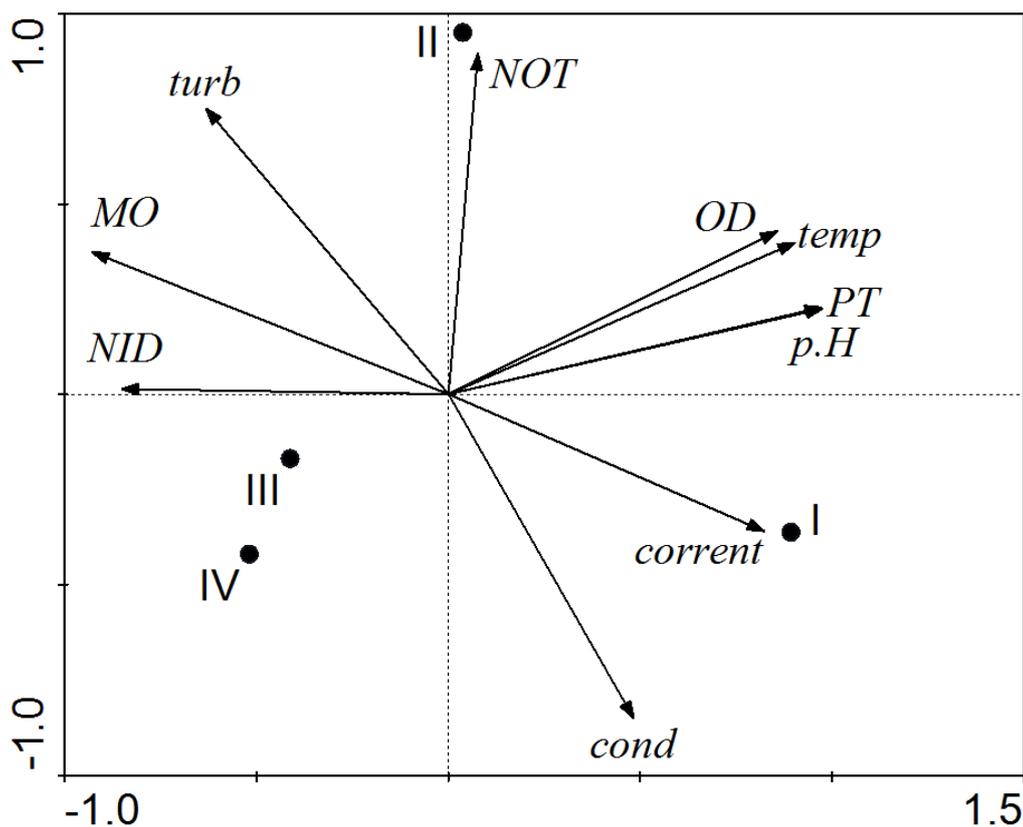


Gráfico 12 – Resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis físicas e químicas das estações amostrais (I,II,III e IV) na Reserva Biológica Municipal Poço D’Antas. Juiz de Fora/MG durante o período seco. As variáveis utilizadas foram correnteza (corrent), pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez (turb), condutividade (cond), temperatura (temp), matéria orgânica do sedimento (MO), nitrogênio orgânico total (NOT), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fósforo total (PT).

Tabela 5 – Coeficientes de correlação das variáveis físicas e químicas da água na Reserva Biológica Poço D’Anta e suas correlações com os eixos 1 e 2 da Análise de Componentes Principais (ACP) no período seco.

Variáveis	Código	Eixo 1	Eixo 2
Oxigênio	OD	0.850	0.428
pH	pH	0.972	0.229
Temperatura (°C)	Temp	0.902	0.398
Condutividade (µS.cm-1)	Cond	0.483	-0.849
Turbidez (NTU)	Turb	-0.632	0.750
Correnteza (m.s-1)	Corrent	0.822	-0.359
NOT (µg.L-1)	NOT	0.078	0.894
PT (µg.L-1)	PT	0.974	0.225
DIN (µg.L-1)	DIN	-0.850	0.014
M.O. (%)	MO	-0.928	0.373
Explicabilidade		82.90%	15.20%

O resultado da Análise de Componentes Principais (ACP) dos dados físicos e químicos obtidos no período chuvoso (Gráfico 13) mostrou grande explicabilidade (91,8%) da variância total dos dados. Os valores de correlação entre as variáveis físicas e químicas com os eixo 1 e com o eixo 2 obtidos na ACP encontram-se na tabela 6. O eixo 1 explicou 55% dos dados, sendo que uma das três variáveis correlacionadas positivamente apresentou alto coeficiente de correlação (acima de 0,8) e duas das três variáveis correlacionadas negativamente apresentaram alto coeficiente de correlação (acima de 0,8). O eixo 1 apresentou-se positivamente correlacionado com o pH, condutividade elétrica e correnteza e negativamente correlacionado com a turbidez, nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e matéria orgânica. Já o eixo 2 explicou 36,8% dos dados, sendo que nenhuma das três variáveis correlacionadas positivamente apresentaram coeficiente de variação acima de 0,8 e todas as três variáveis correlacionadas negativamente apresentaram alto coeficiente de correlação (acima de 0,8). O eixo 2 apresentou-se positivamente correlacionado com a temperatura, condutividade elétrica e nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) e negativamente correlacionado com o oxigênio, nitrogênio orgânico total (NOT) e fósforo total (PT).

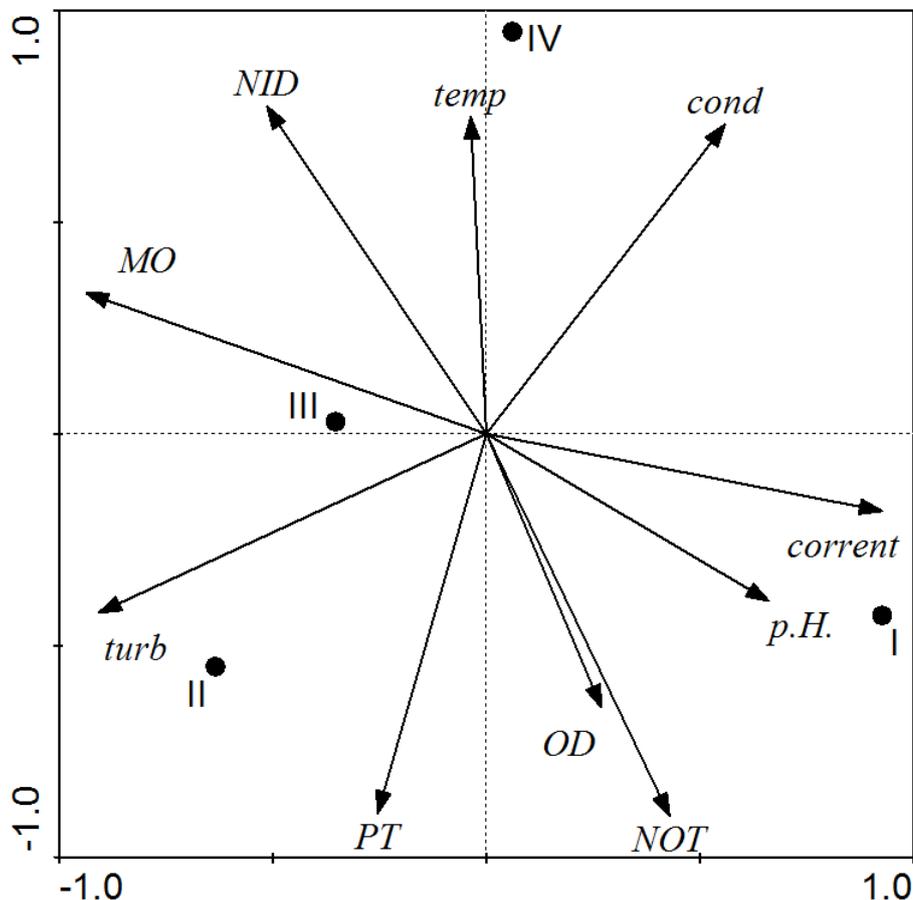


Gráfico 13 – Análise de Componentes Principais (ACP) das variáveis físicas e químicas das estações amostrais (I,II,III e IV) na Reserva Biológica Municipal Poço D’Antas. Juiz de Fora/MG durante o período chuvoso. As variáveis utilizadas foram correnteza (corrent), pH, oxigênio dissolvido (OD), turbidez (turb), condutividade (cond), temperatura (temp), matéria orgânica do sedimento (MO), nitrogênio orgânico total (NOT), nitrogênio inorgânico dissolvido (NID), fósforo total (PT).

Tabela 6 – Coeficientes de correlação das variáveis físicas e químicas da água na Reserva Biológica Poço D’Anta e com os eixos 1 e 2 da Análise de Componentes Principais (ACP) no período chuvoso.

Variáveis	Código	Eixo 1	Eixo 2
Oxigênio	OD	0.269	-0.902
pH	pH	0.660	-0.394
Temperatura (°C)	Temp	-0.036	0.748
Condutividade (µS.cm-1)	Cond	0.558	0.730
Turbidez (NTU)	Turb	-0.906	-0.422
Correnteza (m.s-1)	Corrent	0.925	-0.182
NOT (µg.L-1)	NOT	0.429	-0.902
PT (µg.L-1)	PT	-0.254	-0.895
DIN (µg.L-1)	DIN	-0.514	0.772
M.O. (%)	MO	-0.937	0.333
Explicabilidade		55%	36.80%

#### 4.3.1 Comunidade de macroinvertebrados

Um total de 3222 macroinvertebrados foi coletado, correspondendo a 2 filos (Arthropoda e Annelida), três classes (Crustacea, Insecta e Clitellata), 10 ordens e 31 famílias. O filo Arthropoda foi o mais representativo, composto por 9 ordens, sendo 8 destas pertencentes à classe Insecta e 1 a classe Crustacea. Os dados médios de cada estação amostral em ambos períodos de coleta encontram-se na tabela 7.

Tabela 7 - Média da densidade de macroinvertebrados bentônicos nas estações amostrais durante os períodos seco (2008) e chuvoso (2009) na Reserva Biológica Municipal Poco D’Anta – MG.

		SECA				CHUVA			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
Odonata	Família Libellulidae	0,0	0,3	2,7	0,0	0,7	0,7	1,0	0,0
	Família Gomphidae	5,0	0,3	0,0	0,0	3,0	1,3	0,0	0,3
	Família Corduliidae	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Família Aeshnidae	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,7	0,0	0,0
	Família Megapodagrionidae	1,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

	Família Perilestidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
	Família Lestidae	0,3	0,7	0,3	0,3	0,0	1,0	0,0	0,0
	Família Coenagrionidae	0,0	0,3	0,0	0,0	1,0	0,3	0,0	0,7
	Família Calopterygidae	2,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Ephemeroptera</b>	Família Leptophlebiidae	4,3	3,0	0,0	0,0	0,3	2,0	0,0	0,0
	Família Caenidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	Família Baetidae	1,0	2,0	0,0	0,0	1,0	0,7	0,0	0,0
<b>Plecoptera</b>	Família Perlidae	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Família Gripopterygidae	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Trichoptera</b>	Família Calamocetaridae	4,7	2,3	0,3	0,3	2,7	0,3	0,0	1,7
	Família Leptoceridae	18,0	7,7	0,7	0,7	28,7	8,7	0,0	3,7
	Família Hydropsychidae	3,0	0,3	0,0	1,0	0,7	0,0	0,0	0,7
	Família Glossosomatidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	Família Hydrobiosidae	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Diptera</b>	Família Chironomidae	83,0	126,7	75,0	176,3	31,7	138,7	34,7	52,7
	Família Tipulidae	3,0	3,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
	Família Ceratopogonidae	4,0	10,3	2,7	4,7	17,0	10,0	1,3	5,0
	Família Simuliidae	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Coleoptera</b>	Família Elmidae	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0
<b>Hemiptera</b>	Família Notonectidae	0,0	0,3	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
	Família Naucoridae	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Crustacea</b>	Família Trichodactylidae	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
<b>Oligochaeta</b>	Família Naididae	1,3	1,0	0,7	0,3	0,0	1,7	1,7	0,3
	Família Tubificidae	5,3	98,7	9,0	11,3	0,0	10,3	0,0	6,7
	Família Enchytraeidae	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Lepidoptera</b>	Família Pyralidae	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	TOTAL	149,7	261,0	91,3	195,7	88,3	176,3	38,7	73,0

No período seco foram encontrados 2093 invertebrados, representando 64,95% da fauna total do presente trabalho, pertencentes a 8 ordens e 27 famílias.

A riqueza (27 famílias), a abundância (2093) e o índice de diversidade de Shannon (1,28) foram maiores no período seco em relação ao chuvoso. Apenas o índice de Equitabilidade foi menor (0,38). Os valores de riqueza, abundância, índice de diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou das estações amostrais para o período seco estão representadas na tabela 8.

Tabela 8 – Riqueza, abundancia, indice de Diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou das estacoes amostrais no periodo seco na REBIO Poco D`Anta – MG.

	E. amostral I	E. amostral II	E. amostral III	E. amostral IV
Riqueza	22	20	8	9
Abundância	449	783	274	587
Diversidade Shannon	1.794	1.294	0.7093	0.4461
Equitabilidade Pielou	0.5803	0.4319	0.3411	0.203

A Ordem Díptera representou 70% do total de organismos coletados no período seco (Gráfico 14).

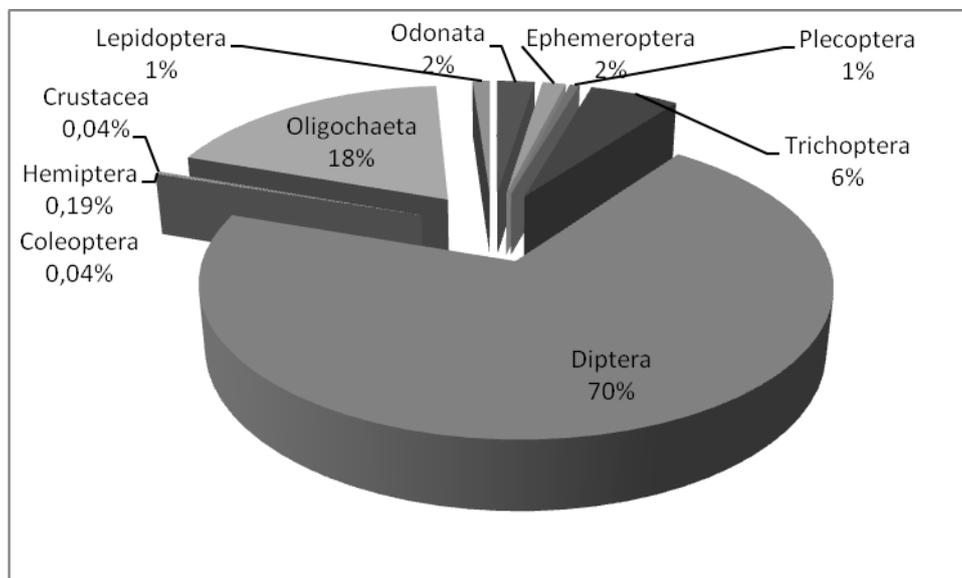


Gráfico 14 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos no período seco na REBIO Poço D'Anta.

No período seco a estação amostral I apresentou a maior riqueza, o maior índice de diversidade de Shanonn e o maior índice de Equitabilidade do período seco. A Ordem Díptera apresentou 64% do total de organismos da estação amostral I na estação seca (Gráfico 15).

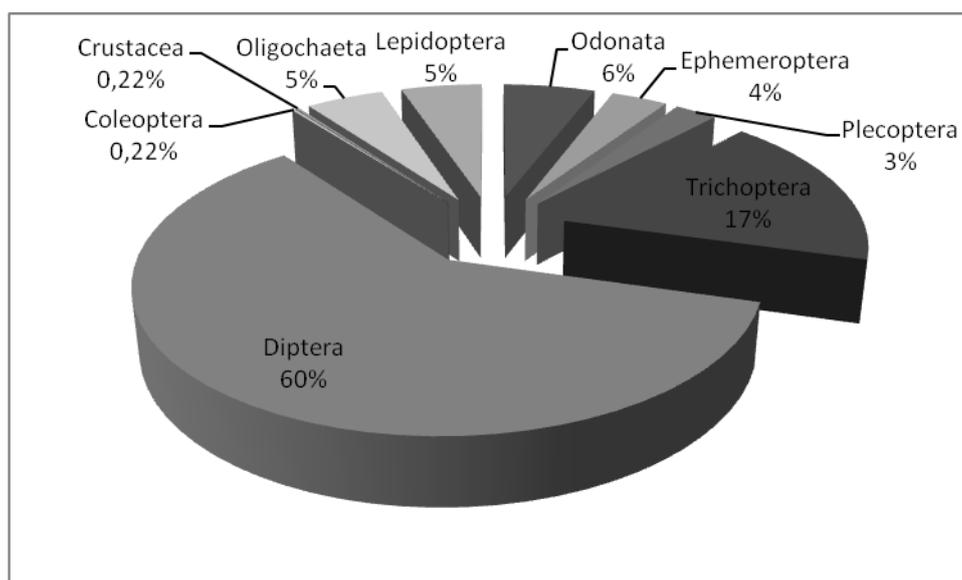


Gráfico 15 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral I (estação amostral I) durante o período seco na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral II apresentou a maior abundância do período seco com 783 indivíduos. A Ordem Diptera apresentou 54% dos organismos da estação amostral II no período seco (Gráfico 16).

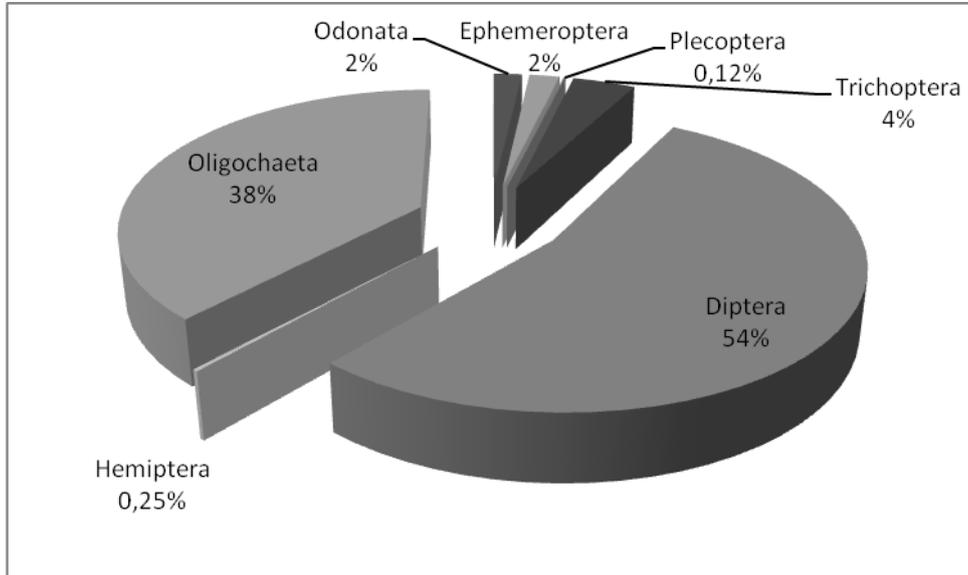


Gráfico 16 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral II durante o período seco na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral III apresentou a menor riqueza e menor abundância do período seco. A Ordem Diptera apresentou 85% dos indivíduos da estação amostral III na estação seca (Gráfico 17).

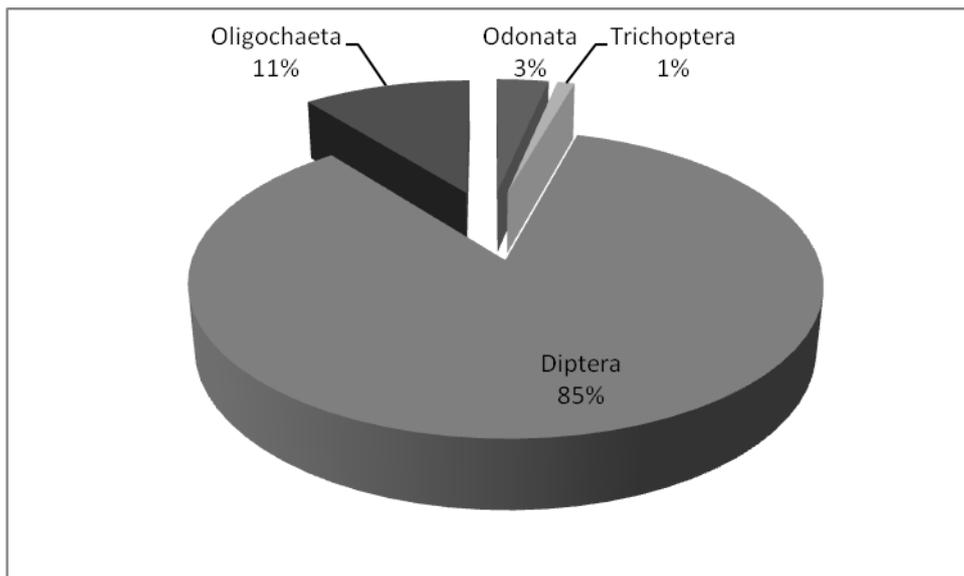


Gráfico 17 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos no lago (estação amostral III) durante o período seco na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral IV apresentou 93% dos indivíduos representados pela ordem Diptera (Gráfico 18).

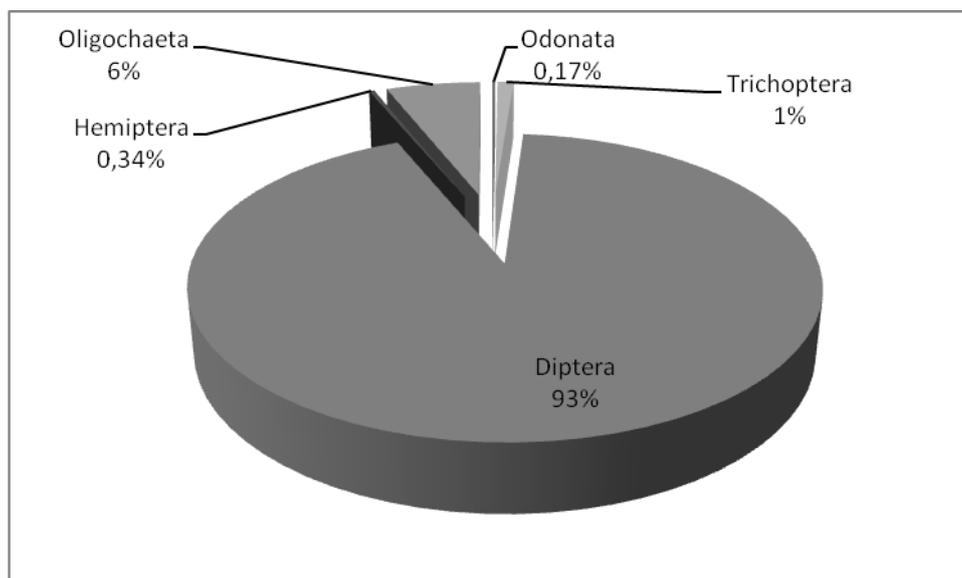


Gráfico 18 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral IV durante o período seco na REBIO Poço D'Anta.

O período chuvoso apresentou 1129 indivíduos (35,04%), distribuídos em 6 ordens e 20 famílias. A riqueza (20 famílias), a abundância (1129) e o índice de diversidade de Shannon (1,22) foram menores quando comparado ao período seco. Apenas o índice de equitabilidade foi maior (0,40). Os valores de riqueza, abundância, índice de diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou das estações amostrais para o período chuvoso estão representadas na tabela 9.

Tabela 9 – Riqueza, abundância, índice de Diversidade de Shannon e Equitabilidade de Pielou das estações amostrais no período seco na REBIO Poco D`Anta – MG.

	E. amostral I	E. amostral II	E. amostral III	E. amostral IV
Riqueza	15	13	4	11
Abundância	265	529	116	219
Diversidade Shannon	1,57	0,91	0,44	1,09
Equitabilidade Pielou	0,58	0,35	0,32	0,45

A Ordem Díptera apresentou 77% dos indivíduos coletados no período chuvoso (Gráfico 19).

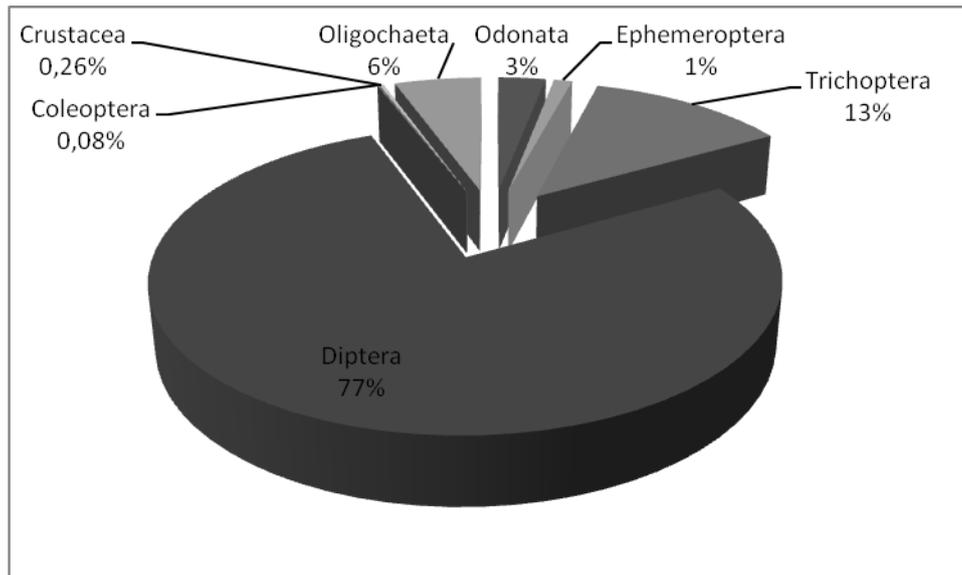


Gráfico 19 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos no período chuvoso na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral I no período chuvoso apresentou maior riqueza e maior índice de diversidade de Shanonn. A Ordem Diptera representou 55% dos indivíduos coletados na estação amostral I durante o período chuvoso (Gráfico 20).

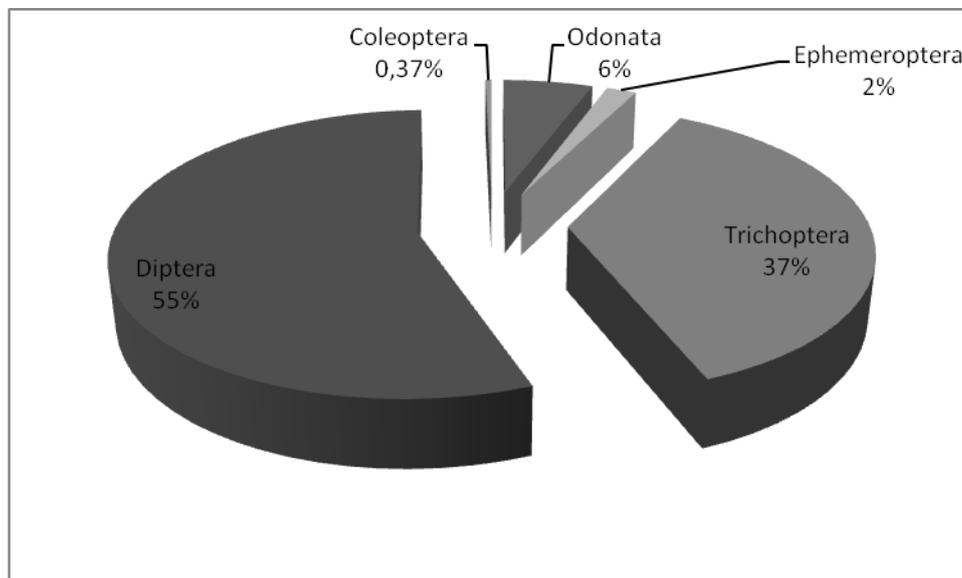


Gráfico 20 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral I durante o período chuvoso na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral II apresentou maior abundância do período chuvoso. A ordem Diptera representou 84% dos indivíduos na estação amostral II durante o período chuvoso (Gráfico 21).

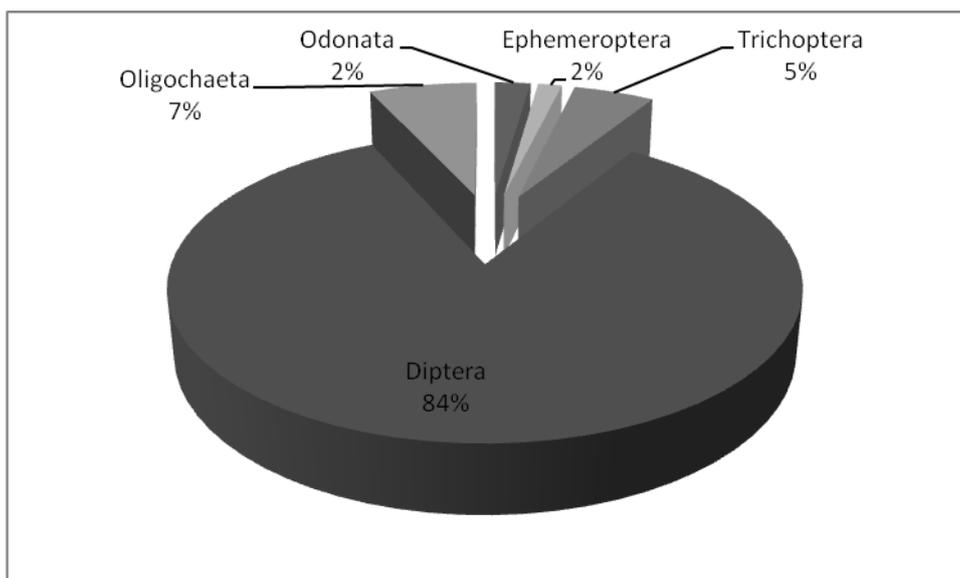


Gráfico 21 - Participação relativa das Ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral II (estação amostral II) durante o período chuvoso na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral III apresentou menor riqueza, menor abundância, menor índice de diversidade de Shanonn e menor índice de Equitabilidade. A Ordem Diptera representou 93% dos indivíduos na estação amostral III durante o período chuvoso (Gráfico 22).

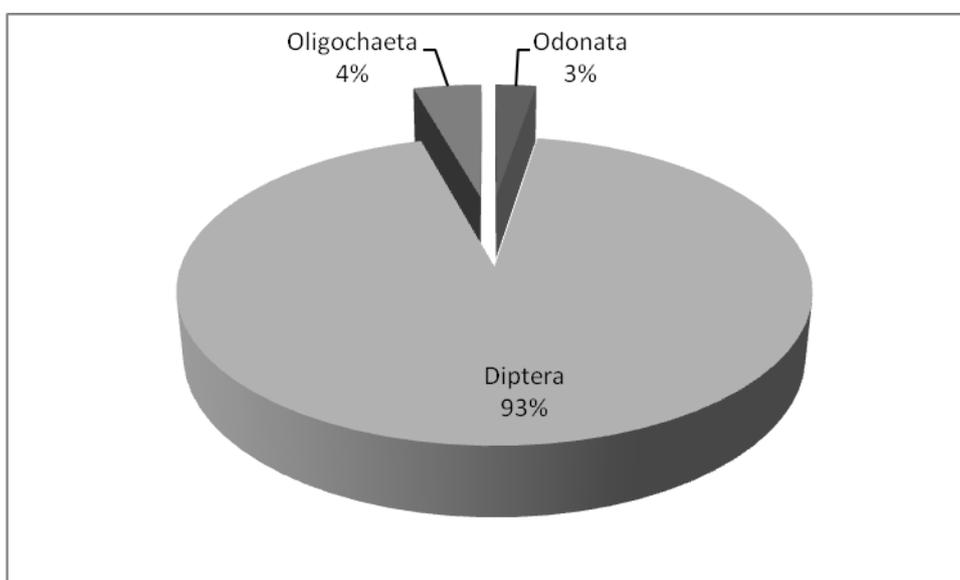


Gráfico 22 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral III durante o período chuvoso na REBIO Poço D'Anta.

A estação amostral IV apresentou 79% dos indivíduos representados peã ordem Diptera (Gráfico 23).

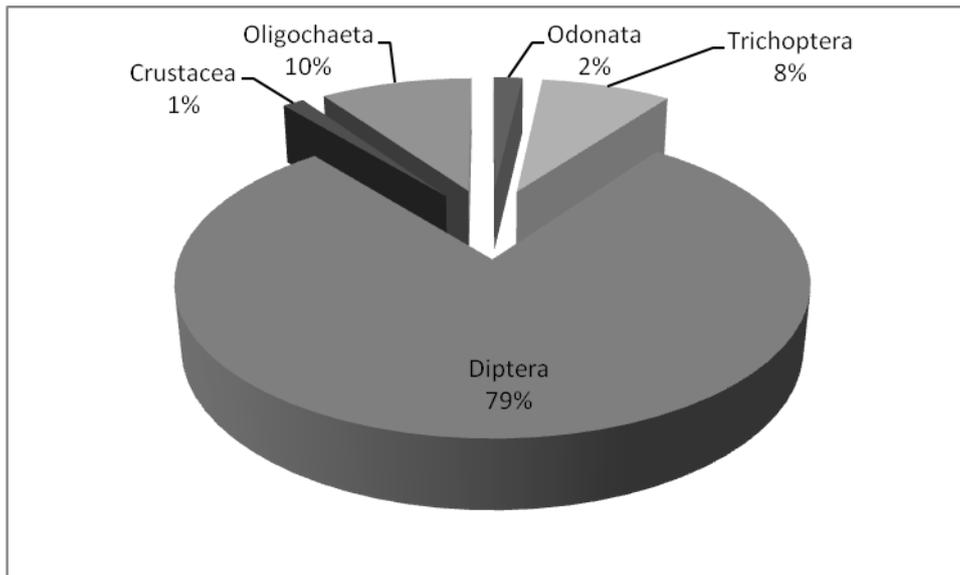
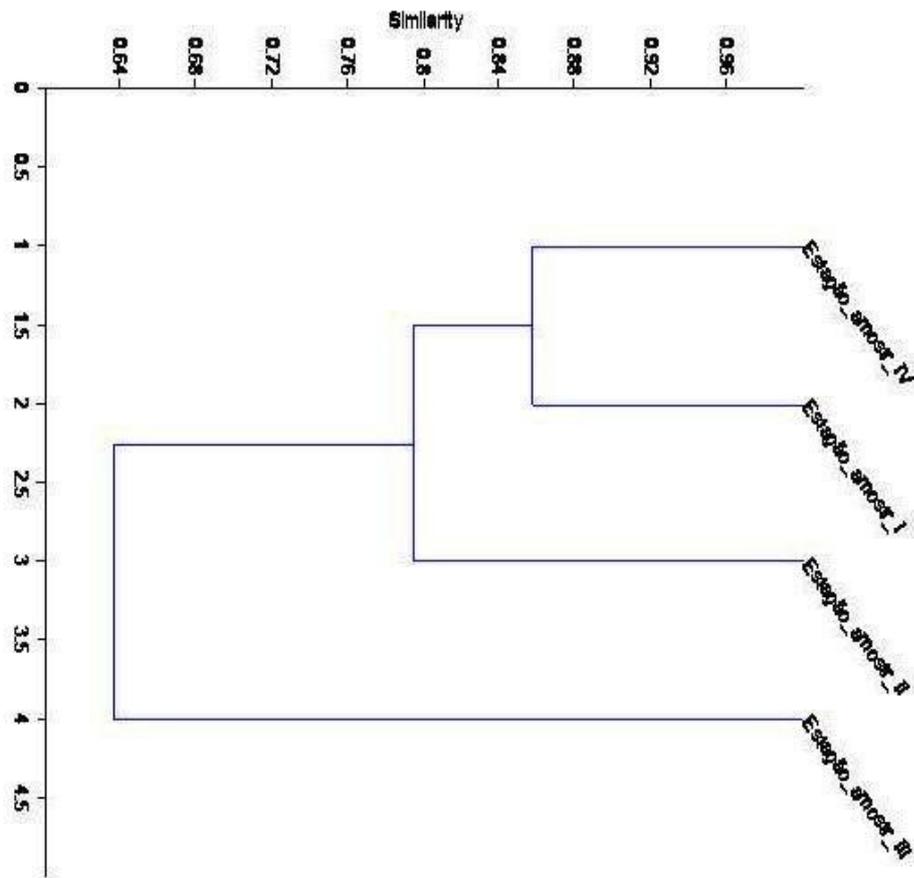


Gráfico 23 - Participação relativa das ordens de macroinvertebrados bentônicos na estação amostral IV durante o período chuvoso na REBIO Poço D'Anta.

#### 4.3.2. Análise de agrupamento

O resultado da análise de agrupamento para o período seco (corr. Coph = 0,78) mostrou que as estações amostrais I e IV foram as mais similares e que a estação amostral III diferiu das demais (Gráfico 24).



Gáfico 24 - Resultado da análise de agrupamento com base nos dados de abundância das estações amostrais I, II, III e IV na REBIO Poço D'Anta (Juiz de Fora – MG) durante o período seco (2008).

O resultado da análise de agrupamento para o período chuvoso (corr. Coph = 0,79) mostrou que as estações amostrais I e IV foram as mais similares e que a estação amostral II diferiu das demais (Gráfico 25).

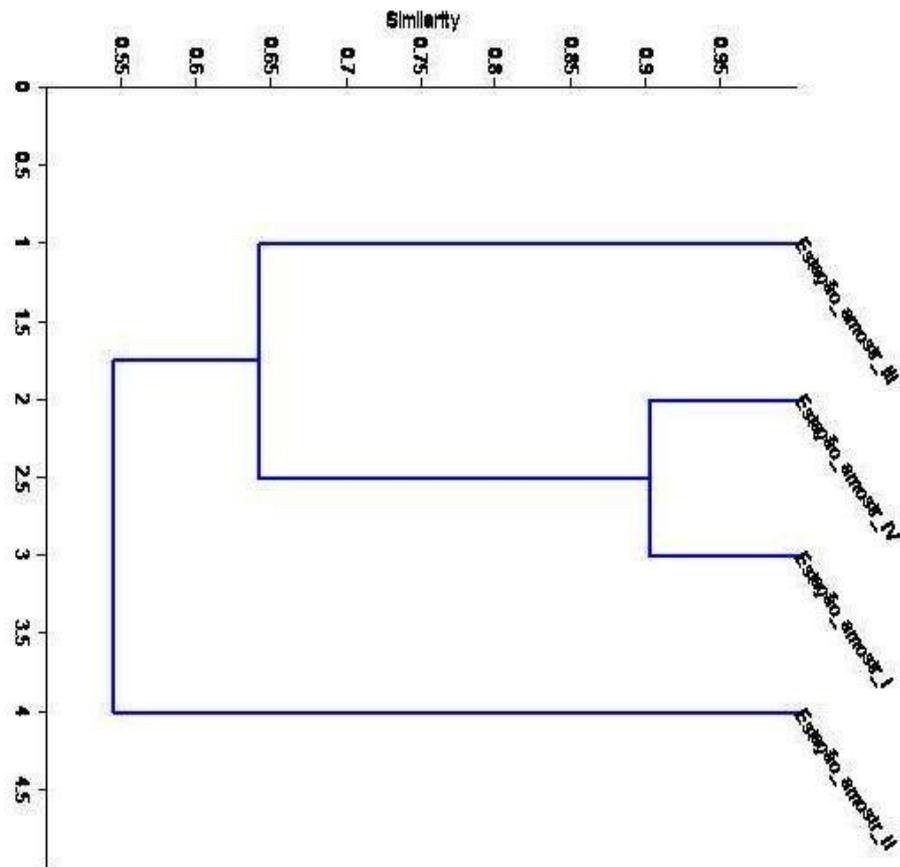


Gráfico 25 - Resultado da análise de agrupamento (CLUSTER) para as amostras da macrofauna bentônica das estações amostrais na REBIO Poço D'anta no período chuvoso (Juiz de Fora – MG).

#### 4.4.1. Análise de Correspondência (AC)

A Análise de correspondência para o período seco explicou 40,7% da variância total dos dados. O eixo 1 explicou 29,1% dos dados e o eixo 2 explicou 11,6% (Gráfico 26).

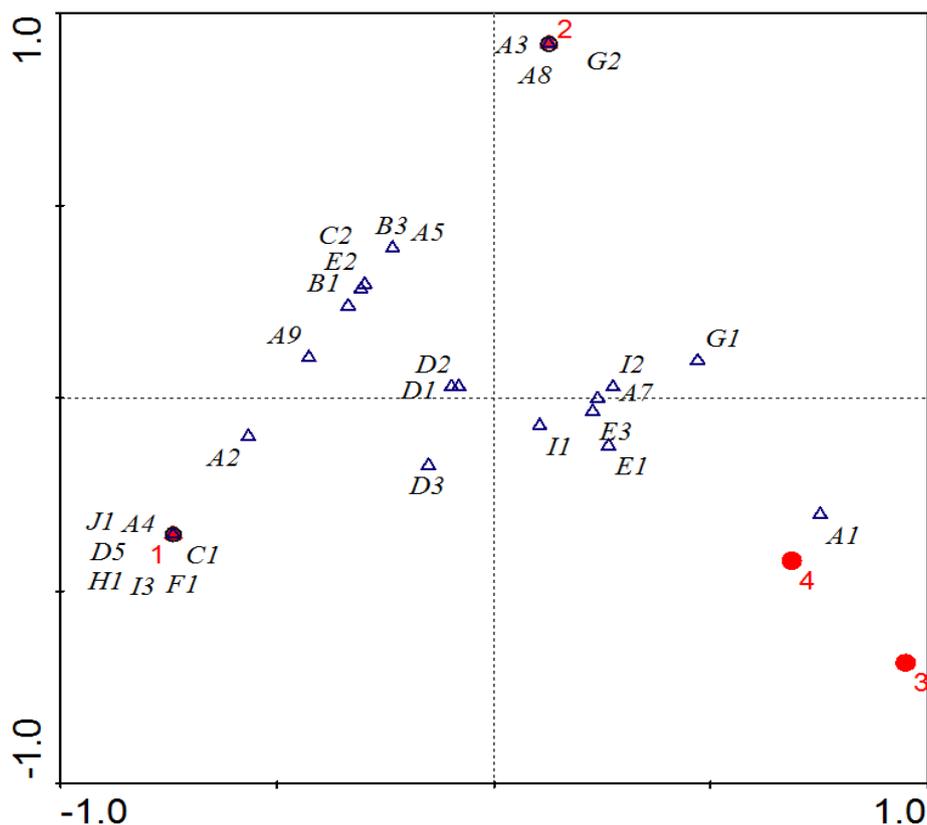


Gráfico 26 - Análise de correspondência entre as famílias de macroinvertebrados bentônicos e as estações amostrais durante o período seco (2008) na REBIO Poço D'Anta. Os números 1, 2, 3 e 4 correspondem as estações amostrais de coleta I, II, III e IV respectivamente. As letras acompanhadas de números correspondem às famílias de macroinvertebrados: A1 – Família Libellulidae; A2 – Família Gomphidae; A3 – Família Corduliidae; A4 – Família Aeshnidae; A5 – Família Megapodagrionidae; A7 – Família Lestidae; A8 – Família Coenagrionidae; A9 – Família Calopterigidae; B1 – Família Leptophlebidae; B3 – Família Baetidae; C1 – Família Perlidae; C2 – Família Gripopterygidae; D1 – Família Calamocetaridae; D2 – Família Leptoceridae; D3 – Família Hydropsychidae; D5 – Família Hydrobiosidae; E1 – Família Chironomidae; E2 – Família Tipulida; E3 – Família Ceratopogonida; F1 – Família Elmidae; G1 – Família Notonectidae; G2 – Família Naucoridae; H1 – Família Trichodactylidae; I1 – Família Naididae; I2 – Família Tubificidae; I3 – Família Enchytraeidae; J1 – Família Pyralidae.

A análise de correspondência para o período chuvoso explicou 51,9% dos dados, sendo que o eixo 1 explicou 21,8%, o eixo 2 explicou 17,6% e o eixo 3 explicou 12,5% (Gráfico 27).

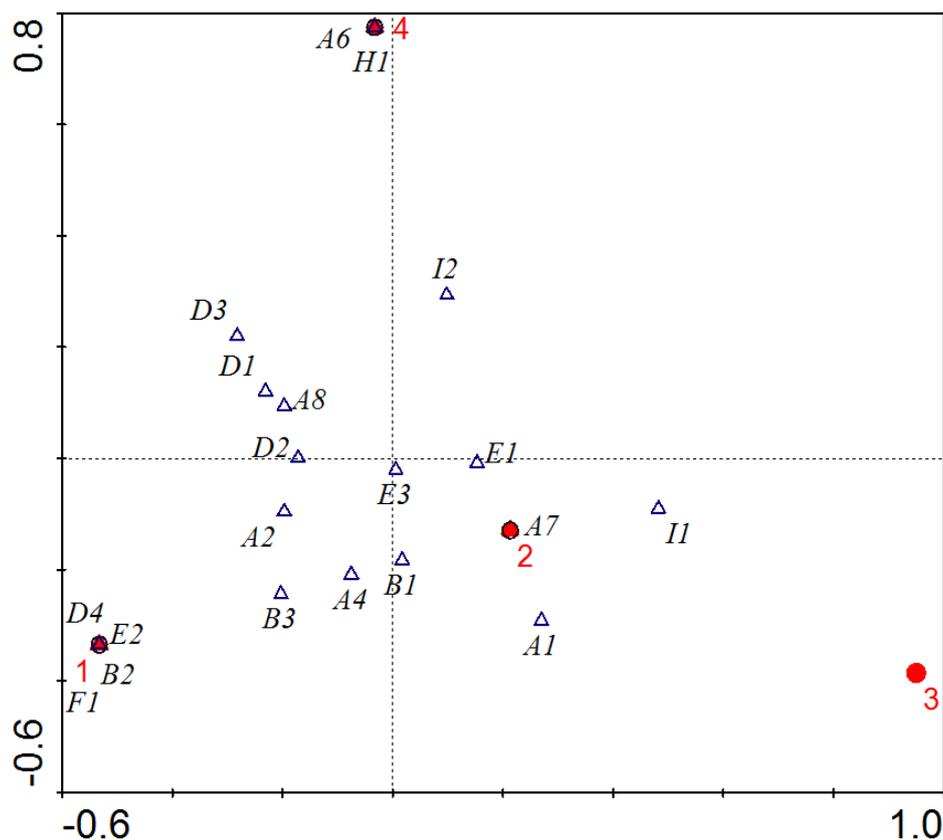


Gráfico 27 - Análise de correspondência entre as famílias de macroinvertebrados bentônicos e as estações amostrais durante o período chuvoso na REBIO Poço D'Anta. Os números 1, 2, 3 e 4 correspondem as estações amostrais de coleta I, II, III e IV respectivamente. As letras acompanhadas de números correspondem às famílias de macroinvertebrados: A1 – Família Libellulidae; A2 – Família Gomphidae; A4 – Família Aeshnidae; A6 – Família Perilestidae; A7 – Família Lestidae; A8 – Família Coenagrionidae; B1 – Família Leptophlebiidae; B2 – Família Caenidae; B3 – Família Baetidae; D1 – Família Calamocetaridae; D2 – Família Leptoceridae; D3 – Família Hydropsychidae; D4 – Família Glossosomatidae; E1 – Família Chironomidae; E2 – Família Tipulidae; E3 – Família Ceratopogonidae; F1 – Família Elmidae; H1 – Família Trichodactylidae; I1 – Família Naididae; I2 – Família Tubificidae.

#### 4.5. Qualidade da água

##### 4.5.1. Índice BMWP

Quando consideramos as estações amostrais em cara período (seco e chuvoso), em ambos o maior valor do Índice BMWP (100 no seco e 77 no chuvoso) foi encontrado na estação amostral I e o menor (20 no seco e 12 no chuvoso) na estação amostral III. A estação amostral II apresentou 77 no período seco e 53 no chuvoso. A estação amostral IV apresentou 20 na seca e 31 na chuva.

Considerando apenas os períodos, o seco apresentou maior índice (114) que o chuvoso (75).

De acordo com o índice BMWP a estação amostral I no período seco apresentou águas de excelente qualidade (classe I); a estação amostral II apresentou águas de muito boa qualidade (classe II); a estação amostral III apresentou águas ruins (classe IV) e a estação amostral IV, águas de qualidade ruim (Classe IV).

Para o período chuvoso a estação amostral I apresentou águas de qualidade muito boa (classe II); a estação amostral II apresentou águas de qualidade satisfatória (classe III); a estação amostral III apresentou águas ruins (classe IV) e a estação amostral IV apresentou águas ruins.

#### 4.5.2. Porcentagem de EPT

No período seco a maior porcentagem de EPT (23,6%) foi encontrada na estação amostral I e a menor foi encontrada na estação amostral III (1,09%). No período chuvoso a maior porcentagem de EPT também foi encontrada na estação amostral I (38,49%) e a menor na estação amostral III, onde nenhum indivíduo foi encontrado (0%). A estação amostral II apresentou 6% de EPT no período seco e 6,6% no chuvoso. A amostral IV apresentou 1% de EPT no período seco e 8% no chuvoso.

Em relação aos períodos, o seco apresentou menor valor de EPT (Gráfico 28) quando comparado ao chuvoso (Gráfico 29).

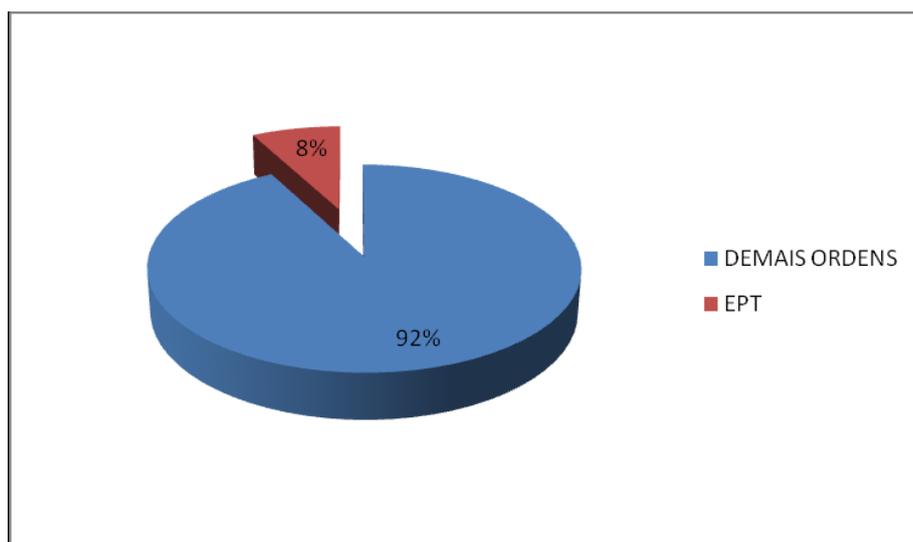


Gráfico 28 - Participação relativa das Ordens de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e das outras ordens de macroinvertebrados bentônicos durante o período seco das estações amostrais I, II, III e IV na REBIO Poço D'Anta.

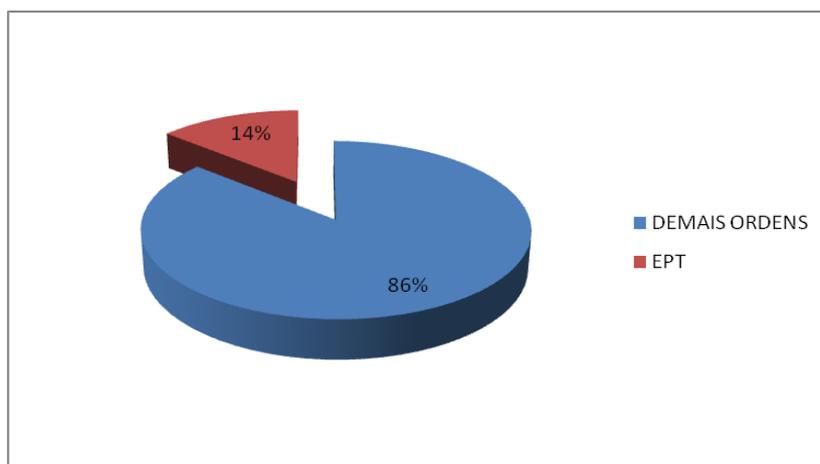


Gráfico 29 - Participação relativa das Ordens de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) e das outras ordens de macroinvertebrados bentônicos durante o período chuvoso das estações amostrais I, II, III e IV na REBIO Poço D'Anta.

## 5. Discussão

A Mata Atlântica é um dos biomas brasileiros mais fragmentados e ameaçados do globo e considerado como um *hot spot* mundial (Myers et al., 2000). A Reserva Biológica Municipal Poço D'Anta, em Juiz de Fora, inserida na Zona da Mata mineira, perdeu segundo Scolforo e Carvalho (2006) cerca de 1800 ha entre 2003 e 2005 de flora nativa. Drummond et al. (2005) consideram as áreas de floresta urbana de Juiz de Fora regiões de elevada importância biológica e portanto a preservação da Reserva e de seus ambientes aquáticos é fundamental para a conservação da biodiversidade local.

O estudo da fauna de macroinvertebrados bentônicos e das variáveis físicas e químicas de ambientes aquáticos da reserva gera importantes informações sobre a estrutura e funcionamento destes sistemas, permitindo subsidiar propostas para sua conservação.

### 5.1. Variação temporal

Os ecossistemas aquáticos são ambientes caracterizados de acordo com processos hidrológicos e geomorfológicos ao longo da sazonalidade climática e da variação temporal. Esta variação temporal é considerada muito importante, pois características do ambiente como a morfologia, coluna d'água, tipo e qualidade do substrato, concentração de nutrientes, disponibilidade de alimento, dentre outras podem alterar-se naturalmente ao longo do tempo, assim como as comunidades aquáticas presentes. Segundo Resh et al., 1988 os ecossistemas lóticos podem ser considerados

um reflexo de alterações espaciais e temporais provenientes de um mosaico de condições abióticas e bióticas.

No bioma Mata Atlântica os parâmetros físicos e químicos apresentam forte variação sazonal, em virtude da diferenças de pluviosidade entre os períodos de seca e chuva. Durante o período de estudo o padrão de precipitação na região de Juiz de Fora foi caracterizado por verão chuvoso e inverno seco.

O período seco apresentou maior abundância, riqueza de famílias de macroinvertebrados bentônicos e Índice de Diversidade de Shannon, assim como observado por Kikuchi e Uieda (1998) em ambientes lóticos na Bacia do Paranapanema, SP; Pamplin (1999) na Represa de Salto Grande, SP; Batista et. al., (2001) na bacia do rio Macaé, RJ; Lucca (2005) em lagos do Vale do Médio Rio Doce, MG; Dutra (2006) em ambientes lóticos do Vale do Paranã, GO; Fernandes (2007) em rios e ribeirões na Bacia do Rio Bartolomeu, DF.

Essa maior abundância de macroinvertebrados no período seco pode ser atribuída à maior estabilidade de substrato, assim como um menor efeito de arraste devido à menor velocidade de correnteza e volume de água, como proposto por Bispo et al. (2001), menor temperatura e por consequência maior disponibilidade de oxigênio dissolvido.

O ambiente mais estável pode proporcionar melhor distribuição da comunidade e elevação das suas densidades. Segundo Diniz et al. (1998) o aumento na densidade na estação seca pode ser atribuído a redução da disponibilidade de habitats e ao crescimento na agregação entre os indivíduos, devido a redução do nível da água.

A velocidade de correnteza da água no período seco mostrou-se menor em relação ao chuvoso e por consequência ocorreu menor remoção de nutrientes e distribuição de alimento proporcionando a biota residente maior disponibilidade de abrigo e de recursos alimentares. O efeito desta correnteza também pode ser direto quando em períodos de grande vazão, as pedras no fundo do rio são deslocadas, ocasionando a remoção dos organismos que estão sobre o substrato. De acordo com Kikuchi e Uieda (1998), muitos invertebrados aquáticos têm uma necessidade essencial do efeito da correnteza, ou porque precisam dela para alimentação ou por exigências respiratórias.

Os menores valores de temperatura na estação seca devem-se ao fato de coincidir com o inverno, quando as médias de temperatura são menores, devido à menor incidência de radiação solar. Com a temperatura menor, aumenta-se a dissolução do oxigênio na água, tornando-o disponível para a biota (Esteves, 1998).

Grande parte dos trabalhos em ambientes aquáticos relata aumento na concentração de oxigênio dissolvido durante o período chuvoso tanto em ambientes lóticos (Stephan, 2007; Beé, 2008, Callisto et al., 2004) quanto em ambientes lênticos (Neves et al., 2003), mas alguns mostraram maiores valores no período seco, como encontrado por Newton (2007) no Ribeirão Mestre D'Armas, DF. Esta maior disponibilidade de oxigênio dissolvido na água influencia a distribuição e estrutura dos macroinvertebrados aquáticos, principalmente aqueles que necessitam muito do oxigênio dissolvido para sobreviver, como no caso de espécies de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera.

A ordem Diptera, representada principalmente pela família Chironomidae foi predominante em ambos os períodos. Carvalho e Uieda (2004) e Ribeiro e Uieda (2005), analisando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho em estações do ano (seca e chuvosa), também observaram dominância de Chironomidae. Sanseverino et al. (1998) argumentam que a Família Chironomidae quase sempre é dominante, tanto em ambientes lóticos quanto lênticos, devido a sua alta tolerância a situações extremas como hipoxia e sua grande capacidade competitiva.

Bispo et al. (2001) estudando córregos do Planalto Central encontrou diminuição de 50% na abundância de Ephemeroptera e Plecoptera e 75% de Trichoptera no período chuvoso. Entretanto no presente trabalho as famílias de Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) foram maiores no período chuvoso em relação ao seco. Isto pode ser explicado pelo carreamento destes organismos das áreas a montante, já que a família Trichoptera foi a mais representativa de EPTs no período chuvoso e possui como característica o corpo pouco hidrodinâmico, podendo ser levadas facilmente pelo aumento do volume de água e correnteza.

## **5.2. Variação espacial**

As estações amostrais do presente trabalho, apesar de apresentarem-se relativamente pouco distantes uma da outra, possuem características diferentes, proporcionando assim um estudo de variação espacial mesmo em pequena escala.

### **5.2.1. Variáveis físicas e químicas**

A temperatura da água mostrou-se maior no período chuvoso por coincidir com o verão, quando as médias de temperatura na região são mais elevadas. Durante o verão

ocorre maior incidência de radiação solar, que ao penetrar na água é absorvida e transformada em outras formas de energia, como química pela fotossíntese e calorífica pelo aquecimento da água (Esteves, 1998). A baixa variação de temperatura encontrada entre às estações amostrais pode ser explicada pela pequena distância apresentada entre elas.

O pH da água mostrou-se ácido e próximo da faixa considerada para sistemas aquáticos continentais, que variam de 6,0 a 8,0 (ESTEVES, 1998) e dentro da variação encontrada em águas tropicais, entre 4,3 e 7,5 (Payne, 1986). Maier (1978) mostrou que as águas dos rios no Brasil tendem a ser ácidas podendo variar para neutras.

Os valores próximos de pH entre as estações amostrais podem ser explicados pela pequena distância entre elas. proximidade das estações amostrais, estando sobre influência da mesma bacia de drenagem e suas características. Allan (1995) mencionou que diferenças nas características das bacias de drenagem entre regiões resultam em mudanças no pH.

A média dos valores de pH foi maior na estação seca, assim como encontrado por Ribeiro e Uieda (2005) na Serra de Itatinga, SP. Provavelmente pelo fato da baixa quantidade de precipitação, que pode influenciar na concentração de íons na coluna d'água (Allan, 1995).

Estudando lagoas do Vale do Rio Doce em Minas Gerais, pertencentes à área de Mata Atlântica, Moretto (2001) encontrou baixos valores de pH, assim como os encontrados na estação amostral III.

Os valores de condutividade elétrica quando elevados podem indicar ambientes enriquecidos organicamente (Wetzel, 1993). Entretanto os valores apresentaram-se dentro dos limites para águas naturais ( $10$  a  $100 \mu\text{S}\cdot\text{m}^{-1}$ ) segundo Brigante e Espíndola (2003). Segundo Allan (1995) a geologia e o regime das chuvas influenciam a composição de íons nos ecossistemas aquáticos.

A condutividade elétrica está intimamente relacionada com a decomposição em sistemas aquáticos (Esteves, 1998). Os maiores valores observados no período chuvoso podem estar relacionados com a quantidade de material carregado da bacia de drenagem e o aumento da decomposição. Fernandes (2007) verificou maiores valores de condutividade elétrica no período chuvoso no ribeirão Pipiripau.

O maior valor de condutividade elétrica encontrada na estação amostral IV no período chuvoso pode ser explicado pelo aumento do volume de chuvas e por conseqüência maior carregamento de íons. O aumento deste volume de água acaba

transportando estes íons ao longo de todas as estações amostrais até a estação amostral IV, que é a última.

Grande parte dos trabalhos em ambientes aquáticos relata aumento na concentração de oxigênio dissolvido durante o período chuvoso tanto em ambientes lóticos (Stephan, 2007; Beé, 2008, Callisto et al., 2004) quanto em ambientes lênticos (Neves et al., 2003), mas alguns mostram maiores valores no período seco, como encontrado por Newton (2007) no Ribeirão Mestre D'Armas, DF. No presente trabalho as médias de oxigênio mostraram-se próximas em ambos os períodos. Os maiores valores de oxigênio foram encontrados na estação amostral I por ser um segmento de um ambiente lótico e apresentar maior correnteza, o que pode oxigenar a água (Odum, 2001; Allan, 1995).

A estação amostral I apresentou maiores valores de oxigênio quando comparado a estação amostral IV tanto no período seco quanto no período chuvoso. Apesar de ambos possuírem características lóticas, como a correnteza que aumenta a oxigenação da água pela turbulência (Allan, 1995; Esteves, 1998), a estação amostral IV mostrou menores valores de correnteza e maior quantidade de matéria orgânica em relação a estação amostral I. Esta matéria orgânica durante a sua decomposição por oxidação consome elevadas quantidades de oxigênio dissolvido (Esteves, 1998).

Áreas alagadas e brejos geralmente apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido, pois as comunidades de macrófitas aquáticas emersas que na maioria das vezes estão presentes em elevada densidade, produzem grandes quantidades de biomassa que durante a decomposição microbiana consomem muito oxigênio dissolvido disponível na água (Esteves, 1998). Entretanto a estação amostral II mostrou maiores valores de oxigênio quando comparada a estação amostral IV nos períodos seco e chuvoso, apesar de ambas as estações amostrais apresentarem grande quantidade de matéria orgânica e valores de correnteza próximos. Isto ocorreu provavelmente devido a proximidade da estação amostral II com a estação amostral I, que através de seu fluxo pode aumentar a concentração de oxigênio dissolvido na área próxima.

A baixa quantidade de oxigênio na estação amostral III, tanto na estação chuvosa quanto na estação seca, provavelmente deve-se a alta quantidade de matéria orgânica presente no local. Esta matéria tem origem na mata ciliar densa em volta da estação amostral III e também do carreamento da estação amostral I e da estação amostral II para a estação amostral III (lago). Este acaba funcionando como um reservatório de matéria orgânica, pois grande parte da matéria que é transportada pela estação amostral I, advinda da bacia de drenagem e da estação amostral II, fica armazenada na estação

amostral III. Para a decomposição desta matéria orgânica é necessário elevado consumo de oxigênio dissolvido na água (Esteves, 1998; Rocha et al., 1991). Kudo (2007) encontrou baixos valores de oxigênio em lagoas com intensos processos de decomposição.

A estação amostral IV apesar de recuperar características lóticicas, também mostrou baixos valores de oxigênio dissolvido, provavelmente devido à alta quantidade de matéria orgânica.

A turbidez apresentou valores mais elevados na estação chuvosa, provavelmente devido aos maiores volumes de chuva no período, que segundo Maier (1978) carregam material da bacia de drenagem para o sistema. Imbimbo (2006) também encontrou valores maiores de turbidez na estação chuvosa em rios no interior de São Paulo, assim como Newton (2007) no Ribeirão Mestre d'Armas, Suriano (2003) em córregos no Parque Estadual de Campos do Jordão e Neves et al. (2003) no Lago Souza Lima.

A estação amostral I apresentou maior valor de correnteza no período chuvoso em relação ao período seco, devido ao aumento do volume de chuva e da quantidade de água advinda da bacia de drenagem, assim como proposto por Allan (1995). Ribeiro e Uieda (2005) encontraram maior correnteza na estação chuvosa em um riacho em Itatinga, SP.

O maior valor de correnteza apresentado pela estação amostral I no período seco em comparação a estação amostral II deve-se as suas características lóticicas, como proposto por Allan (1995). O maior valor de correnteza apresentado pela estação amostral I no período chuvoso, quando comparado a estação amostral IV, pode ser explicado pela diminuição do volume da água à medida que ela segue longitudinalmente da estação amostral I, com características lóticicas de elevada correnteza, passando pela estação amostral II e estação amostral III com características lênticas de correnteza nula, chegando à estação amostral IV. A retenção desta água nas estações amostrais anteriores faz com que a correnteza seja menor na estação amostral I de saída, apesar deste retomar características lóticicas.

Os baixos valores de nitrogênio nas estações amostrais em ambos períodos revelam o estado preservado dos ecossistemas, assim como proposto por Esteves, 1998 e Allan, 1995.

O nitrogênio está presente em ambientes aquáticos sob várias formas, como nitrito ( $\text{NO}_2$ ), nitrato ( $\text{NO}_3$ ), amônia ( $\text{NH}_3$ ), amônio ( $\text{NH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), nitrogênio molecular ( $\text{N}_2$ ) e nitrogênio orgânico (Esteves, 1998). Segundo Allan (1995) a complexidade do ciclo do nitrogênio é elevada. As fontes de nitrogênio em ambientes

aquáticos podem ser a chuva e materiais orgânicos e inorgânicos de origem alóctone (Esteves, 1998).

A estação amostral I apresentou maiores valores de nitrogênio inorgânico dissolvido (NID) no período seco em comparação ao período chuvoso, como encontrado por Smith e Petreire Jr (2000) na bacia do rio Sorocaba. Isto ocorreu devido ao menor volume de água e a menor diluição do NID na água.

O maior valor de NID na estação amostral IV pode ser explicado pelo fato de ser a última estação amostral e receber grande parte dos materiais já processados nas estações amostrais anteriores e principalmente da estação amostral III, que possui elevada quantidade de matéria orgânica e maior tempo de retenção da mesma.

O nitrogênio orgânico total (NOT) é composto por peptídeos e aminoácidos que formam o nitrogênio orgânico dissolvido (NOD) e por bactérias, fitoplâncton, zooplâncton e detritos que formam o nitrogênio orgânico particulado (NOP). O NOD é aquele proveniente da lise celular (por senescência e herbivoria), processos ligados a decomposição e excreção pelo fitoplâncton e macrófitas aquáticas. A estação amostral II apresentou maior valor de NOT no período seco em relação ao chuvoso, provavelmente devido à menor diluição do NOD na água e também pela maior densidade de organismos presentes, já que alguns destes podem ser considerados NOP e outros ainda contribuem diretamente e indiretamente para a formação de NOP devido a sua atividade fisiológica e alimentação. Esta suposição pode ser levantada considerando-se a comunidade de macroinvertebrados bentônicos, que apresentou maiores valores de abundância e de número de táxons no período seco nesta área em relação ao período chuvoso.

O fósforo tem grande importância nos sistemas biológicos, participando de processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos (armazenamento de energia e estruturação de membranas). Na maioria das águas continentais é fator limitante de produtividade. Tem sua origem na degradação das rochas presentes na bacia de drenagem e penetram nos ambientes aquáticos na forma solúvel na água ou adsorvidos às argilas (Esteves, 1998). No presente trabalho não foi observada diferença significativa na concentração de fósforo entre as estações amostrais pela alta conectividade e pequena distância que possuem.

A estação amostral I no período seco apresentou menores valores de matéria orgânica em relação a todas as outras estações amostrais, devido ao seu fluxo de água que carrega a matéria para as estações amostrais abaixo e o tipo de sedimento presente, predominantemente pedras e cascalho.

Os maiores valores de matéria orgânica foram encontrados na estação amostral III principalmente no período chuvoso. A estação amostral III retém grande parte da matéria orgânica carregada pela estação amostral I advinda da bacia de drenagem e também a matéria alóctone proveniente da vegetação ripária densa, formada por galhos, folhas, frutos e troncos. Aliado a baixa correnteza faz com que o tempo de residência deste material na estação amostral III seja maior.

### **5.1.2. Análise de Componentes Principais (ACP)**

De acordo com os resultados da ACP podemos perceber que no período seco as estações amostrais foram separadas em três grupos. O primeiro é formado pela estação amostral I, apresentando alta correlação com a correnteza, devido as suas características lóticicas. Também se apresentou correlacionado com a condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, temperatura e fósforo total.

O segundo grupo é formado pela estação amostral II, apresentando alta correlação com o nitrogênio orgânico total (NOT) e turbidez, provavelmente devido a decomposição da grande quantidade de matéria orgânica proveniente das macrófitas emersas (características de áreas alagadas) e pela maior densidade da assembléia de macroinvertebrados bentônicos residentes no local. Esses dois fatores juntos geram grande quantidade de material particulado, incluindo o NOT que acaba elevando a turbidez.

O terceiro grupo é formado pela estação amostral III e pela estação amostral IV, apresentando correlação com a matéria orgânica e nitrogênio inorgânico dissolvido (NID).

## **5.2. Comunidades de macroinvertebrados**

### **5.2.1. Análise de agrupamento (UPGMA)**

A análise de agrupamento das estações amostrais (I, II, III e IV) para o período seco mostrou elevada similaridade entre a estação amostral I e a estação amostral IV devido à proximidade dos valores de abundancia numerica. Estas estações amostrais compartilham algumas características como pH, turbidez, nitrogênio orgânico total e a presença de correnteza, já que ambas estações são consideradas ambiente lóticicos. A

estação amostral III ficou isolada, provavelmente devido à sua baixa abundância numérica.

No período chuvoso houve elevada similaridade entre a estação amostral I e a estação amostral IV pelos valores próximos de abundância numérica, de índice de diversidade e de riqueza. A estação amostral II ficou isolada indicando que é pouco similar em relação as demais estações amostrais, isso se deve a alta abundância numérica, sendo o dobro das demais.

### **5.2.2. Riqueza, Índice de Diversidade de Shannon e abundância numérica**

Os maiores valores de riqueza, índice de diversidade e abundância no período seco foram encontrados na estação amostral I, sendo que a ordem mais abundante foi a Diptera (54%). Este fato pode ser explicado pela alta quantidade de matéria orgânica, aliado a presença da correnteza e ao substrato rochoso, possibilitando assim habitats favoráveis e disponibilidade de alimento. A presença das ordens Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera (EPT) (24%) na estação amostral I corrobora esta idéia, já que são fortemente influenciadas e controladas pela velocidade da correnteza e tipo de substrato (Doods, 2002). As espécies de Plecoptera vivem em ambientes de correnteza com oxigênio abundante, podendo viver sobre detritos vegetais ou pedras (Pennak, 1978); são adaptadas a correnteza, com corpo achatado dorso-ventralmente e garras, que possibilitam ao organismo suportar a velocidade da água, mantendo-se preso ao substrato (Macan, 1962). Alguns Ephemeroptera segundo Merrit e Cummins (1996) possuem pernas projetadas lateralmente ao corpo que é achatado e liso como adaptações a correnteza. Segundo Kikuchi e Uieda (1998) muitos invertebrados aquáticos têm certa necessidade de correnteza, utilizando-a para alimentação ou por exigência respiratória.

Segundo Allan (1995) a agregação de folhas no fundo de riachos de substrato pedregoso geralmente sustenta grande diversidade e abundância de macroinvertebrados bentônicos, assim como encontrado na estação amostral I.

A baixa riqueza, abundância e índice de diversidade na estação amostral III no período seco podem ser explicados pela menor disponibilidade de oxigênio dissolvido. A alta porcentagem de matéria orgânica na estação amostral III diminuiu a quantidade de oxigênio disponível assim como proposto por Esteves, 1998.

A estação amostral IV apresentou baixa riqueza, alta abundância, composta principalmente pela Ordem Diptera, representada em sua maioria pela família Chironomidae (93%) e baixo índice de diversidade no período seco, apesar da elevada

porcentagem de matéria orgânica do sedimento. Este fato ocorreu devido à baixa disponibilidade de oxigênio dissolvido, consumido na decomposição. Esta elevada abundância de Chironomidae ocorreu provavelmente pela ampla capacidade competitiva e tolerância a extremos ambientais (Armitage et al., 1995).

No período chuvoso a estação amostral I apresentou também os maiores valores de riqueza e índice de diversidade, entretanto esses valores apresentaram-se menores em relação ao período seco. A abundância nesta estação foi predominada pela ordem Diptera (55%) e Trichoptera (37%). O alto valor de abundância de Trichoptera pode ser explicado pelo carreamento destes indivíduos da área a montante para a estação amostral I, pois a correnteza no período chuvoso foi maior. De acordo com Kikuchi e Uieda (1998) a correnteza pode exercer um efeito direto sobre os organismos, quando em períodos de grande volume e vazão, as pedras e o substrato no fundo do rio são deslocados, ocasionando a remoção dos organismos que estão sobre o substrato. A maioria dos Trichoptera possui baixa mobilidade e corpo pouco hidrodinâmico, resultando em altos índices de deslocamento (Bispo et al., 2001; Bispo e Oliveira, 1998).

A estação amostral II apresentou a maior abundância de macroinvertebrados do período chuvoso em relação às demais estações amostrais, devido à elevada quantidade de matéria orgânica no sedimento e disponibilidade de oxigênio dissolvido. Segundo Bueno et al. (2003) o sedimento formado por galhos, folhas, frutas, raízes e folhas de macrófitas podem servir como alimento, substrato e abrigo.

No período chuvoso a estação amostral III também apresentou menores valores de riqueza, abundância e diversidade quando comparado às demais estações amostrais, provavelmente pela menor disponibilidade de oxigênio dissolvido.

A estação amostral IV apresentou aumento nos valores de riqueza e índice de diversidade de Shannon quando comparado ao período seco. Provavelmente pelo aumento do volume de água no período chuvoso e por consequência aumento da correnteza, aliado à alta quantidade de matéria orgânica. Isto possibilitou maior quantidade e disponibilidade de alimento e abrigo para os macroinvertebrados, assim como proposto por Allan (1995).

### **5.2.3. Análise de Correspondência**

De acordo com a Análise de Correspondência para o período seco podemos perceber que algumas famílias só foram encontradas em determinada estação amostral.

As famílias Aeshnidae (Odonata), Perlidae (Plecoptera), Hydrobiosidade (Trichoptera), Elmidae (Coleoptera), Trichodactylidae (Crustacea), Enchytraidae (Oligochaeta) e Pyralidae (Lepidoptera) foram registradas somente na estação amostral I.

A família Aeshnidae (Ordem Odonata) prefere habitats como rios, córregos, lagos, poças e alagados, com microhabitats ricos em detritos, macrófitas e sedimento com areia e pedras, pois perseguem suas presas através da vegetação e dos detritos acumulados nas pedras (Carvalho e Nessimian, 1998). Portanto a sua presença durante o período seco apenas na estação amostral I pode ser explicada pelo acúmulo de material orgânico advindo a montante da estação amostral I, formando microhabitats para vários táxons de macroinvertebrados, sendo estes possíveis presas para Aeshnidae.

As espécies da família Perlidae (Ordem Plecoptera) são predadoras (Merritt e Cummins, 1988) e preferem viver em pedras, substratos rochosos e cascalho de águas correntes e oxigenadas (Allan, 1982). A maioria destas características é encontrada na estação amostral I, propiciando assim a presença desses organismos.

A família Elmidae (Coleoptera) em sua maioria habita córregos e rios com substrato rochoso ou arenoso, folhiço em áreas de correnteza e remanso (Passos et al, 2007) onde encontram grande disponibilidade de alimento e abrigo; características similares a estação amostral I.

A família Enchytraeidae (Oligochaeta) é comum em córregos com elevada correnteza e oxigênio dissolvido (Lencioni e Maiolini, 2002), assim como a estação amostral I do presente trabalho.

Foram registradas apenas na estação amostral II as famílias Corduliidae (Odonata), Coenagrionidae (Odonata) e Naucoridae (Hemiptera). A família Corduliidae (Odonata) prefere habitar sistemas lóticos e áreas de deposição como brejos, com alta quantidade de matéria orgânica, raízes e folhas da vegetação aquática (Carvalho e Nessimian, 1998). Essas características são encontradas na área alagada (estação amostral II).

Os indivíduos da família Coenagrionidae (Ordem Odonata) habitam ambientes com águas lentas e alta deposição de matéria orgânica, como brejos e áreas alagadas (Carvalho e Nessimian, 1998) (estação amostral II).

De acordo com a Análise de Correspondência Canônica para o período chuvoso podemos perceber que as famílias Caenidae (Ephemeroptera), Glossosomatidae (Trichoptera), Tipulidae (Díptera) e Elmidae (Coleoptera) apenas foram encontradas na estação amostral I. A família Caenidae (Ordem Ephemeroptera) possui espécies

coletoras, filtradoras, raspadoras e vivem em águas correntes, oxigenadas (Merritt e Cummins, 1988) como a estação amostral I.

A família Tipulidae (Ordem Díptera) possui espécies predadoras, raspadoras de perifíton e até são onívoras. São encontrados em vários ambientes aquáticos preferencialmente com correnteza (Jong et. al, 2008), como o estação amostral I.

As famílias Perilestidae (Ordem Odonata) e Trichodactylidae (Ordem Crustacea) foram encontradas apenas na estação amostral IV. A família Perilestidae (Ordem Odonata) prefere habitats lóticos, com alta quantidade de matéria orgânica e detritos foliares (Carvalho e Nessimian, 1988), como a estação amostral IV.

A família Lestidae (Odonata) somente foi encontrada na estação amostral II na estação chuvosa provavelmente devido a seu habitat preferencial ser lagos, brejos, poças, pântanos e áreas alagadas, pois vivem em sedimentos formados por macrófitas, raízes e folhas (Carvalho e Nessimian, 1988), sendo a quantidade destes substratos maior na estação chuvosa.

#### **5.2.4. Composição da assembléia de macroinvertebrados**

Em todas as estações amostrais (I, II, III e IV) e em ambos os períodos de coleta (seca e chuva) o grupo mais abundante foi a família Chironomidae (Ordem Díptera), seguindo padrão recorrente da comunidade de macroinvertebrados bentônicos em ambientes de água doce brasileiros Alves (1998), Kikuchi e Uieda (1998), Corbi (2001), Callisto et al. (2001), Guereschi, (2004), Carvalho e Uieda (2004), Ribeiro e Uieda (2005), Giuliatti e Carvalho (2009). Esta família foi à única encontrada em todas as estações amostrais e em ambos os períodos.

Os dípteros, principalmente representados pela família Chironomidae, colonizam diversos habitats, conseguem sobreviver sob várias condições ambientais e possuem grande capacidade competitiva (Pinder, 1986). Segundo Callisto et al. (2001) os indivíduos desta ordem podem variar de representantes de águas limpas como a família Simuliidae até representantes de ambientes contaminados como alguns gêneros da família Chironomidae.

##### **5.2.4.1. Período seco**

No período seco a fauna da estação amostral I foi composta predominantemente por Diptera (60%) e Trichoptera (17%). Entre os Trichoptera as famílias mais

abundantes foram Leptoceridae, Calamoceratidae e Hydropsychidae. Huamantínco e Nessimian (1999) em córregos de primeira ordem do Rio Paquequer em Teresópolis, RJ encontraram maior abundância da família Leptoceridae na assembléia de Trichoptera. Segundo Holzenthal (1998b) esta é uma das maiores famílias da ordem e muito rica em espécies nos trópicos; alimentam-se de diversas fontes e são capazes de utilizar grande variedade de materiais na construção de sua casa (Monson, 1988). A família Hydropsychidae é construtora de redes e coloniza ampla variedade de substratos encontrados em águas correntes, além de poderem utilizar diferentes recursos alimentares. A maioria é fragmentadores ou filtradora, tendo preferência pela matéria orgânica grossa como folha, gravetos, galhos (Giuliatti e Carvalho, 2009) e áreas com correnteza devido à maior quantidade de partículas alimentares que são transportadas nesses trechos (Boon, 1984 e 1986).

A estação amostral II no período seco apresentou a fauna composta predominantemente por Diptera (54%) e Oligochaeta (38%), sendo a família Tubificidae a mais abundante deste último grupo. Estudando riachos do Parque Estadual Intervales (SP), Alves et al. (2008) encontraram Tubificídeos em habitat com correnteza lenta, contendo matéria orgânica fina, folhas e ramos provenientes da vegetação. Estas características são semelhantes às encontradas na estação amostral II, corroborando assim a presença desta família em grande quantidade de indivíduos.

A estação amostral III apresentou 85% de abundância relativa de Diptera e 11% de Oligochaeta, sendo neste último grupo, a família Tubificidae foi a mais abundante. A estação amostral III apresenta sedimento com elevada quantidade de matéria orgânica proveniente da vegetação ripária e também da bacia de drenagem e correnteza nula. Estas características podem explicar a presença dos Tubificídeos, pois estes tem preferência em ambientes de correnteza lenta e presença matéria orgânica (Alves et al., 2008), entretanto a matéria orgânica não se apresentou tão fina quanto a da área alagada, explicando assim a menor densidade desta família na estação amostral III.

A estação amostral IV apresentou 93% de Diptera, 6% de Oligochaeta, sendo a família Tubificidae a mais numerosa. As características do local favorecem a presença desta família, já que apresenta correnteza média, apesar desta família preferir correnteza baixa, elevada quantidade de matéria orgânica, principalmente fina, proveniente da decomposição ocorrida na estação amostral III. Tais características são preferenciais para a presença de Tubificídeos, como encontrado por Alves et al. (2008).

#### **5.2.4.2. Período chuvoso**

Durante o período chuvoso a estação amostral I apresentou 55% de abundancia de Diptera, sendo a família Chironomidae a mais abundante e 37% de Trichoptera, sendo a família Leptoceridae a mais abundante desta ordem, assim como encontrado nesta mesma estação amostral durante o período seco. Entretanto a abundância no período chuvoso foi maior, sendo quase o dobro. Provavelmente pelo aumento da quantidade de matéria orgânica carregada, aumentando assim suas fontes alimentares e também pelo carreamento de indivíduos provenientes da montante da estação amostral I

A estação amostral II apresentou 84% de abundancia de Diptera, 7% de Oligochaeta, sendo a família Tubificidae a mais abundante, assim como encontrado no período seco e 5% de Trichoptera, sendo a família Leptoceridae a mais abundante. Os Leptocerídeos alimentam-se de diversas fontes e fazem parte de uma das famílias com maior número de espécies dos trópicos (Monson, 1997).

A estação amostral III apresentou 93% de abundancia de Diptera, 4% de Oligochaeta, sendo a família Naididae a única presente e 3% de Odonata, sendo a família Libellulidae a única presente. A família Libellulidae tem preferência por ambientes lânticos, áreas deposicionais e brejos; vivem em meio a macrófitas, detritos foliares e troncos; são predadores (Carvalho e Nessimian, 1998).

A estação amostral IV apresentou 79% de abundancia de Diptera, 10% de Oligochaeta, sendo a família Tubificidae a mais abundante, assim como encontrado nesta mesma estação amostral durante o período seco e 8% de Trichoptera, sendo a família Leptoceridae a mais abundante, pois possui grande variedade de espécies nos trópicos e vasta diversidade de fontes alimentares (Monson, 1997).

### **5.2.5. Índices bióticos**

#### **5.2.5.1. Índice BMWP**

Este índice é amplamente utilizado como uma ferramenta para a avaliação da qualidade da água. Entretanto de acordo com os resultados obtidos no presente trabalho, podemos perceber que sua utilização requer cuidados, já que leva em consideração apenas a presença ou ausência de determinados organismos, não levando em consideração a abundância. As estações amostrais em estudo encontram-se dentro de uma Reserva Biológica de Mata Atlântica. Portanto a diferença entre as estações amostrais não revela claramente a qualidade da água, já que possuem valores das

variáveis físicas e químicas similares e estão espacialmente próximas. Sendo assim a diferença entre a biota em cada estação amostral pode estar relacionada a pequenas mudanças entre elas como o fluxo de água, características do substrato e matéria orgânica.

#### **5.2.5.2 Porcentagem de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera)**

As maiores porcentagens de EPT foram encontradas na estação amostral I devido aos maiores valores de correnteza, dentre as estações amostrais, já que a maioria das espécies de EPT utiliza da correnteza para alimentação, manutenção do metabolismo e disponibilidade de abrigos (Dodds, 2002). A composição e estrutura da assembléia de macroinvertebrados bentônicos, dentre eles os EPTs apresentaram relação com a variação sazonal do fluxo da correnteza, assim como encontrado por Bickerton (1995).

A porcentagem de EPT aumentou em todas as estações amostrais durante o período chuvoso. Bispo et. al. (2001) em córregos do Planalto Central encontrou diminuição de 50% na abundância de Ephemeroptera e Plecoptera e 75% de Trichoptera no período chuvoso, entretanto no presente trabalho ocorreu aumento da porcentagem de EPT no período chuvoso. Isto pode ser explicado pelo carreamento destes organismos das áreas a montante da estação amostral I, já que os Trichopteras, grupo mais representativos dos EPTs no presente trabalho, possuem o corpo pouco hidrodinâmico e podem ser levados pelo aumento do volume da água.

## **6. Teorias Ecológicas**

Estudos em áreas de preservação são muito importantes para conhecer a biodiversidade local, entender seu comportamento e suas funções. Para compreender esses padrões é necessário conhecer as espécies, habitats, hábitos alimentares, sazonalidade, padrões de distribuição, etc. A partir destes conhecimentos podemos definir estratégias de manejo, monitoramento, conservação e educação ambiental.

Ecossistemas como a Mata Atlântica deve ter a atenção ainda maior, pois é considerado um “hot spot” mundial, que são áreas do planeta que abrigam grande parte da biodiversidade.

Algumas teorias são usadas para estudar e entender os ambientes aquáticos e entre estas teorias podemos citar a de Vannote et al. (1980) e Ward e Stanford (1983).

Aplicando a teoria de Vannote na área de estudo do presente trabalho podemos perceber que a estação amostral I tem como principal característica a dimensão longitudinal. Alguns padrões de variáveis físicas e químicas e da biota podem ser explicados por fenômenos ocorridos nas áreas a montante e na bacia de drenagem. A grande maioria da comunidade de macroinvertebrados bentônicos da estação amostral I apresentou-se adaptada as condições locais, como disponibilidade de alimento e abrigo.

Entretanto Ward e Stanford (1983) usando os conceitos da Teoria do Rio Contínuo de Vannote et al (1980) propôs que o represamento de um sistema lótico rompe este gradiente longitudinal contínuo de condições ambientais, produzindo mudanças nestas condições e na biota residente.

Aplicando a teoria de Ward e Stanford (1983) para a área de estudo do presente trabalho podemos perceber que a formação da estação amostral III acabou agindo como um represamento do córrego (estação amostral I), modificando assim a biota residente. A teoria denota que este represamento modifica também os processos após o lago. Este fato foi perceptível na estação amostral IV, que apesar de apresentar características líticas assim com a estação amostral I, mostrou uma comunidade de macroinvertebrados diferente.

Ward (1989) propôs outra teoria que pode ser aplicada a área de estudo do presente trabalho. Segundo o autor os sistemas lóticos são tetradimensionais, possuindo componentes laterais, verticais, longitudinais ao longo do tempo. Estes componentes são muito importantes para o funcionamento do ecossistema. O componente longitudinal apresentou-se muito importante na estação amostral I, já que este transporte longitudinal afeta a correnteza. A dimensão lateral foi importante em todas as estações amostrais, pois transfere matéria e energia da zona ripária e bacia de drenagem para o sistema. A dimensão vertical provavelmente também influenciou as estações amostrais, já que refere-se à interação do sistema aquático com o nível freático. Todas essas dimensões modificam-se ao longo do tempo, formando assim a escala temporal. Esta escala mostrou-se presente no trabalho, pois a comunidade de macroinvertebrados e algumas variáveis físicas e químicas apresentaram modificações ao longo da variação dos períodos seco e chuvoso.

## **7. Conclusões**

As estações amostrais apesar de apresentarem poucas diferenças significativas entre as variáveis físicas e químicas mostraram diferenças na composição e estrutura da comunidade de macroinvertebrados.

Portanto apesar das estações amostrais estarem próximas a comunidade de macroinvertebrados mostrou famílias adaptadas a cada estação amostral e seus detalhes.

A família Chironomidae foi a mais abundante em todas as estações amostrais, evidenciando suas habilidades para viver em ambientes diversos e mostrando sua grande importância em ecossistemas aquáticos dulciaquícolas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Agostinho, A.A., Thomaz, S.M., Minte-Vera, C.V. & Winemiller, K.O. (2000). "Biodiversity in the high Paraná River floodplain". In: Gopal, B.; Junk, W.J. e Davis, J.A. Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation. Backhuys Publishers: Leiden, The Netherlands. p.89-118.
- Alba – Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almería, v. 2, p. 203-13. ISBN: 84-784
- Allan, J. D. 1982. Feeding habits and prey consumption of three setiplapian stoneflies (plecoptera) in a mountain stream. *Ecology* 63:26-34.
- Allan, J.D. 1995. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. London: Chapman and Hall.
- Alves, R. G. Dinâmica espaço temporal dos macroinvertebrados bentônicos de uma lagoa marginal de drenagem. 1998. Tese de doutorado. Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Brasil.
- Alves, R. G.; Marchese, M. R.; Martins, R. T. 2008. Oligochaeta (Annelida, Clitellata) of lotic environments at Parque Estadual Intervales (São Paulo, Brazil). *Biota Neotrop.* vol.8 no.1 Campinas Jan./Mar. 2008.
- Angelier, E. 2003. *Ecology of Streams and Rivers*. Science Publishers, Inc. USA. 215p.
- Armitage, P. D., Cranston, P. S.; Pinder, L .C. V. *The chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. London: chapman & hall, 1995. 572p
- Bakanov, A. I. 2004. Assessment of water and sediment quality in fresh water bodies based on characteristics of benthic communities, *Russian Journal of Ecology* 35 (6) pp. 464–467.
- Baptista, D. F., Dorvillé, L.F.M.; Buss, D. F. e Nessimian, J.L. 2001. Spatial and temporal organization of aquatic insects assemblages in the longitudinal gradient of a tropical river. *Revista Brasileira de Biologia São Carlos*, 61(2): 295-304.
- Baptista, D.F.; D.F. Buss; L.F.M. Dorvillé & J.L. Nessiamian. 2001. Diversity and habitat preference of aquatic insects along the longitudinal gradient of the Macaé River Basin, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, Rio de Janeiro, 61 (2): 249-258
- Beé, M. E. T. 2008. *Ecologia de Larvas de Chironomidae (Diptera) no Rio Irani , Santa Catarina, Brasil*. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Unochapecó. SC.
- Bernhardt, E. S.; Palmer, M. A.; Allan, Alexander, J. D. G.; K. Barnas; Brooks, S.; Carr, J.; Clayton, S.; Dahm, C.; Follstad-Shah, J.; Galat, D.; Gloss, S.; Goodwin, D. Hart, D.; Hassett, B.; Jenkinson, Z.; Katz, S.; Kondolf, G.M.; Lake, P.S.; Lave, R.; Meyer, J.L; O'Donnell, T.K.; Pagano, L.; Powell, B.; Sudduth, E. *Synthesizing U.S.*

2005. River Restoration Efforts. Science 29 April 2005: Vol. 308. no. 5722, pp. 636 – 637.

Bilby, R. E. e Likens, G. E. 1980. Importance of Organic Debris Dams in the Structure and Function of Stream Ecosystems. Ecology, Vol. 61, No. 5 (Oct., 1980), pp. 1107-1113

Bispo, P. C. 2001 A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos do Planalto Central do Brasil. Acta Limnologica Brasiliensia, Botucatu, v. 13, n. 2, p. 1-9.

Bispo, P. C., Oliveira, I. G, Crisci V. L., Silva, M. M. 2001. A pluviosidade como fator de alteração da entomofauna bentônica (ephemeroptera, plecoptera e trichoptera) em estação amostral is do planalto central do brasil. Acta. Limnol. Bras., 13(2): 1-9.

Bispo, P. C.; Oliveira, L. G., 1998 . Distribuição espacial de insetos aquáticos (Ephemeroptera, Plecoptera e Trichoptera) em córregos de cerrado do Parque Ecológico de Goiânia. In: Jorge Luiz Nessimian; Alcimar do Lago Carvalho. (Org.). Ecologia de Insetos Aquáticos. Rio de Janeiro: Computer & Publish Editoração Ltda, v. V, p. 175 - 189.

Boon, P. J. 1984. Habitat exploration by larvae of amphipsche meridiana (trichoptera: hydropsychidae) in a javanes lake outlet. Freshwater biology, 14:1-12.

Brigante, J.; Espindola, E. L. G. 2003. Limnologia fluvial: um estudo no rio mogi-Guaçu. 1. Ed. São carlos: rima editora.

Buss, D.F.; Baptista, D.F.; Nessimian, J.L.; Dorville, L.F. & Silveira. M.P. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblage in a river basin in South-Est Brazil. Hydrobiologia, 481: 125- 136.

Cairns, J. e Pratt, J. R. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In- Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman & Hall, New York, pp. 10-27

Callisto, M.; P. Moreno & F.A.R. Barbosa. 2001. Habitat diversity and benthic functional trophic groups at Serra do Cipó, Southeast Brazil. Revista Brasileira de Biologia, Rio de Janeiro, 61 (2): 259-266.

Callisto, M. e Gonçalves, J.F.Jr. 2002. A vida nas águas das montanhas. Ciência Hoje 31 (182): 68-71.

Callisto, M. 2004. Diversity assessment of benthic macroinvertebrates, yeasts, and microbiological indicators along a longitudinal gradient in Serra do Cipó, Brazil. Braz. J. Biol. vol.64, n.4.

Callisto, M.; Gonçalves, Jr., J. F.; Moreno, P. 2004. Invertebrados aquáticos como bioindicadores. In: Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte : UFMG, v. 1, p. 1-12.

Carrera, C. e Fierro, K. 2001. Manual de Monitoreo: los Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores de la Calidad Del Agua. EcoCiência, Quito

- Carvalho, A.L. e Nessimian, J. L. 1998. Odonata do estado do Rio de Janeiro, Brasil: habitats e hábitos das larvas, p. 3-28. In: J.L. NESSIMIAN & A.L. CARVALHO (Eds). *Ecologia de Insetos Aquáticos*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Série Oecologia Brasiliensis, vol. 5, XVII+309p
- Carvalho, E.M.; Uieda, V.S. 2004. Colonização por macroinvertebrados bentônicos em substrato artificial e natural em um riacho da serra de Itatinga, São Paulo, Brasil. *Rev. Bras. de Zool.*, 21(2): 287 – 293.
- Castro, N. T. 2007. Macroinvertebrados bentônicos em áreas com diferentes graus de preservação ambiental na Bacia do Ribeirão Mestre d'Armas, DF. Dissertação de Mestrado. Ecologia. UnB.
- Chacón, M.M. e Segnini, S. 1996. Reconocimiento Taxonomico de las Nayades del Orden Ephemeroptera en la Deriva de dos Rios de Alta Montaña en el Estado Merida, Venezuela. *Bol. Entomol. Venez. N.S.* 11, 103 – 122.
- Corbi, J. J. 2001. Distribuição espacial e batimétrica dos macroinvertebrados bentônicos da Represa do Ribeirão das Anhumas (Américo Brasiliense -SP). Universidade Federal de São Carlos, UFSCAR, Brasil. Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais.
- Costa, J. M.; De Souza, L.O.I. e Oldrini, B. B. 2004. Chave para Identificação das Famílias e Gêneros das Larvas Conhecidas de odonata do Brasil: Comentários e Registros Bibliográficos (Insecta, Odonata). *Publicações Avulsas do Museu Nacional*, 99, 1 – 44.
- Dodds, W. K. 2002. *Freshwater Ecology: Concepts and Environmental Applications*. Academic Press. London. 569p.
- Drummond, R. A. R; Alves R. J. V.; Koschnitzke, C. 2007. Melastomataceae da serra de São José, Minas Gerais. *Rev. Biol. Neotrop.* 4(1): 1-12.
- Duarte, C.M.; Prairie, Y.T.; Montes, C.; Cole, J.J.; Striegl, R.; Melack, J. e Downing, J.A. 2008. CO<sub>2</sub> emissions from saline lakes: A global estimate of a surprisingly large flux. *Journal of geophysical research. G, Biogeosciences*. Vol.113.
- Dutra, S. L. 2006. Avaliação da biodiversidade bentônica no Vale do Paranã (GO): visando a identificação de áreas prioritárias para conservação. Dissertação de mestrado. UnB. Brasília.
- Esteves, F. A. 1998. *Fundamentos de Limnologia*. Editora Interciência. Rio de Janeiro. 2 edição. 602p.
- Faulkner S. 2004. Urbanization impacts on the structure and function of forested wetlands. *Urban Ecosys.* 7, 89–106.
- Fernandes, A. C. M. 2007. Macroinvertebrados bentônicos como indicadores biológicos de qualidade da água: Proposta para elaboração de um Índice de integridade biológica. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. 220pp.
- Giller S. P. e Malmqvist, B. 1998. *The Biology of Streams and Rivers*. Oxford University Press. GBR.296p.

- Giuliatti, T. M.; Carvalho, E. M. 2009. Distribution of benthic macroinvertebrate assemblages in two stretches of the laranja doce stream, dourados/ms. *Interbio* v.3 n.1
- Gomi, T.; Sidle R.C.; Richardson, J. R. 2002. Understanding Processes and Downstream Linkages of Headwater Systems. *BioScience* 52(10):905-916.
- Goulart, M.D. e Callisto, M. 2003. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. *Revista FAPAM*.
- Guereschi, .R.M. (2004). Macroinvertebrados bentônicos em córregos da estação ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP: subsídios para monitoramento ambiental. São Carlos, UFSCar. Tese de doutorado. 2004.
- Hellawell, j. 1978. Biological surveillance of rivers. Water research center, Stevenage, 332p.
- Holzenthal, R.W. 1988. Studies in Neotropical Leptoceridae (Trichoptera), VIII: the genera *Atanotica* Mosely and *Grumichella* Müller (Triplectidinae: Grumichellini). *Transactions of the American Entomological Society* 114: 71-128.
- Huamantínco, A. A. e Nessimian, J. L. 1999. Estrutura e distribuição espacial da comunidade de larvas de trichoptera (insecta) em um tributário de primeira ordem do rio paquequer, teresópolis, RJ. *Acta limnologica brasiliensia, botucatu*, 11 (2): 1-16.
- Hynes, H. B. N. 1970. The ecology of running waters. Univ. Toronto Press.
- Hynes, H.B. 1970. The ecology of running waters. Canada, University of Toronto Press, 555p.
- J. V. Ward The Four-Dimensional Nature of Lotic Ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 8, No. 1. (Mar., 1989), pp. 2-8.
- Jani Heino, Janne Soininen and Jyrki Lappalainen, Risto Virtanen. 2005. The relationship between species richness and taxonomic distinctness in freshwater organisms. *Limnol. Oceanogr.*, 50(3), 2005, 978–986
- Jones, B. J. e Smock, L. A. Transport and retention of particulate organic matter in two low-gradient headwater streams. *J.N.Benthol. Soc.* 1991. 10 (2): 115-126.
- Jones, J. B. & Mulholland, P. J. 2000. *Streams and Ground Waters*. Academic Press. USA. 425p.
- Jong, H., Oosterbroek, P. Gelhaus, L., Reusch, H e Young, C. 2008. Global diversity of craneflies (insecta, diptera: tipulidea or tipulidae sensu lato) in freshwater Freshwater animal diversity assessment. 595: 457-567.
- Junqueira, V. M. e Campos, S. C. M. 1998. Adaptation of the BMWP method for water
- Karr, J.R. (1998). Rivers and sentinels: using the biology of rivers to guide landscape management. *River Ecology and management: lessons from the pacific coastal Ecorregion* (eds R.J. Naiman and R.E. Bilby), p.502-528. Springer-Verlag. New York.

- Keddy, P. A. 2002. *Wetland Ecology*. Cambridge University Press. Uk. 614p.
- Kikuchi, R.M. & V.S. Uieda. 1998. Composição da comunidade de invertebrados de um ambiente lótico tropical e sua variação espacial e temporal. pp. 157-173. In: J.L. Nessimian, & E. Carvalho (Eds). *Ecologia de insetos aquáticos*. Rio de Janeiro, PPGE-UFRJ, Series Oecologia Brasiliensis, vol. 5, 309p.
- Kudo, F. A. 2007. Distribuição espacial longitudinal das associações zoobentônicas no reservatório de Rosana (rio paranapanema, sp/pr) e nas lagoas marginais associadas, e análise toxicológica da água e do sedimento. Dissertação de mestrado. Zoologia. Unesp Botucatu.
- Lencioni, V. e Maiolini, B. 2002. L'ecologia di un ecosistema acquatico alpino (val de la mare, parco nazionale dello stelvio). *Natura alpina* 54(4):1-96.
- Lopretto, E.C. e Tell, G. 1995, *Ecosistemas de aguas continentales -- Metodologias para su estudio*. Tomo II e III. Ediciones Sur, La Plata.
- Lorion, C. M., Kennedy, B.P. 2009. Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in neotropical headwater streams. *Freshwater Biology* (2009). Volume: 54, Issue: 1, Pages: 165-180.
- Lowe, W.H., and G.E. Likens. 2005. Moving headwater streams to the head of the class. *Bioscience* 55:196–197.
- Lucca, J. V. 2005. Caracterização limnológica e análise de comunidades bentônicas sujeitas à invasão por espécies exóticas, em lagos do Vale do Rio Doce, MG, Brasil. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos.
- Macan, T. T. 1962. Ecology of aquatic insects. *Annual review of entomology*, 7:261-288.
- Mackereth, F.J.H., Heron, J. e Talling, J. F. 1978. *Water analysis: some revised methods for limnologists*. Cumbria, freshwater biological association, 120p.
- Margalef, R. *Limnologia*. 1009p 1983 Barcelona: OMEGA.
- Mccafferty, W.P. 1981. *Aquatic Entomology - The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publishers Inc, Boston
- Merritt, R.W. e Cummins, K.W. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 3º ed., Kendall/ Hunt Publishing Company, Dabuque Iowa.
- Merritt, R. W.; Cummins, K. W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of north américa*. 3. Ed. Dubuque: kendall/hunt publishing. 862 p
- Merritt, R.W. e Cummins, K. W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Dubuque, Kendall/Hunt, 3<sup>rd</sup> ed., 722p.
- Merritt, R.W. e Cummins, K.W., 1984. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 2nd ed. Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque. 722 p.

- Merritt, R.W.; Cummins, K.W. 1988. An introduction to the aquatic insects of North America. 2<sup>a</sup> ed. Ed.Kendall/Hunt. Iowa, 750p.
- Minshall, G.W. 1967. Role of allochthonus in the trophic structure of a woodland springbrook community. *Ecology* 48: 139-149.
- Minshall, G.W., 1984. Aquatic insect-substratum relationships, pp. 358-400. In V. H. Resh & D. M. Rosenberg (eds), *The ecology of aquatic insects*. Praeger, New York.
- Mitsch, J. W. e Grosselink, G.J. 2007. *Wetlands*. Jonh Wiley & Sons, Inc. New Jersey. 582p.
- Monson, M.P., R.W. Holzenthal, and G.G. Ahlstrand. 1988. The larva and pupa of *Cochliopsyche vazquezae* (Trichoptera: Helicopsychidae). *Journal of the North American Benthological Society* 7: 152-159.
- Moreno, P.S.P. 2008. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta na avaliação da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do Rio das Velhas (MG). Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. Pg.94.
- Moretto, Evandro Mateus. 2001. Diversidade zooplanctônica e variáveis limnológicas das regiões limnética e litorânea de cinco lagoas do Vale do Rio Doce - MG, e suas relações com o entorno. Dissertação de mestrado. Escola de Engenharia São Carlos.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403:853-858.
- National Research Council (NRC). 1995. *Wetlands: characteristics and boundaries*. National academy press, washington, dc. 306 pp.
- Neves, I. F., Rocha, O.; Roche, K. F. e Pinto, A. A. 2003. Zooplankton community structure of two marginal lakes of the river cuiabá (mato grosso, brazil) with analysis of rotifera and cladocera diversity. *Braz. J. Biol.*, 63(2): 329-343.
- Nieser, N. e De Melo, A. L. 1997. Os heterópteros aquáticos de Minas Gerais. GuiaIntrodutório com chave de Identificação para as espécies de Nepomorpha e Gerromorpha. Editora UFMG, Belo Horizonte.
- Paerl, H. W., J. Dyble, P. H. Moisaner, R. T. Noble, M. F. Piehler, J. L. Pinckney, T. F. Steppe, L. Twomey, and L. M. Valdes. 2003. Microbial indicators of aquatic ecosystem change: current applications to eutrophication studies. *FEMS Microbiol. Ecol.* 46:233-246.
- Pamplin, P. A. Z. 1999. Avaliação da qualidade ambiental da represa de americana (SP) com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos. São carlos (SP). Dissertação (mestrado). Escola de engenharia de são carlos, universidade de são paulo, são carlos, 111p.
- Payne, A. I. 1986. *The ecology of tropical lakes and rivers*. New york, john wiley. 628p. 3 ed.

Pennak, R. W. 1978. Freshwater invertebrates of the united states. 2aed., jonh wiley & sons, new york. 803 p.

Pérez, G. R. 1988. Guia para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos Del Departamento de Antioquia. Editorial Presencia Ltda, Bogotá.

Pinder, C. V. 1986. Biology of freshwater chironomidae. *Ann.rev.entomol.*, 31:1-23.

Plano de Manejo Reserva Biológica Municipal Poço D'Anta, Juiz de Fora, Minas Gerais. Universidade Federal de Juiz de Fora. Fevereiro/2008.

Pringle, C.M.; Naiman, R.J.; Bretschko, G.; Karr, J.R.; Oswood, M.W.; Webster, J.R.; Welcomme, R.L.; Winterbourn, M.J. 1988. Patch dynamics in lotic systems: The stream as a mosaic. *J.-N.-AM.-BENTHOL.-SOC.* vol. 7, no. 4, pp. 503-524

Radambrasil. 1983. Folha SF 23/24 Rio de Janeiro/Vitória; geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Vol. 30, Levantamento de Recursos Naturais, Departamento Nacional de Produção Mineral-Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro 839p + mapas.

Resh, V.H. & Jackson, J.K. (1993). Rapid assessment approaches to biomonitoring nad benthic macroinvertebrates. *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates.* In: Rosemberg, D. M., Resh, V. H. (Eds), p.195-233. Chapman and Hall, New York.

Ribeiro, L.O.; Uieda, V.S. 2005. Estrutura da comunidade de macroinvertebrados bentônicos de um riacho de serra em Itatinga, S~ao Paulo, Brasil. *Rev. Bras. de Zool.*, 22(3): 613-618.

Ribeiro; L. O. e Uieda, V. S. 2005. Structure of a benthic macroinvertebrates community in a mountain stream in Itatinga, São Paulo, Brazil. *Rev. Bras. Zool.* vol.22 no.3 Curitiba.

Richardson, J. S.; Danehy, R. J. 2007. A Synthesis of the Ecology of Headwater Streams and their Riparian Zones in Temperate Forests. *Forest Science.* Volume 53, Number 2, April 2007, pp. 131-147(17).

Roland F.; Caraco, N.F.; Cole, J.J. e Del Giorgio, P. 1999. Rapid and precise determination of dissolved oxygen by spectroohotometry: Evaluation of interference from color and turbidity. *Limnology and Oceanography*, 44 (4) 1148-1154.

Roque, F. O.; Pepinelli, M.; Fragoso, E. N. 2003. Ecologia de macroinvertebrados, peixes e vegetação ripária de um estação amostral i de primeira ordem em região do cerrado do estado de são paulo (são carlos, sp). In: henry, r. (coord). *Ecótonos nas interfaces dos ecossistemas aquáticos.* São carlos. Rima. P. 3113-3338.

Rosenberg, D. M. e Resh, V. H. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates.* Chapman & Hall, New York.

Santos, E.M. 2003. Dinâmica de macroinvertebrados em um lago costeiro do sul do Brasil (Lagoa da Reserva, Mostardas – RS). Dissertação de mestrado. Unisinos.

- Scheffer, M. 1998. Ecology of Shallow Lakes. Kluwer Academic Publishers. London. 357p.
- Scolforo, J. R. S; Carvalho, L. M. T. 2006. Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais. Lavras: Editora UFLA. 288 p.
- Smith, M. J.; Kay, W. R.; Norris, R. H.; Halse, S. A. 1999. AusRivAS: using macroinvertebrates to assess ecological condition of rivers in Western Australia. *Freshwater Biology*, v. 41, n. 2, p. 269-82.
- Smith, W. S.; Petrere Jr., M. 2000. Caracterização limnológica da bacia de drenagem do Rio Sorocaba, São Paulo, Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, 12 (2): 15-27.
- Stephan, N. N. C. 2007. Distribuição espacial e temporal dos insetos aquáticos e oligochatea aquáticos da sub-bacia do Córrego São Pedro, Juiz de Fora, MG. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Strixino, G. e Strixino, S.T. 1982. Observações sobre a biologia da reprodução de um quironomídeo da região neotropical. *Revista Brasileira de Biologia* 33:207-216.
- Strayer, D. L.; Eviner, V. T.; Jeschke, J. M. e and Pace, M. L. 2006. Understanding the long-term effects of species invasions. *Trends in Ecology & Evolution* Volume 21, Issue 11, November 2006, Pages 645-651.
- Suriano, M.T. 2003. Estudos da fauna de Chironomidae (Diptera) nos córregos Galharada, Campo do Meio e Casquilho do Parque Estadual de Campos do Jordão. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 50p
- Trivinho-Strixino, S. e Strixino, G. 1995. Larvas de Chironomidae (Diptera) do Estado de São Paulo - Guia de Identificação e Diagnose dos Gêneros. Editora da Universidade de São Carlos, São Carlos.
- Tudorancea, M.M. e Tudorancea, C. 2002. Are chironomid larvae bioindicators of the water quality in running water under urban impact? *Verhandlungen der Internationalem Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 28:417-421.
- Valle, C. E. & Lage, H. Meio Ambiente. Acidentes, lições e soluções. 2004. Editora Senac São Paulo. 2 edição. 256p.
- Vannote, R.C., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J R. & Cushing, C.E. 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 37: 130-137.
- Voelz, N. J. e McArthur, J. V. 2000. An exploration of factors inuencing lotic insect species richness. *Biodiversity and Conservation*, 9: 1543 - 1570.
- Wallace, B.; Webster, J. R. e Cuffney, T. F. 1982. Stream detritus dynamics: Regulation by invertebrate consumers. Volume 53, Number 2 / January, 1982.

Wallace, J. B. e Webster, J. R. 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function annual review of entomology, v 41:115-139p.

Ward, J.V. Aquatic Insect Ecology: biology and habitat. Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1992. 438 p.

Ward, J. V. e Stanford, J. A. 1983. The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. Pages 29-42 in T. D. Fontaine and S. M. Bartell (editors). Dynamics of lotic ecosystems. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, Michigan.

Wetzel, R. G. & likens, G .E. 2000. Limnological analyses. 3rd ed. Springer verlag, new york., 429 p.

Wetzel, R.G., 1993. Limnologia. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa. 919p.

Wiggins, G. B. 1996. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). 2º ed. University of Toronto Press, Toronto.

Williams, D. D. e Hynes, H. B. N. 1974. The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. - Fresh-wat. Biol. 4: 233-256.

Wipfli, M.S., Richardson, J.S. e Naiman, R.J. 2007. Ecological linkages between headwaters and downstream ecosystems: transport of organic matter, invertebrates, and wood down headwater channels. Journal of the American Water Resources Association 43: 72-85