

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

Elisabete Lourdes do Nascimento

**CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO NO PLÂNCTON E FATORES
ECOLÓGICOS NO RESERVATÓRIO DA U.H.E. – SAMUEL – AMAZÔNIA
OCIDENTAL (RONDÔNIA / BRASIL).**

**PORTO VELHO
OUTUBRO DE 2006.**

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

Elisabete Lourdes do Nascimento

**CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO NO PLÂNCTON E FATORES
ECOLÓGICOS NO RESERVATÓRIO DA U.H.E. – SAMUEL – AMAZÔNIA
OCIDENTAL (RONDÔNIA / BRASIL).**

Dissertação apresentada à Fundação
Universidade Federal de Rondônia – UNIR,
como requisito para obtenção de título de
Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio
Ambiente.

Área de Concentração: Biogeoquímica
Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Ene Glória da Silveira

**PORTO VELHO
OUTUBRO DE 2006.**

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE
FEDERAL DE RONDÔNIA



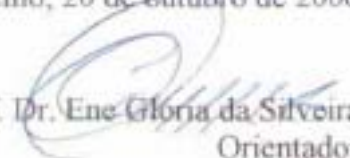
NÚCLEO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DESENVOLVIMENTO REGIONAL E MEIO AMBIENTE

ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

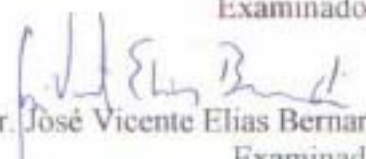
ELISABETE LOURDES DO NASCIMENTO

A Banca de defesa de Mestrado presidida pelo orientador Prof. Dr. Ene Glória da Silveira, e constituída pelos examinadores Prof.^a Dr.^a Sandra Maria Feliciano de Oliveira e Azevedo e Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi, reuniu-se no dia 20 de outubro de 2006, às 9:00 horas, no Bloco da Biologia no Campus-UNIR, para avaliar a Dissertação de Mestrado intitulada “Concentração de Mercúrio no Plâncton e Fatores Ecológicos do Reservatório da UHE-Samuel-Amazônia Ocidental (Rondônia/Brasil)” da mestrande Elisabete Lourdes do Nascimento. Após a explanação do candidato e arguição pela Banca Examinadora, a referida dissertação foi avaliada e de acordo com as normas estabelecidas pelo Regimento do Curso de Pós-Graduação Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente – PGDRA foi considerada APROVADA.

Porto Velho, 20 de outubro de 2006


Prof. Dr. Ene Glória da Silveira
Orientador


Prof.ª Dr.ª Sandra Maria Feliciano de Oliveira e Azevedo
Examinadora


Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi
Examinador

FICHA CATALOGRÁFICA**NASCIMENTO, E. L.**

Concentração de Mercúrio no plâncton e Fatores ecológicos do Reservatório da U.H.E - Samuel-Amazônia Ocidental (Rondônia/Brasil).

Elisabete Lourdes do Nascimento.

Porto Velho: s.n., 2006.
xx, 119 p.

Orientador: Prof^o. Dr. Ene Glória da Silveira.

Dissertação – Mestrado em desenvolvimento Regional e Meio Ambiente -
Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR.

1. Mercúrio 2. Fitoplâncton 3. Zooplâncton 4. Reservatório 5. Amazônia

**FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA
NÚCLEO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
REGIONAL E MEIO AMBIENTE**

Elisabete Lourdes do Nascimento

**CONCENTRAÇÃO DE MERCÚRIO NO PLÂNCTON E FATORES
ECOLÓGICOS NO RESERVATÓRIO DA U.H.E. – SAMUEL – AMAZÔNIA
OCIDENTAL (RONDÔNIA / BRASIL).**

Dissertação apresentada à Fundação
Universidade Federal de Rondônia – UNIR,
como requisito para obtenção de título de
Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio
Ambiente.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ene Glória da Silveira
Orientador

Prof. Dr. José Vicente Elias Bernardi
Examinador

Profa. Dra. Sandra Maria Feliciano de Oliveira e Azevedo
Examinadora

À minha família e ao meu
mais perfeito amor, João Paulo.

AGRADECIMENTOS

A Deus em primeiro lugar por guiar meus caminhos até este momento da minha vida; o *senhor* sempre me fez sentir que tudo daria certo!

Ao meu orientador Prof. Dr. Ene Glória da Silveira pela oportunidade e orientação;

Ao Prof^o. Dr. Wanderley Rodrigues Bastos, pela orientação, amizade e incentivo, sem os quais não seria possível a conclusão deste trabalho; *Wanderley muito, muito, muito obrigada pela oportunidade e pela amizade! E por tudo!!!*

A Roberto Keidi Miyai por me ensinar os caminhos para desvendar os segredos que tem um corpo d' água e pela nossa amizade! Que, aliás, já dura 5 anos!!! *Obrigada Japa!!!*

Aos professores Gil e Vicente pela orientação no tratamento estatístico,

A minha família, em especial a minha mãe Lourdes, por ser a maior incentivadora dos meus estudos, pela confiança e pelo incondicional amor que me dedica! *Obrigado do fundo do coração mãe, essa conquista também é sua!!!*

Ao meu noivo João Paulo, pelo incentivo, cumplicidade, compreensão nos inúmeros momentos de ausência, pela amizade, *paciência* e dedicação, que me revelaram a cada dia uma pessoa única! *Te amo!*

A todos os amigos do Laboratório de Biogeoquímica Ambiental em especial para, Dárlly, Jane, Greicy, Cibelle, Ynhaná, Déborah, Giselle, Alessandra, Ronaldinho, Tchê, Dario, Ronaldo e Tiago, pela ajuda em campo e no laboratório, *amizade* e troca de experiências que foram muito importantes para conclusão deste trabalho e pelas *experiências de vida, aprendi muito!*

Aos funcionários do Centro de proteção Ambiental (Eletronorte) Carlos Mendonça, Toninho, Sr. Cardoso (enfim 12 coletas, ufa!) Meus sinceros agradecimentos! Aos estagiários Antônio, Fran, Jú e Lú, pelos *ótimos* momentos vividos no laboratório de limnologia, pela ajuda nas análises e em campo;

As minhas irmãs de coração Elizete e Ednair pelo incentivo e amizade; *saudades!!!*

Às minhas amigas Káren e Cláudia pelo incentivo,

A Eletronorte na pessoa do Sr. Fernando Fonseca e Edgard Temporim filho, por todo apoio logístico e ao CNPq pela bolsa concedida.

“Não quero ter a terrível limitação de quem vive apenas do que é possível fazer sentido. Eu não: quero é uma verdade inventada”

Clarice Lispector

SUMÁRIO

| | |
|--|------|
| LISTA DE SIGLAS | xii |
| LISTA DE TABELAS | xiii |
| LISTA DE FIGURAS | xv |
| RESUMO | xix |
| ABSTRACT | xx |
| | |
| 1. INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1. Considerações gerais | 21 |
| 1.2. Revisão bibliográfica | 22 |
| | |
| 2. OBJETIVOS | 28 |
| 2.1. Objetivo Geral | 28 |
| 2.2. Objetivos Específicos | 28 |
| | |
| 3. MATERIAIS E MÉTODOS | 28 |
| 3.1. Caracterização da área de estudo | 29 |
| 3.1.1. Clima | 29 |
| 3.1.2. Hidrografia | 29 |
| 3.1.3. Vegetação | 32 |
| 3.1.4. Solos | 33 |
| 3.1.5. Geomorfologia | 36 |
| 3.1.6. Geologia | 38 |
| 3.2. Desenho Experimental | 39 |
| 3.3. Coleta de fitoplâncton e zooplâncton para análise de mercúrio | 43 |
| 3.4. Identificação e contagem dos organismos planctônicos | 43 |
| 3.5. Determinação de mercúrio (Hg) no plâncton | 44 |
| 3.5.1. Controle de qualidade analítico | 44 |
| 3.6. Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água | 45 |
| 3.6.1. Transparência da água | 45 |
| 3.6.2. Temperatura da água | 45 |
| 3.6.3. Pigmento total (clorofila <i>a</i> ativa + feopigmentos) | 45 |
| 3.6.4. Condutividade elétrica | 46 |

| | |
|---|----|
| 3.6.5. Potencial Hidrogeniônico (pH) | 46 |
| 3.6.6. Oxigênio Dissolvido (O.D.) | 47 |
| 3.6.7. Demanda Química de Oxigênio (D.Q.O.) | 47 |
| 3.6.8. Nutrientes | 49 |
| 3.6.8.1. Amônia ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) | 49 |
| 3.6.8.2. Nitrito (NO_2^-) | 50 |
| 3.6.8.3. Fosfato Inorgânico dissolvido (PO_4^{3-}) | 50 |
| 3.6.8.4. Fosfato Total | 50 |
| 3.7. Análise de dados | 51 |
| 3.7.1. Análise de Ordenação | 51 |
| 3.7.1.1. Análise das componentes principais (ACP) | 51 |
| 3.7.1.2. Análise de correspondência destendenciada (ACD) | 52 |
| 3.7.1.3. Análise de correspondência canônica (ACC) | 52 |
| | |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 53 |
| 4.1. Caracterização física, química e biológica da superfície da água | 53 |
| 4.1.1. Vazão afluente | 53 |
| 4.1.2. Temperatura da água | 54 |
| 4.1.3. Oxigênio dissolvido | 54 |
| 4.1.4. Condutividade elétrica | 55 |
| 4.1.5. Potencial hidrogeniônico (pH) | 56 |
| 4.1.6. Demanda química de oxigênio (DQO) | 57 |
| 4.1.7. Transparência da água e profundidade | 57 |
| 4.1.8. Amônia e nitrito | 58 |
| 4.1.9. Ortofosfato e P total | 61 |
| 4.1.10. Pigmento total | 64 |
| 4.1.11. Zooplâncton e Fitoplâncton | 66 |
| 4.1.11.1. Zooplâncton | 68 |
| 4.1.11.2. Fitoplâncton | 81 |
| 4.2. Concentração de Hg no plâncton total | 93 |
| 4.3. Análise multivariada | 97 |
| 4.3.1. Análise das componentes principais (ACP) | 97 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.2. Análise de correspondência destendenciada (ACD) | 100 |
| 4.3.3. Análise de correspondência canônica (ACC) | 103 |
| 5. CONCLUSÕES | 110 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 111 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|--------|---|
| J1 | Jusante 1 |
| M1 | Montante 1 |
| M4 | Montante 4 |
| M8 | Montante 8 |
| U.H.E. | Usina Hidrelétrica |
| Fito | Fitoplâncton |
| Zoo | Zooplâncton |
| Hg | Mercúrio |
| rpm | Rotações por minuto |
| ppb | Parte por bilhão |
| O.D. | Oxigênio dissolvido |
| D.Q.O. | Demanda química de oxigênio |
| pH | Potencial hidrogeniônico |
| ACP | Análise das componentes principais |
| ACD | Análise de correspondência destendenciada |
| ACC | Análise de correspondência canônica |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01: Características do reservatório da U.H.E.- Samuel. | 30 |
| Tabela 02: Reagentes utilizados para solução-estoque dos nutrientes: amônia, nitrito e fosfato | 49 |
| Tabela 03: Variação temporal dos valores de transparência da água (m) e profundidade (m) das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da UHE – Samuel (2005-2006). | 58 |
| Tabela 04: Taxonomia dos organismos zooplanctônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação J1 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006) segundo Starobogatov, 1970 (copépodos), Paggi, 1995 (cladóceros) e Kost, 1978; Pennak, 1989 (rotíferos). | 77 |
| Tabela 05: Taxonomia dos organismos zooplanctônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação M1 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006) segundo Starobogatov, 1970 (copépodos), Paggi, 1995 (cladóceros) e Kost, 1978; Pennak, 1989 (rotíferos). | 78 |
| Tabela 06: Taxonomia dos organismos zooplanctônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação M4 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006) segundo Starobogatov, 1970 (copépodos), Paggi, 1995 (cladóceros) e Kost, 1978; Pennak, 1989 (rotíferos). | 79 |
| Tabela 07: Taxonomia dos organismos zooplanctônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação M8 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006) segundo Starobogatov, 1970 (copépodos), Paggi, 1995 (cladóceros) e Kost, 1978; Pennak, 1989 (rotíferos). | 80 |
| Tabela 08: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação J1 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005) segundo Prescott, 1970. | 83 |
| Tabela 09: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação J1 da U.H.E.-Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006) segundo Prescott, 1970. | 84 |
| Tabela 10: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M1 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005) segundo Prescott, 1970. | 86 |

- Tabela 11:** Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M1 da U.H.E.-Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006) segundo Prescott, 1970. 87
- Tabela 12:** Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M4 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005) segundo Prescott, 1970. 89
- Tabela 13:** Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M4 da U.H.E.- Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006) segundo Prescott, 1970 90
- Tabela 14:** Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M8 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005) segundo Prescott, 1970. 92
- Tabela 15:** Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M8 da U.H.E.-Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006) segundo Prescott, 1970. 93
- Tabela 16:** Concentração de Hg total em amostras de “referência interna” de peixe ($\mu\text{g.g}^{-1}$) utilizadas no controle de qualidade analítico. 94
- Tabela 17:** Comparação entre as concentrações de Hg encontradas no plâncton de um Lago do Rio Negro (Pacheco-Paleja, 2002), um Lago do Rio Tapajós (Pacheco-Paleja, 2002), do reservatório de Ribeirão das Lajes (Palermo et al 2002), reservatório de Québec (Tremblay, 1998) e do reservatório da U.H.E. Samuel (Nascimento, 2006). 97
- Tabela 18:** Valores médios das variáveis físicas, químicas e biológicas nas estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da UHE-Samuel. 98
- Tabela 19:** Contribuição das variáveis (loadings) nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais para as variáveis físicas, químicas e biológicas. 100
- Tabela 20:** Valores das correlações canônicas entre as variáveis ambientais e as densidades do fitoplâncton nas estações J1, M1, M4 e M8 durante o período amostrado (junho de 2005 a maio de 2006). 103
- Tabela 21:** Valores das correlações canônicas entre as variáveis ambientais e as densidades do fitoplâncton nas estações J1, M1, M4 e M8 durante o período amostrado (junho de 2005 a maio de 2006). 107

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 01: Esquema das formas de incorporação ao Hg pelo fitoplâncton e zooplâncton. | 24 |
| Figura 02: Mapa evidenciando a Bacia de drenagem do Rio Jamari. | 31 |
| Figura 03: Mapa das formações vegetais na sub-bacia do Rio Jamari. | 34 |
| Figura 04: Mapa dos tipos de solos na sub-bacia do Rio Jamari. | 35 |
| Figura 05: Mapa das unidades geomorfológicas na sub-bacia do Rio Jamari. | 37 |
| Figura 06: Mapa das unidades geológicas na sub-bacia do Rio Jamari. | 40 |
| Figura 07: Desenho experimental evidenciando os pontos de amostragem. | 41 |
| Figura 08: Fotos das estações de coleta (J1, M1, M4 e M8). | 42 |
| Figura 09: Gráfico da vazão afluyente do reservatório da U.H.E. – Samuel entre os meses de junho de 2005 a maio de 2006. | 53 |
| Figura 10: Variação temporal dos valores de temperatura na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 da U.H.E. - Samuel (2005-2006). | 54 |
| Figura 11: Variação temporal de oxigênio dissolvido (mg/L) na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006). | 55 |
| Figura 12: Variação temporal da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$) na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E.–Samuel (2005-2006). | 56 |
| Figura 13: Variação temporal dos valores de pH na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E.–Samuel (2005-2006). | 56 |
| Figura 14: Variação temporal da demanda química de oxigênio (mgO_2/L) na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006). | 57 |
| Figura 15: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação J1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). | 59 |
| Figura 16: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação M1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). | 59 |
| Figura 17: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação M4 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). | 60 |
| Figura 18: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação M8 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). | 61 |
| Figura 19: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fosfato total na | 62 |

superfície água da estação J1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

Figura 20: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fosfato total na superfície água da estação M1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). 62

Figura 21: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fosfato total na superfície água da estação M4 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). 63

Figura 22: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fosfato total na superfície água da estação M8 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006). 63

Figura 23: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g}/\text{L}$) na estação J1 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006). 64

Figura 24: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g}/\text{L}$) na estação M1 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006). 65

Figura 25: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g}/\text{L}$) na estação M4 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006). 65

Figura 26: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g}/\text{L}$) na estação M8 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006). 66

Figura 27: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 67

Figura 28: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 67

Figura 29: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 68

Figura 30: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 68

Figura 31: Composição dos organismos zooplanctônicos da estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 69

Figura 32: Composição dos organismos zooplanctônicos da estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 69

Figura 33: Composição dos organismos zooplanctônicos da estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 69

Figura 34: Composição dos organismos zooplanctônicos da estação M8 (junho de 70

2005 – janeiro de 2006).

Figura 35: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 71

Figura 36: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 71

Figura 37: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 71

Figura 38: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 72

Figura 39: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 72

Figura 40: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 73

Figura 41: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 73

Figura 42: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006). 74

Figura 43: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação J1 (junho 2005 – janeiro 2006). 74

Figura 44: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação M1 (junho 2005 – janeiro 2006). 75

Figura 45: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação M4 (junho 2005 – janeiro 2006). 75

Figura 46: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação M8 (junho 2005 – janeiro 2006). 76

Figura 47: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação J1 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005). 81

Figura 48: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação J1 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006). 81

Figura 49: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M1 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005). 85

Figura 50: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M1 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006). 85

- Figura 51:** Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M4 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005). 88
- Figura 52:** Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M4 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006). 88
- Figura 53:** Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M8 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005). 91
- Figura 54:** Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M8 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006). 91
- Figura 55:** Concentração de mercúrio ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$) no plâncton total (fito+zoo) nas estações J1 e M1 durante o período amostrado (2005-2006). 94
- Figura 56:** Concentração de mercúrio ($\mu\text{gHg.Kg}^{-1}$) no plâncton total (fito+zoo) nas estações M4 e M8 durante o período amostrado (2005-2006). 95
- Figura 57:** Representação da ACP dos pontos de coleta em relação aos valores médios dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos períodos de seca e cheia. 99
- Figura 58:** Representação da análise de ACD para o fitoplâncton em relação as estações J1, M1, M4 e M8. 101
- Figura 59:** Representação da análise de ACD para o zooplâncton em relação as estações J1, M1, M4 e M8. 102
- Figura 60:** Análise de ACC entre a abundância do fitoplâncton e as variáveis ambientais analisadas na UHE – Samuel. 104
- Figura 61:** Análise de ACC entre a abundância do fitoplâncton e as variáveis ambientais projetando a distribuição dos táxons na UHE – Samuel. 105
- Figura 62:** Análise de ACC entre a abundância do zooplâncton e as variáveis ambientais analisadas na UHE – Samuel. 106
- Figura 63:** Análise de ACC entre a abundância do fitoplâncton e as variáveis ambientais projetando a distribuição dos táxons na UHE – Samuel. 108

RESUMO

A transferência de energia através da cadeia alimentar aquática é uma importante via de entrada de mercúrio (Hg) para os diferentes níveis tróficos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as concentrações de Hg no plâncton total (zoo+fito) em 3 estações (M1, M4 e M8) do reservatório da U.H.E. – Samuel (RO) e uma estação à jusante da barragem (J1). As amostras de plâncton foram coletadas com o uso de duas redes de plâncton, com abertura de poro de 20 μ m e 68 μ m. Uma alíquota de cada concentrado das redes foi removida para posterior análise taxonômica e outra seca em estufa a 60°C para posterior digestão ácida. A determinação de Hg total foi realizada por espectrofotometria de absorção atômica por geração de vapor frio (FIMS-400). Paralelamente foram medidos alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos da água.

Com relação às concentrações de Hg no plâncton total, obtidas nas 4 estações analisadas, as estações J1, M1 e M8 mostraram o mesmo comportamento, com seus maiores valores registrados no mês de junho de 2005 (232 μ gHg.Kg⁻¹, 118 μ gHg.Kg⁻¹, 128 μ gHg.Kg⁻¹, respectivamente). Quanto aos menores de valores de Hg encontrados, as estações J1 e M1 também tiveram o mesmo comportamento, com estes valores registrados em novembro de 2005 (4 μ gHg.Kg⁻¹ e 22 μ gHg.Kg⁻¹). Já os menores valores de Hg para as estações M4 e M8 foram registrados em outubro de 2005, que correspondem a 22 μ gHg.Kg⁻¹ e 5 μ gHg.Kg⁻¹, respectivamente.

Os resultados de Hg encontrados no plâncton no presente estudo corroboram com a literatura no que diz respeito à influência que a composição do fitoplâncton e do zooplâncton tem nas concentrações de Hg encontradas nestes organismos. No entanto, através das análises estatísticas observou-se que as concentrações de Hg não explicam a distribuição desses organismos nas estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da UHE-Samuel.

PALAVRAS-CHAVE: Mercúrio, Fitoplâncton, Zooplâncton, Reservatório e Amazônia.

ABSTRACT

The energy transfer in aquatic alimentary chain is an important way of mercury (Hg) entrance for the other trophic levels. The objective of this work was to evaluate the Hg concentrations in total plankton (zoo+phyto) in 3 Samuel Hydroelectric Usin reservoir stations, Rondônia/Brazil (M1, M4 and M8) and in 1 station to the downstream (J1). Plankton samples were collected through two nets of nylon, one with 68 μ m and the other with 20 μ m of mesh opening. An aliquot of each plankton filtrate was removed and fastened for posterior taxonomic analysis, and another went lyophilized and hemically digested in water bath at 100°C. The total mercury determination was done by atomic absorption spectrophotometry by cold vapor generation (FIMS-400). Parallely they were measured the water physical-chemical: transparency, particulated suspended matter, temperature, electric conductivity, pH, dissolved oxygen, oxygen chemistry demand, ammonium, nitrite, dissolved inorganic phosphate, total phosphate and total pigment.

With regard to the Hg concentrations in total plankton obtained in the 4 analyzed stations, the stations J1, M1 and M8 showed the same behavior, with its greater values registered in the June, 2005 (232 μ gHg.Kg⁻¹, 118 μ gHg.Kg⁻¹, 128 μ gHg.Kg⁻¹, respectively). With regard to the smallest values, the stations J1 and M1 also presented the same behavior, registered in November, 2005 (4 μ gHg.Kg⁻¹ and 22 μ gHg.Kg⁻¹). In the stations M4 and M8 the smallest values were registered in October, 2005, being 22 μ gHg.Kg⁻¹ and 5 μ gHg.Kg⁻¹, respectively.

The Hg results found in the plankton in this study corroborate that the literature in what with regard to the phytoplankton and zooplankton composition that can influence in Hg concentrations found in these organisms. However, through the statistical analyses it was observed that the Hg concentrations don't explain the distribution of these organisms in the stations J1, M1, M4 and M8 of UHE-Samuel's reservoir.

KEY-WORDS: Mercury, Phytoplankton, Zooplankton, Reservoir and Amazon.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Gerais

A contaminação por mercúrio (Hg) na região Amazônica é conhecida principalmente ao fato do uso deste metal na mineração de ouro. Misturado ao solo ou ao sedimento o mercúrio liga-se as minúsculas partículas de ouro ali presentes, formando o amalgama Au-Hg. Posteriormente com a queima do amalgama e a volatilização do Hg o ouro é recuperado. Durante o processo de amalgamação, uma quantidade variável de mercúrio metálico se perde nos rios e solos, devido ao seu manuseio em condições precárias e à sua vaporização (Lacerda & Salomons, 1992). Este, por ser um processo simples e de baixo custo, foi amplamente usado na região Amazônica principalmente nas décadas de 70 e 80, e atualmente é utilizado em menor proporção.

A preocupação a respeito da contaminação por mercúrio surge principalmente dos efeitos à saúde decorrentes da exposição ao metilmercúrio (CH_3Hg) forma mais tóxica deste metal. Esta forma orgânica de mercúrio pode ser encontrada em grandes quantidades nos peixes topos de cadeia, devido à capacidade deste metal bioacumular e biomagnificar ao longo dos níveis tróficos.

Muitos estudos já foram realizados na região Amazônica visando uma melhor compreensão do mercúrio no ambiente. No entanto, grande parte destes estudos foram realizados em solos, sedimentos de fundo, peixes e exposição ocupacional (Malm, 1998; Boshio & Henshel, 2000; Roulet et al, 2000; Cordeiro et al, 2002 e Bastos et al, 2005). Poucos estudos foram realizados nos organismos pertencentes à base da cadeia alimentar aquática, a exemplo do fitoplâncton e zooplâncton. O zooplâncton possui uma posição muito importante na cadeia alimentar aquática, pois é o elo entre o fitoplâncton e os níveis tróficos superiores, como peixes, onde principalmente em seus primeiros dias de vida são consumidores do zooplâncton.

Os poucos estudos realizados para de avaliar as concentrações de mercúrio nos organismos planctônicos devem-se em parte às dificuldades metodológicas encontradas devido a vários fatores, tais como: o tamanho microscópico destes organismos e seus pulsos populacionais dificultam a obtenção de biomassa para análise, principalmente em ambientes oligotróficos; a mistura desses organismos causada no momento da coleta e

suas relações com as características físicas, químicas e biológicas da água dificultam a interpretação dos dados.

O estudo dos efeitos tóxicos de metais pesados no fitoplâncton e zooplâncton tem sido em grande parte realizado em bioensaios de laboratório, os quais na maioria das vezes são restritos a uma ou poucas espécies. Poucos estudos têm se dedicado a possíveis respostas que comunidades inteiras possam ter em resposta à contaminação por metais pesados, a exemplo do mercúrio. Neste sentido, torna-se interessante o estudo comparativo e simultâneo de diferentes comunidades em um mesmo ecossistema, tais como o fitoplâncton e o zooplâncton (Pinto-Coelho & Greco, 1997).

Desta forma, o presente trabalho contribuirá com os ainda poucos estudos do comportamento do mercúrio nos organismos pertencentes à base da cadeia alimentar aquática (fitoplâncton e zooplâncton) na região Amazônica, através da avaliação das concentrações de mercúrio no plâncton e suas relações com as características físicas e químicas da água no reservatório da usina hidrelétrica de Samuel (Rondônia/Amazônia Ocidental).

Apesar do rio Jamari, no qual situa-se a usina hidrelétrica de Samuel, não possuir registros de mineração de ouro, os garimpos de outras regiões podem estar/ter impactado a região através da dispersão atmosférica do Hg, ou mesmo através da lixiviação do solo naturalmente impactado. Além do mais, o represamento do Rio Jamari para a formação do reservatório da U.H.E. Samuel em 1988 e a consequente biomassa vegetal submersa, pode ter contribuído significativamente nas mudanças das características físicas e químicas da água, gerando um ambiente com valores elevados de matéria orgânica e baixos valores de pH, fatores estes que propiciam a metilação do mercúrio.

1.2. Revisão bibliográfica

As emissões de mercúrio para atmosfera são de origem natural (queima de florestas, partículas de solo resuspensas pelo vento, atividades vulcânicas e evaporação da superfície das águas), e antropogênicas, tais como: efluentes industriais e atividade de mineração de ouro (Lacerda & Marins, 1997). Estudos recentes de modelos de ciclagem do Hg demonstraram que apenas cerca de 50% das emissões atmosféricas do mercúrio de origem antropogênica são depositados ao nível local ou regional, sendo o

restante transportado pelas correntes de massa de ar ao nível global (Hancox et al, 1995).

O ciclo de alcance global compreende a evaporação do mercúrio pela degaseificação da crosta terrestre (incluindo áreas terrestres e aquáticas, como rios e oceanos), a circulação atmosférica de seus vapores e sua precipitação com as chuvas retornando à terra e à água (Azevedo, 2003). O Hg presente na atmosfera pode precipitar adsorvido às partículas, através da deposição úmida ou seca, ou ser oxidado através da ação de elevados níveis de ozônio, radiação solar e uma elevada umidade, favorecendo a conversão química do mercúrio presente na atmosfera na bacia Amazônica (Hancox et al, 1995).

Líquido a temperatura ambiente, o mercúrio pode ocorrer em três estados de oxidação: mercúrio elementar (Hg^0), íon mercurioso (Hg_2^{2+}) e íon mercúrico (Hg^{2+}). Estas formas de mercúrio inorgânico geralmente são encontradas em níveis baixos na água e em níveis mais elevados ao longo da cadeia alimentar aquática (Zagatto & Bertolotti, 2006).

A entrada do mercúrio na cadeia alimentar é dada principalmente através da transformação do íon Hg^{2+} em metilmercúrio (MeHg ou CH_3Hg^+) por um processo de metilação, onde o Hg^{2+} recebe um grupamento metila, que é a forma mais comum do mercúrio encontrada na biota. Cada forma química do Hg apresenta uma toxicidade, sendo o metilmercúrio considerado o composto mais tóxico, por ser uma substância neurotóxica e teratogênica, capaz de causar danos irreversíveis. É capaz de bioacumular e biomagnificar através dos níveis tróficos, ligando-se fortemente às proteínas e tornando-se bastante lipossolúvel, o que facilita sua passagem através dos tecidos, além de sua baixa eliminação quando comparado às formas inorgânicas de mercúrio. Podendo, portanto, ser absorvido por uma gama de organismos aquáticos (Seewt, 2001).

Os compostos orgânicos de mercúrio são de 10 a 100 vezes mais tóxicos que o mercúrio inorgânico para os organismos aquáticos. Uma das espécies de microrganismos de água doce mais sensível é o cladóceros *Daphnia magna*, que tolera $0,04\mu\text{gHg.L}^{-1}$, quando valores maiores que estes são encontrados na água, observa-se uma diminuição na reprodução desses organismos (EHC, 1989).

A transferência energética dentro da cadeia alimentar aquática, consiste em uma importante via de entrada e acumulação de Hg nos peixes, que pode começar ainda em seus estágios larvais. Entretanto, esta hipótese é incerta, devido às lacunas existentes com relação ao comportamento do Hg em ambientes aquáticos. Esta incerteza deve-se

em parte às dificuldades na análise de Hg nos pequenos organismos, que são fontes de alimento para os peixes jovens, a exemplo do zooplâncton (Wastras & Bloom, 1992).

Determinar as concentrações de Hg e seus compostos em organismos de pequeno tamanho é um desafio devido às baixas concentrações de Hg presente em águas naturais. (Wastras & Bloom, 1992).

Existem três formas de contaminação por mercúrio na comunidade zooplanctônica: através da ingestão de alimento contaminado (partículas orgânicas e inorgânicas, fitoplâncton e outros organismos zooplanctônicos contaminados) e através da adsorção e/ou absorção. No zooplâncton o Hg na fase dissolvida tende a acumular-se principalmente no exoesqueleto. O fitoplâncton contamina-se através de processos passivos de adsorção e absorção (Fishe et al, 2002). Algumas pesquisas revelaram que a variação na composição da carapaça do zooplâncton (cálcio ou polissacarídeo) é uma diferença bioquímica fundamental para a bioacumulação de substâncias tóxicas (Hembray & Masson, 2003).

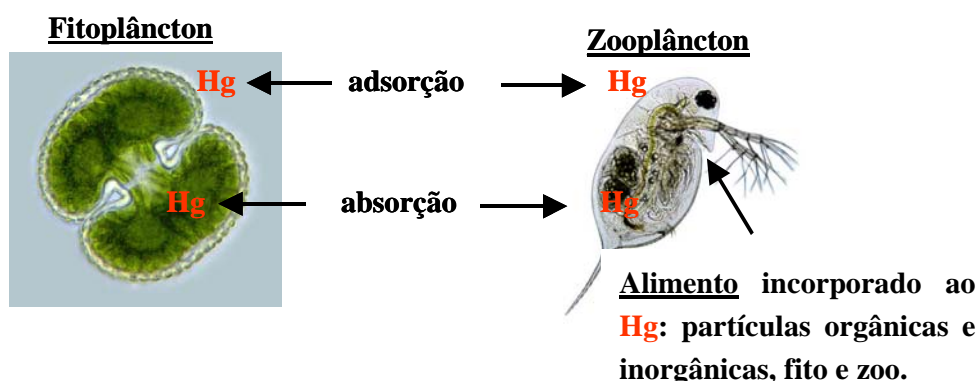


Figura 01: Esquema das formas de incorporação do Hg pelo fitoplâncton e zooplâncton.

Os teores de Hg presentes nos organismos planctônicos podem causar efeitos negativos para os mesmos, como o decréscimo na reprodução, resultado que foi encontrado em cladóceros de água doce e copépodos marinhos por Hook et al (2002). Quando esses organismos eram expostos a concentrações nanomolares de mercúrio através da alimentação (fitoplâncton), havia um decréscimo de 50 a 75% na produção de ovos. Aparentemente, essa redução na produção de ovos estaria relacionado com o acúmulo de Hg no ovário destes organismos.

Palermo et al (2002) avaliaram as concentrações de Hg inorgânico e metilmercúrio em quatro matrizes: plâncton, material particulado em suspensão, peixes

de diversos hábitos alimentares e sedimento superficial de fundo em 3 pontos distintos no Reservatório de Ribeirão das Lajes – RJ. Estes autores observaram um aumento na concentração de mercúrio no plâncton no ponto mais próxima a barragem

Kainz et al (2002) avaliando as concentrações de mercúrio em organismos zooplancônicos e na matéria orgânica presente no Lago Lusignan (Québec, Canadá) encontraram correlação entre as concentrações de metilmercúrio presente nos organismos maiores que 500 μm e a concentração de carbono orgânico dissolvido no lago.

Em outro trabalho realizado por Kainz et al (2005) foram avaliados as concentrações de mercúrio total e metilmercúrio em 4 diferentes frações de tamanho do zooplâncton (10-64 μm , 100-200 μm , 200-500 μm e maior que 500 μm) e suas possíveis correlações com os ácidos graxos presentes nesses organismos provenientes de sua dieta alimentar. Foi observado que as concentrações de mercúrio total aumentavam progressivamente nos organismos de maior tamanho, e não encontraram uma correlação entre os níveis de metilmercúrio e os níveis de gordura desses organismos.

No entanto na região Amazônica, em trabalho realizado por Pacheco-Paleja (2002) em que foram avaliadas as concentrações de mercúrio no plâncton em um lago de planície inundada na região do Rio Negro, e outro na região do Rio Tapajós, foram obtidos resultados contrários ao encontrado por Kainz et al (2005). O autor verificou que os maiores valores (452 $\mu\text{gHg.Kg}^{-1}$ e 264 $\mu\text{gHg.Kg}^{-1}$) de mercúrio foram registrados em organismos planctônicos menores que 40 μm , e os menores valores (242 $\mu\text{gHg.Kg}^{-1}$ e 150 $\mu\text{gHg.Kg}^{-1}$) de mercúrio registrados nos organismos maiores que 40 μm .

No trabalho de Abreu et al (2001) em que foram determinadas as concentrações de mercúrio total e mercúrio orgânico em organismos planctônicos de tamanhos distintos (63 μm e 200 μm) no lago Aveiro (Portugal), foram registrados os maiores valores de mercúrio orgânico nos organismos de 200 μm . Estes resultados demonstraram o processo de biomagnificação do mercúrio nos organismos pertencentes à base da cadeia alimentar aquática.

Estudo realizado por Masson (2000) sugere que algumas espécies de cianobactérias de ambiente marinho produzem Hg^0 como forma de eliminação de mercúrio. Outros autores (Brunberg, 1999; Krekeler et al, 1998) sugeriram que uma associação de bactérias, incluindo as bactérias sulfato redutoras, na mucilagem de

cianobactérias seria comum, o que favoreceria a eliminação de mercúrio para este grupo de algas fitoplanctônicas.

Lu et al (2000) estudando a cianofícea *S. platensis* verificaram que o mercúrio inorgânico agiu como um fator de inibição da fotossíntese induzindo a modificações no sistema fotoquímico desta alga.

No Japão, as águas do rio Aragano, que recebiam efluentes industriais contaminados por mercúrio, não apresentavam mais que $0,10\mu\text{g.L}^{-1}$, enquanto a concentração do mercúrio chegava a $10,00\mu\text{g.g}^{-1}$ no fitoplâncton e $40,00\mu\text{g.g}^{-1}$ nos peixes (Ramade, 1977 apud Azevedo, 2003), o que significou um aumento de 80 vezes acima do recomendado pela OMS para consumo humano, que é de $0,5\mu\text{g.g}^{-1}$.

Nos reservatórios de água, a entrada de Hg pode ocorrer através de lançamentos diretos na coluna d'água, através da deposição úmida e seca; e também através dos rios, em grande parte ligado às partículas em suspensão formado por materiais minerais e orgânicos, resultantes dos processos de erosão (lixiviação). Essas partículas podem ficar suspensas na coluna d'água e serem transportadas para longas distâncias ou decantar e acumular no sedimento de fundo (Lacerda & Salomons, 1992).

Como nos reservatórios a velocidade das correntes é menor do que nos rios que os abastecem, pois o tempo de retenção da água é maior, o que facilita a deposição das partículas em suspensão nestes ambientes, que normalmente possuem características físico-químicas bastante diferentes dos seus afluentes (Jorgensen & Vollenweider, 2000).

Os potenciais fatores que podem influenciar a bioacumulação do mercúrio em ecossistemas aquáticos incluem fatores ambientais, como o pH, o carbono orgânico dissolvido (COD) e a temperatura; fatores ecológicos como produtividade e posição trófica e fatores fisiológicos, como os diferentes graus de assimilação de mercúrio pelos organismos (Wastras et al, 1998). Recentemente vêm sendo realizados estudos, tais como os de Schetagne et al (2000), para tentar compreender qual o principal componente no transporte de Hg em reservatórios, para a jusante e qual a quantidade exportada. Estes autores concluíram que, de acordo com o conteúdo estomacal dos peixes analisados, 93% do metilmercúrio exportado para a jusante resultaram do zooplâncton, que transferiu este composto para os peixes.

Em reservatórios de usinas hidrelétricas, o longo período de retenção da água favorece o aumento da taxa microbiana responsável pela decomposição da matéria

orgânica presente no sedimento de fundo, oferecendo excelentes condições para metilação do mercúrio (Aula, 1995).

Estudos realizados por Fadini & Jardim (2001) onde foram avaliadas as concentrações de Hg em diversas matrizes (bióticas e abióticas) na bacia do Rio Negro, concluíram que os elevados valores de mercúrio registrados nessas matrizes devem ser discutidos com cautela, devido essa região já possuir valores de mercúrio de origem natural elevados. Haja visto não haver histórico de garimpo de ouro nesta bacia.

Para Wasserman et al, (2001) as atividades de garimpagem de ouro na Amazônia não seriam suficientes para explicar a grande quantidade de mercúrio existente na região do rio Negro.

Pesquisas realizadas por Roulet & Lucotte (1995) sugerem a hipótese de que o mercúrio formaria algum tipo de complexo com o ferro, já que a relação entre esses dois metais foi detectada a partir de coeficientes de correlação feitos em perfis de solo, entretanto a natureza destes complexos ainda é uma incógnita. Os incêndios florestais e a consequente queima da cobertura vegetal seriam importantes fatores para a liberação do mercúrio presente em solos amazônicos.

Estudos relatados por Porvari (1995) mostraram concentrações de mercúrio elevadas em peixes do reservatório da U.H.E. Tucuruí, Pará. Os maiores valores de mercúrio foram registrados em peixes carnívoros, seguido pelos planctívoros, o que sugere também valores de mercúrio elevados para a comunidade planctônica. Porém, estudos deste poluente em reservatórios da região Amazônica ainda são escassos e necessários para melhor compreender a mobilidade do mercúrio dentro da cadeia alimentar aquática.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Caracterizar sazonalmente a comunidade planctônica do reservatório da UHE – Samuel quanto à presença de mercúrio e suas relações com os fatores ecológicos.

2.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar as concentrações de mercúrio total no plâncton total;
- ✓ Identificar a comunidade planctônica;
- ✓ Determinar os valores de temperatura da água, transparência, condutividade elétrica, pH, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio e pigmento total;
- ✓ Avaliar as variáveis: nitrito, amônia, fosfato dissolvido e fosfato total ao longo de um período sazonal;
- ✓ Verificar a possível formação de padrões emergentes quanto à sazonalidade e distribuição do fitoplâncton e zooplâncton ao longo do gradiente limnológico.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

3.1.1. Clima

A área de estudo localiza-se na zona sub-climática regional *Am*, onde predominam altas temperaturas durante todo o ano, com pequena amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diária, especialmente no inverno. Apresenta chuvas abundantes, com forte decréscimo de precipitação no inverno, com 3 meses de seca (junho, julho e agosto) bem definidos. Esses fenômenos conferem um clima que, de acordo com a classificação de Köppen é do tipo Tropical quente e úmido (Sedam, 2002).

A precipitação anual varia de 1.800 a 2.400mm, mantendo uma umidade atmosférica média de 82% ao ano. O período sazonal é marcado por duas estações, uma chuvosa com duração de 8 a 9 meses de precipitação (setembro a abril) e outra de estiagem com pouca ocorrência de precipitação e duração de 3 a 4 meses (junho a agosto). As temperaturas médias anuais variam entre 24° e 26° C, podendo as máximas oscilar entre 28° e 33° C, e as mínimas chegar a 18° e 21° C nas regiões de maior altitude (Sedam, 2002).

3.1.2. Hidrografia

A rede hidrográfica do estado de Rondônia é composta pelo rio Madeira e seus afluentes, que formam oito sub-bacias significativas: Bacia do Guaporé, Bacia do Mamoré, Bacia do Abunã, Bacia do Mutum-Paraná, Bacia do Jaci-Paraná, Bacia do Jamari, Bacia do Machado e Bacia do Aripuanã (Sedam, 2002).

O Rio Jamari nasce no sudoeste da Serra do Pacaás Novos à 500m de altitude e desenvolve-se no sentido geral norte, desembocando na margem direita do rio Madeira, após um percurso de aproximadamente 560Km e drena cerca de 29.700Km². Sua bacia possui um desenvolvimento geral no sentido sul-norte, com comprimento total da ordem de 300Km e largura máxima de 100 Km. A declividade longitudinal do rio Jamari apresenta valores muito baixos desde a foz até as proximidades de Santa Cruz (0,17m/Km), tornando-se gradativamente mais elevada a partir deste local até o sul da

bacia ($>3,0$ m/Km). A vazão média de longo termo do rio Jamari, para o período de 1931 a 1991, situa-se em torno de $345\text{m}^3/\text{s}$. As vazões máximas ocorrem de fevereiro a abril, e as vazões mínimas de setembro a novembro.

Seus principais afluentes pela margem direita são os rios Branco, Preto do Crespo e Quatro Cachoeiras e, pela margem esquerda, Massangana e Candeias – principal tributário (dentro do reservatório). A área de drenagem do rio Jamari no local do barramento é de 15.280Km^2 . A montante de Ariquemes é considerado um rio de planalto, com inúmeras cachoeiras. A jusante torna-se um rio típico de planície. Na foz, sua área de drenagem é de 30.430Km^2 (figura 01).

A construção da Usina Hidrelétrica de Samuel foi iniciada em 1982 pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A (ELETRONORTE) o barramento aconteceu em 1988 e sua operação comercial teve início em 1989, com o total enchimento do reservatório. A U.H.E.-Samuel localiza-se a 52Km da capital Porto Velho e sua capacidade máxima de geração é de 216MW, destinando-se a abastecer o mercado de energia elétrica do Sistema Acre-Rondônia. As características da do reservatório da U.H.E.-Samuel são apresentadas na tabela 01.

Tabela 01: Características do reservatório da U.H.E.- Samuel.

| | |
|------------------------------|-------------------------------|
| Área inundada | 634Km^2 |
| Largura máxima | 20 Km |
| Largura média | 15 Km |
| Comprimento máximo | 130 Km |
| Profundidade máxima | 87 m |
| Profundidade média | 80 m |
| Vazão média | $265\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ |
| Tempo de residência (mês) | 3,5 |

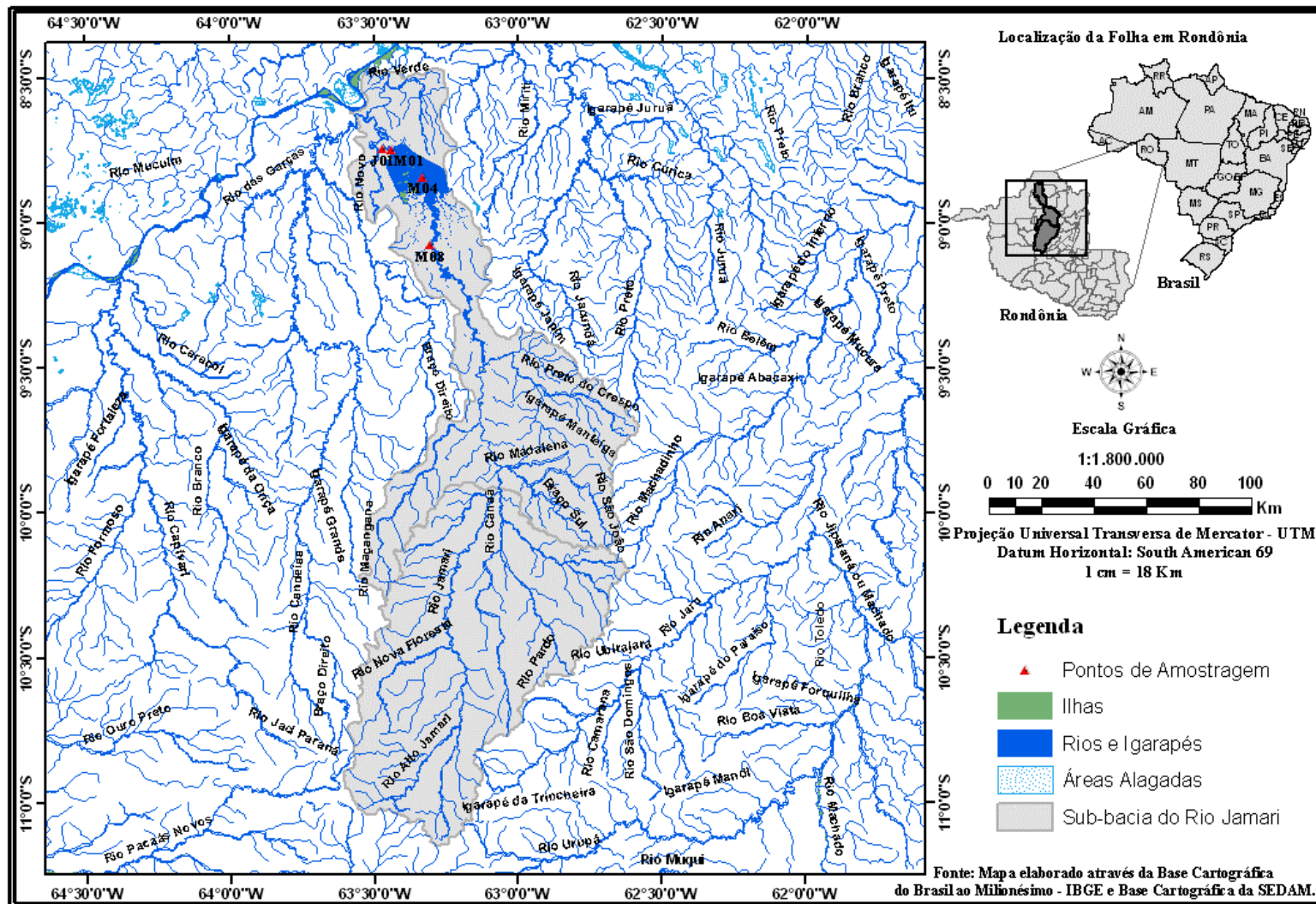


Figura 02: Mapa evidenciando a Bacia de drenagem do Rio Jamari.

3.1.3. Vegetação

Conforme a classificação das formações vegetais do estado de Rondônia, baseada no Zoneamento Socioeconômico e Ecológico de Rondônia: ZSEE-RO (RONDÔNIA, 2002), a vegetação na área de estudo é composta por: **Ab** (Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas), **As** (Floresta Ombrófila Aberta Submontana), **Au** (Floresta Ombrófila Aberta com Bambus), **Ca** (Savana Arborizada ou Cerrado Arbóreo Arbustivo), **Cd** (Savana Florestada ou Cerradão), **Cg** (Savana Gramíneo Lenhosa ou Cerrado Herbáceo Arbustivo: Campos Limpo, Sujo e de Murundu), **Cp** (Savana Parque ou Campo Cerrado), **Da** (Floresta Ombrófila Densa Aluvial), **Ds** (Floresta Ombrófila Densa Submontana), **Pb** (Formação Pioneira sob Influência Fluvial Arbustiva), **Ph** (Formação Pioneira sob Influência Fluvial Herbácea ou Graminóide) e **SO** (Contato Savana/Floresta Ombrófila) (figura 02).

Dentre estes tipos vegetais a floresta Ombrófila Aberta Submontana, presente em 115.932 km² ou 48,82% do estado de Rondônia, é a predominante. Este tipo de floresta possui dossel bem distinto, com indivíduos emergentes e sub-bosque estratificado, podendo estar associadas a palmeiras e cipós. Ocorrem principalmente sobre latossolos e podzólicos, ou seja, em solos antigos, rasos, fortemente intemperizados, com afloramento de rochas, seixos superficiais e lateritas de idades variadas desde o quaternário (aluviais), predominando no terciário até o pré-cambriano. A topografia é declivosa (até 40°). A paisagem é dominada por vales e ravinas. Nos vales profundos, de difícil acesso, nas fontes d'água de rios que nascem nas serras é possível encontrar enclaves de vegetação higrófila com o aparecimento de indivíduos de açaí, sororoca e paxiúba.

Na margem direita da barragem da U.H.E. de Samuel cresce a Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas sobre latossolos ou solos lateríticos, medianamente profundos e bem drenados. O dossel é aberto até 40 %, podendo ser uni-estratificado ou com emergentes. Nesta categoria as florestas podem ainda serem mistas com palmeiras e/ou cipós. Em geral a estrutura da comunidade comporta até 180 espécies e uma densidade entre 400 e 500 árvores/ha.

Outra formação vegetal importante ao sul da sub-bacia do Rio Jamari é a Floresta Ombrófila Densa Submontana. Tipo florestal de porte elevado que cresce principalmente sobre os planaltos e nos interflúvios tabulares do período paleozóicos e do período mesozóicos das serras dos Parecis e Pacaás Novos. Cresce sobre solos rasos,

antigos e arenosos como podzólicos vermelhos e areias quartzosas. Associadas a essa categoria podem aparecer encraves de matas de cipós e de bambu, provavelmente produzidas por modificações abruptas no solo.

3.1.4. Solos

Conforme o ZSEE-RO (Rondônia, 2002) na escala 1:250.000, a área de estudo apresenta os seguintes grupos de solos: (AD) Solos Aluviais Distróficos, (CD) Cambissolos Distróficos, (CE) Cambissolos Eutróficos, (ED) Regossolos Distróficos, (GD) Solos Glei Distróficos, (ID) Solos Concrecionários Distróficos, (LAD) Latossolos Amarelos Distróficos, (LAE) Latossolos Amarelos Eutróficos, (LLD) Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos, (LVD) Latossolos Vermelho-Escuros Distróficos, (LVE) Latossolos Vermelho-Escuros Eutróficos, (PAD) Podzólicos Amarelos Distróficos, (PD) Podzólicos Vermelho-Amarelos Distróficos, (RD) Solos Litólicos Distróficos, (RE) Solos Litólicos Eutróficos, (PE) Podzólicos Vermelho-Amarelos Eutróficos (figura 03).

O grupo mais representativo são os “latossolos”, que apresentam horizonte B ôxido e/ou kândico. Geralmente, são solos bastante intemperizados, apresentando como principais minerais derivados da argila: caolinita, gipisita, minerais amorfos e sesquióxidos de ferro e alumínio. Em razão da forte lixiviação sua capacidade de troca catiônica é baixa, assim como a quantidade de cálcio, magnésio, potássio e sódio adsorvidos. Os Latossolos Vermelho-Amarelos Distróficos são os mais freqüentes, sendo geralmente pobres, ácidos, álicos e distróficos. Do ponto-de-vista da fertilidade são pobres, bastante ácidos e geralmente distróficos e álicos. Outro grupo de solos importantes na área de estudo são os “cambissolos”. Este grupo de solos se caracteriza pela presença de horizonte “câmbico”, o qual contém uma boa proporção de minerais intemperizáveis. São poucos a moderadamente profundos e ocorrem nas encostas das colinas. Desenvolveram-se a partir de rochas ácidas possuindo, em geral, baixa fertilidade e reação ácida. Em função do seu relevo e de suas características físicas são muito suscetíveis à erosão se desprovidos da sua cobertura vegetal. Outro grupo importante são os “podzólicos”, que apresentam acumulação de argila. Se caracterizam pelo horizonte B textural argiloso, ácidos, freqüentemente álicos e distróficos, com baixa saturação de bases. O tipo de argila predominante é a caolinita, embora é comum a ocorrência de óxido e sesquióxidos de ferro e alumínio.

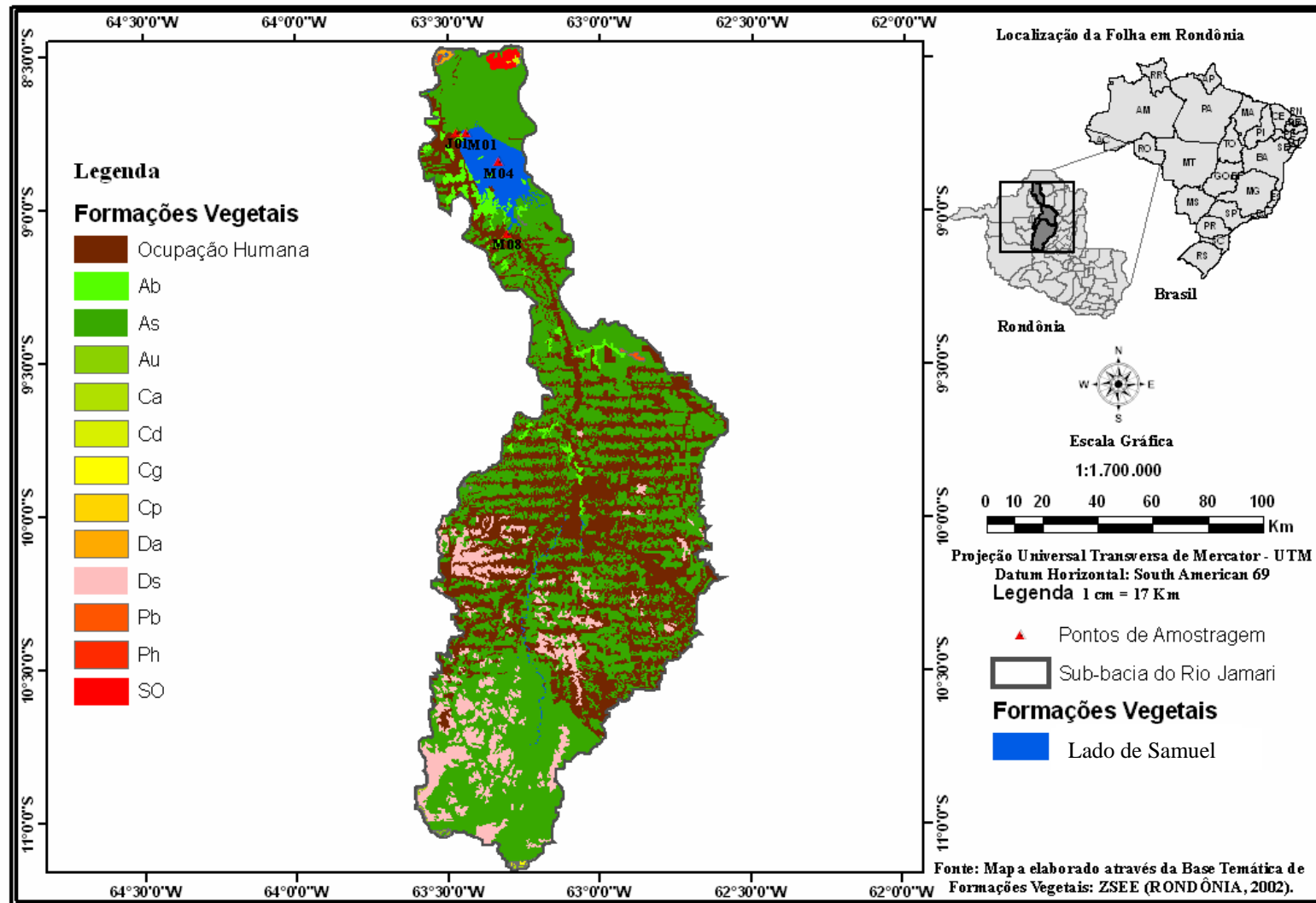


Figura 03: Mapa das formações vegetais na sub-bacia do Rio Jamari.

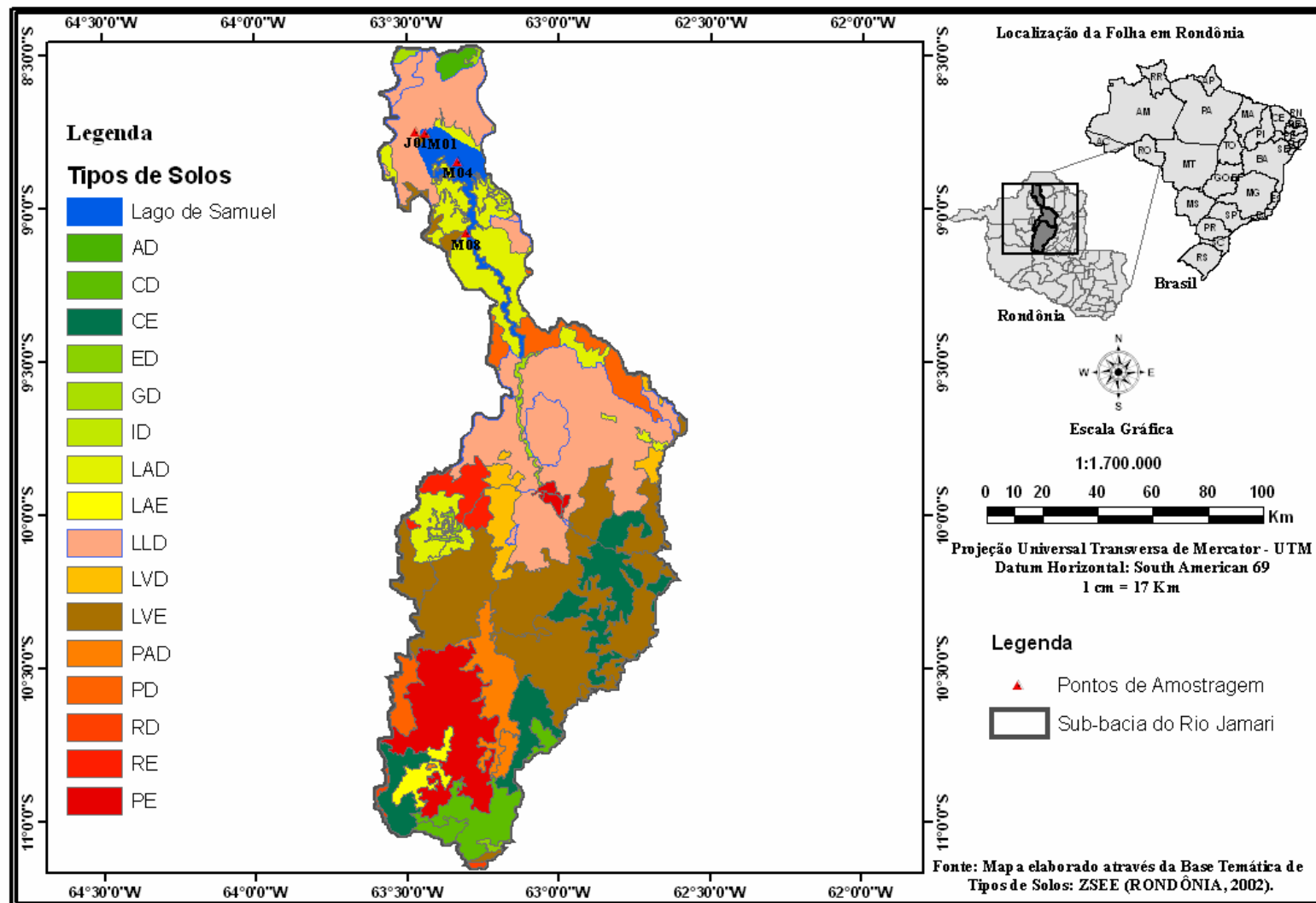


Figura 04: Mapa dos tipos de solos na sub-bacia do Rio Jamari.

3.1.5. Geomorfologia

Segundo o Zoneamento socioeconômico e ecológico de Rondônia: ZSEE-RO, a área de estudo apresenta as unidades geomorfológicas da figura 04: “**A**” - Planícies Aluviais e Depressões, subdividida em **A1** (Depressões, Lagos, Deltas ou Cones, **A2** (Terraços Fluviais) e **A3** (Planícies Inundáveis e Vales); “**D**” - Unidades Denudacionais, subdividida em **D1** (Footslopes), **D2** (Superfície de Aplanamento) e **D3** (Agrupamentos de Morros e Colinas); “**S**” - Unidades Estruturais/Denudacionais, subdivididas em **S1** (Superfícies Tabulares), **S2** (Formas Circulares em Estruturas Plutônicas), **S3** (Agrupamentos de Morros e Colinas com Controle Estrutural) e **S4** (Cuestas e “Hogback”).

Dentre as unidades geomorfológicas que compõem a sub-bacia do Rio Jamari se destaca a Superfície de Aplanamento que compreende extensas superfícies aplanadas, tratadas na literatura geomorfológica brasileira como elaboradas por processos de pediplanação. Estas superfícies abrangem centenas de quilômetros quadrados e possuem pendentes regionais geralmente abaixo de 1%. Como o processo de aplanamento não ocorreu necessariamente em toda a área ao mesmo tempo e existiam pré-condições estruturais e de paleorelevos, bem como variabilidade de embasamento, pode-se entender porque estas extensas superfícies podem variar altimetricamente de 100 metros de altitude nas proximidades do rio Madeira até mais de 350/400 metros na base de relevos residuais do tipo *inselbergs*. Outro aspecto que mostra transformação neste sistema é o intenso processo de meteorização das rochas e formação de espessos mantos de coluvios e solos. Resíduos do processo de aplanamento são observados pela existência de *inselbergs* e campos de matações dispersos por toda a superfície.

Outra unidade que se destaca são as Cuestas e “Hogback” com relevos assimétricos, associadas as faixas de dobramentos, com grande amplitude e correspondendo, nesta área, a relevos de caráter residuais circundados por superfícies de aplanamento.

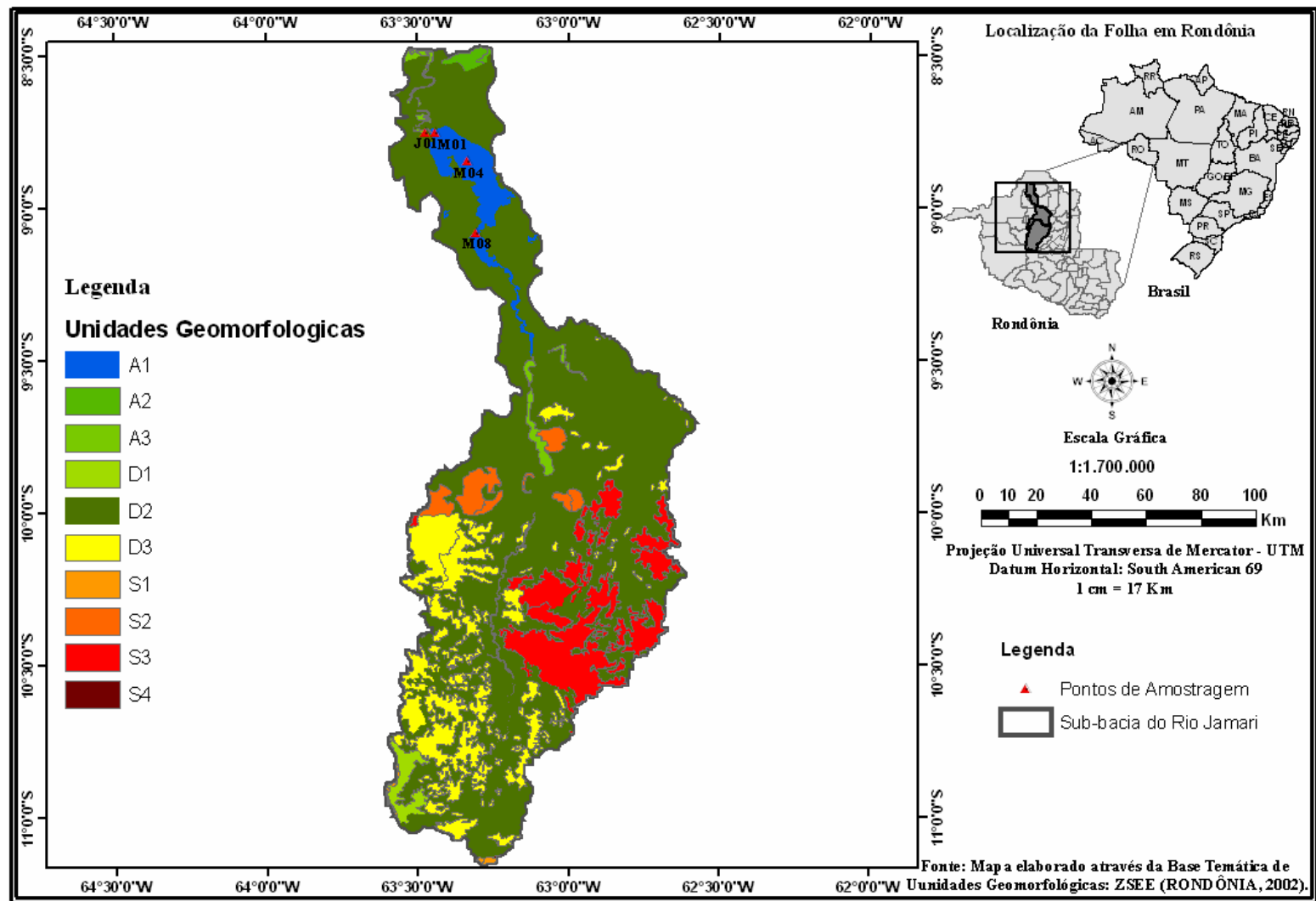


Figura 05: Mapa das unidades geomorfológicas na sub-bacia do Rio Jamari.

3.1.6. Geologia

Sob o ponto-de-vista geológico, a maior parte de Rondônia está localizada nos terrenos do Escudo Pré-Cambriano Brasileiro (figura 05), subdivido em pré-cambriano basal, composto por rochas metamórficas gnáissicas e graníticas intrusivas e também por rochas sedimentares marinhas/continentais (arenitos, folhelhos, siltitos, conglomerados e calcários). As Formações Superficiais Terciárias, constituídas por sedimentos inconsolidados, ocorrem principalmente nas regiões norte e sudoeste do Estado e ao longo dos vales dos rios Madeira, Machado e Guaporé. Depósitos aluvionais Quaternários constituídos por argilas e apresentando algumas vezes cobertura laterítica, ocorrem também ao longo dos rios acima citados (RONDÔNIA, 2002).

Segundo o Zoneamento socioeconômico e ecológico de Rondônia: ZSEE-RO, na escala 1:250.000, a área de estudo apresenta as seguintes unidades geológicas: **MPi** – Grupo (Meta) Vulcano-Sedimentar Indiferenciado, **MPspg** -Suíte Intrusiva Serra da Providência, **MPteg** - Suíte Intrusiva Teotônio, **MPyrg** - Granitos *Rapakivi* Jovens de Rondônia, **NPnf** - Formação Basalto Nova Floresta, **NPop** - Unidade Conglomerado-Arenito-Rio Ouro Preto, **NPpn** - Unidade Conglomerado-Arenito Rio Pacaás Novas, **NPyg** - Granitos Jovens de Rondônia, **PMPja** - Supergrupo Gnaiss-Migmatito Jaru, **PMPjm** - Supergrupo Gnaiss Jamari, **Qha** - Sedimentos Aluvionares e Coluvionares Holocênicos, **Qhp** - Depósitos Pantanosos Holocênicos, **Qpa** - Sedimentos Aluvionares e Coluvionares Pleistocênicos, **Qpt** - Terraços Fluviais Pleistocênicos, **TQi** - Coberturas Quaternárias-Neogênicas, **TQli** - Lateritas Imaturas (figura05).

Destas as mais importantes são: **PMPja** - constituído por ortognaisses de origem granítica, granodiorítica, tonalítica, charnoquítica, enderbítica e charno-enderbítica. Os pargnaisses incluem biotita-gnaisses, kinzigitos, rochas calcissilicatadas; **PMPjm** - abundantes ortognaisses e gnaisses bandados, principalmente de composição granítica e granodiorítica e, subordinadamente, diorítica, quartzo-diorítica e tonalítica; pragnaisses, anfibolitos, metagabros e meta-ultramáficas estão presentes em pequenas quantidades; **TQi** - cobertura sedimentar indiferenciada, associada com leques e canais fluviais, planícies de inundação e depósitos de lago. É constituída por sedimentos de tamanhos variados, desde fragmentos de laterita a argila, com lateritização significativa. As rochas geralmente têm uma idade Neogênica (Plioceno-Mioceno), embora possa incorporar menores quantidades de materiais Quaternários; **MPteg** - constituída por quartzo-alcalifeldspato-granito, faialita-clino Sob o ponto-de-vista geológico, a maior

parte de Rondônia está localizada nos terrenos do Escudo Pré-Cambriano Brasileiro, subdivido em pré-cambriano basal, composto por rochas metamórficas gnáissicas e graníticas intrusivas e também por rochas sedimentares marinhas/continentais (arenitos, folhelhos, siltitos, conglomerados e calcários). As Formações Superficiais Terciárias, constituídas por sedimentos inconsolidados, ocorrem principalmente nas regiões norte e sudoeste do Estado e ao longo dos vales dos rios Madeira, Machado e Guaporé. Depósitos aluvionais Quaternários constituídos por argilas e apresentando algumas vezes cobertura laterítica, ocorrem também ao longo dos rios acima citados (Rondônia, 2002).

3.2. Desenho Experimental

Para a realização dos objetivos propostos neste projeto de pesquisa foi adotada uma sistemática de coleta, fixando 3 estações a montante da barragem do reservatório Samuel: M1, M4 e M8, e uma à jusante da barragem: J1.

A escolha dos pontos de coletas em diferentes locais do reservatório e um a jusante, teve o objetivo de avaliar as concentrações de Hg no plâncton em diferentes áreas do reservatório, as quais possuem características distintas (figura 06). Foram realizadas coletas mensais entre os meses de junho de 2005 e maio de 2006, completando assim um ciclo hidrológico.

Os parâmetros físicos, químicos e biológicos da água medidos corresponderam a: transparência, temperatura, oxigênio dissolvido, demanda química de oxigênio, potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, clorofila *a*, amônia, nitrito, fosfato inorgânico dissolvido (ortofosfato) e fosfato total.

Todas as amostras coletadas foram analisadas nos Laboratórios de Biogeoquímica Ambiental da Fundação Universidade Federal de Rondônia - UNIR e no Laboratório de Limnologia da UHE – Samuel.

Para o georreferenciamento dos pontos de coleta foi utilizado um receptor de GPS modelo: GPS GARMIN's® III Plus™. Na realização das edições iniciais e finais nos mapas, utilizaram-se os softwares: ArcGIS versão 9.0 e CorelDRAW versão 12.

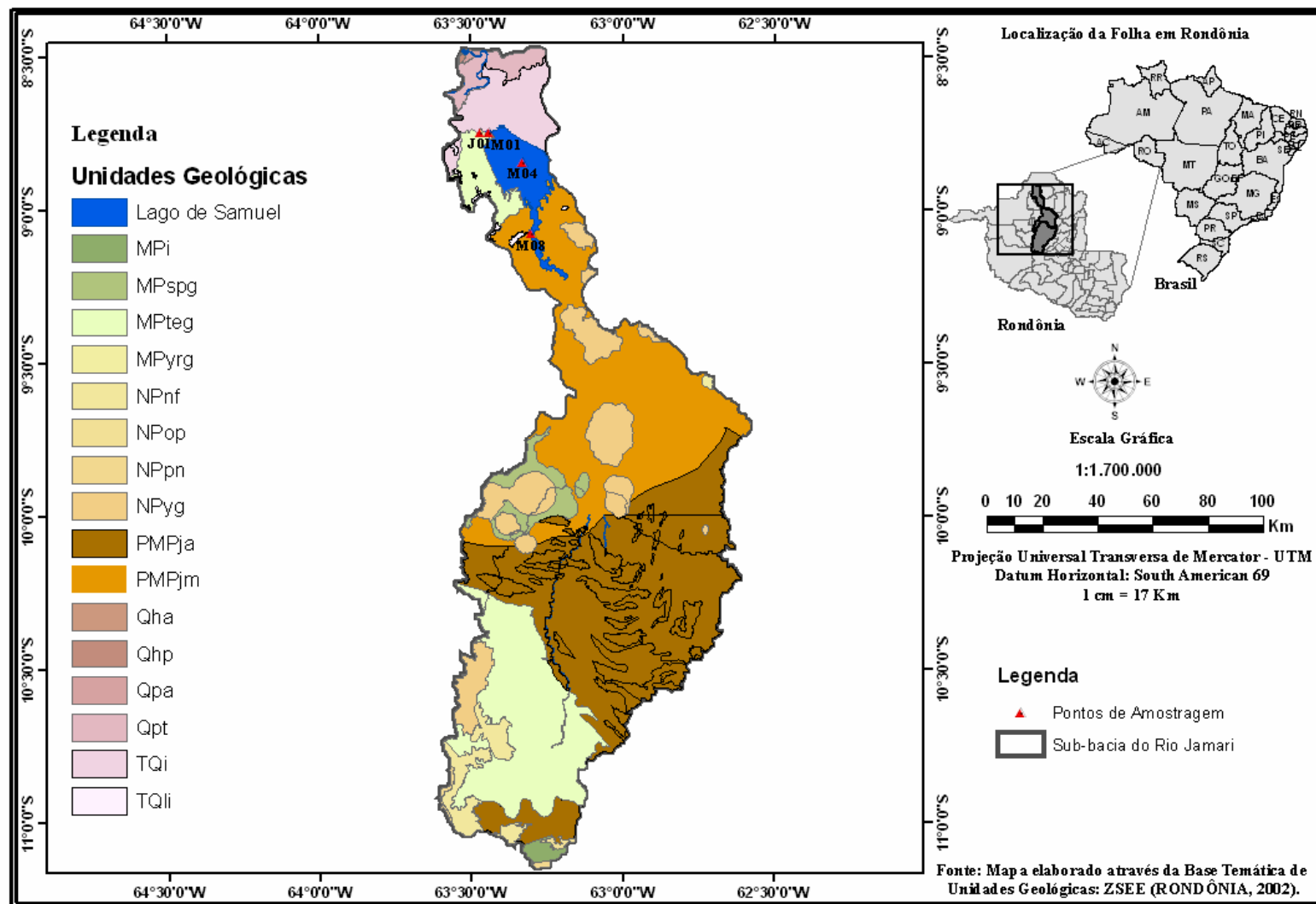


Figura 06: Mapa das unidades geológicas na sub-bacia do Rio Jamari.

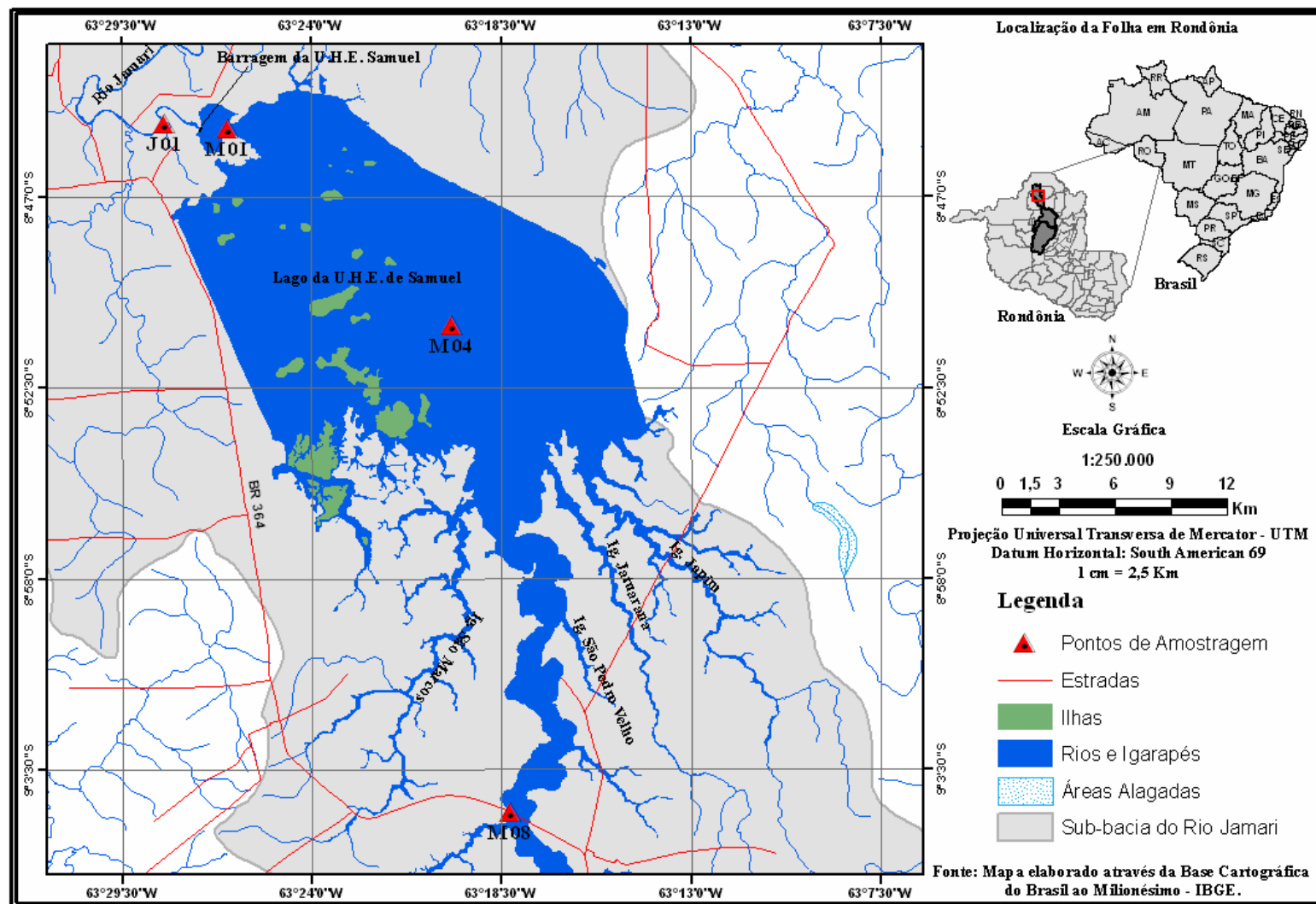


Figura 07: Desenho experimental evidenciando os pontos de amostragem.



Estação Jusante (J1)

Situada a 4,0 Km da barragem da U.H.E. Samuel.

Latitude: 08° 44' 52,8'' S

Longitude: 63° 28' 04,8'' W



Estação M1

Situada a 1,5 Km da barragem da U.H.E. Samuel.

Latitude: 08° 45' 02,6'' S

Longitude: 63° 26' 25,9'' W



Estação M4

Situada a 17,5 Km da barragem da U.H.E. Samuel.

Região central do reservatório.

Latitude: 08° 50' 43,5'' S

Longitude: 63° 19' 57,7'' W



Estação M8.

Situada a 48 Km da barragem da U.H.E. Samuel.

Início do reservatório.

Latitude: 09° 04' 46,4'' S

Longitude: 63° 18' 15,6'' W

Figura 08: Fotos das estações de coleta (J1, M1, M4 e M8).

3.3. Coleta de fitoplâncton e zooplâncton para análise de mercúrio

Para a coleta das amostras de plâncton foram realizados arrastes na superfície da água utilizando-se duas redes de nylon, uma com abertura de malha de 68 μ m, apropriada para a coleta de zooplâncton e a outra com abertura de malha de 20 μ m, apropriada para a coleta de fitoplâncton. Os arrastes foram realizados com o barco (voadeira, motor Suzuki 25 HP) em movimento (4,5Km/h), onde os filtrados de plâncton de ambas as redes foram acondicionadas em garrafas de polietileno de 1L, até que obtivéssemos 2L de filtrado para cada rede. Em seguida, o concentrado de plâncton de ambas as redes foi misturado (plâncton total) e levado ao microscópio óptico (Leika, Alemanha) para que fosse realizada uma porcentagem relativa quanto à presença de fitoplâncton e zooplâncton na amostra, segundo metodologia proposta por Lund et al (1958) apud Huszar & Giani (2004). Em que é proposto enumerar 100 indivíduos da espécie mais freqüente, o que significa precisão de $\pm 20\%$ ($p < 0,05$).

3.4. Identificação e contagem dos organismos planctônicos

Foram filtrados 200L de água em cada rede, afim de que fosse realizada a identificação dos principais gêneros (cladóceros, rotíferos e fitoplâncton), e ordens (copépodos) predominantes de cada grupo presente no momento da coleta. A amostra de fitoplâncton coletada destinada à análise quali-quantitativa, foi imediatamente fixada com solução transeux (Bicudo & Bicudo, 1970). Enquanto que a amostra de zooplâncton foi fixada com formol a 4% (Eletronorte, 1994).

A contagem e identificação dos grupos foram realizadas através da observação de caracteres morfológicos, utilizando-se câmara de Sedgwick-Rafter (vol=1mL), microscópio óptico (Leika, Alemanha) e bibliografia específica para cada grupo taxonômico (Edmondson, 1959; Reid, 1985; Moor-Loreiro, 1997; Kost, 1972; Forster, 1969; Bicudo & Bicudo, 1970; Prescott, 1970 e Bicudo & Menezes, 2005). Ao final da contagem de 1mL de cada amostra, os resultados foram convertidos para indivíduos/litro.

Ainda que as populações de espécies raras sejam importantes como memória ecológica dos sistemas aquáticos é desejável que os esforços sejam concentrados na identificação das espécies dominantes, que formarão as associações dos ambientes em estudo (Huszar & Giani, 2004).

3.5. Determinação de mercúrio (Hg) no plâncton

Após identificação e contagem, as amostras de plâncton total (zoo+fito) foram secas em estufa a 60°C, pesadas em tubos de ensaio para posterior digestão ácida, segundo metodologia proposta por Bastos et al, (1998). A abertura química das amostras de plâncton total em bloco digestor (Tecnal, Brasil), ocorreu em presença de 2mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂), 3,0mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄ P.A), 3,0mL de ácido nítrico (HNO₃ P.A) à 100°C por cerca de 8-10 horas. Em seguida foram adicionados 5,0mL de KMnO₄ 5%, e após o período *over-night* e resfriamento das amostras, adicionou-se 1mL de cloridrato de hidroxilamina 12% para titulação até o ponto de viragem.

A determinação de mercúrio total foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica com injeção em fluxo (FIMS-400, Perkin-Elmer, Alemanha), técnica por geração de vapor frio, utilizando ácido clorídrico 3% como carreador da solução analítica e boridreto de sódio 0,5%, utilizado como redutor, transformando Hg⁺² em Hg⁰ (fase vapor) sendo esse carreado pelo gás argônio para a célula de absorção sob a forma de vapor. Para a aferição do espectrofotômetro utilizou-se antes de cada análise, soluções de calibração nas concentrações de 1,00; 3,00; 5,00; 10,00 e 20,00 µgHg.L⁻¹ em meio de ácido nítrico 5% com 2 gotas de permanganato de potássio a 5%, aferindo-se com água ultra-pura a um volume final de 10mL.

3.5.1. Controle de qualidade analítico

Para garantia da precisão e exatidão analítica nas determinações de Hg total de cada rotina analítica fez-se uso de réplicas e de material de referência, respectivamente. Além da utilização de brancos controle (*background* dos reagentes químicos). A matriz de referência utilizada foi de peixe liofilizado produzida no Laboratório de Radioisótopos Eduardo Penna Franca do Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho da Universidade Federal do Rio de Janeiro (LREPF-IBCCF-UFRJ), denominada sob o código AFPX-5130 (Bastos et al, 1998).

3.6. Parâmetros físicos, químicos e biológicos da água

As amostras de água foram obtidas na superfície, em um ponto central de cada estação, utilizando-se garrafa do tipo Van Dor. Uma alíquota de cada amostra foi filtrada (filtros de fibra de vidro AP-20) para posterior determinação de nutrientes dissolvidos e pigmento total. Outra alíquota foi conservada para determinação de fosfato total e dos demais parâmetros físico-químicos da água a serem analisados.

3.6.1. Transparência da água

A transparência da água representa a penetração de luz ao longo da coluna d' água e pode ser influenciada pela quantidade de materiais em suspensão e dissolvidos existentes no ambiente aquático (Esteves, 1998).

A transparência da água foi medida com o uso do disco de Secchi, correspondendo à profundidade de extinção do mesmo.

3.6.2. Temperatura da água

Os dados de temperatura foram obtidos em campo com o auxílio de um termistor modelo HORIBA – U10.

3.6.3. Pigmento total (clorofila *a* ativa + feopigmentos)

Para a determinação de pigmento total foi utilizada a metodologia descrita em Golterman et al, (1978). Primeiramente os filtros de fibra de vidro de 1,2 μ m de porosidade (Whatman AP-20) foram secos em estufa à \pm 60°C e em seguida esfriados em dessecador.

Posteriormente foram filtrados 500mL de água por amostra. Com auxílio de cadinho e pistilo de porcelana os filtros foram macerados com acetona 90%, vagorosamente afim de não exceder um volume final de 10mL. A solução foi acondicionada em tubos de polietileno protegidos da luz com papel alumínio e deixados no freezer por 24hs. Em seguida as amostras foram centrifugadas por cerca de 20 a 30 minutos a 3.000–4.000rpm. Após retirar o sobrenadante, as amostras foram novamente

aferidas com acetona 90% a um volume final de 10 mL, e em seguida realizada a leitura em espectrofotômetro a 663nm e a 750nm.

O princípio do método baseia-se na retenção do fitoplâncton em filtros de microfibra de vidro (através da filtragem de água do local) que, quando macerado, ajude a quebrar as células do fitoplâncton. Utiliza-se acetona 90% para que haja a liberação de toda clorofila *a* presente, sendo a amostra mantida no congelador por 24hs para que se obtenha maior extração, paralelo à sua conservação. Lê-se a 663nm por este ser o comprimento de onda onde há absorção máxima da clorofila *a* e a 750nm para retirar a interferência gerada por outros detritos orgânicos. Os resultados de pigmento total (clorofila *a* ativa + feopigmentos) são obtidos através da seguinte fórmula:

$$Pt (\mu\text{g/L}) = \frac{\text{abs663} - \text{abs750}}{\text{passo óptico}} \times \frac{1}{89} \times 1.000 \times \frac{v}{VF}$$

Onde:

abs663 = absorbância da amostra ao comprimento de onda 663nm;

abs750 = absorbância da amostra ao comprimento de onda 750nm;

passo óptico = 1;

$\frac{1}{89}$ = coeficiente de absorção da clorofila *a*

89

1.000 = transformar para litro;

v = volume gasto de acetona (10mL);

VF = volume de amostra filtrada em litros.

3.6.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi medida no laboratório de limnologia da U.H.E.–Samuel com condutímetro de bancada DIGITIME–30M.

3.6.5. Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH foi medido no laboratório de limnologia da U.H.E.–Samuel com pHmetro de bancada DIGITIMED–20M.

3.6.6. Oxigênio Dissolvido (O.D.)

A concentração de oxigênio dissolvido foi determinada através do método de Winkler descrito em Golterman et al, (1978).

Em campo as amostras foram coletadas com garrafa de Van Dorn e acondicionadas em frascos do tipo “âmbar” cuidadosamente para que não houvesse a formação de bolhas, ainda em campo as amostras foram fixadas com 1,5mL de sulfato manganoso monoidratado ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) e 1,5mL de azida de sódio. No laboratório foram adicionados nas amostras 3,0mL de H_2SO_4 50%. Em seguida, titulou-se 100mL da amostra com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01N), e próximo ao ponto de viragem foi adicionado 1,0 mL de amido, prosseguindo com a titulação até o ponto de viragem.

O princípio deste método consiste na combinação do O_2 com o $\text{Mn}(\text{OH})_2$ formando o $\text{Mn}(\text{OH})_4$ que, com a conseqüente acidificação na presença de iodeto, libera I_2 na quantidade equivalente ao conteúdo original de O_2 dissolvido presente na amostra. Posteriormente, o valor de O_2 dissolvido era calculado através da seguinte fórmula:

$$\text{mgO}_2/\text{L} = \frac{\text{vol. Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ (mL)} \times \text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 8 \times 1.000}{\text{vol. amostra (mL)} - \text{vol. frasco}} \\ \text{vol. Frasco} - 3$$

Onde:

vol. $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mL) = volume (mL) do tiosulfato de sódio consumido na titulação;

N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ = normalidade do tiosulfato de sódio (0,01N);

8 = número atômico do oxigênio;

1.000 = correção para mg/L;

vol. amostra (mL) = volume da amostra titulada (100mL);

vol. frasco tipo “âmbar” (mL) = 150 mL;

vol. frasco – 3 = 150 mL – 3 (1,5 mL de sulfato manganoso e 1,5 mL de azida sódica).

3.6.7. Demanda Química de Oxigênio (D.Q.O.)

A demanda química de oxigênio (D.Q.O.) é uma medida equivalente à matéria orgânica na amostra de água que é susceptível à oxidação por um oxidante químico forte, que pode ser o dicromato de potássio ou o permanganato de potássio. No presente estudo foi utilizada a metodologia descrita pela CETESB (1987).

Em um erlenmeyer adicionou-se 50mL da amostra de água bruta e 50 mL de água destilada. A cada análise também foram preparados um branco (100mL de água destilada) como referência da coloração final e um padrão (90mL de água destilada) para que fosse encontrada a concentração do permanganato de potássio (KMnO₄). Na amostra e no branco foram adicionados 10mL de KMnO₄ 0,02N (responsável pela oxidação da matéria orgânica) e 5mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 24%. No padrão adicionou-se apenas 5mL H₂SO₄ 24%.

As amostras foram levadas à fervura em chapa-quente (Tecnal, Brasil) a 300°C, e posteriormente eram adicionados 10mL de ácido oxálico 0,02N, responsável pelo consumo de KMnO₄ adicionado anteriormente. Em seguida as amostras foram tituladas com KMnO₄ 0,02N para que o ácido oxálico excedente fosse neutralizado, até a obtenção de uma coloração levemente rosada.

A quantidade de matéria orgânica oxidável expressa em equivalente em oxigênio, é proporcional a quantidade de KMnO₄ 0,02N consumido na titulação, onde os valores foram obtidos através das fórmulas:

a) Cálculo da normalidade do KMnO₄

$$N = \frac{10 \times 0,02}{\text{vol. KMnO}_4 \text{ (mL) gasto na titul. Pd} \times (\text{vol. Pd} - \text{vol Br})}$$

b) Cálculo da concentração de D.Q.O.

$$\text{D.Q.O. (mgO}_2\text{/L)} = \frac{\text{vol. KMnO}_4 \text{ (mL) gasto na titul. da amostra} \times N \times 8 \times 1.000}{\text{vol. da amostra (mL)}}$$

Onde:

vol. KMnO₄ (mL) gasto na titul. = volume de permanganato de potássio gasto na titulação;

N = normalidade do permanganato de potássio;

8 = número atômico do O₂;

1.000 = correção para mg/L;

Pd = padrão;

Br = branco;

Vol. da amostra = 50mL

3.6.8. Nutrientes

Cada análise de nutriente foi antecedida por uma curva de calibração com padrões nas concentrações de 5,00; 10,00; 20,00; 30,00; 50,00 e 100,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$, e a tabela 02 apresenta os reagentes utilizados para solução-estoque (1.000 $\mu\text{g/L}$) de cada nutriente analisado.

A análise das concentrações de amônia, nitrito e fosfato inorgânico dissolvido (ortofosfato) foram realizadas com amostras de água previamente filtradas em filtros de microfibra de vidro 1.2 μm de porosidade (Whatman AP-20). Apenas a análise de fosfato total foi realizada em amostras de água bruta. Sendo as leituras das absorvâncias feitas com cubeta de 1cm (micronal) e em espectrofotômetro (Micronal, Brasil).

Tabela 02: Reagentes utilizados para solução-estoque dos nutrientes: amônia, nitrito e fosfato.

| | |
|---|--|
| Amônia | 3,8189g NH_4Cl diluídos em 1L de H_2O destilada. |
| Nitrito | 0,6079g KNO_2 diluídos em 1L de H_2O destilada. |
| Fosfato inorgânico dissolvido e Fosfato total | 0,4394g KH_2PO_4 diluídos em 1L de H_2O destilada. |

3.6.8.1. Amônia ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$)

Em tubos de ensaio foram adicionados 10mL das soluções padrões ou das amostras de água filtrada. Em seguida foram adicionados 0,3mL do reagente A (19,0g de fenol, 200mg de nitroprussiato de sódio em 500mL de água destilada) e 0,3mL do reagente B (3,0mL de hipoclorito em 100mL de hidróxido de sódio 0,5N). As amostras eram homogeneizadas, e após 3 horas as absorvâncias eram determinadas em espectrofotômetro a 630nm.

O método empregado é o de Korolef, (1976) descrito em Golterman et al, (1978), onde em solução moderadamente alcalina (pH entre 8,0 a 11,5) o íon amônio sob forma ionizada (NH_4^+) e não ionizada (NH_3) reagem com o hipoclorito, formando a monocloramina (NH_2Cl). Este produto formado, em presença de fenol e um excesso de hipoclorito, catalisado por íons nitroprussiato, forma o azul de indo fenol. Sendo a absorvância resultante igual à concentração de amônia ($\text{NH}_3+\text{NH}_4^+$) na água.

3.6.8.2. Nitrito (NO_2^-)

Em tubos de ensaio foram adicionados 15mL das soluções padrões ou das amostras de água filtrada. Em seguida adicionou-se 1,0mL da solução de sulfanilamida 1% e homogeneiza-se. Após 5 minutos adicionou-se 1mL da solução alcoólica de n-naftil 0,1%. Passados 20 minutos as absorbâncias eram determinadas no espectrofotômetro a 543nm.

O princípio do método descrito em Golterman et al, (1978) é baseado no fato de que, em meio fortemente ácido, HNO_2 reage com a sulfanilamida para formar um composto diazônico. Este reage com bicloridrato-N-(1-naftil)-etilenodiamina para formar um composto de coloração rosa.

3.6.8.3. Fosfato inorgânico dissolvido (PO_4^{3-})

Para a determinação do fosfato inorgânico dissolvido (ortofosfato) utilizou-se o método descrito em Golterman et al (1978).

Em tubos de ensaio adicionou-se 15mL da amostra filtrada ou das soluções padrão, seguido de 1,5mL de reagente misto (solução de molibdato de amônio, H_2SO_4 15%, solução de ácido ascórbico e solução de tartarato de antimônio e potássio). Após 20 minutos as absorbâncias eram determinadas no espectrofotômetro a 882nm.

O princípio do método baseia-se que em soluções fortemente ácidas (H_2SO_4 15%) o ortofosfato fornecerá um complexo amarelo com íons molibdato (molibdato de amônio). Este pode então ser reduzido para um complexo azul altamente colorido. Sendo ácido ascórbico usado como redutor, a formação da cor azul é estimulada pelo antimônio.

3.6.8.4. Fosfato Total

Em tubos de ensaio foram adicionados 25mL de água bruta, seguidos de 2,0 mL de solução saturada de persulfato de potássio ($\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$). Posteriormente as amostras foram levadas à autoclave para digestão a temperatura de 120°C e 1atm de pressão, para que ocorra a liberação do fosfato orgânico como ortofosfato (PO_4^{3-}). A partir deste momento seguiu-se a mesma metodologia utilizada para a determinação de ortofosfato, descrita no item 3.6.8.3.

3.7. Análise de dados

Foram elaboradas matrizes de dados a partir das 12 coletas mensais (junho de 2005 a maio de 2006) do fitoplâncton, zooplâncton e das variáveis físicas, químicas e biológicas; para posterior realização de análises multivariadas dos dados obtidos e assim detectar a possível presença de grupos ou de padrões emergentes que pudessem ser interpretados. Para tanto foram utilizadas três tipos de análises de ordenação: (1) análise das componentes principais, (2) análise de correspondência destendenciada e (3) análise de correspondência canônica. Em todas as análises multivariadas foi utilizado o programa PC-ORD versão 4.10.

3.7.1. Análise de Ordenação

Ordenação é o termo geral que engloba um conjunto variado de análises multivariadas. Entretanto, o objetivo básico das técnicas de ordenação consiste independentemente da análise em particular, em resumir a dimensionalidade dos dados (Bini, 2004).

3.7.1.1. Análise das componentes principais (ACP)

Objetivando-se verificar padrões temporais (seca e cheia) e espaciais entre as estações (J1, M1, M4 e M8) dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados, aplicou-se a análise das componentes principais. Para tanto, foram utilizados valores médios das variáveis analisadas referentes aos períodos de seca e cheia de cada estação.

A técnica denominada análise de componentes principais (ACP), é um dos métodos multidimensionais mais utilizados para dados ambientais. Do ponto de vista limnológico, a ACP busca resumir o conjunto de variáveis ambientais produzindo menos eixos ortogonais, os quais expressam parte da variabilidade contida nas variáveis originais. Quanto mais forte for a estrutura de correlação entre as variáveis, maior será o poder de síntese das novas variáveis, eixo de ordenação ou componentes principais.

De uma forma simplificada as combinações lineares das variáveis originais que geram cada componente principal podem ser representadas pelos coeficientes que medem a importância de cada variável, ou seja, o peso (*loadings*) que cada uma possui na combinação linear dos dados. A projeção de cada amostra no novo sistema de eixos

gerados fornece os *scores* e cada amostra, terá um valor de *score* para cada um dos novos eixos que podem ser organizados na forma de um gráfico biplot. No presente estudo a análise das componentes principais foi realizada via matriz de correlação.

3.7.1.2. Análise de correspondência destendenciada (ACD)

A análise de correspondência destendenciada foi aplicada a partir de dados quantitativos (organismo por litro) do fitoplâncton e do zooplâncton registrados nas quatro estações analisadas (J1, M1, M4 e M8).

Esta análise tem sido indicada por diversos autores (Reynolds, 1988; Hikut, 2005) para verificar gradientes ambientais nos ecossistemas. Entretanto do ponto de vista ecológico nem sempre relações lineares entre a densidade das espécies são verificadas. Neste aspecto a ACD tem sido mais eficiente na busca de padrões de dados com relações não-lineares, a exemplo da distribuição da comunidade planctônica nos ambientes aquáticos.

3.7.1.3. Análise de correspondência canônica (ACC)

A análise de correspondência canônica tem o objetivo de correlacionar simultaneamente diversas variáveis dependentes métricas e diversas variáveis independentes métricas. O princípio desta análise baseia-se em desenvolver uma combinação linear de cada conjunto de variáveis (independentes e dependentes) para maximizar a correlação entre dois conjuntos. Logo, o procedimento envolve a obtenção de um conjunto de pesos para as variáveis dependentes e independentes que fornece a correlação simples máxima entre o conjunto de variáveis dependentes e o de variáveis independentes (Hair, 2005).

No presente trabalho a ACC foi aplicada para analisar as correlações entre as variáveis, físicas, químicas e biológicas e o fitoplâncton e zooplâncton nas estações analisadas (J1, M1, M4 e M8). A matriz de densidade dos táxons foi constituída do número de indivíduos por litro.

De acordo com as recomendações de ter Braak (1995), os valores de densidade foram transformados pela expressão $\ln(a + 1)$ para compensar os desvios causados por alguns poucos valores muito elevados. Após realizar uma ACC preliminar para o fitoplâncton e uma ACC para o zooplâncton, foram eliminadas 7 variáveis ambientais para o fitoplâncton e 5 variáveis para o zooplâncton. De forma que, tanto a ACC

aplicada ao fitoplâncton como a aplicada ao zooplâncton fosse aplicada com as variáveis mais representativas e mais fortemente correlacionadas com os eixos de ordenação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física, química e biológica da superfície da água

Com o objetivo de compreender o comportamento do sistema aquático nas estações analisadas (J1, M1, M4 e M8) e verificar a possível relação destes fatores ambientais ou ecológicos com as comunidades planctônicas aqui estudadas e a concentração de Hg encontrada nos organismos planctônicos, seguem-se os resultados dos parâmetros físicos, químicos e biológicos da água aqui analisados.

4.1.1. Vazão afluente

Através do gráfico de vazão afluente (figura 9) pode-se observar que durante o período estudado, o período seco iniciou-se em junho e terminou em novembro de 2005, e o período chuvoso teve início no mês de dezembro de 2005 atingindo, seus valores máximos no mês de abril de 2006.

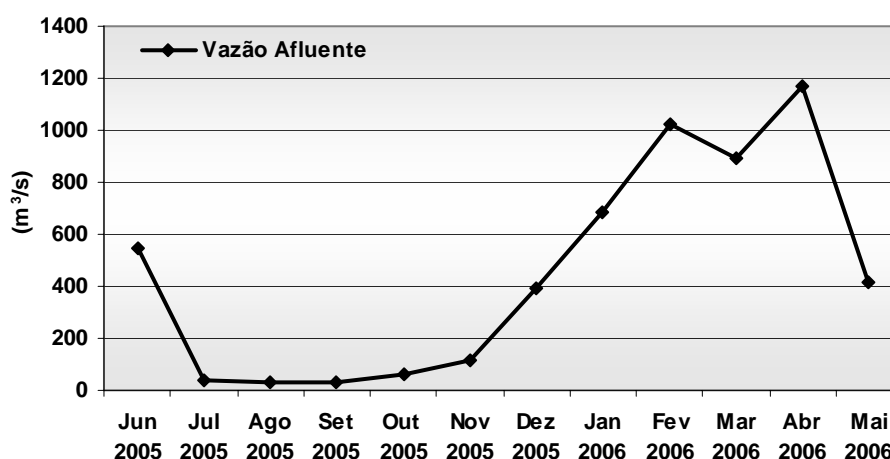


Figura 09: Gráfico da vazão afluente do reservatório da U.H.E. – Samuel entre os meses de junho de 2005 a maio de 2006.

4.1.2. Temperatura da água

Em termos de temperatura da água (figura 10) as quatro estações analisadas apresentaram valores entre 25-35°C, característicos de lagos e reservatórios da região Amazônica (Sioli, 1969). A maior amplitude térmica 33,7°C (figura 10) foi registrada na estação M8 no mês de outubro (pico do período seco na região). Com o início do período de vazão (figura 09) em novembro de 2005, os valores de temperatura tenderam a diminuir nas quatro estações devido à mistura da coluna d'água e a consequente resuspensão das águas profundas mais frias.

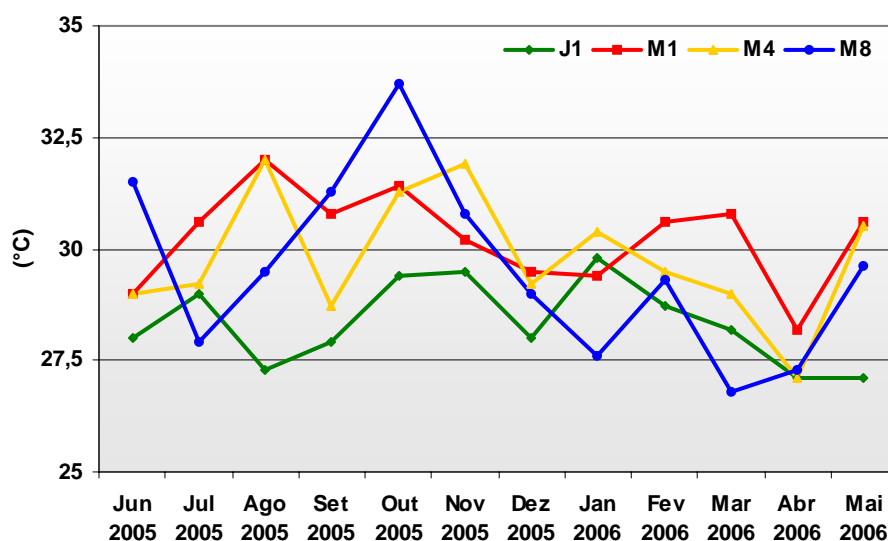


Figura 10: Variação temporal dos valores de temperatura na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 da U.H.E. - Samuel (2005-2006).

4.1.3. Oxigênio dissolvido

Os valores de oxigênio dissolvido foram mais elevados no período seco (figura 11), junho-novembro de 2005 nas estações de coleta localizadas a montante (M1, M4 e M8). Provavelmente este comportamento esteja relacionado com a produção fotossintética do fitoplâncton, e com o início da vazão (dezembro 2005) esses valores tendem a diminuir devido à resuspensão da água do fundo, pobre em oxigênio, consequência do período de estratificação química do período seco.

Na estação J1 ocorre comportamento inverso às estações M1, M4 e M8, pois os menores valores de oxigênio dissolvido (figura 11) foram registrados no período seco e os maiores valores no período chuvoso, atingindo seu pico (7,8mg/L) em março de

2006. Este resultado está relacionado com a abertura dos vertedouros da barragem que ocorreu no mês de março de 2006, de forma que com a movimentação intensa da massa d'água houve o aumento da concentração de oxigênio dissolvido.

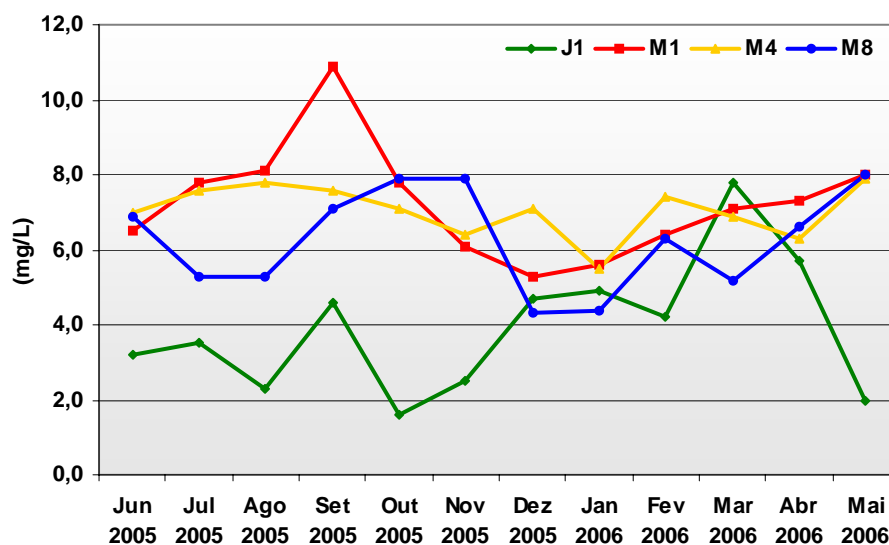


Figura 11: Variação temporal de oxigênio dissolvido (mg/L) na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006).

4.1.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica que expressa a quantidade íons na água apresentou seus maiores valores no período chuvoso (figura 12) nas quatro estações analisadas (J1, M1, M4 e M8), no entanto este aumento teve seu início ainda no período seco (outubro de 2005). Segundo Wetzel (1993), a concentração de íons na água é fortemente influenciada pela sua temperatura, de forma que a concentração de íons na água aumenta cerca de 2% a cada °C. Esta característica dos íons presentes na água poderia explicar, para o presente estudo, o fato da condutividade começar a aumentar ainda no período seco.

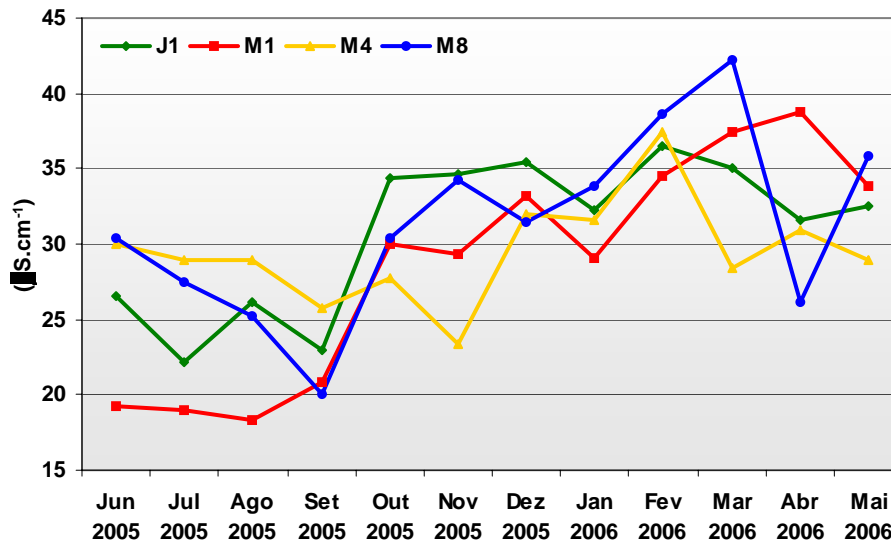


Figura 12: Variação temporal da condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}^3$) na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E.–Samuel (2005-2006).

4.1.5. Potencial hidrogeniônico (pH)

Em termos de pH, a água das estações M1, M4 e M8 mostraram-se mais alcalinas durante o período seco e levemente ácidas durante o período chuvoso (figura 13). Já a estação J1 manteve-se levemente ácida durante todo o período amostrado.

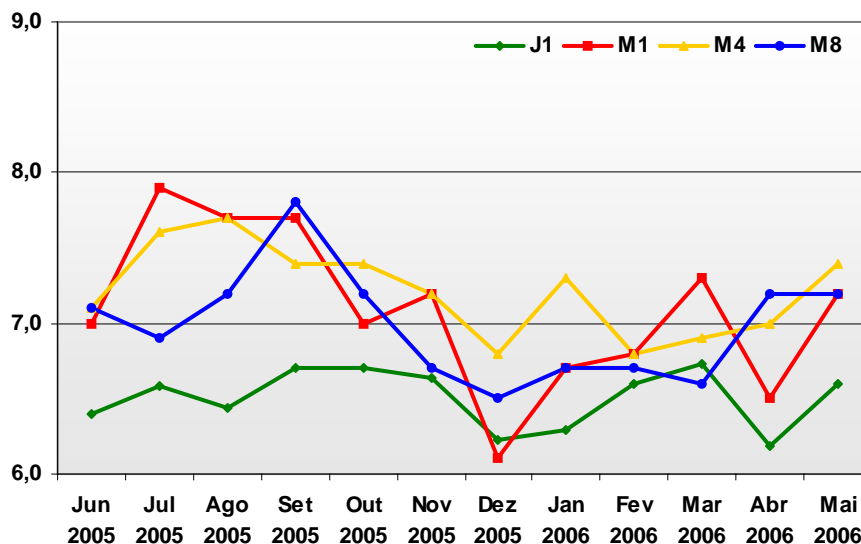


Figura 13: Variação temporal dos valores de pH na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E.–Samuel (2005-2006).

4.1.6. Demanda química de oxigênio (DQO)

Com relação aos valores de matéria orgânica (figura 14) apenas a estação M1 apresentou seu pico no período seco (9,0 mgO₂/L em julho de 2005) as demais estações apresentaram seu pico no início (M4 e M8) ou durante o período chuvoso (J1), (figura 14). Entretanto, os valores de matéria orgânica neste estudo corroboram com a literatura no que diz respeito aos rios de águas claras da região Amazônica, a exemplo do rio Jamari, que são caracterizados por valores de matéria orgânica $\leq 20\text{mgO}_2/\text{L}$ (Sioli, 1964).

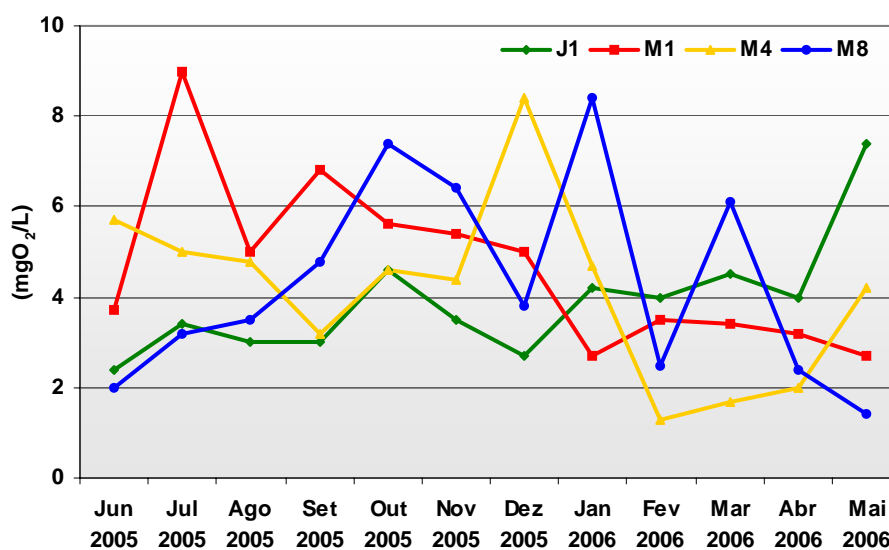


Figura 14: Variação temporal da demanda química de oxigênio (mgO₂/L) na superfície da água das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006).

4.1.7. Transparência da água e profundidade

De uma forma geral os maiores valores de transparência (tabela 03) nas estações analisadas foram registrados no período seco, devido a maior deposição do material particulado em suspensão. Apenas a estação M1 apresentou maiores valores no período chuvoso, provavelmente este comportamento deve-se ao fato de esta estação, por estar localizada há apenas 1,5Km da barragem, ser também uma região de acúmulo de plâncton desde regiões mais a montante do reservatório. Sendo esta também a região com a estação de maior profundidade dentre as estações estudadas.

Tabela 03: Variação temporal dos valores de transparência da água (m) e profundidade (m) das estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da UHE – Samuel (2005-2006).

| | J1 | | M1 | | M4 | | M8 | |
|-----------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | Transp. | Prof. | Transp. | Prof. | Transp. | Prof. | Transp. | Prof. |
| Jun 2005 | 3,0 | 3,5 | 4,2 | 29,0 | 3,1 | 27,0 | 3,5 | 28,0 |
| Jul 2005 | 3,0 | 2,9 | 1,3 | 31,0 | 2,8 | 26,0 | 3,2 | 23,0 |
| Ago 2005 | 2,0 | 4,0 | 1,8 | 30,0 | 2,4 | 26,0 | 1,9 | 21,0 |
| Set 2005 | 2,5 | 3,6 | 1,9 | 27,0 | 2,3 | 16,0 | 2,4 | 20,0 |
| Out 2005 | 4,0 | 5,0 | 3,2 | 26,0 | 2,7 | 18,0 | 2,3 | 18,0 |
| Nov 2005 | 2,0 | 4,5 | 3,1 | 25,0 | 2,1 | 22,0 | 2,5 | 16,0 |
| Dez 2005 | 1,5 | 6,0 | 3,2 | 28,0 | 2,9 | 25,5 | 2,6 | 22,0 |
| Jan 2006 | 1,6 | 8,0 | 3,4 | 28,0 | 2,3 | 26,0 | 2,9 | 24,0 |
| Fev 2006 | 2,0 | 8,0 | 2,3 | 33,0 | 1,8 | 28,0 | 1,0 | 23,0 |
| Mar 2006 | 2,0 | 12,0 | 2,7 | 33,0 | 1,1 | 29,0 | 0,9 | 27,5 |
| Abr 2006 | 2,0 | 4,5 | 2,6 | 33,0 | 2,6 | 29,0 | 2,5 | 26,0 |
| Mai 2006 | 2,2 | 4,6 | 2,5 | 32,0 | 3,8 | 29,0 | 3,8 | 25,0 |

*Tansp. - transparência *Prof. – Profundidade

4.1.8. Amônia e nitrito

O nitrogênio é um elemento essencial no metabolismo de ecossistemas aquáticos devido principalmente a sua participação na formação de proteínas, e, quando presente em baixas concentrações, pode atuar como fator limitante na produção primária. As principais fontes naturais de nitrogênio podem ser: a chuva, o material orgânico e inorgânico de origem alóctone e a fixação do nitrogênio molecular dentro do próprio lago. Dentre as diferentes formas, o nitrato, juntamente como a amônia, são fontes diretas para os produtores primários (Esteves, 1998). No presente estudo foram determinadas as concentrações de nitrito e a amônia.

Baixos valores de amônia na superfície da água de ambientes aquáticos podem prever seu consumo pelo fitoplâncton, como observado na superfície das estações J1 (figura 15), M1 (figura 26), M4 (figura 27) e M8 (figura 28). No mês de fevereiro estes valores tenderam a aumentar.

O nitrito por ser um componente intermediário resultante da redução bacteriana do nitrato, ou mais comumente da oxidação do amônio, ocorre em baixas quantidades em águas naturais (Camacho et al, 2003), este comportamento também foi observado nas estações analisadas J1 (figura 15), M1 (figura 16), M4 (figura 17) e M8 (figura 18).

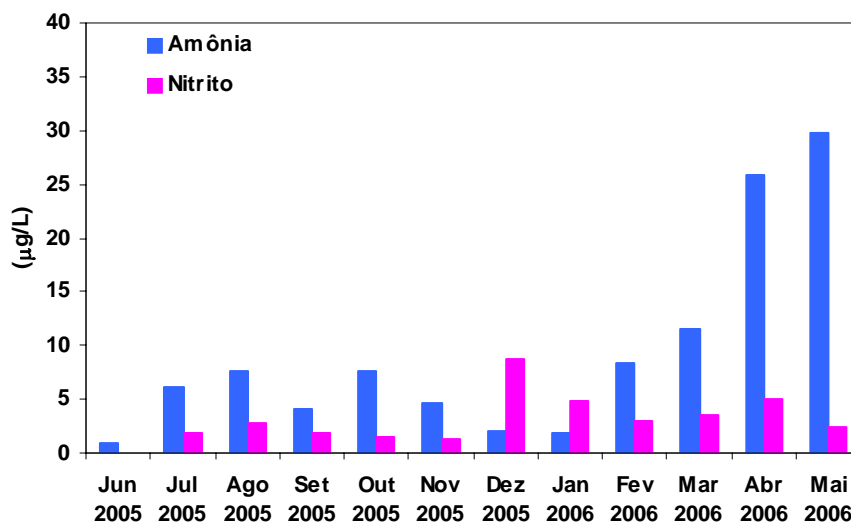


Figura 15: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação J1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

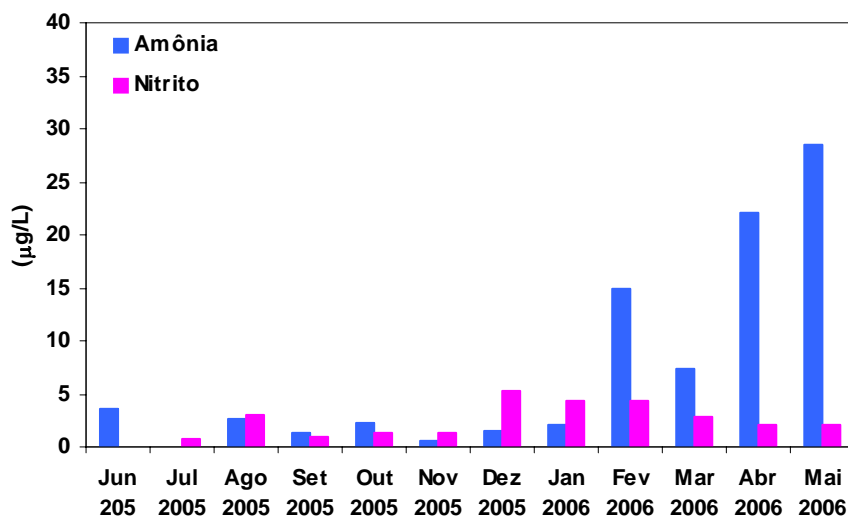


Figura 16: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação M1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

As baixas concentrações de amônia nos ambientes aquáticos, principalmente na superfície onde se encontra maior número de algas fitoplanctônicas são explicadas pelo fato de as mesmas terem preferência pela amônia, haja vista que para a utilização de nitrato pela biomassa como forma de nitrogênio, este deve antes ser reduzido à amônia, onde neste processo conhecido como redução assimilatória requer a perda de 8 elétrons por molécula de nitrato assimilado e requer gasto energético (Roland et al, 2005).

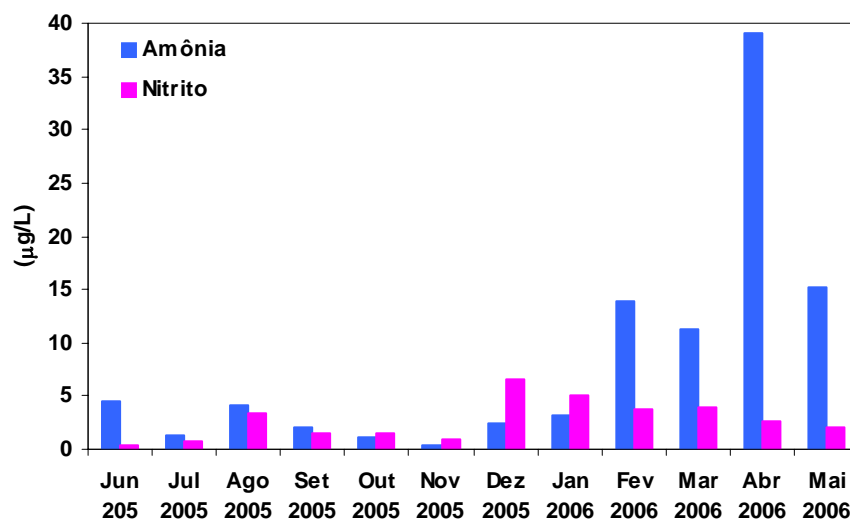


Figura 17: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação M4 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

É válido lembrar que os valores de nitrito e principalmente amônia mantiveram-se muito baixos em todas as estações analisadas e durante todo período amostral (figura 15, 16, 17 e 18), visto que em reservatórios eutróficos, por exemplo, os valores de amônia tendem a ser $1.000\mu\text{g/L}$ (Rebouças et al, 1999).

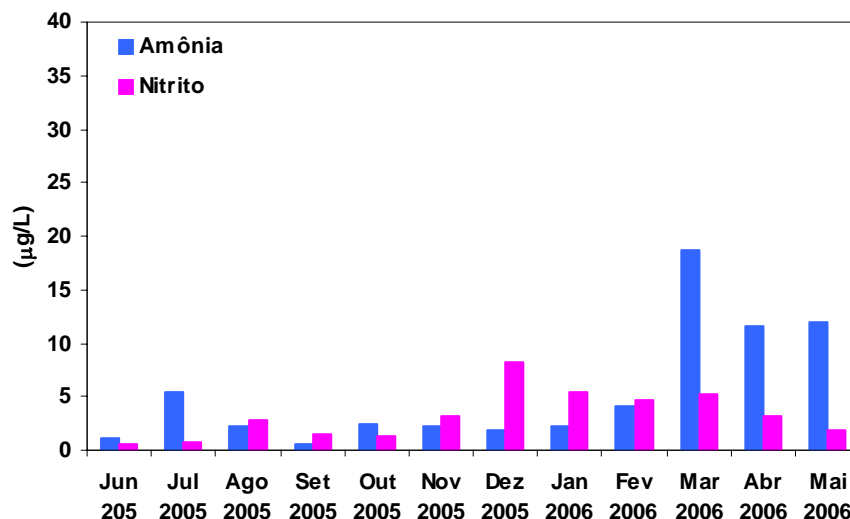


Figura 18: Variação temporal de amônia ($\mu\text{gNH}_3+\text{NH}_4^+/\text{L}$) e nitrito ($\mu\text{gNO}_2^-/\text{L}$) na superfície água da estação M8 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

4.1.9. Ortofosfato e P total

Outro nutriente inorgânico muito importante para a produção primária no ambiente aquático é o fosfato, devido a sua participação em processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, tais como o armazenamento de energia e estruturação da membrana celular (Labry et al, 2002). A forma de fosfato disponível para o fitoplâncton é aquele que está dissolvido, ou seja, o ortofosfato (fosfato inorgânico dissolvido). Esta forma de fosfato apresenta-se em pequena quantidade, constituindo apenas uma porcentagem do fosfato total (Magrin, 1993).

A fonte primária de fosfato para os ecossistemas aquáticos continentais está nas rochas da bacia de drenagem (Roland et al, 2005). A baixa concentração deste nutriente na água pode caracterizar sua assimilação pela produção primária. Nas estações J1 (figura 19), M1 (figura 20), M4 (figura 21) e M8 (figura 22) os menores valores de ortofosfato foram observados no período de seca (junho a novembro de 2005).

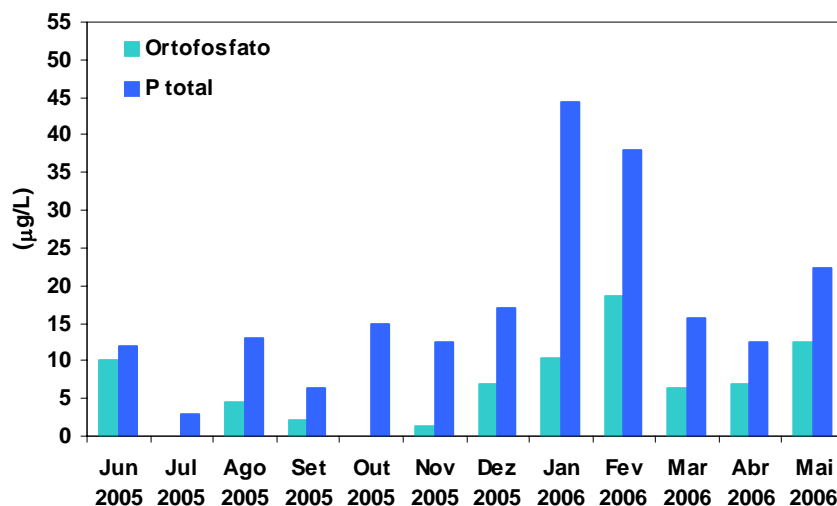


Figura 19: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fósforo total na superfície água da estação J1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

A quantidade de fósforo de fonte natural no sistema aquático depende diretamente do conteúdo de fósforo presente nos minerais primários das rochas da bacia de drenagem.

Quanto os valores de ortofosfato nas estações M1 e M4 os mesmos apresentaram suas menores concentrações nos meses de outubro e novembro de 2005 (figura 20 e figura 21) que correspondem aos meses onde foram observados um aumento na densidade de dois gêneros de algas nestas duas estações, que correspondem a *Botriochoccus* e *Microcystis*.

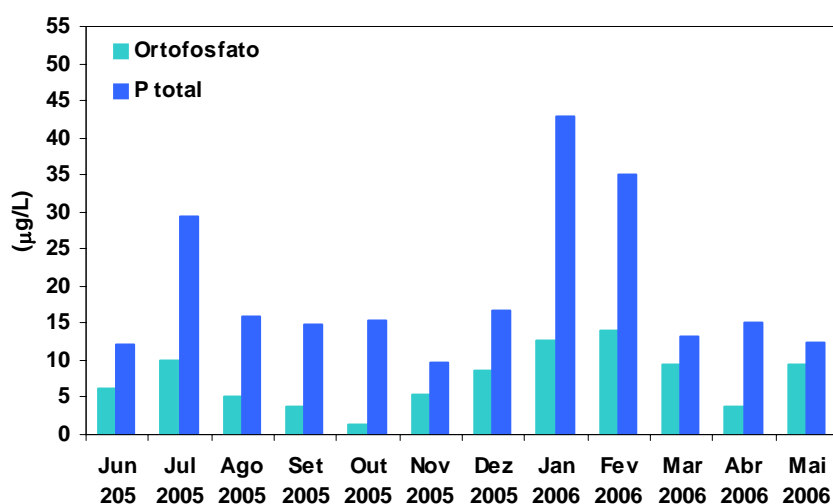


Figura 20: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fósforo total na superfície água da estação M1 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

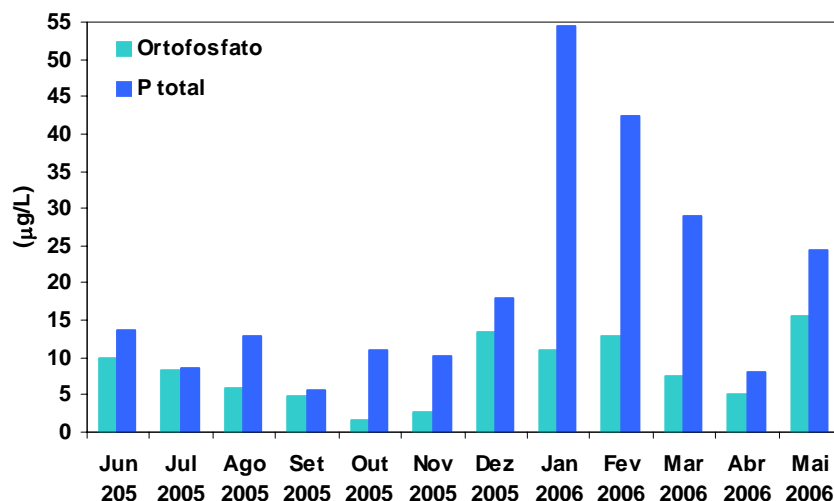


Figura 21: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fosfato total na superfície água da estação M4 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

Os valores de ortofosfato na estação M8 (figura 22) sofreram pequena variação quando comparados aos valores de fosfato total, principalmente no período de chuva, onde estes valores tendem a aumentar devido à entrada de água “nova” ao reservatório de forma que há um reabastecimento do sistema em relação aos nutrientes que serão utilizados principalmente nos meses de seca.

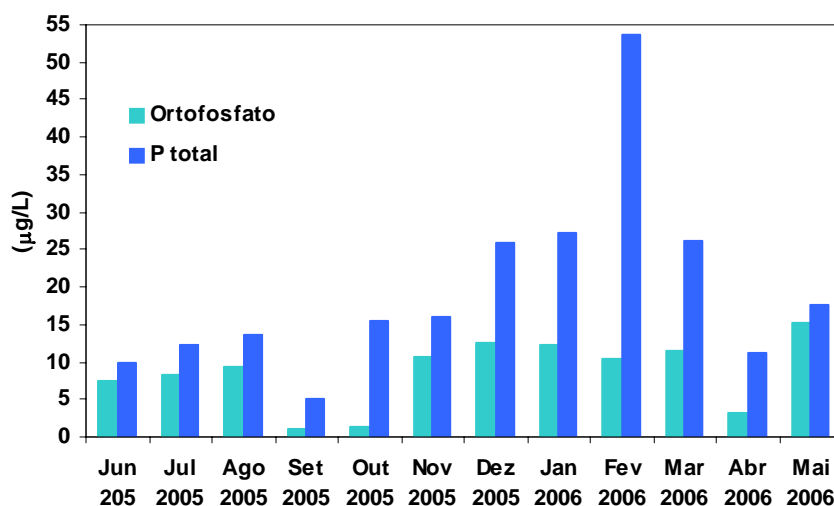


Figura 22: Variação temporal de ortofosfato ($\mu\text{gPO}_4^{3-}/\text{L}$) e fosfato total na superfície água da estação M8 do reservatório da U.H.E – Samuel (2005-2006).

4.1.10. Pigmento total

Apesar de na estação J1 o fitoplâncton ter sido dominante em relação ao zooplâncton durante todo período amostral com exceção apenas do mês de março de 2005 (figura 27), foram observados baixos valores de pigmento total apresentados na figura 23. Os valores de pigmento total na estação J1 tiveram um leve aumento entre os meses de outubro a dezembro de 2005, o que pode refletir o uso dos nutrientes adquiridos pelo ambiente aquático com o início de período de vazão.

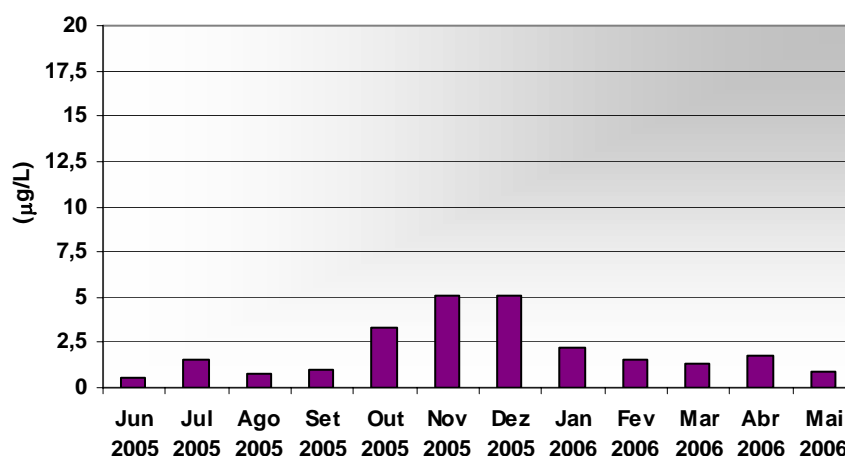


Figura 23: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g/L}$) na estação J1 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006).

Em relação aos valores de pigmento total obtidos na estação M1, podemos observar que os mesmos não ultrapassaram $5,0\mu\text{g/L}$ durante todo período amostrado (figura 24). No entanto na estação M4 já é possível observar valores maiores (figura 25).

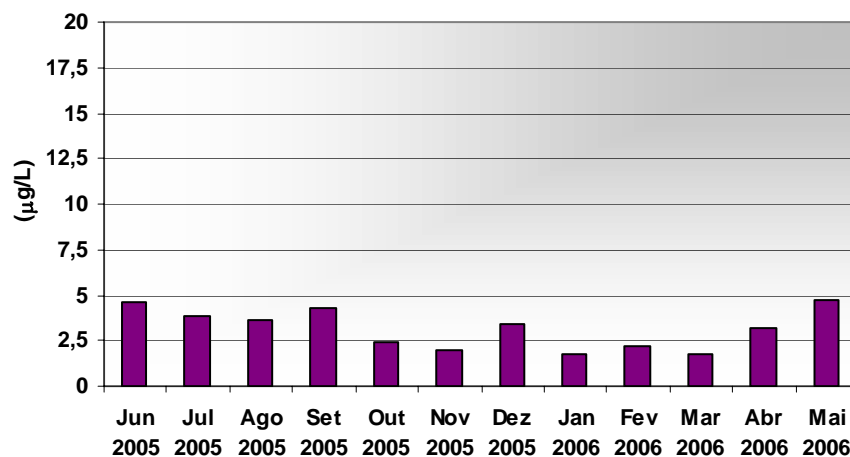


Figura 24: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g/L}$) na estação M1 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006).

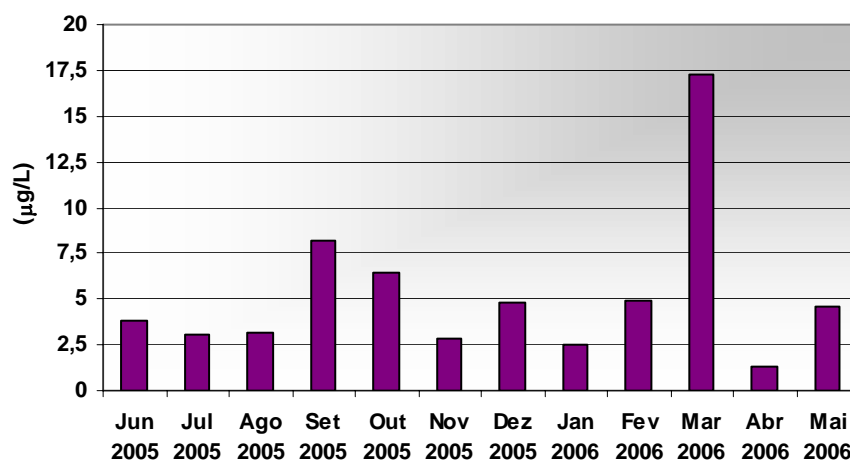


Figura 25: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g/L}$) na estação M4 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006).

Com a entrada de água “nova” ao reservatório também foi possível observar um aumento na concentração de pigmento total na estação M8 (figura 26).

Ao comparar os valores de pigmento total obtidos na estação M8 com os valores obtidos nas demais estações (figura 23, 24 e 25) nota-se que os maiores valores em praticamente todos os períodos foram registrados nesta estação. Isto se deve ao fato de que, entre as estações analisadas a M8 é a primeira a receber nutrientes vindo das chuvas e da bacia de drenagem das regiões mais a montante do reservatório. De forma que a cada ponto mais próximo da barragem os nutrientes tendem a diminuir suas concentrações, possivelmente devido seu consumo pelo fitoplâncton. Os menores

valores de pigmento total obtidos nos meses de janeiro e março de 2006 (figura 26), provavelmente estão relacionados com as condições físicas da água (maior turbulência) prejudicando assim o processo fotossintético do fitoplâncton.

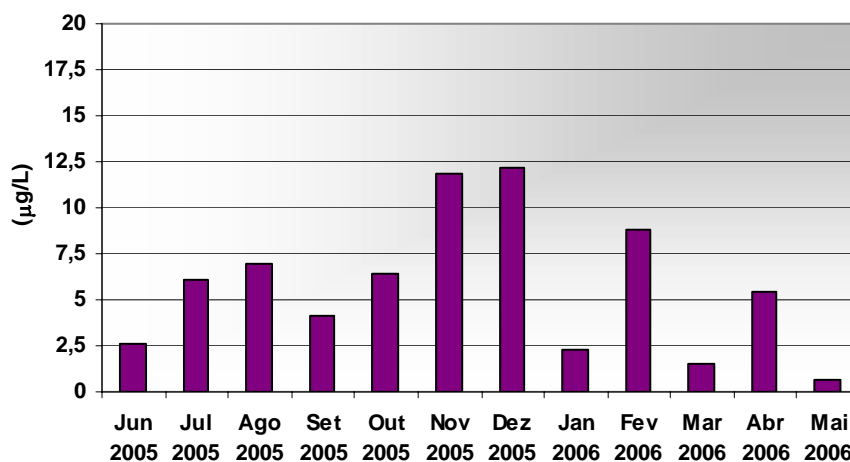


Figura 26: Variação temporal dos valores de pigmento total ($\mu\text{g/L}$) na estação M8 do reservatório da U.H.E. – Samuel (2005-2006).

4.1.11. Zooplâncton e Fitoplâncton

Através da contagem das amostras de plâncton, que foram utilizadas para a determinação das concentrações de Hg, foi possível verificar a dominância de cada grupo (fito e zoo) no momento da coleta.

Na estação J1 o fitoplâncton mostrou-se mais abundante em praticamente todo período amostrado como observado na figura 27. Observou-se um aumento dos organismos zooplancctônicos nos meses de janeiro, fevereiro e março de 2006, sendo neste último mês, prevalecendo na comunidade com 52%. Voltando o fitoplâncton a dominar a comunidade no mês de abril e maio de 2006.

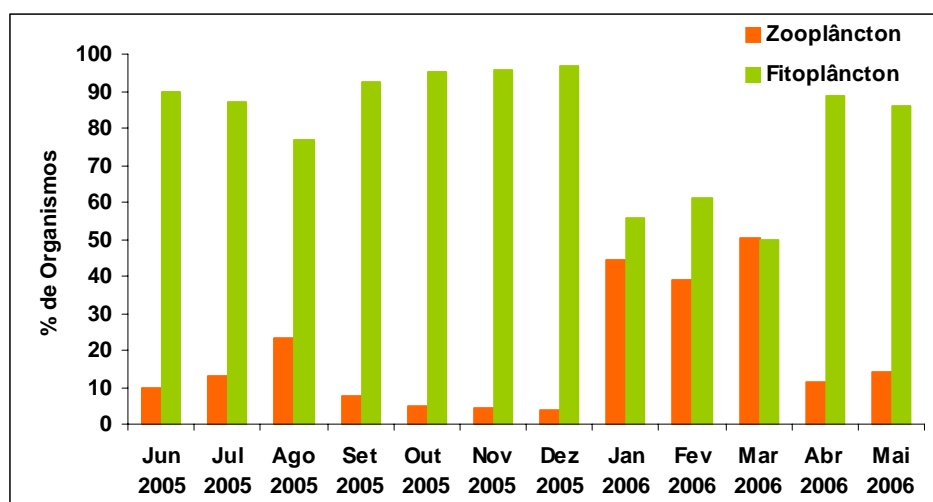


Figura 27: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

Da mesma forma que na estação J1 (figura 27), quanto à presença de fitoplâncton e zooplâncton presentes no momento da coleta, nas estações à montante da barragem do reservatório (M1, M4 e M8) o fitoplâncton apresentou uma maior densidade de indivíduos durante todo o período amostrado, com exceção apenas do mês março de 2006 para a estação M1 (figura 28) e M4 (figura 29), e na M8 (figura 30) tende a igualar sua densidade com o zooplâncton.

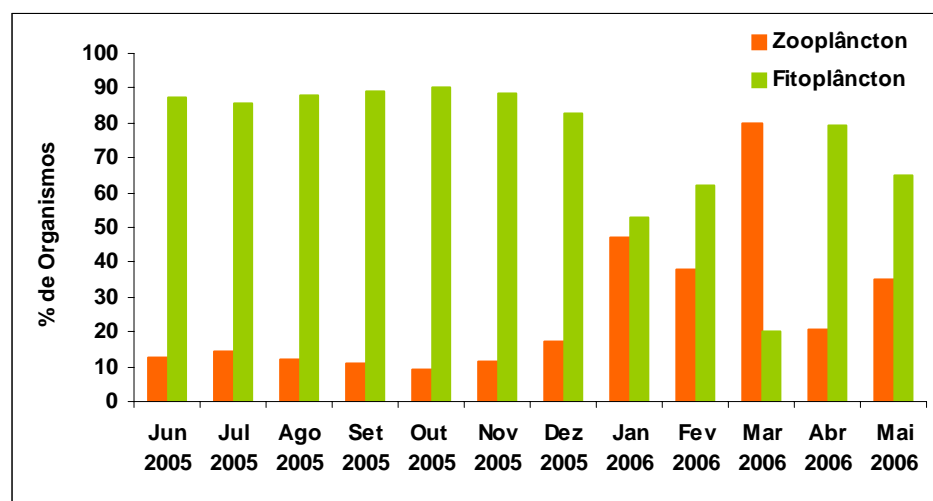


Figura 28: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

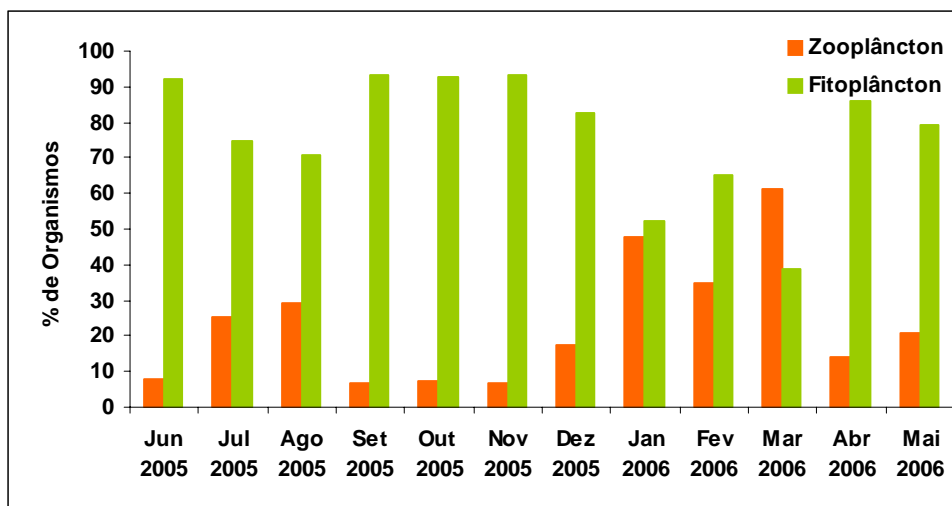


Figura 29: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

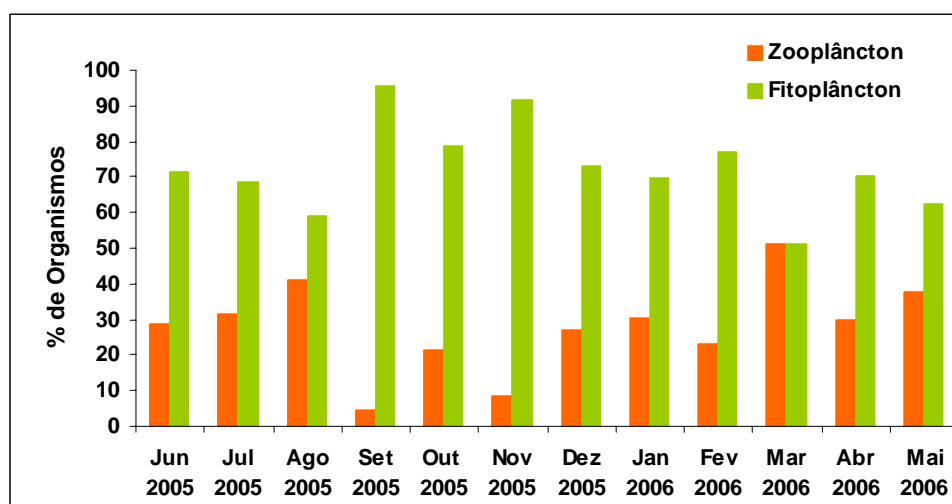


Figura 30: Porcentagem relativa quanto à presença de zooplâncton e fitoplâncton encontrado no momento da coleta da estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

4.1.11.1. Zooplâncton

Com relação taxonomia dos grandes grupos pertencentes ao zooplâncton nas estações J1, M1, M4 e M8 foi observado um maior número de indivíduos por litro para o grupo dos copépodos, seguido pelos cladóceros, rotíferos e outros (protozoários e larvas de inseto, principalmente), como apresentado nas figuras 31, 32, 33 e 34.

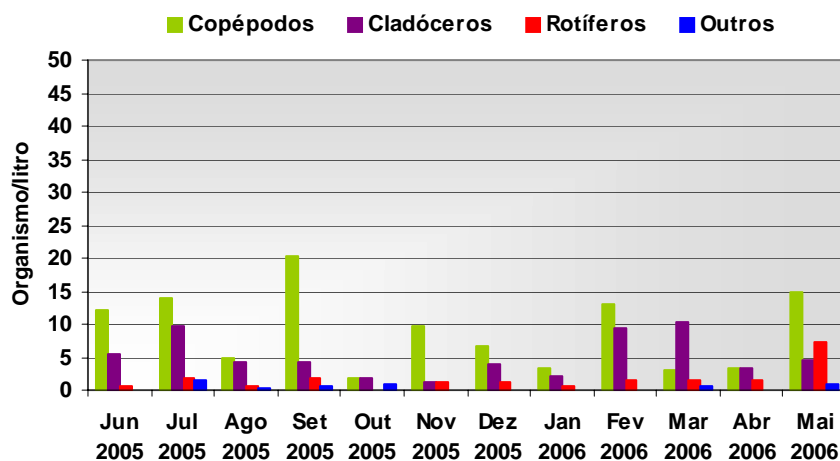


Figura 31: Composição dos organismos zooplancônicos da estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

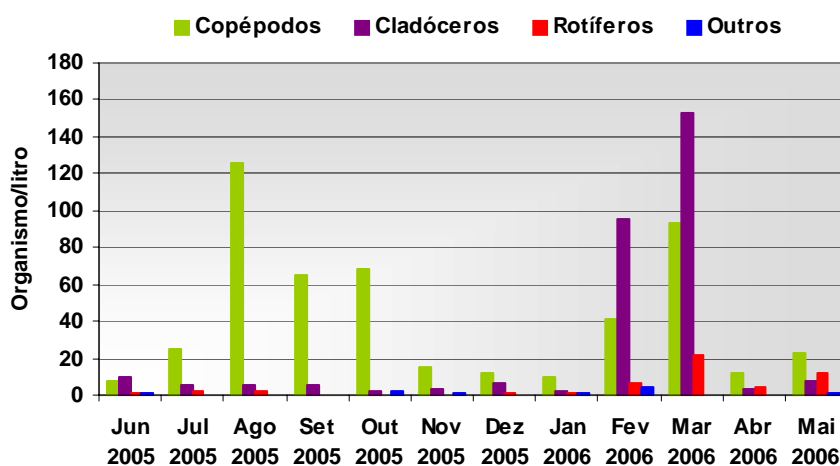


Figura 32: Composição dos organismos zooplancônicos da estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

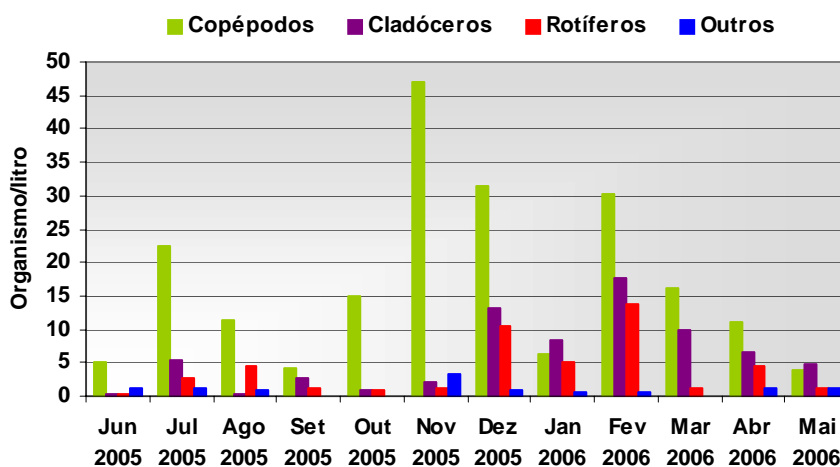


Figura 33: Composição dos organismos zooplancônicos da estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

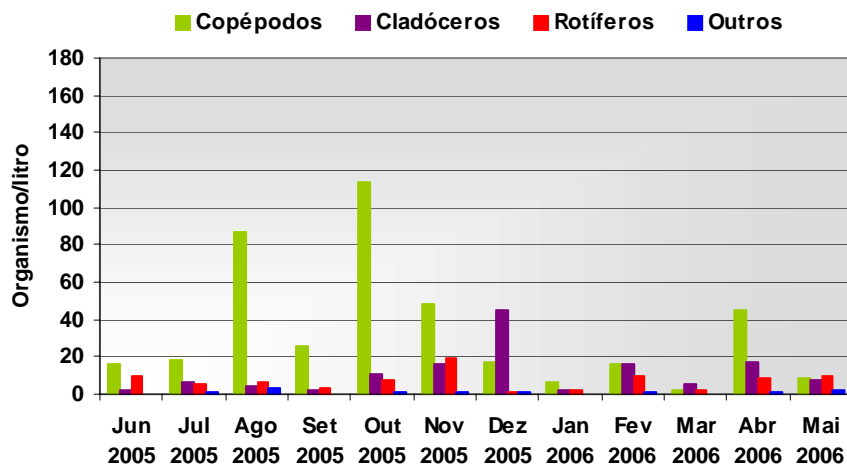


Figura 34: Composição dos organismos zooplancônicos da estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

Estudos realizados por Gilbert (1998) mostraram que em geral rotíferos e cladóceros possuem hábitos alimentares semelhantes (algas ou detritos de 1 a 17 μ m); e pelo fato de competirem pelo mesmo tamanho de alimento e este, sendo limitado, geralmente os rotíferos não apresentam vantagens. Este estudo também mostrou que o declínio de rotíferos não estava associado ao aumento das populações de copéodos. Assim, o estudo conclui que onde há grande densidade de cladóceros a densidade de rotíferos tende a diminuir, e vice-versa, devido a competição pelo mesmo tipo de alimento. No presente estudo foi observado comportamento semelhante nas quatro estações analisadas (figura 31, 32, 33 e 34).

Dentre os copéodos, das três ordens de vida livre presentes no plâncton, apenas duas ordens, Calanoida e Cyclopoida foram encontradas nas estações J1 (figura 35) M1 (figura 36) M4 (figura 37) e M8 (figura 38), alternando sua dominância durante os meses analisados.

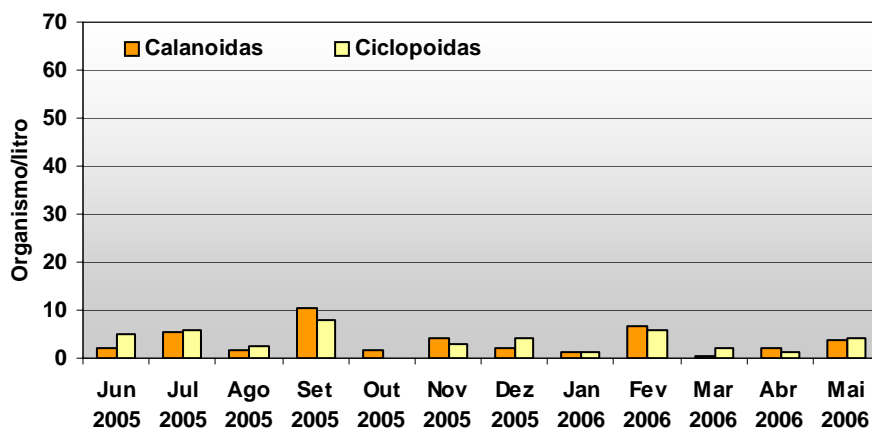


Figura 35: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

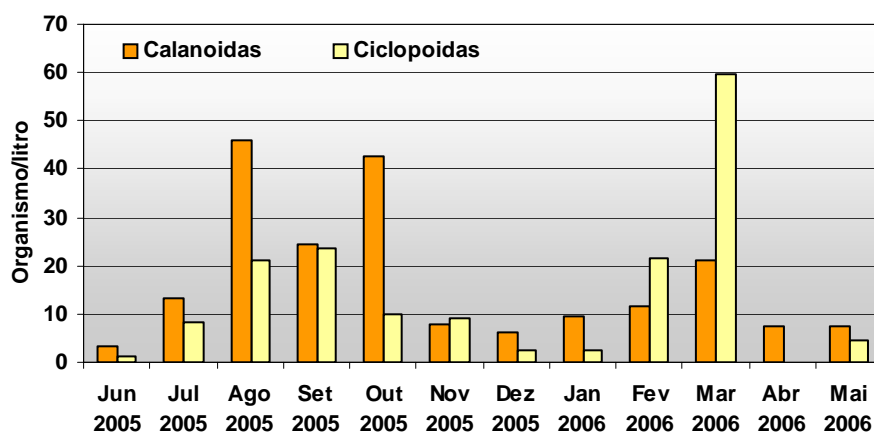


Figura 36: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

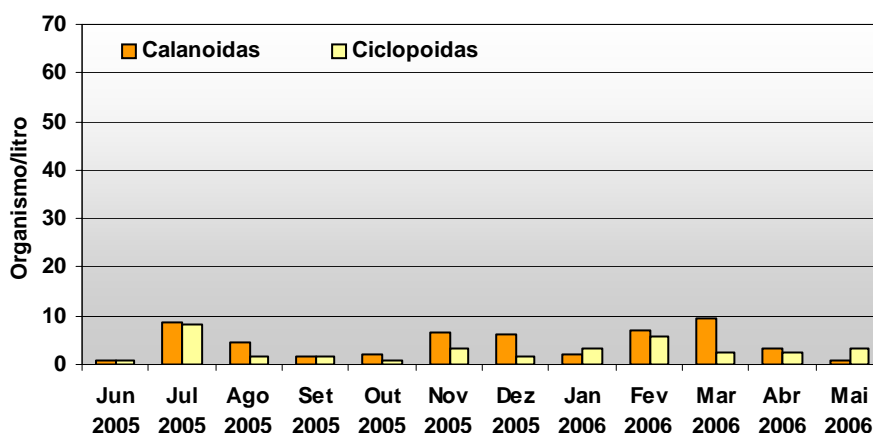


Figura 37: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

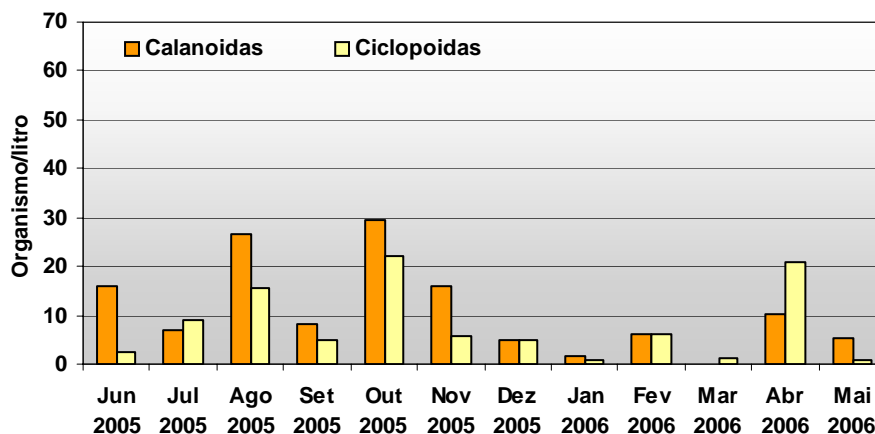


Figura 38: Densidade das ordens de copépodos encontradas na estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

Com relação à taxonomia da classe cladocera nas estações J1, M4 e M8 apresentaram 5 gêneros (*Diaphanosoma*, *Ceriodaphnia*, *Daphnia*, *Bosmina* e *Bosminopsis*) e 2 táxons cuja identificação não foi possível (figuras 39, 40 e 42). No entanto, a estação M1 se diferenciou das demais no que se refere à classe cladocera, devido ter apresentado o gênero *Moina* sp além dos 5 gêneros e 2 táxons registrados nas demais estações (figura 41).

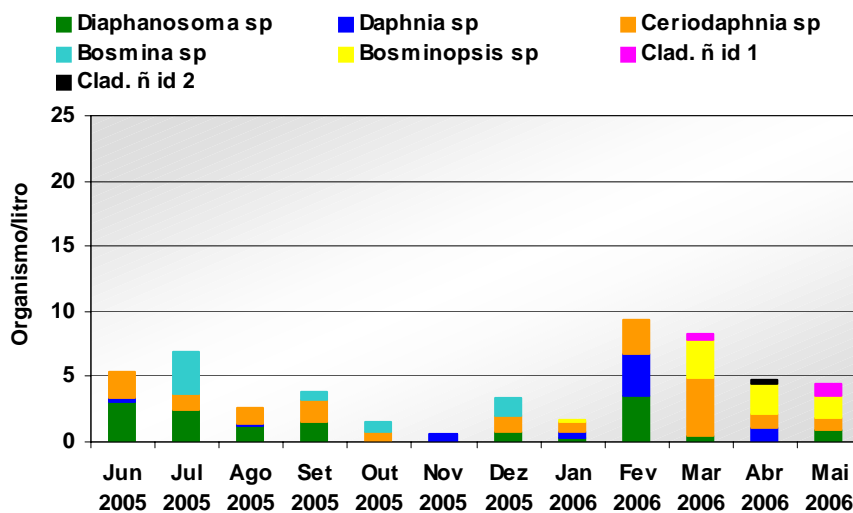


Figura 39: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação J1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

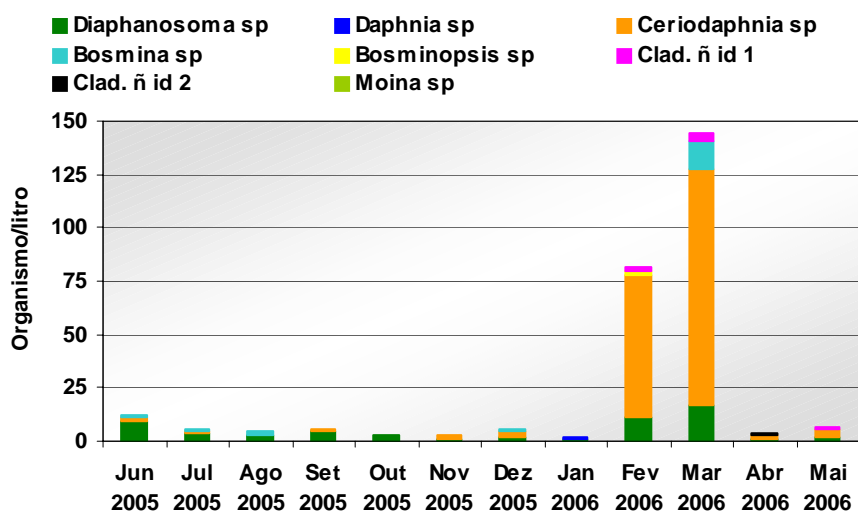


Figura 40: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação M1 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

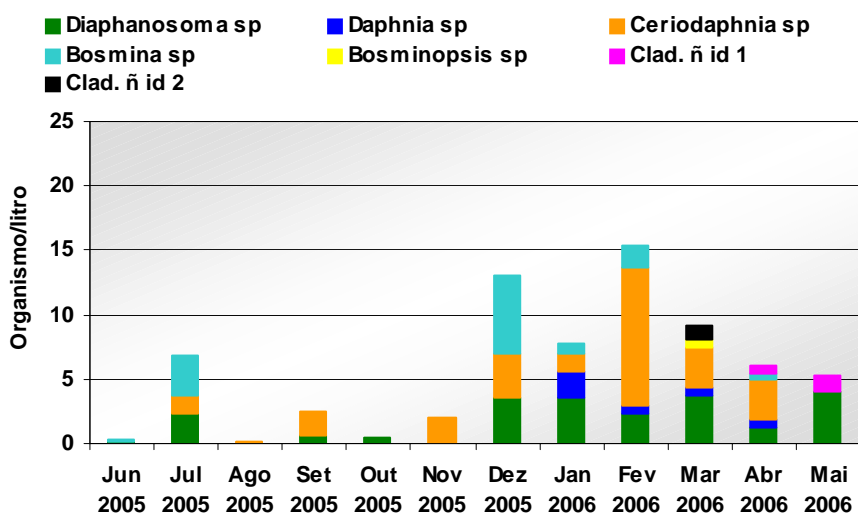


Figura 41: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação M4 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

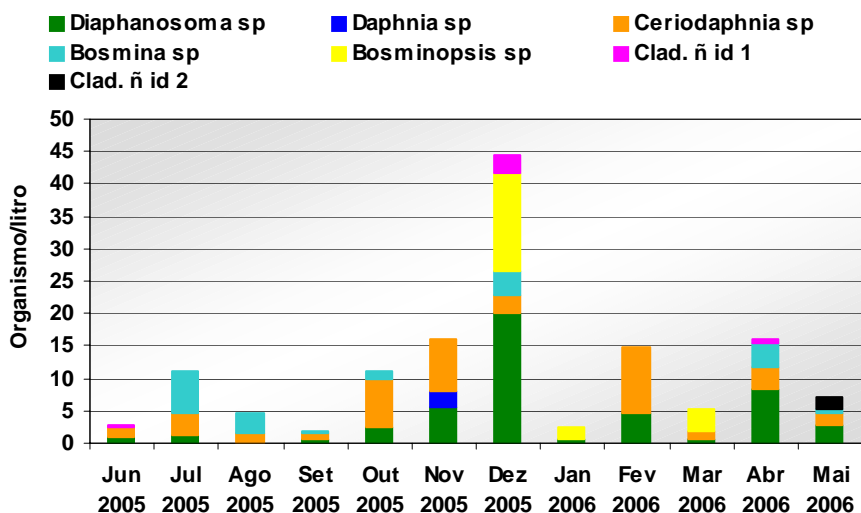


Figura 42: Densidade dos gêneros de cladóceros encontrados na estação M8 (junho de 2005 – janeiro de 2006).

Para o filo rotifera foram registrados 5 gêneros (*Brachionus*, *Fillinia*, *Keratella*, *Trichocerca* e *Lecane*) e um táxon não identificado ao longo do ano.

A distribuição desses grupos ao longo dos meses nas estações J1 (figura 43), M1 (figura 44) M4 (figura 45) e M8 (figura 46) mostrou-se bastante heterogênia.

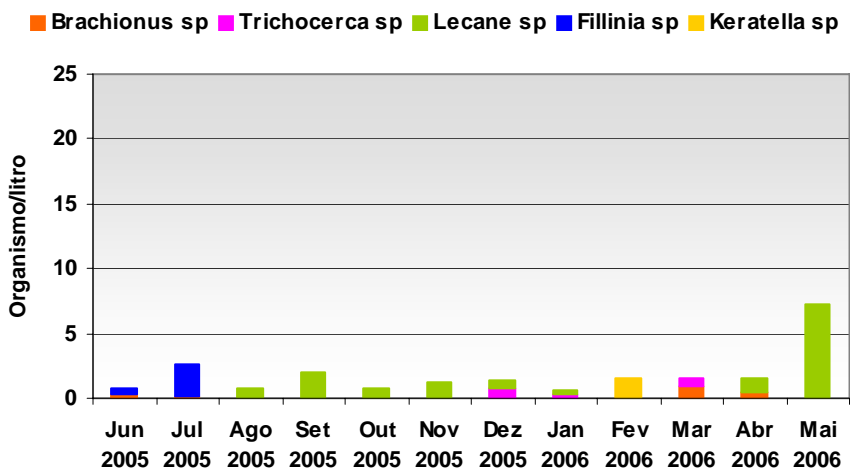


Figura 43: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação J1 (junho 2005 – janeiro 2006).

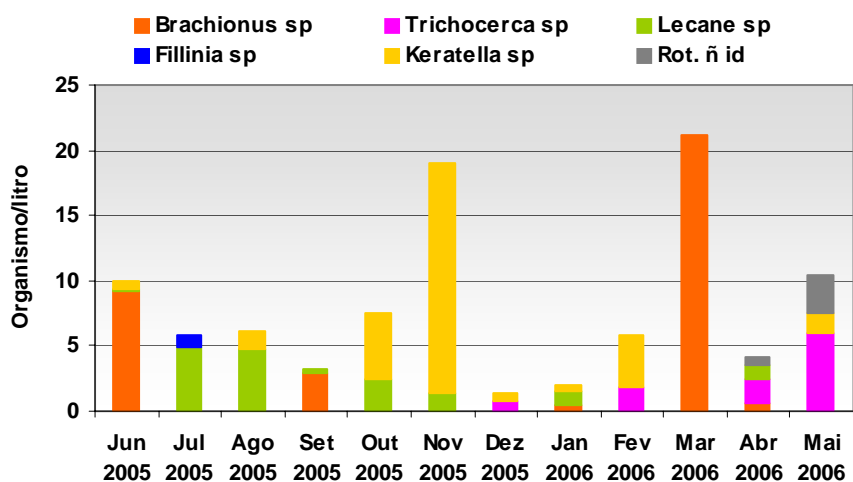


Figura 44: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação M1 (junho 2005 – janeiro 2006).

Na estação M4 foram encontrados apenas 3 gêneros de rotíferos (figura 45). Porém com baixa densidade dentro da comunidade zooplancônica, não ultrapassando 5 indivíduos por litro, com exceção do mês de dezembro de 2006, em que houve uma maior representatividade do gênero *Keratella*.

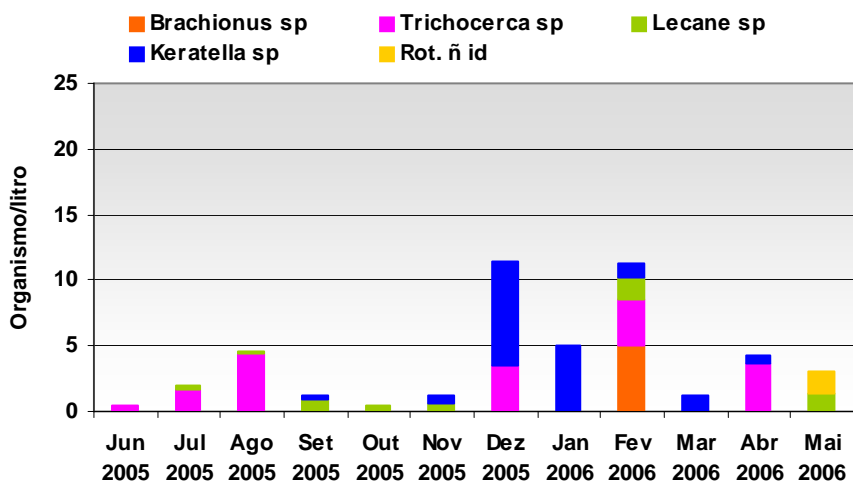


Figura 45: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação M4 (junho 2005 – janeiro 2006).

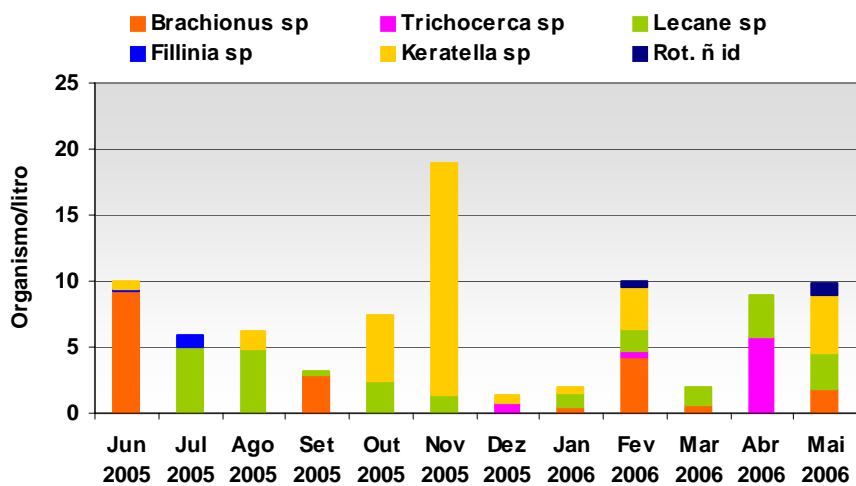


Figura 46: Densidade dos gêneros de rotíferos encontrados na estação M8 (junho 2005 – janeiro 2006).

As tabelas 04, 05 06, e 07 apresentam as densidades de organismos zooplancctônicos por litro nas quatro estações analisadas.

Tabela 04: Taxonomia dos organismos zooplanctônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação J1 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006).

| Filo | Classe | *Ordem Gênero | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 | |
|------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|
| Arthropoda | Copepoda | *Calanoida | 2,1 | 8,8 | 1,8 | 10,5 | 1,7 | 4,2 | 2,0 | 1,4 | 6,8 | 0,5 | 2,2 | 3,7 | |
| | | *Ciclopoida | 4,8 | 8,4 | 2,5 | 7,5 | 1,0 | 3,0 | 4,0 | 1,3 | 5,7 | 1,9 | 1,1 | 9,2 | |
| | Cladocera | <i>Diaphanosoma</i> | 3,0 | 2,4 | 0,6 | 1,5 | - | - | 0,7 | 0,3 | 3,6 | 0,5 | - | 0,9 | |
| | | <i>Ceriodaphnia</i> | 1,9 | - | 1,2 | 1,6 | 0,8 | - | 1,3 | - | - | - | - | - | |
| | | <i>Daphnia</i> | 0,4 | 2,4 | 0,1 | 0,1 | - | 0,6 | - | 0,4 | 3,1 | - | 1,1 | - | |
| | | <i>Bosmina</i> | - | 3,1 | - | 0,6 | 0,8 | - | 1,3 | 0,9 | 2,6 | 4,4 | 1,1 | 0,9 | |
| | | <i>Bosminopsis</i> | - | - | - | - | - | - | - | 0,1 | - | 2,9 | 2,2 | 1,8 | |
| | | Clad. ñ id 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | - | 0,9 | |
| | | Clad. ñ id 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,4 | |
| Rotifera | Monogononta | <i>Fillinia</i> | 0,4 | 2,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | <i>Brachionus</i> | 0,3 | 0,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,0 | 0,4 | - |
| | | <i>Lecane</i> sp | - | - | 0,7 | 1,9 | 0,8 | 1,2 | 0,7 | 0,3 | - | - | 1,1 | 7,3 | |
| | | <i>Trichocerca</i> | - | - | - | - | - | - | 0,7 | 0,3 | - | - | 1,1 | 7,3 | |
| | | <i>Keratella</i> | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,5 | 0,5 | - | - | |
| Total de táxons encontrados | | | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 | 4 | 7 | 8 | 6 | 8 | 9 | 8 | |

Tabela 05: Taxonomia dos organismos zooplancônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação M1 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006).

| Filo | Classe | *Ordem Gênero | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 | |
|------------------------------------|-----------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|
| Arthropoda | Copepoda | *Calanoida | 3,3 | 13,3 | 46,0 | 24,3 | 42,5 | 7,8 | 6,1 | 4,2 | 11,7 | 21,2 | 7,4 | 7,5 | |
| | | *Ciclopoida | 1,2 | 8,1 | 21,0 | 23,7 | 10,0 | 9,2 | 2,5 | 2,4 | 21,4 | 59,5 | 1,5 | 4,5 | |
| | Cladocera | <i>Diaphanosoma</i> | 9,1 | 3,5 | 3,0 | 4,3 | 2,6 | 1,4 | 1,5 | 1,2 | 11,7 | 17,0 | 1,2 | 2,2 | |
| | | <i>Ceriodaphnia</i> | 2,1 | 1,5 | 0,1 | 1,3 | - | 1,4 | 3,0 | - | 66,3 | 110,5 | 1,2 | - | |
| | | <i>Daphnia</i> | 0,3 | - | - | 0,1 | - | - | 0,5 | 0,6 | - | - | - | - | 3,0 |
| | | <i>Bosmina</i> | 0,3 | 0,4 | 2,0 | - | - | - | 1,0 | - | 1,9 | 12,7 | - | - | - |
| | | <i>Moina</i> sp | 0,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | Clad. ñ id 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,9 | 4,2 | - | - | 3,0 |
| | | Clad. ñ id 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,2 | - |
| | | Rotifera | Monogononta | <i>Brachionus</i> | - | 0,6 | - | - | - | - | - | - | - | 21,2 | 0,6 |
| <i>Lecane</i> | - | | | - | 0,3 | 0,1 | - | - | 1,0 | - | - | - | 1,2 | - | |
| <i>Trichocerca</i> | 0,7 | | | 3,0 | - | 0,1 | - | - | - | - | 1,9 | - | 1,8 | 6,0 | |
| <i>Keratella</i> | 0,1 | | | - | 0,6 | - | - | - | - | 2,0 | 3,9 | - | - | 1,5 | |
| Rot. ñ id | - | | | 0,4 | 1,3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | 3,0 |
| Total de táxons encontrados | | | 9 | 8 | 8 | 7 | 3 | 4 | 7 | 5 | 8 | 7 | 9 | 8 | |

Tabela 06: Taxonomia dos organismos zooplancônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação M4 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006).

| Filo | Classe | *Ordem Gênero | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 |
|------------------------------------|-----------|---------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Arthropoda | Copepoda | *Calanoida | 0,7 | 8,8 | 4,5 | 1,5 | 2,1 | 6,5 | 6,1 | 1,4 | 16,5 | 9,4 | 3,1 | 0,7 |
| | | *Ciclopoida | 1,0 | 8,4 | 1,8 | 1,5 | 1,0 | 3,2 | 1,7 | 0,7 | 9,7 | 2,5 | 2,6 | 3,3 |
| | Cladocera | <i>Diaphanosoma</i> | 0,1 | 2,4 | - | 0,6 | 0,5 | - | 3,5 | 3,5 | 2,3 | 3,7 | 1,2 | 4,0 |
| | | <i>Ceriodaphnia</i> | 0,1 | 1,3 | 0,1 | 2,0 | - | 2,0 | 3,5 | 1,4 | 10,8 | 3,1 | 3,1 | - |
| | | <i>Daphnia</i> | - | - | - | - | - | - | - | 2,1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | - |
| | | <i>Bosmina</i> | - | 3,1 | - | - | - | - | 6,1 | 0,7 | 1,7 | - | 0,6 | - |
| | | <i>Moina</i> sp | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | - | - | - |
| | | Clad. ñ id 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | - | 0,6 | 0,7 |
| | | Clad. ñ id 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1,2 | - | - |
| | | Rotifera | Monogononta | <i>Brachionus</i> | - | 0,1 | - | - | - | - | - | 5,1 | - | - |
| <i>Lecane</i> | - | | | - | 0,1 | 1,0 | 0,5 | 0,6 | - | - | 1,7 | - | - | 1,3 |
| <i>Trichocerca</i> | 0,4 | | | - | 4,3 | - | - | - | 3,5 | - | 3,4 | - | 3,7 | - |
| <i>Keratella</i> | - | | | - | - | 0,3 | - | 0,6 | 8,0 | 5,0 | 1,1 | 1,2 | 0,6 | - |
| <i>Fillinia</i> | - | | | 2,4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Rot. ñ id | - | | | - | - | - | - | - | - | - | 1,7 | - | - | - |
| Total de táxons encontrados | | | 5 | 7 | 5 | 7 | 4 | 5 | 7 | 7 | 13 | 7 | 10 | 5 |

Tabela 07: Taxonomia dos organismos zooplancônicos (organismos por litro) presentes no momento da coleta na estação M8 do reservatório da UHE – Samuel (junho-2005 a maio-2006).

| Filo | Classe | *Ordem Gênero | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 |
|------------------------------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Arthropoda | Copepoda | *Calanoida | 2,2 | 6,9 | 26,7 | 8,2 | 29,6 | 16,0 | 4,8 | 1,6 | 6,3 | 1,0 | 10,4 | 5,4 |
| | | *Ciclopoida | 3,0 | 9,0 | 15,4 | 4,8 | 22,2 | 5,6 | 4,8 | 1,0 | 6,3 | 1,3 | 20,8 | 0,9 |
| | Cladocera | <i>Diaphanosoma</i> | 1,0 | 1,2 | - | 0,7 | 2,5 | 5,6 | 20,1 | 0,5 | 4,7 | 0,6 | 8,4 | 2,7 |
| | | <i>Ceriodaphnia</i> | 1,4 | 3,3 | 1,5 | 0,9 | 7,4 | 8,0 | 2,8 | - | 10,0 | 1,3 | 3,2 | 1,8 |
| | | <i>Daphnia</i> | 0,1 | 0,1 | - | - | - | 2,3 | - | - | - | - | - | - |
| | | <i>Bosmina</i> | - | 6,6 | 3,1 | 0,1 | 1,2 | - | 3,5 | - | - | - | 3,9 | 0,9 |
| | | <i>Bosminopsis</i> | - | - | - | - | - | - | 15,3 | 2,1 | - | 3,2 | - | - |
| | | Clad. ñ id 1 | 0,2- | - | - | - | - | 2,8 | - | - | - | - | - | - |
| Clad. ñ id 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,6 | 1,8 | |
| Rotifera | Monogononta | <i>Brachionus</i> | 9,2 | - | 2,8 | - | - | - | - | 0,5 | 4,2 | 0,6 | - | 1,8 |
| | | <i>Lecane</i> | 0,1 | 4,8 | 0,3 | 2,5 | 1,4 | - | 1,4 | 1,0 | 1,6 | 1,3 | 3,2 | 2,7 |
| | | <i>Trichocerca</i> | - | - | - | - | - | 0,7 | - | - | 0,5 | - | - | - |
| | | <i>Keratella</i> | 0,6 | 1,3 | - | 5,0 | 17,6 | 0,7 | 17,6 | 0,5 | 3,2 | - | - | 4,5 |
| | | <i>Fillinia</i> | 0,1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 5,8 | - |
| | | Rot. ñ id | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,5 | - | - | 0,9 |
| Total de táxons encontrados | | | 10 | 8 | 6 | 7 | 7 | 8 | 8 | 7 | 9 | 7 | 8 | 10 |

4.1.11.2. Fitoplâncton

As figuras 47 e 48 apresentam as densidades (%) das famílias de fitoplâncton encontradas na estação J1 durante o período de seca e o período de cheia, respectivamente. Na seca foram encontrados um total de 29 gêneros distintos (tabela 08) distribuídos em 14 famílias, e um táxon cuja identificação não foi possível com o material disponível. E na cheia foram registrados 24 gêneros distribuídos em 14 famílias e 4 táxons não identificados (tabela 09).

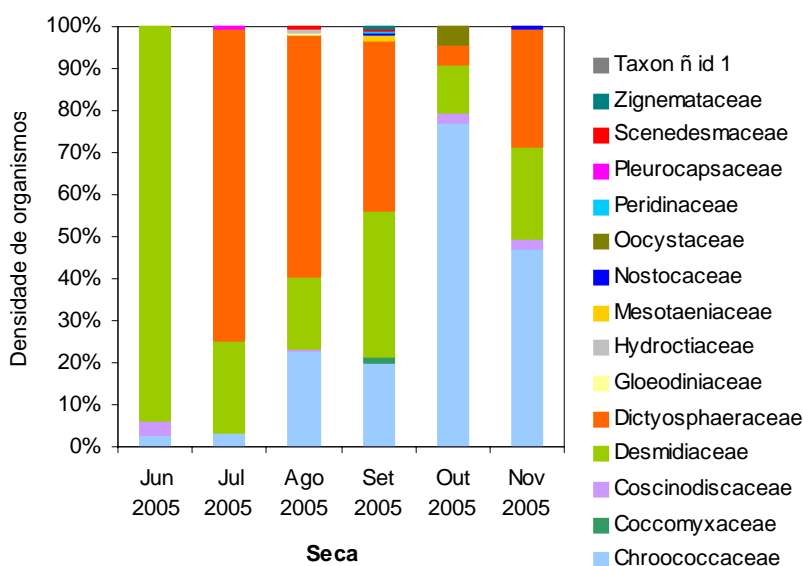


Figura 47: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação J1 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

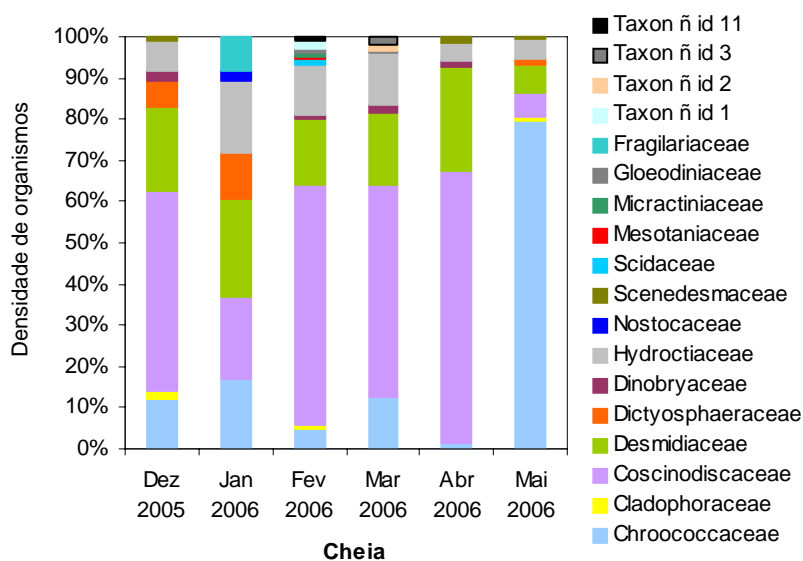


Figura 48: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação J1 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

As famílias Desmidiaceae e Chroococcaceae foram às únicas encontradas em todos os meses de coleta. Espécies da família Desmidiaceae são características de ambientes Amazônicos, pois a maioria das espécies são aptas a sobreviver em ambientes com baixa disponibilidade de nutrientes e as desmídeas microplanctônicas sofrem escassa predação por herbívoros (Brook, 1981 apud Huszar, 2000).

A família Dictyosphaeraceae foi representada por um único gênero, *Botriochoccus*, constituído por algas verde-acastanhadas que tendem a apresentar elevada quantidade numérica “bloom” em condições ambientais favoráveis (Prescott, 1970). Já a família Chroococcaceae foi representada por apenas 3 gêneros (tabela 08), sendo o gênero *Microcystis* com maior densidade numérica. Este grupo de algas cianofíceas também tende a formar florações em condições ambientais favoráveis, principalmente por um aumento na concentração de nutrientes inorgânicos dissolvidos.

Quanto à distribuição dos gêneros de algas fitoplanctônicas na estação M1, foram encontrados 26 gêneros (tabela 10) no período de seca, distribuídos em 14 famílias (figura 49) e 1 táxon cuja identificação não foi possível. Já no período chuvoso foram encontrados 30 gêneros (figura 50) distribuídos em 14 famílias e 4 táxons não foram identificados (tabela 11).

A família Dictyosphaeraceae, que assim como na estação J1 foi representada apenas pelo gênero *Botryococcus* também caracterizado pela formação de florações, predominou durante quase todo período seco, com exceção apenas do mês de novembro de 2005, onde a família Chroococcaceae passou a predominar representada principalmente pelo gênero *Microcystis*. Durante o período chuvoso (figura 50) a estação M1 foi predominada principalmente pelas famílias Desmidiaceae, Coscinodiscaceae e Chroococcaceae.

Tabela 08: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação J1 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de coleta | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------|
| | | | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 |
| Clorophyta | Desmidiaceae | <i>Micrasterias</i> | 0,3 | 2,4 | - | 0,42 | - | - |
| | | <i>Staurastrum</i> | 7,7 | 46,8 | 11,0 | 40,4 | 7,7 | 88,3 |
| | | <i>Onychonema</i> | 0,27 | 0,6 | 0,5 | 0,42 | - | - |
| | | <i>Sataurodesmus</i> | 0,40 | - | - | - | 2,0 | - |
| | | <i>Euastrum</i> | - | 0,6 | - | 0,42 | - | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | - | 1,2 | - | 0,8 | - | 2,7 |
| | | <i>Xanthidium</i> | 0,13 | 4,2 | - | 0,42 | - | - |
| | | <i>Desmidium</i> | - | 1,2 | - | - | - | - |
| | | <i>Sphaerosozma</i> | - | - | 0,5 | - | - | - |
| | Zygnemataceae | <i>Spirogyra</i> | - | 0,6 | - | 0,42 | - | - |
| | Mesotaeniaceae | <i>Gonatozyon</i> | - | - | - | 2,1 | - | - |
| | Dictyosphaeraceae | <i>Botriochoccus</i> | - | 199,8 | 45,1 | 52,2 | 3,8 | 128 |
| | Oocystaceae | <i>Neprocytiun</i> | - | - | - | 0,42 | 3,8 | - |
| | Scenedesmaceae | <i>Coelastrum</i> | - | - | 0,5 | 0,85 | - | - |
| Coccomyxaceae | <i>Dispora</i> | - | - | - | 1,3 | - | - | |
| Hydrodictyaceae | <i>Pediastrum</i> | - | - | 0,5 | - | - | - | |
| Cyanophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 0,27 | 6,0 | 17,3 | 24 | 65,4 | 214 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | - | 2,4 | 0,5 | 2,1 | - | 2,7 |
| | Pleurocapsaceae | <i>Xenococcus</i> | - | 0,6 | - | - | - | - |
| | Nostocaceae | <i>Nodularia</i> | - | - | - | 0,42 | - | 2,7 |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | - | - | 0,5 | - | - | 8,0 |
| | Peridiniaceae | <i>Peridinium</i> | - | - | - | 0,42 | - | - |
| Chrysophyta | Coscinodiscaceae | <i>Coscinodiscus</i> | - | 1,8 | 0,5 | - | 2,0 | 11,0 |
| | | <i>Melosira</i> | 0,3 | 0,6 | 1,1 | 1,7 | - | - |
| Táxon ñ id 1 | | | 0,3 | - | - | - | - | - |
| Total de táxons encontrados | | | 8 | 14 | 11 | 18 | 6 | 8 |

Tabela 09: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação J1 da U.H.E.-Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de coleta | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | | | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 |
| Clorophyta | Desmidiaceae | <i>Staurastrum</i> | 104,2 | 8,1 | 11,5 | 1,0 | 3,9 | 6,2 |
| | | <i>Stauroidesmus</i> | - | 1,0 | 0,7 | 0,5 | - | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | - | 1,0 | - | - | 2,6 | - |
| | | <i>Micrasterias</i> | - | - | 0,7 | 0,5 | - | - |
| | | <i>Xanthidium</i> | - | - | 0,7 | - | - | - |
| | | <i>Onychonema</i> | - | - | 0,7 | - | 5,2 | 1,0 |
| | Dicityosphaeraceae | <i>Botriochoccus</i> | 32,2 | 5,1 | 7,4 | - | - | 2,1 |
| | Scenedesmaceae | <i>Scenedesmus</i> | 4,6 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Coelastrum</i> | - | - | - | - | 1,3 | 1,0 |
| | Cladophoraceae | <i>Cladophora</i> | 9,2 | - | 0,7 | - | - | - |
| | Hidroctyaceae | <i>Pediastrum</i> | 37,1 | 8,1 | 11,5 | 1,0 | 3,9 | 6,2 |
| Mesotaniaceae | <i>Cilindrocystis</i> | - | - | 0,7 | - | - | - | |
| Micractiniaceae | <i>Acanthosphaera</i> | - | - | 0,7 | - | - | - | |
| Cyanophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 50,6 | 4,0 | 2,0 | 0,5 | 1,3 | 108,1 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | 9,2 | 4,0 | - | - | - | - |
| | | <i>Chroococcus</i> | - | - | 2,7 | 3,0 | - | - |
| | Nostocaceae | <i>Nodularia</i> | - | 1,0 | - | - | - | - |
| | Dinobryaceae | <i>Dinobryon</i> | 9,2 | - | 0,5 | 0,5 | - | - |
| <i>Mallomonas</i> | | - | - | 0,7 | - | 1,3 | - | |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | - | 1,0 | 0,7 | - | - | - |
| Crysophyta | Fragilariaceae | <i>Pinnularia</i> | 9,2 | - | - | - | - | - |
| | Coscindiscaceae | <i>Melosira</i> | 234,6 | 9,1 | 54,6 | 14,5 | 56,3 | 8,3 |
| | | <i>Coscinodiscus</i> | - | - | 0,7 | - | 1,3 | - |
| | Scidaceae | <i>Centrtractus</i> | - | - | 1,3 | - | - | - |
| Táxon ñ id 1 | | | - | - | 2,0 | - | - | - |
| Táxon ñ id 2 | | | - | - | - | 0,5 | - | - |
| Táxon ñ id 3 | | | - | - | - | 0,5 | - | - |
| Táxon ñ id 11 | | | - | - | 0,7 | - | - | - |
| Total de táxons encontrados | | | 10 | 10 | 21 | 10 | 10 | 7 |

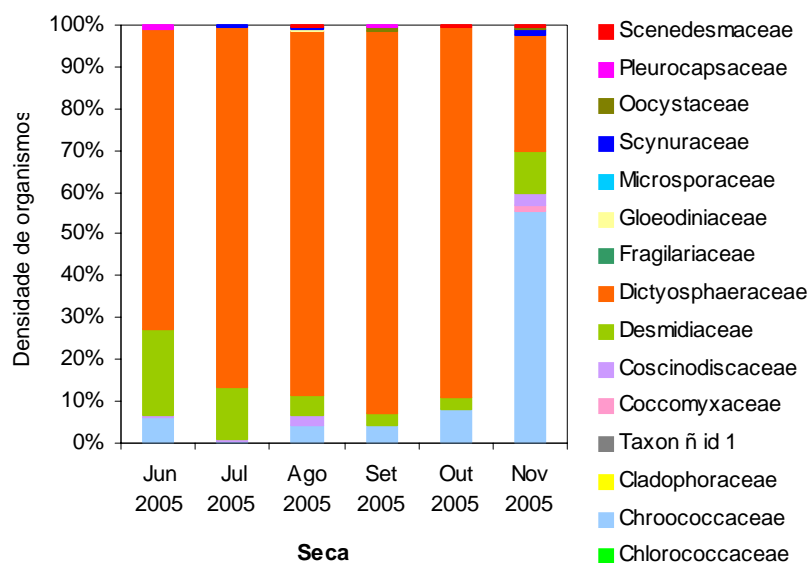


Figura 49: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M1 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

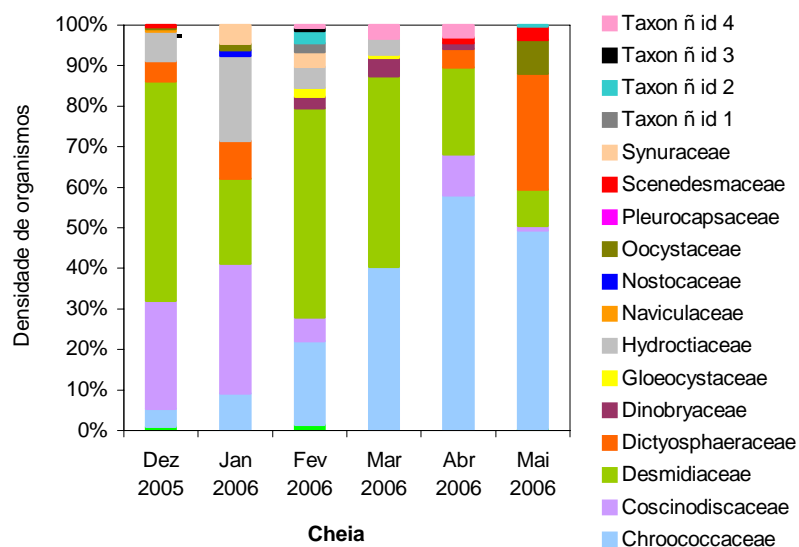


Figura 50: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M1 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

Tabela 10: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M1 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de Coleta | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|----------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|----------|----------|
| | | | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 |
| Chlorophyta | Desmidiaceae | <i>Micrasterias</i> | 2,8 | 0,5 | 1,1 | - | - | - |
| | | <i>Staurastrum</i> | 244,4 | 88,8 | 69,6 | 31,3 | - | 75,6 |
| | | <i>Onychonema</i> | 1,1 | - | - | 1,4 | - | - |
| | | <i>Sataurodesmus</i> | - | 1,0 | - | 4,3 | 6,0 | - |
| | | <i>Euastrum</i> | - | 0,5 | - | - | - | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | 2,3 | 0,5 | - | - | - | - |
| | Dictyosphaeraceae | <i>Sphaerosozma</i> | 0,6 | 0,5 | 1,7 | - | - | - |
| | | <i>Botriochoccus</i> | 928 | 646,8 | 1.255 | 1.354 | 1.375 | 245,0 |
| | Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | - | - | - | 11,4 | 6,0 | 4,4 |
| | | <i>Kirchneriela</i> | - | - | - | - | - | - |
| | Scenedesmaceae | <i>Coelastrum</i> | - | - | 10,3 | - | 6,0 | 4,4 |
| | Chlorococcaceae | <i>Tetraedron</i> | 0,6 | - | - | - | - | - |
| | Microsporaceae | <i>Microspora</i> | 0,6 | - | - | - | - | - |
| | Cladophoraceae | <i>Cladophora</i> | 0,1 | - | - | - | - | - |
| Coccomyxaceae | <i>Dispora</i> | - | - | - | - | - | 13,3 | |
| Cyanophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 74,7 | 4,4 | 53,0 | 54,1 | 144 | 489,5 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | 0,6 | 1,1 | 12,6 | 6,0 | 6,0 | - |
| | | <i>Gloeocapsa</i> | 1,1 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Eucapsis</i> | 0,6 | - | - | - | - | - |
| | Pleurocapsaceae | <i>Xenococcus</i> | 9,2 | - | - | 6,0 | - | - |
| <i>Nodularia</i> | | 2,8 | 2,2 | - | - | - | 13,3 | |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | - | - | 10,3 | - | - | 4,4 |
| Chrysophyta | Fragilariaceae | <i>Tabellaria</i> | - | 0,5 | - | - | - | - |
| | Coccinodiscaceae | <i>Coccinodiscus</i> | 2,8 | 0,5 | 28,7 | 6,0 | 6,0 | 27,0 |
| | | <i>Melosira</i> | 1,7 | - | 10,3 | 1,4 | - | 9,0 |
| | Synuraceae | <i>Mallomonas</i> | - | - | - | - | - | - |
| Táxon ñ id 1 | | | 0,6 | - | - | - | - | - |
| Total de táxons encontrados | | | 18 | 12 | 10 | 9 | 8 | 9 |

Tabela 11: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M1 da U.H.E.-Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de coleta | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|------------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|
| | | | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 |
| Clorophyta | Desmidiaceae | <i>Micrasterias</i> | - | 0,8 | - | - | - | 1,1 |
| | | <i>Staurastrum</i> | 520,0 | 10,1 | 5,4 | 4,4 | 24,7 | 102,6 |
| | | <i>Stauroidesmus</i> | 10,0 | - | 1,3 | 1,1 | - | - |
| | | <i>Xanthidium</i> | 16,0 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Desmidium</i> | - | 0,8 | - | - | - | - |
| | | <i>Onychonema</i> | - | - | 0,6 | 1,1 | 2,3 | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | - | - | 0,6 | 6,6 | 2,3 | 1,1 |
| | | <i>Euastrum</i> | - | - | - | 2,2 | - | - |
| | Cladophoraceae | <i>Cladophora</i> | - | - | - | - | 2,3 | - |
| | Dictyosphaeraceae | <i>Botriochococcus</i> | 50,0 | 5,0 | 2,0 | - | 1,2 | 3,4 |
| | | <i>Dictyophaerium</i> | - | - | - | - | - | 1,1 |
| | Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | 5,0 | - | - | - | - | 2,3 |
| | | <i>Kirchneriella</i> | - | 0,8 | - | - | - | - |
| | Scenedesmaceae | <i>Scenedesmus</i> | 5,0 | - | - | - | - | 6,8 |
| | | <i>Coelastrum</i> | - | - | 0,6 | - | 2,3 | 1,1 |
| | Microsporaceae | <i>Microspora</i> | 10,0 | - | - | - | - | - |
| | Hidroctyaceae | <i>Pediastrum</i> | 75,0 | 11,7 | 37,8 | 4,4 | 65,8 | - |
| Cyanophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 40,0 | 0,5 | 15,5 | - | 48,2 | 100,3 |
| | | <i>Chroococcus</i> | - | - | 2,0 | 2,2 | - | 5,7 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | 5,0 | 2,5 | - | - | - | - |
| | | <i>Gloeocapsa</i> | - | - | - | - | - | 1,1 |
| | Dinobryaceae | <i>Dinobryon</i> | - | - | 10,8 | - | - | - |
| | | <i>Mallomonas</i> | 2,5 | - | - | - | 1,2 | - |
| | Pleurocapsaceae | <i>Nodularia</i> | - | 0,8 | - | - | - | - |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | 5,0 | - | - | - | - | |
| Chrysophyta | Fragilariaceae | <i>Pinnularia</i> | 5,0 | - | - | - | - | |
| | | <i>Fragilaria</i> | - | - | - | - | 1,2 | |
| | Coscinodiscaceae | <i>Coscinodiscus</i> | 10,0 | - | 2,6 | - | - | |
| | | <i>Melosira</i> | 260,0 | 17,6 | 18,2 | 1,1 | 169,2 | |
| | Scidaceae | <i>Centritractus</i> | - | - | - | - | - | |
| Táxon ñ id 1 | | | 0,1 | - | - | - | - | |
| Táxon ñ id 2 | | | - | 0,6 | 2,0 | - | - | |
| Táxon ñ id 3 | | | - | - | - | 1,2 | 1,1 | |
| Táxon ñ id 6 | | | - | - | - | - | 2,3 | |
| Táxon ñ id 7 | | | - | - | - | - | 1,1 | |
| Táxon ñ id 8 | | | - | - | - | - | 1,1 | |
| Total de táxons encontrados | | | 16 | 11 | 13 | 9 | 12 | |

A estação M4 apresentou 27 gêneros, distribuídos em 14 famílias e 2 táxons não identificados durante o período seco (figura 51 e tabela 12). No período chuvoso também foram registrados 27 gêneros, porém distribuídos em 12 famílias e 6 táxons não identificados (figura 52 e tabela 13).

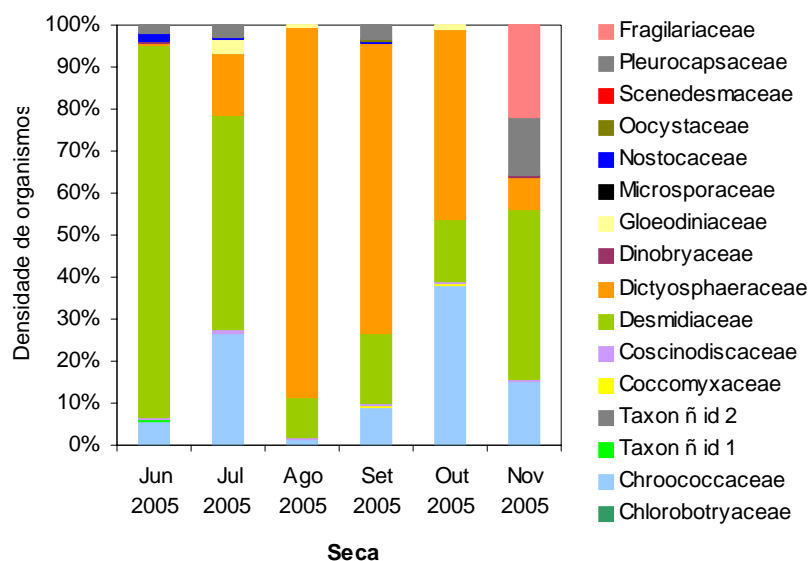


Figura 51: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M4 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

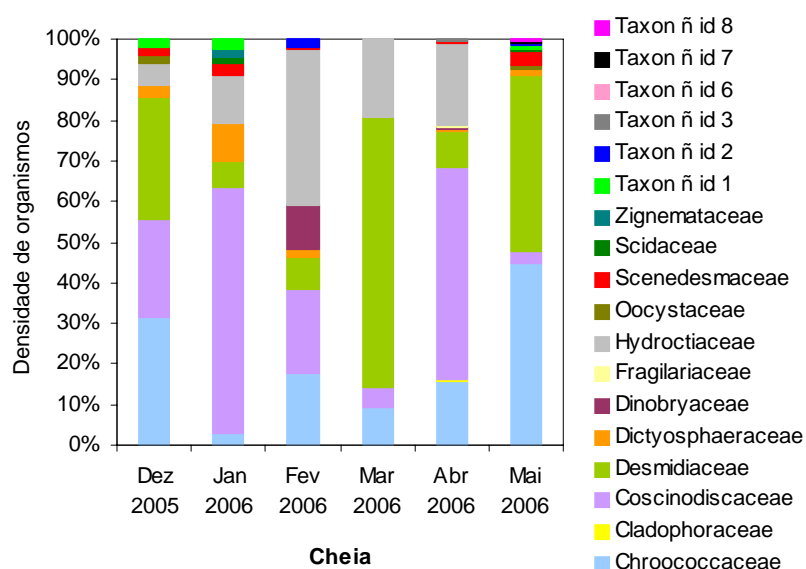


Figura 52: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M4 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

Entretanto, na estação M4 as algas fitoplanctônicas alternaram sua predominância durante todo o ano amostrado através da densidade de 4 principais famílias, são elas: Desmidiaceae, Dictyosphaeraceae, Chroococcaceae e Coscinodiscaceae, esta última com maior densidade no período de cheia representada principalmente pelo gêneros *Melosira*.

Tabela 12: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M4 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

| Divisão | Famílias | Gênero | Meses de coleta | | | | | |
|------------------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| | | | Jun 2005 | Jul 2005 | Ago 2005 | Set 2005 | Out 2005 | Nov 2005 |
| Chlorophyta | Desmidiaceae | <i>Micrasterias</i> | - | 1,1 | 0,6 | - | - | - |
| | | <i>Staurastrum</i> | 101,8 | 205,8 | 36,5 | 130,0 | 400,0 | 2.252 |
| | | <i>Onychonema</i> | 1,0 | 1,1 | 0,2 | - | - | - |
| | | <i>Sataurodesmus</i> | 0,4 | - | - | 14,4 | - | 17,0 |
| | | <i>Euastrum</i> | - | - | 0,2 | - | - | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | 2,0 | 1,1 | - | 1,6 | - | 17,0 |
| | | <i>Xanthidium</i> | 0,4 | 5,7 | - | - | - | - |
| | | <i>Sphaerosozma</i> | - | 2,8 | - | - | - | - |
| | | <i>Closterium</i> | - | - | 0,2 | - | - | - |
| | <i>Spondylosium</i> | 0,1 | - | - | - | - | - | |
| | Dicityosphaeraceae | <i>Botriochoccus</i> | 0,7 | 63,8 | 362,2 | 625,2 | 1.211 | 460 |
| | Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | - | 0,6 | - | 8,0 | - | - |
| | | <i>Kirchneriela</i> | - | - | - | 5,0 | - | - |
| | Scenedesmaceae | <i>Coelastrum</i> | - | - | - | 3,2 | - | - |
| | Microsporaceae | <i>Microspora</i> | 0,1 | - | - | - | - | - |
| Coccomyxaceae | <i>Dispora</i> | - | - | - | 3,2 | 18,4 | - | |
| Cyanophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 5,2 | 106,4 | 6,5 | 72,0 | 1.027 | 884,0 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | 1,8 | 8,0 | 0,2 | 9,6 | 12,3 | 4,2 |
| | Pleurocapsaceae | <i>Nodularia</i> | 2,0 | 2,8 | - | 3,2 | - | 21,2 |
| | Nostocaceae | <i>Cylindrospermum</i> | 0,2 | - | - | - | - | - |
| | Dinobryaceae | <i>Dinobryon</i> | 0,4 | - | - | - | - | 21,2 |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | - | 13,2 | 1,0 | 3,2 | 24,6 | 59,5 |
| Chrysophyta | Chlrobotrydaceae | <i>Chlorellidiopsis s</i> | - | 0,6 | - | - | - | - |
| | Fragilariaceae | <i>Tabellaria</i> | - | - | - | - | - | 34 |
| | Coscinodiscaceae | <i>Coscinodiscus</i> | 0,6 | 3,4 | 1,7 | 5,0 | 6,1 | - |
| | | <i>Melosira</i> | 0,7 | 3,4 | 0,2 | - | 6,5 | 8,5 |
| <i>Centritractus</i> | | - | - | - | - | - | - | |
| Táxon ñ id 1 | | 0,1 | - | - | - | - | - | |
| Táxon ñ id 2 | | - | 0,6 | - | - | - | - | |
| Total de táxons encontrados | | | 16 | 16 | 11 | 13 | 8 | 11 |

Tabela 13: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M4 da U.H.E.- Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de coleta | | | | | |
|------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|
| | | | Dez 2006 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 |
| Clorophyta | Desmidiaceae | <i>Staurastrum</i> | 145,0 | 1,6 | 5,4 | 4,4 | 247,0 | 102,6 |
| | | <i>Euastrum</i> | - | 1,6 | | | | |
| | | <i>Stauroidesmus</i> | - | - | 1,3 | 1,1 | - | - |
| | | <i>Onychonema</i> | - | - | 0,6 | 1,1 | 2,3 | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | - | - | 0,6 | 6,6 | 2,3 | 1,1 |
| | | <i>Euastrum</i> | - | - | - | 2,2 | - | - |
| | | <i>Micrasterias</i> | - | - | - | - | - | 1,1 |
| | | <i>Spirogyra</i> | - | 0,8 | - | - | - | - |
| | Cladophoraceae | <i>Cladophora</i> | - | - | - | - | 2,3 | - |
| | Dictyosphaeraceae | <i>Botriochoccus</i> | 13,6 | 5,6 | 2,0 | - | 1,2 | 3,4 |
| | | <i>Dichiosphaerium</i> | - | - | - | - | - | 1,1 |
| | Scenedesmaceae | <i>Coelastrum</i> | 4,5 | - | 0,6 | - | 2,3 | 1,1 |
| | | <i>Scenedesmus</i> | 4,5 | - | - | - | - | 6,8 |
| | Hidroctyaceae | <i>Pediastrum</i> | 27,1 | 7,2 | 37,8 | 4,4 | 65,8 | - |
| Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | - | - | - | - | - | 2,3 | |
| | <i>Echnospharella</i> | 9,0 | - | - | - | - | - | |
| Cianophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 136 | 1,6 | 15,5 | - | 48,2 | 100,3 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | 13,6 | 2,4 | | | | |
| | | <i>Chroococcus</i> | - | - | 2,0 | 2,2 | - | 5,7 |
| | | <i>Gloeocapsa</i> | - | - | - | - | - | 1,1 |
| | Dinobryaceae | <i>Dinobryoum</i> | - | - | 10,8 | - | - | - |
| | | <i>Mallomonas</i> | - | - | - | - | 1,2 | - |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | - | 0,8 | | | | |
| Crysophyta | Coscinodiscaceae | <i>Coscinodiscus</i> | 9,0 | 1,6 | 2,6 | - | - | - |
| | | <i>Melosira</i> | 108,6 | 34,6 | 18,2 | 1,1 | 169,2 | 6,8 |
| | Scidaceae | <i>Centritractus</i> | - | 0,8 | - | - | - | 1,1 |
| | Fragilariaceae | <i>Fragilaria</i> | - | - | - | - | 1,2 | - |
| Táxon ñ id 1 | | - | - | - | - | - | 1,1 | |
| Táxon ñ id 2 | | 2,0 | - | - | - | - | 1,1 | |
| Táxon ñ id3 | | - | - | - | - | 1,2 | 1,1 | |
| Taxon ñ id 6 | | - | - | - | - | - | 2,3 | |
| Táxon ñ id 7 | | - | - | - | - | - | 1,1 | |
| Táxon ñ id 8 | | - | - | - | - | - | 1,1 | |
| Total de táxons encontrados | | | 11 | 11 | 12 | 8 | 12 | 19 |

Na estação M8 foi encontrado o maior número de gêneros e famílias durante todos os meses de coleta (tabelas 14 e 15). Durante o período seco foram registrados 31 gêneros distribuídos em 17 famílias e 2 táxons não identificados (figura 53) e durante o período chuvoso foram registrados 24 gêneros distribuídos em 16 famílias e 3 táxons não identificados (figura 54). As famílias que apresentaram maior densidade foram Desmidiaceae, Dictyosphaeraceae, Chroococcaceae e Coscinodiscaceae.

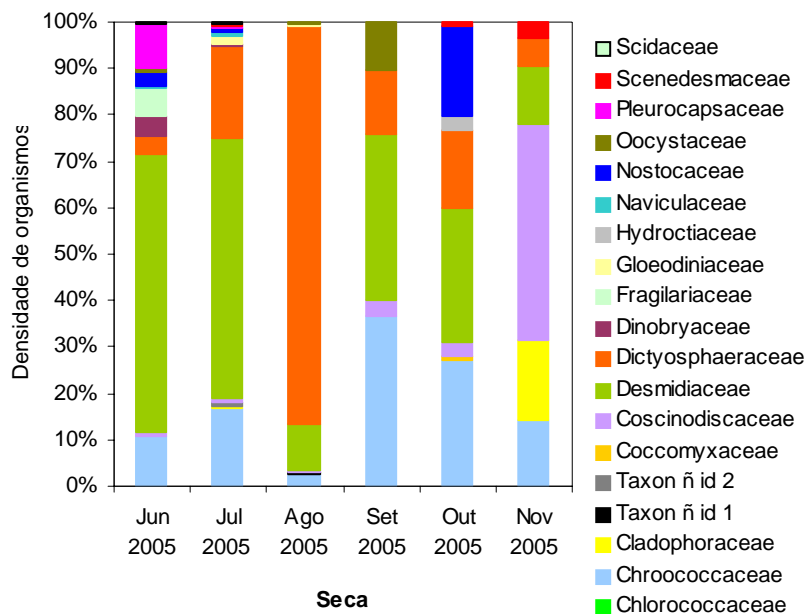


Figura 53: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M8 no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

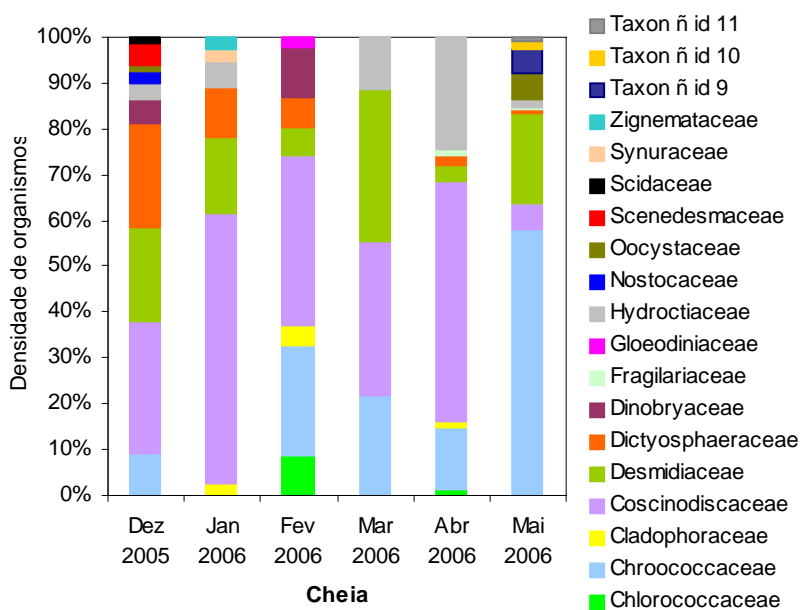


Figura 54: Densidade das famílias de fitoplâncton encontrados na estação M8 no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

Tabela 14: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M8 da U.H.E.-Samuel no período de seca (junho de 2005 – novembro de 2005).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de coleta | | | | | Nov 2006 |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | Jun 2006 | Jul 2006 | Ago 2006 | Set 2006 | Out 2006 | |
| Clorophyta | Desmidiaceae | <i>Micrasterias</i> | 0,8 | - | 1,1 | 50,0 | - | - |
| | | <i>Staurastrum</i> | 134,4 | 96,6 | 70,0 | - | 133,6 | 230,0 |
| | | <i>Onychonema</i> | 4,8 | 1,2 | 1,7 | - | - | 10,0 |
| | | <i>Stauroidesmus</i> | 4,0 | - | 5,2 | - | - | 10,0 |
| | | <i>Euastrum</i> | 0,8 | - | 0,6 | 3,3 | - | - |
| | | <i>Cosmarium</i> | 7,2 | - | 1,1 | 3,3 | - | - |
| | | <i>Xanthidium</i> | - | - | 1,1 | - | - | - |
| | | <i>Sphaerosozma</i> | 0,8 | 3,0 | - | - | - | - |
| | | <i>Pleurotaenium</i> | - | - | 0,6 | - | - | - |
| | Dictyosphaeraceae | <i>Botriochoccus</i> | 11,2 | 37,8 | 691,7 | 36,6 | 97,2 | 120,0 |
| | Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | 1,6 | - | 3,0 | 26,6 | - | - |
| | | <i>Kirchneriella</i> | 0,8 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Echnospharella</i> | - | - | 0,6 | - | - | - |
| | Scenedesmaceae | <i>Coelastrum</i> | - | 0,6 | 0,6 | 3,3 | 6,1 | 70,0 |
| Chlorococcaceae | <i>Tetraedron</i> | - | - | 0,6 | - | - | - | |
| Cladophoraceae | <i>Cladophora</i> | - | 1,2 | - | - | - | 340,0 | |
| Coccomyxaceae | <i>Dispora</i> | - | - | - | 36,6 | 6,1 | - | |
| Hidroctyaceae | <i>Pediastrum</i> | - | - | - | 6,6 | 18,2 | 28,0 | |
| Cianophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 28,8 | 28,8 | 14,4 | 26,6 | 152,0 | 280,0 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | - | 3,0 | 4,6 | 36,6 | 6,1 | 10,0 |
| | Pleurocapsaceae | <i>Xenococcus</i> | 26,4 | 1,2 | - | - | - | - |
| | | <i>Nodularia</i> | 9,6 | 1,2 | - | - | 115,4 | - |
| | Dinobryaceae | <i>Dinobryum</i> | 12,0 | 0,6 | - | - | - | - |
| Nostocaceae | <i>Cylindrospermum</i> | 0,8 | - | - | - | - | - | |
| Pyrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | - | 3,0 | 2,9 | 10,0 | - | - |
| Crysophyta | Fragilariaceae | <i>Pinnularia</i> | - | 1,8 | - | - | - | - |
| | | <i>Tabellaria</i> | 1,6 | - | - | - | - | - |
| | Naviculaceae | <i>Amphipleura</i> | 0,8 | - | - | - | - | - |
| | Coccinodiscaceae | <i>Coccinodiscus</i> | 2,4 | 1,8 | 1,1 | 10,0 | 18,2 | - |
| | | <i>Melosira</i> | 19,2 | 5,4 | 0,6 | 10,0 | 36,4 | 938,0 |
| Scidaceae | <i>Centritractus</i> | 0,8 | 1,2 | - | - | - | - | |
| Táxon ñ id 1 | | | - | 1,2 | - | - | - | - |
| Táxon ñ id 2 | | | - | - | 0,6 | - | - | - |
| Total de táxons encontrados | | | 20 | 17 | 19 | 13 | 10 | 11 |

Tabela 15: Densidade dos gêneros de fitoplâncton (organismos/Litro) encontrados na estação M8 da U.H.E.-Samuel no período de cheia (dezembro de 2005 – maio de 2006).

| Divisão | Família | Gênero | Meses de coleta | | | | | |
|------------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------|-----------|----------|----------|-----------|
| | | | Dez 2005 | Jan 2006 | Fev 2006 | Mar 2006 | Abr 2006 | Mai 2006 |
| Clorophyta | Desmidiaceae | <i>Staurastrum</i> | 53,1 | 10,2 | 0,8 | 1,2 | 1,2 | 23,4 |
| | | <i>Stauroidesmus</i> | 4,4 | - | - | - | - | 2,2 |
| | | <i>Cosmarium</i> | 8,8 | - | 0,8 | - | - | - |
| | | <i>Spirogyra</i> | - | 3,4 | - | - | - | - |
| | | <i>Xanthidium</i> | - | - | 0,8 | - | - | - |
| | | <i>Onychonema</i> | - | - | 2,3 | - | - | - |
| | Dictyosphaeraceae | <i>Botriochoccus</i> | 79,6 | 13,7 | 2,4 | - | 2,3 | - |
| | Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | 4,4 | - | - | - | - | - |
| | Scenedesmaceae | <i>Coelastrum</i> | 17,7 | - | 0,8 | - | - | 1,1 |
| | Cladophoraceae | <i>Cladophora</i> | - | 3,4 | - | - | 1,2 | - |
| | Hidroctyaceae | <i>Pediastrum</i> | 13,3 | 6,8 | 3,2 | 1,2 | 24,7 | 2,2 |
| Chlorococcaceae | <i>Tetraedron</i> | - | - | 1,2 | - | - | - | |
| Oocystaceae | <i>Neprocytium</i> | - | - | - | - | - | 6,7 | |
| Cyanophyta | Chroococcaceae | <i>Microcystis</i> | 26,5 | - | 8,0 | 2,3 | 13,0 | 62,3 |
| | | <i>Aphanocapsa</i> | 4,4 | - | - | - | - | - |
| | | <i>Chroococcus</i> | - | - | 0,8 | - | - | 14,5 |
| | Pleurocapsaceae | <i>Nodularia</i> | 8,8 | - | - | - | - | - |
| Dinobryaceae | <i>Dinobryum</i> | 17,7 | - | 2,4 | - | - | - | |
| Pyrrophyta | Gloeodiniaceae | <i>Gloeodinium</i> | 4,4 | 10,2 | - | - | - | - |
| Crysophyta | Coscinodiscaceae | <i>Coscinodiscus</i> | 8,8 | 6,8 | - | - | 1,2 | 1,1 |
| | | <i>Melosira</i> | 93,0 | 68,4 | 13,6 | 3,5 | 52,0 | 5,6 |
| | Scidaceae | <i>Centritractus</i> | 4,4 | - | - | - | - | - |
| | Synuraceae | <i>Mallomonas</i> | - | 3,4 | 1,6 | - | - | - |
| Fragilariaceae | <i>Fragilaria</i> | - | - | - | - | 1,2 | 1,1 | |
| Táxon ñ id 9 | | | - | - | - | - | - | 6,7 |
| Táxon ñ id 10 | | | - | - | - | - | - | 2,2 |
| Táxon ñ id 11 | | | - | - | - | - | - | 1,1 |
| Total de táxons encontrados | | | 15 | 9 | 13 | 4 | 8 | 13 |

4.2. Concentração de Hg no plâncton total

A fim de verificar a qualidade analítica nas análises de Hg total no plâncton total, a cada bateria de análise foram utilizados além de brancos controle, amostra de referência “interna” (AFPX-5130) onde a média das recuperações obtidas nas sete digestões realizadas, bem como os valores máximo e mínimo estão apresentadas na tabela 16.

Tabela 16: Concentração de Hg total em amostras de “referência interna” de peixe ($\mu\text{g.g}^{-1}$) utilizadas no controle de qualidade analítico.

| Amostra de Referência | Valor de Referência (LREPF-UFRJ) | | Valor do Lab. de Biogeoquímica Ambiental (UNIR) | | |
|-----------------------|----------------------------------|-------------|---|-------------|-----------------------|
| | Média \pm D.P. | Intervalo | Média \pm D.P | Intervalo | Recuperação Média (%) |
| AFPX-5130 | 13,87 \pm 0,86 | 12,90–14,40 | 13,07 \pm 1,11 | 11,01–15,21 | 94 |

A figura 55 apresenta as concentrações de mercúrio (Hg) no plâncton total das estações J1 e M1. Onde se pode observar que estas duas estações apresentaram o mesmo comportamento no que se refere aos maiores e menores valores de Hg encontrados ao longo dos 12 meses de coleta.

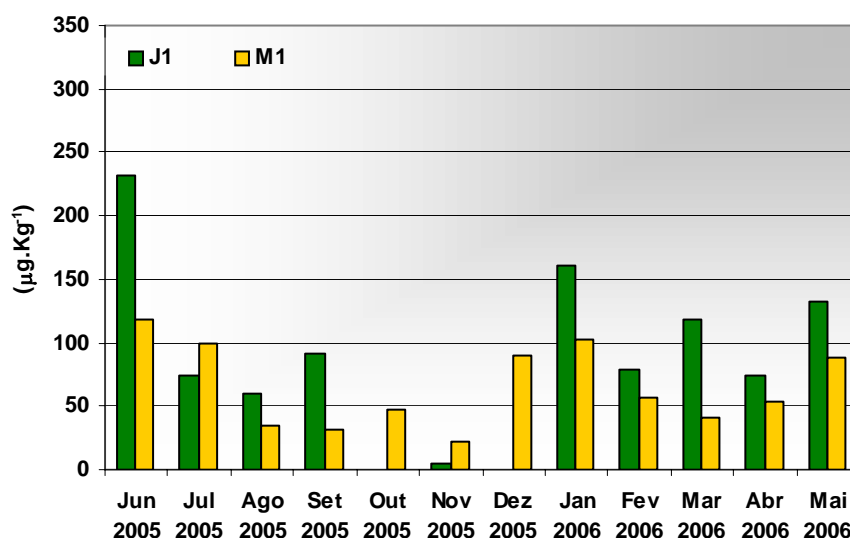


Figura 55: Concentração de mercúrio ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$) no plâncton total (fito+zoo) nas estações J1 e M1 durante o período amostrado (2005-2006).

Na estação J1 o maior valor de Hg foi encontrado no mês de junho de 2005 ($232\mu\text{g.Kg}^{-1}$), seguido de uma consecutiva queda em seus valores nos meses seguintes, sendo registrado seu menor valor ($4\mu\text{g.Kg}^{-1}$) em novembro de 2005. Ressalta-se que nos meses de outubro e dezembro de 2005 não foi possível a obtenção de massa de plâncton suficiente para análise de mercúrio.

Na estação M1 o maior valor foi obtido no mês de junho de 2005 ($118\mu\text{g.Kg}^{-1}$) e o menor valor no mês de novembro ($22\mu\text{g.Kg}^{-1}$).

Após o início das chuvas, registrado no mês de dezembro de 2005, observou-se novamente um aumento das concentrações de Hg no plâncton nas estações J1 e M1 (figura 55), no entanto apresentando valores mais baixos quando comparados ao mês de junho de 2005. Este aumento provavelmente está relacionado com a entrada de partículas incorporadas ao Hg provenientes do solo ao ambiente aquático através da lixiviação. De forma que os valores de Hg não foram mais elevados provavelmente devido ao fator diluição.

Os valores de Hg no plâncton da estação M4 e M8 são apresentados na figura 56. Quanto a concentração de mercúrio no plâncton as estações M4 e M8 tiveram o mesmo comportamento no que se refere às menores concentrações de Hg ambas registradas em outubro de 2005, que correspondem a $22\mu\text{g.Kg}^{-1}$ e $5\mu\text{g.Kg}^{-1}$, respectivamente.

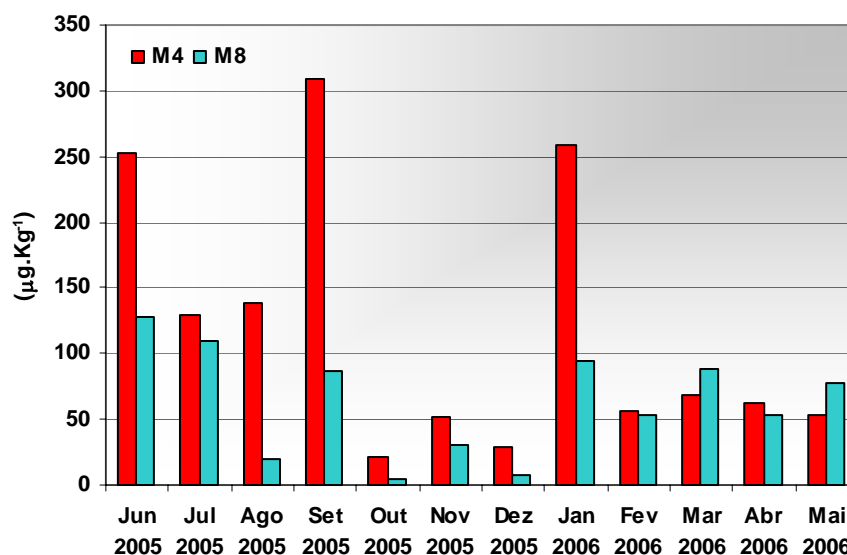


Figura 56: Concentração de mercúrio ($\mu\text{g.Hg.Kg}^{-1}$) no plâncton total (fito+zoo) nas estações M4 e M8 durante o período amostrado (2005-2006).

Já o maior valor de Hg no plâncton da estação M4 ($309\mu\text{g.Kg}^{-1}$) foi obtido em setembro de 2005 e na estação M8 ($128\mu\text{g.Kg}^{-1}$) obtido em junho de 2005.

Kainz et al, (2005) verificaram que as concentrações de mercúrio total aumentavam progressivamente nos organismos de maior tamanho. Mesmo o fitoplâncton ter sido predominante durante praticamente todo período amostral nas 4 estações, através dos baixos valores obtidos de pigmento total (clorofila *a* ativa + clorofila *a* degradada), podemos inferir que a maior parte dos valores de Hg encontrados

no plâncton total é de origem zooplânctônica, visto que em termos de biomassa seca esses organismos são mais representativos por possuírem um tamanho maior. Em estudos em que foram avaliadas as concentrações de Hg no plâncton de diferentes frações de tamanho (Abreu et al, 2001 e Kainz et al, 2005) foram encontrados resultados semelhantes, ou seja, quando havia predominância dos copépodos eram obtidos maiores valores de Hg. Segundo Rocha (2003), os calanóides são essencialmente filtradores e o fitoplâncton é sua principal fonte de alimento, utilizando eventualmente detritos e os ciclopóides são preferencialmente carnívoros (outros microcrustáceos).

Nas estações J1, M1, M4 e M8 foram encontradas duas ordens para classe copepoda, que correspondem às ordens calanoida e ciclopoida (figura 31, 32, 33 e 34). Estudos realizados por Gorski (2003) em dois lagos distintos dos Estados Unidos, lago Richie e lago Sargent, mostraram que o lago que continha uma maior densidade de calanoidas (lago Richie) também apresentou menor concentração de Hg total ($44-77\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$), enquanto que o lago em que a densidade de ciclopoidas era maior (lago Sargent) apresentou valores maiores ($196-276\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$).

Entretanto, no presente trabalho devido ao fato dos calanoidas e ciclopoidas em alguns meses apresentarem densidade muito semelhante e apresentando maior densidade durante praticamente todo período amostrado bem como sua grande variação nos valores de Hg ao longo do ano, não foi possível observar alguma relação.

Em estudos realizados por Pickhardt et al, (2005) foi verificado que as variações de Hg no zooplâncton não estavam associadas à presença de calanoidas ou ciclopoidas, mas sim a presença de cladóceros. No presente estudo só foi verificado um aumento nas concentrações de Hg quando os cladóceros dominaram o zooplâncton no mês de março de 2006 na estação J1, nas estações M1 e M4, já quando os cladóceros dominaram os valores de Hg diminuíram quando comparado aos meses anteriores.

Com relação à presença de determinados grupos no plâncton que podem influenciar nas concentrações de Hg nestes organismos, para o fitoplâncton observou-se que quando foi registrado floração de *Microcystis* (novembro de 2005 e maio de 2006 na estação M1, outubro e novembro de 2005 e maio de 2006 na estação M4 e outubro e novembro de 2005 na estação M8) os valores de Hg no plâncton total foram menores (figuras 55 e 58). Masson (2000) sugere que algumas espécies de cianofíceas transformam o Hg^{++} em Hg^0 como forma de eliminação deste elemento, o que diminuiria as concentrações de Hg neste grupo de algas.

As concentrações de Hg encontradas no presente trabalho corroboram com valores de Hg que se tem obtido no plâncton coletado em áreas da região Amazônica que ainda sofrem com o impacto causado pelo garimpo de ouro e/ou por solos naturalmente impactados (Lago Rio Negro, Lago Rio Tapajós e reservatório da U.H.E. – Samuel); com áreas pouco impactadas (reservatório de Ribeirão das Lajes); e reservatórios impactados devido a grande concentração de indústrias (reservatório de Québec). Estes valores estão apresentados na tabela 17.

Tabela 17: Comparação entre as concentrações de Hg encontradas no plâncton de um Lago do Rio Negro (Pacheco-Paleja, 2002), um Lago do Rio Tapajós (Pacheco-Paleja, 2002), do reservatório de Ribeirão das Lajes (Palermo et al 2002), reservatório de Québec (Tremblay, 1998) e do reservatório da U.H.E. Samuel (Nascimento, 2006).

| | >[Hg] $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ | <[Hg] $\mu\text{g}\cdot\text{Kg}^{-1}$ |
|---|---|---|
| Lago Rio Negro (AM) | 452 | 242 |
| Lago Rio Tapajós (AM) | 264 | 150 |
| Reservatório de Ribeirão das Lajes (RJ) | 100 | 30 |
| Reservatório de Québec (Canadá) | 538 | 70 |
| Reservatório U.H.E. Samuel (RO) | 309 | 5 |

4.3. Análise multivariada

4.3.1. Análise das componentes principais (ACP)

A tabela 18 apresenta os valores médios das variáveis físicas, químicas e biológicas dos períodos de seca e cheia das estações J1, M1, M4 e M8, utilizados na análise de componentes principais.

Tabela 18: Valores médios das variáveis físicas, químicas e biológicas nas estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da UHE-Samuel.

| Variáveis | J1 Seca | J1 Cheia | M1 Seca | M1 Cheia | M4 Seca | M4 Cheia | M8 Seca | M8 Cheia |
|--|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Transparência (m) | 2,1 | 2,0 | 2,8 | 2,2 | 3,1 | 1,9 | 3,0 | 1,6 |
| Profundidade (m) | 3,8 | 7,2 | 28,0 | 31,2 | 22,5 | 26,8 | 23,1 | 24,6 |
| Temperatura (°C) | 28,5 | 28,1 | 30,7 | 29,9 | 30,4 | 29,3 | 30,2 | 28,3 |
| Condutividade elétrica ($\mu\text{Sm.cm}^{-1}$) | 27,8 | 36,8 | 22,8 | 34,5 | 27,5 | 31,6 | 29,0 | 34,7 |
| Potencial hidrogeniônico | 6,6 | 6,4 | 7,4 | 6,8 | 7,4 | 7,0 | 7,2 | 6,8 |
| Oxigênio dissolvido (mg/L) | 3,1 | 4,9 | 7,9 | 6,6 | 7,3 | 6,9 | 7,0 | 5,8 |
| Pigmento Total ($\mu\text{g/L}$) | 2,1 | 2,1 | 3,4 | 2,5 | 4,6 | 5,5 | 5,5 | 5,4 |
| Demanda química de oxigênio (mgO_2/L) | 3,3 | 4,5 | 5,9 | 3,4 | 4,6 | 3,7 | 4,2 | 4,1 |
| Amônia ($\mu\text{g/L}$) | 5,2 | 13,2 | 1,7 | 12,7 | 2,3 | 14,2 | 6,6 | 8,4 |
| Nitrito ($\mu\text{g/L}$) | 1,5 | 4,6 | 1,2 | 3,4 | 1,4 | 3,9 | 2,5 | 4,8 |
| Ortofosfato ($\mu\text{g/L}$) | 3,0 | 10,3 | 5,3 | 9,6 | 5,6 | 10,9 | 7,6 | 10,6 |
| Fósforo total ($\mu\text{g/L}$) | 10,3 | 25,0 | 16,2 | 22,6 | 10,4 | 29,4 | 17,7 | 26,6 |
| Concentração de Hg no plâncton ($\mu\text{g.Kg}^{-1}$) | 77,0 | 94,0 | 58,8 | 72,2 | 150,8 | 97,5 | 98,1 | 62,2 |

Os resultados da ACP com base nos dados físicos, químicos e biológicos são apresentados na figura 57 e na tabela 19, onde os dois primeiros eixos explicaram 78% da variabilidade conjunta dos dados.

No eixo 1 (52%) houve a separação das estações M1, M4 e M8 em função dos períodos de seca e cheia. As variáveis que contribuíram para a formação do primeiro eixo foram temperatura (0,8589), condutividade elétrica (-0,9052), pH (0,8678), amônia (-0,8600), nitrito (-0,8936), fósforo total (-0,7347) e transparência (0,8958). As estações M1, M4 e M8 no período de cheia se posicionaram a esquerda do eixo, associando-se aos valores dos nutrientes (amônia, nitrito, ortofosfato e fósforo total) e a condutividade elétrica, variáveis estas que tendem a aumentar seus valores devido ao período chuvoso.

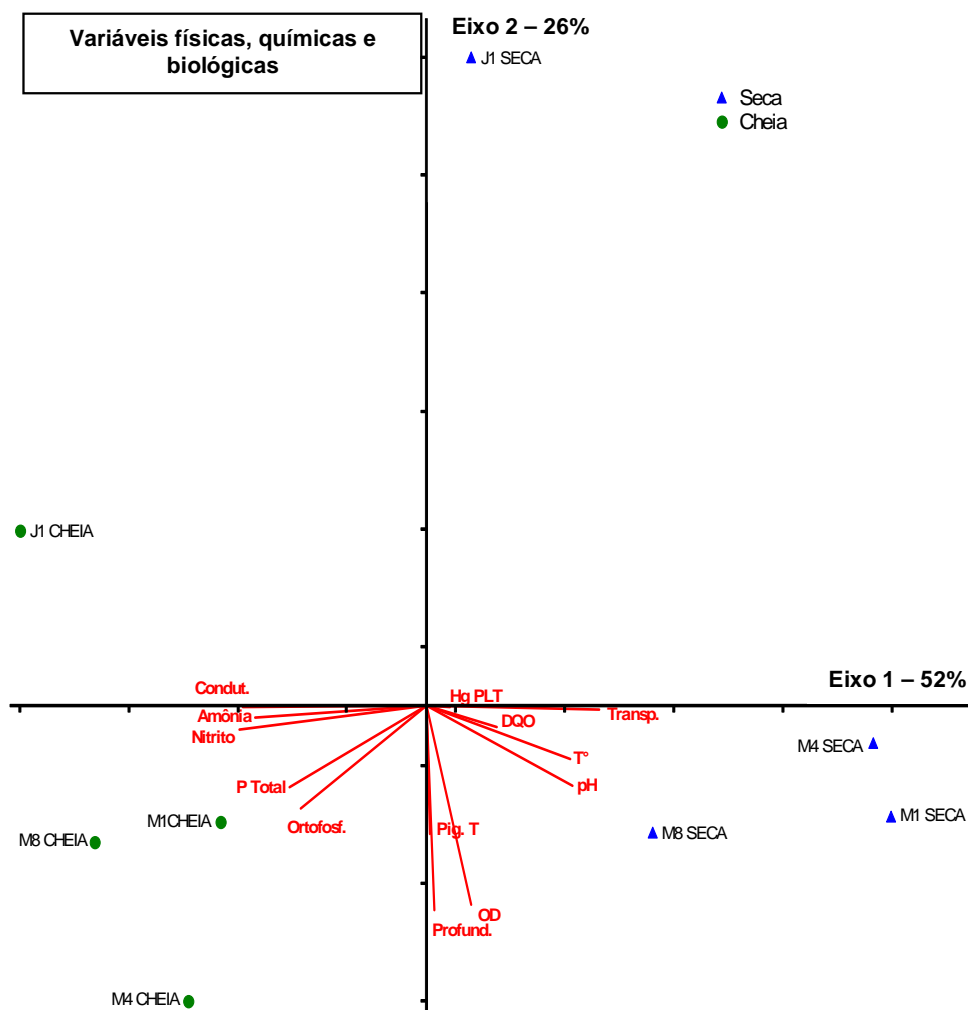


Figura 57: Representação da ACP dos pontos de coleta em relação aos valores médios dos parâmetros físicos, químicos e biológicos analisados nos períodos de seca e cheia.

No eixo 2 (26%) houve a separação da estação J1 no período de seca à direita do eixo e no período de cheia à esquerda do eixo. As variáveis que contribuíram para a formação do segundo eixo foram oxigênio dissolvido (-0,8192), ortofosfato (-0,7003), pigmento total (-0,7035) e profundidade (-0,8556). A separação da estação J1 das demais estações provavelmente nos períodos de seca e cheia está relacionado ao fato de que as características limnológicas à jusante serem diretamente influenciadas pelas regras operacionais da usina, a exemplo da abertura dos vertedouros.

As variáveis demanda química de oxigênio e concentração de mercúrio no plâncton, contribuíram pouco (tabela 19) para a definição dos padrões de distribuição dos pontos amostrais.

Tabela 19: Contribuição das variáveis (loadings) nos dois primeiros eixos da análise de componentes principais para as variáveis físicas, químicas e biológicas.

| Variáveis | Abreviações | Componentes principais | |
|---|-------------|------------------------|----------------|
| | | Eixo 1 | Eixo 2 |
| Temperatura | T° | 0,8589 | -0,3666 |
| Potencial hidrogeniônico | pH | 0,8678 | -0,4706 |
| Condutividade elétrica | Cond. | -0,9052 | -0,1770 |
| Oxigênio dissolvido | OD | 0,5418 | -0,8192 |
| Amônia | - | -0,8600 | -0,3066 |
| Nitrito | - | -0,8936 | -0,3960 |
| Fósforo total | - | -0,7347 | -0,6356 |
| Ortofosfato | - | -0,6940 | -0,7003 |
| Transparência | Transp. | 0,8958 | -0,0494 |
| Profundidade | Profund. | 0,2841 | -0,8556 |
| Pigmento total | Pig. Total | 0,1888 | -0,7035 |
| Demanda química de oxigênio | DQO | 0,6013 | -0,2197 |
| Concentração de mercúrio no plâncton | HgPLT | 0,3327 | -0,0340 |
| Total da variância explicabilidade | | 52% | 26% |

4.3.2. Análise de correspondência destendenciada (ACD)

Na ACD aplicada ao fitoplâncton foram utilizados os gêneros considerados “dominantes” no presente estudo, ou seja, aqueles gêneros onde em cada mês de coleta apresentavam densidade $\geq 1,0$ organismo por litro, totalizando 17 gêneros dos 47 gêneros encontrados e 11 táxons não identificados.

A figura 58 apresenta os grupos dos pontos amostrais formados a partir dos *scores* gerados do fitoplâncton das quatro estações em estudo.

A porcentagem de variação explicada pelo primeiro eixo atingiu 33% e o segundo eixo 3%, totalizando 36%. De forma que foi possível verificar agrupamentos bem distintos entre os períodos de seca e cheia. As estações J1, M1, M4 e M8 para o período de cheia formaram um grupo a direita do gráfico enquanto que os mesmos pontos de coleta relativos ao período de seca formaram um segundo grupo no lado esquerdo do gráfico.

Apesar da baixa porcentagem de explicação dos 2 primeiros eixos, pode-se evidenciar a presença de 2 grupos distintos.

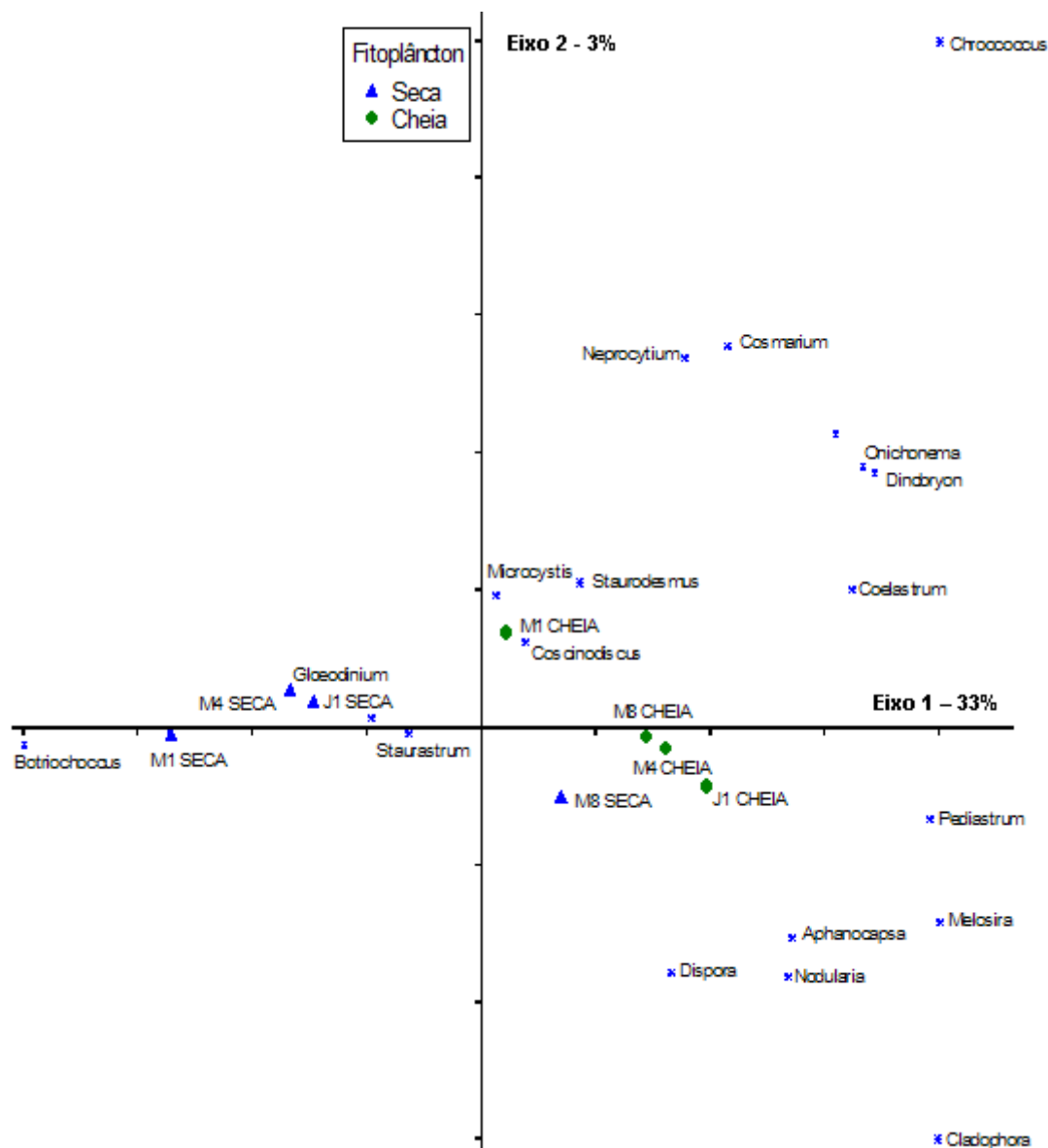


Figura 58: Representação da análise de ACD para o fitoplâncton em relação as estações J1, M1, M4 e M8.

Também foi possível observar que apenas os gêneros *Botriochoccus* sp, *Gloeodinium* sp e *Staurastrum* sp explicaram o padrão de distribuição das estações J1, M1 e M4 no período seco.

A ACD aplicada para o zooplâncton também mostrou um padrão de distribuição dos pontos amostrados semelhante observado para o fitoplâncton (figura 59). A porcentagem de variação explicada para o primeiro eixo foi de 23% e para o segundo eixo 5%, totalizando 28%.

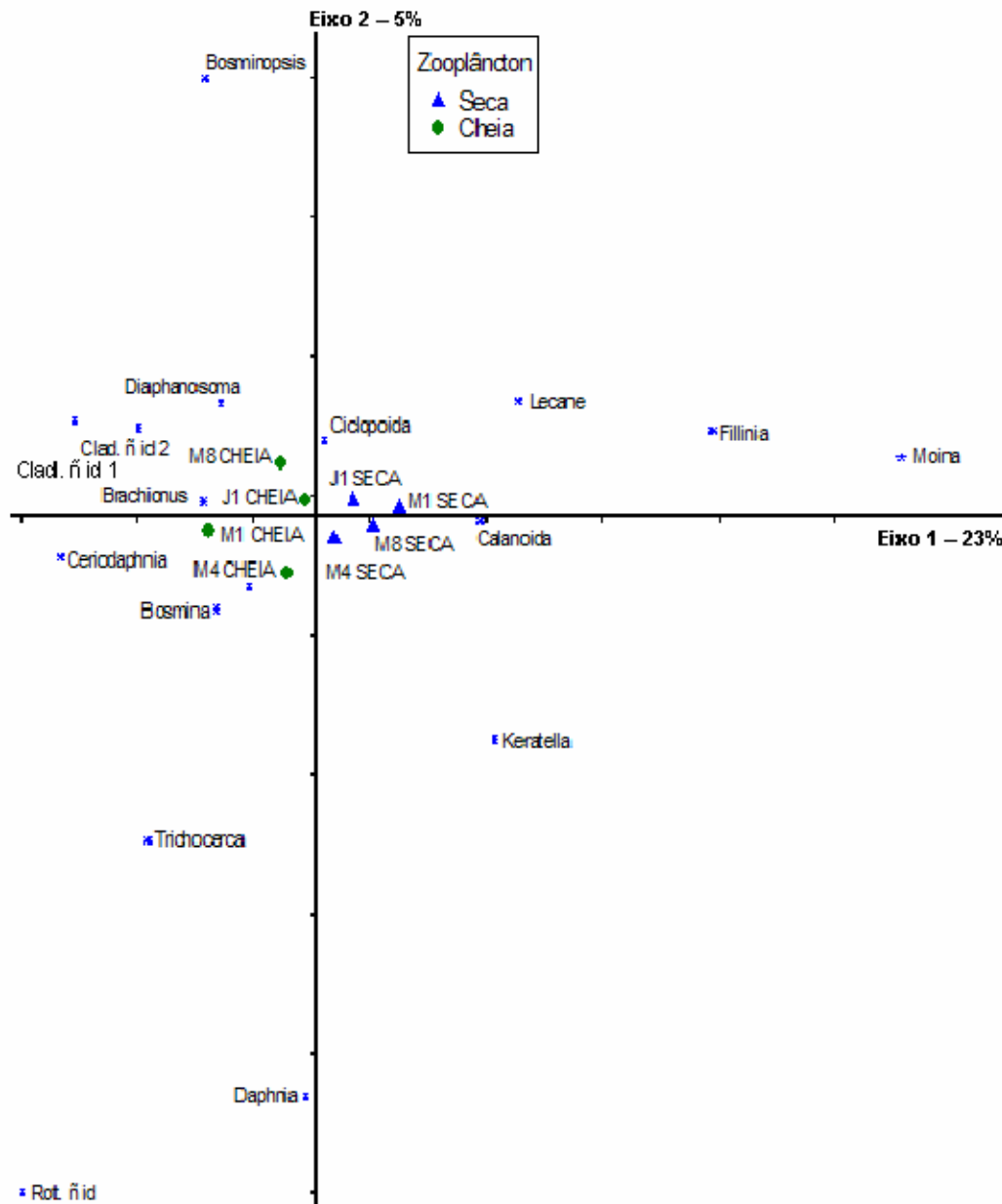


Figura 59: Representação da análise de ACD para o zooplâncton em relação as estações J1, M1, M4 e M8.

Pode-se observar que os grupos de organismos que determinaram a distribuição dos pontos na cheia, principalmente cladóceros, não são os mesmos organismos que determinam a distribuição dos pontos no período seco, principalmente copépodos e rotíferos.

4.3.3. Análise de correspondência canônica (ACC)

Para a ACC do fitoplâncton (figura 60), os autovalores para os dois primeiros eixos de ordenação foram: 9,5% para o primeiro eixo e 5,0% para o segundo eixo, totalizando 14,5% da variância explicada dos dados. O teste de permutação de Monte Carlo indicou que a densidade das espécies e as variáveis ambientais foram significativas para o primeiro eixo de ordenação ($P = 0,01$).

As variáveis mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo (tabela 20) foram a condutividade elétrica e ortofosfato e com o segundo eixo o nitrito teve maior peso. As demais variáveis tiveram uma contribuição menos expressiva.

Tabela 20: Valores das correlações canônicas entre as variáveis ambientais e as densidades do fitoplâncton nas estações J1, M1, M4 e M8 durante o período amostrado (junho de 2005 a maio de 2006).

| | Abreviações | Eixo 1 | Eixo 2 |
|------------------------|-------------|--------------|--------------|
| Temperatura | T° | -0,454 | -0,227 |
| Condutividade elétrica | Condut. | 0,807 | 0,112 |
| Amônia | - | 0,650 | -0,359 |
| Nitrito | - | 0,547 | 0,757 |
| Ortofosfato | Ortofosf. | 0,707 | -0,174 |
| P total | - | 0,553 | 0,180 |

Por meio da análise de correspondência canônica aplicada ao fitoplâncton também foi possível observar a formação de 2 grandes grupos. Um grupo constituído pelas quatro estações analisadas (J1, M1, M4 e M8) durante os meses de cheia, onde as variáveis que contribuíram para a formação deste grupo foram àquelas relacionadas com o início da vazão afluyente no reservatório. Já para a formação do segundo grupo (J1, M1, M4 e M8 no período de seca), a temperatura foi a variável atuante para a formação deste grupo.

Através da figura 60 também é possível observar que a estação M8 apresentou dois pontos fora do padrão gerado pela ACC (novembro e abril), provavelmente este comportamento está relacionado a estes meses serem períodos de transição entre seca/cheia (novembro) e entre cheia/seca (abril).

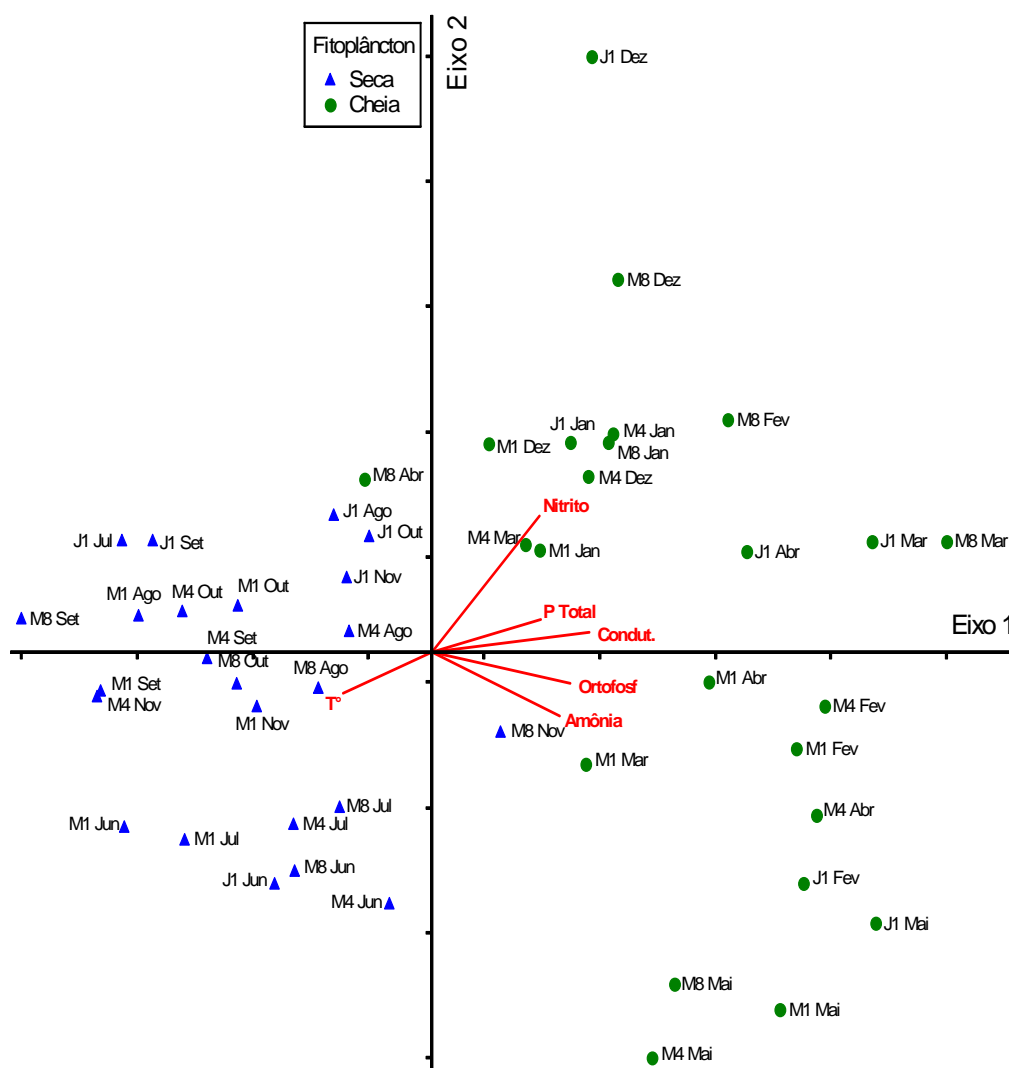


Figura 60: Análise de ACC entre a abundância do fitoplâncton e as variáveis ambientais analisadas na UHE – Samuel.

Os gêneros *Staurastrum*, *Botriochoccus* e *Miscrocystis*, cujos respectivos pontos estão praticamente sobre a origem dos eixos (figura 61), indicam que os mesmos ocorrem em praticamente todos os meses de coleta, portanto considerados como táxons dominantes.

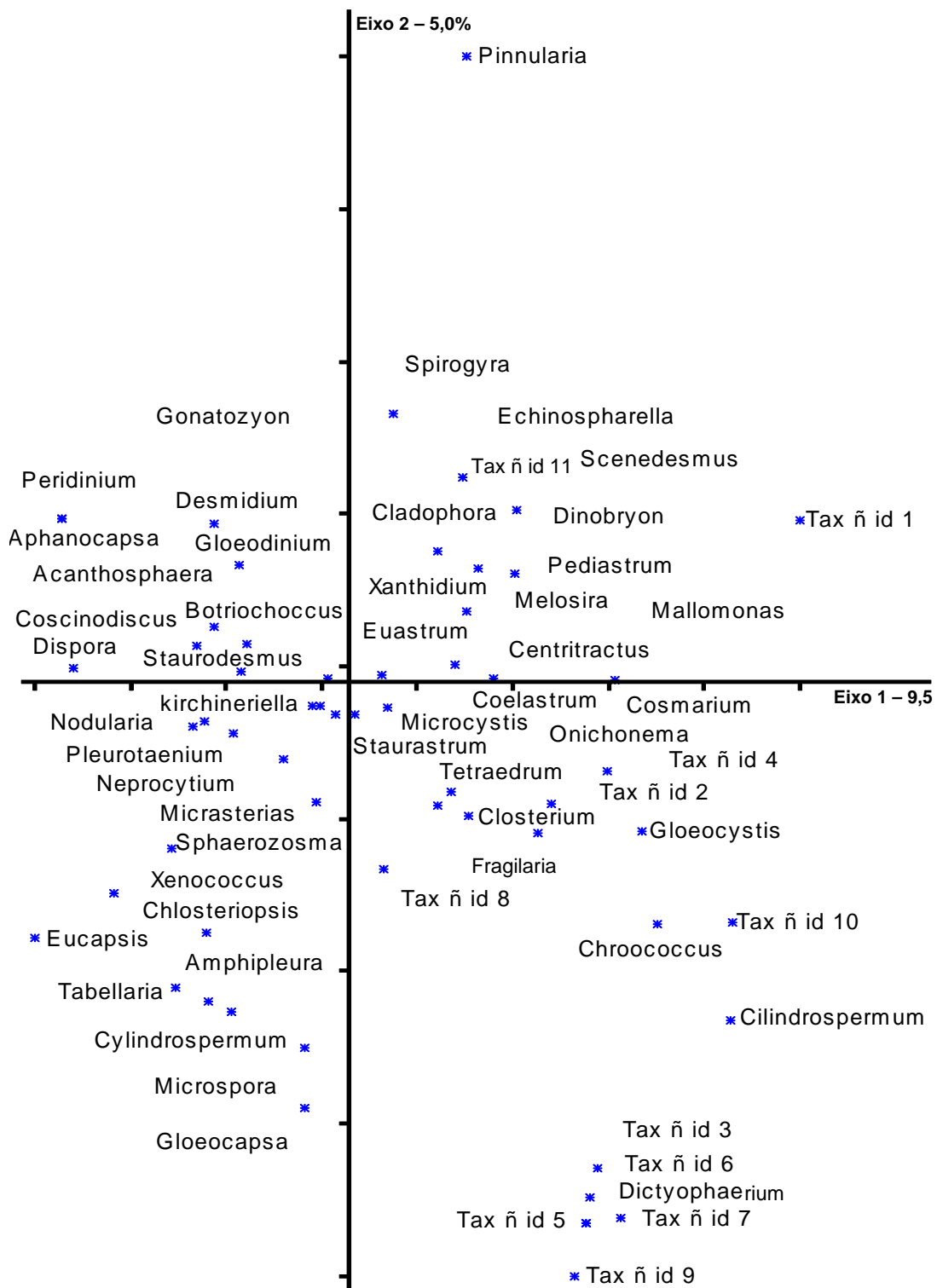


Figura 61: Análise de ACC entre a abundância do fitoplâncton e as variáveis ambientais projetando a distribuição dos táxons na UHE – Samuel.

Por meio da análise canônica para o zooplâncton (figura 62) foi possível distinguir dois grupos separados pela sazonalidade. As variáveis que tiveram maior peso para a formação do primeiro eixo (tabela 21) foram condutividade elétrica, amônia, nitrito e ortofosfato e para o segundo eixo foram oxigênio dissolvido, temperatura e demanda química de oxigênio.

Apesar dos dois primeiros eixos terem explicado apenas 18,9% (eixo 1 com 11,2% e eixo 2 com 7,7%). O teste de permutação de Monte Carlo indicou que a densidade das espécies e as variáveis ambientais foram significativas nos dois primeiros eixos ($P = 0,01$).

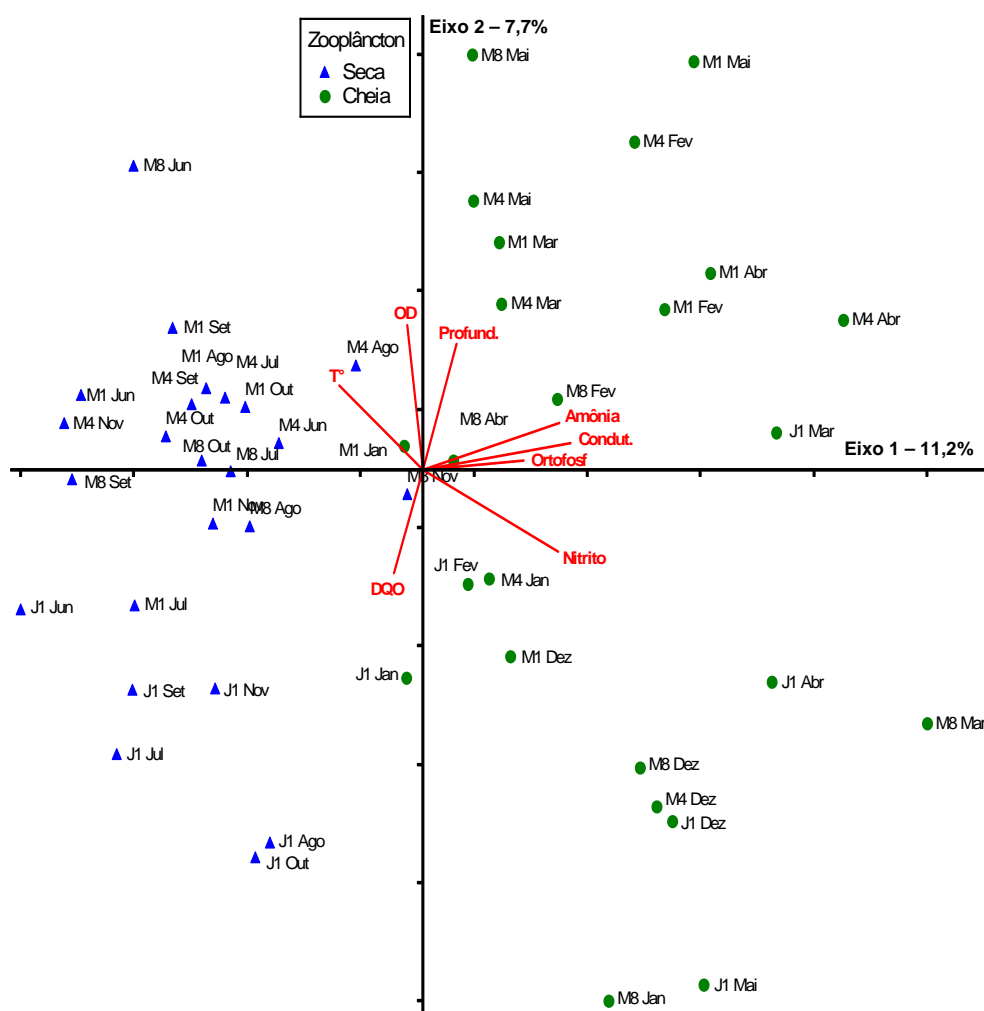


Figura 62: Análise de ACC entre a abundância do zooplâncton e as variáveis ambientais analisadas na UHE – Samuel.

Tabela 21: Valores das correlações canônicas entre as variáveis ambientais e as densidades do zooplâncton nas estações J1, M1, M4 e M8 durante o período amostrado (junho de 2005 a maio de 2006).

| | Abreviações | Eixo 1 | Eixo 2 |
|-----------------------------|--------------------|---------------|---------------|
| Temperatura | T° | -0,413 | 0,411 |
| Condutividade elétrica | Condut. | 0,724 | 0,129 |
| Oxigênio dissolvido | OD | -0,076 | 0,700 |
| Demanda química de oxigênio | DQO | -0,141 | -0,502 |
| Amônia | - | 0,671 | 0,226 |
| Nitrito | - | 0,666 | -0,395 |
| Ortofosfato | Ortofosf. | 0,494 | 0,045 |
| Profundidade | - | 0,164 | 0,610 |

Para o zooplâncton a ACC mostrou que os organismos com maior abundância (figura 63) pertenceram a ordem calanoida (copepoda) e ao gênero *Diaphanosoma* sp, pois seus respectivos pontos estão praticamente sobre a origem dos eixos, não estão associadas a nenhum outro ponto específico, significa dizer que os mesmos ocorreram em maior densidade numérica (quando comparados aos demais gêneros) durante todo ano amostrado.

Um dos organismos planctônicos mais utilizados em estudos biomonitoramento de diversos poluentes são os cladóceros do gênero *Daphnia*, por várias razões, tais como: curto ciclo de vida, não possuem estágios larvais o que facilita sua identificação, e sua abundância nos ecossistemas lênticos de água doce. Para a espécie *Daphnia magna* a concentração de Hg tolerada é de $40\mu\text{g.Kg}^{-1}$ (EHC, 1989). No presente estudo nas estações J1, M1, M4 e M8 foi possível observar que este gênero, quando presente, apresentou baixas densidades. Entretanto, ao correlacionarmos todos as variáveis, físicas, químicas e biológicas, incluindo as concentrações de Hg no plâncton das estações J1, M1, M4 e M8 com a densidade dos organismos zooplanctônicos (análise de correspondência canônica para o zooplâncton) observou-se que a concentração de Hg teve pouca participação na distribuição dos organismos. Fatores como temperatura, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e nutrientes foram mais relacionados à distribuição do zooplâncton no ambiente.

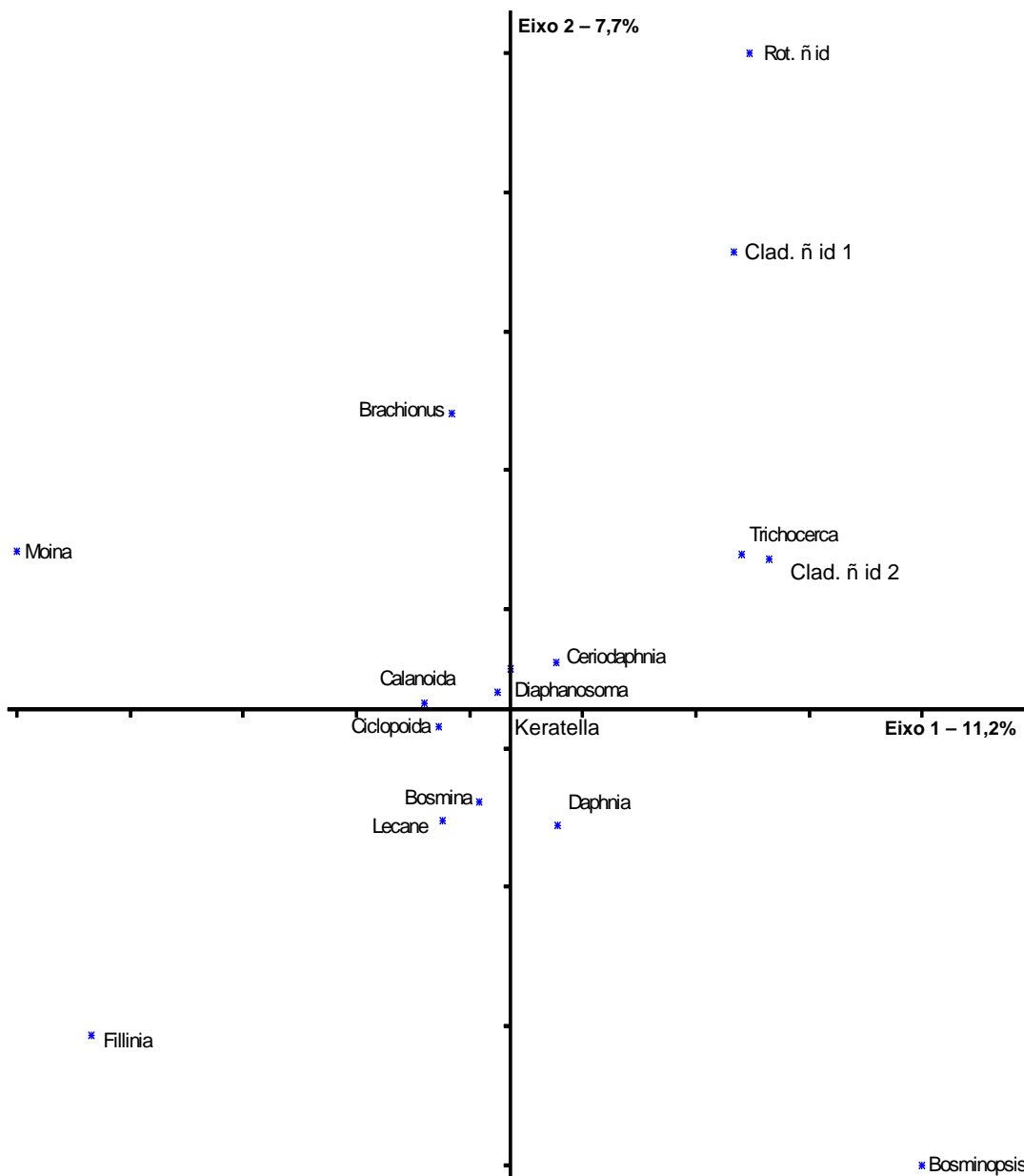


Figura 63: Análise de ACC entre a abundância do fitoplâncton e as variáveis ambientais projetando a distribuição dos táxons na UHE – Samuel.

Este estudo foi contrário a literatura (Watson, 1987 & Hook et al, 2002) no que se refere aos efeitos do Hg sobre o fito e zooplâncton, haja visto que através das análises estatísticas realizadas, em todas elas o mercúrio era a variável que tinha menor participação na determinação dos padrões de distribuição tanto entre as estações e as

variáveis ambientais (ACP), como entre as estações e fitoplâncton e zooplâncton (ACD) e como entre as variáveis ambientais e as comunidades (ACC).

Provavelmente isso deve-se ao fato de grande parte dos estudos (Hook and Fisher, 2002; Fugeta et al, 1977; Pickhardt et al, 2005) que fazem inferência sobre os efeitos do Hg na comunidade planctônica e suas possíveis respostas a este elemento serem realizados em bioensaios, bem como a carência de trabalhos na região Amazônica a fim de comparação de resultados.

A importância do estudo fitoplâncton e zooplâncton com relação as concentrações de Hg está na verificação de uma possível alteração em seu metabolismo devido a presença deste metal, sua posição trófica e sua participação no transporte de metilmercúrio formado na montante transportado para a jusante (Schetagne et al, 2000), pois o zooplâncton incorpora Hg principalmente através da alimentação. E o zooplâncton, por sua vez, transfere este elemento para as larvas de peixe, insetos, peixes planctívoros e outros.

Brasil et al, (2004) avaliando as concentrações de Hg em peixes de diferentes hábitos alimentares no reservatório da UHE – Samuel encontraram uma média de $677\mu\text{g.Kg}^{-1}$ para os peixes carnívoros seguido pelos peixes planctívoros com $469\mu\text{g.Kg}^{-1}$.

5. CONCLUSÕES

- ✓ Através da identificação e contagem das amostras de fito e zooplâncton foi possível concluir que o plâncton presente na estação J1 é em sua grande parte composto pelo plâncton da estação M1, pois esta pelos elevados valores de biomassa (fito + zoo) encontrados, parece ser uma região de acúmulo destes organismos, enquanto que a estação J1 por ser uma região com características lólicas não é um ambiente propício para o desenvolvimento do plâncton;
- ✓ Provavelmente o fato de terem sido registrados os maiores valores de Hg na estação M4 quando comparados às demais estações estudadas, seja devido ao fato de mesmo após 17 anos de enchimento do reservatório, ainda haver presença de matéria orgânica em decomposição, e possivelmente gerando um ambiente propício para a metilação do Hg;
- ✓ Através da caracterização física, química e biológica da água das estações analisadas foi possível concluir que a estação J1 tem suas características influenciadas pelas normas operacionais da usina hidrelétrica de Samuel. As estações M1 e M4 apresentam comportamento característico de reservatório com elevados valores de transparência e oxigênio dissolvido no período seco. Já a estação M8 é característica de uma região intermediária rio/reservatório, sendo a primeira a receber nutrientes com o início da vazão;
- ✓ Os resultados de Hg encontrados no plâncton no presente estudo corroboram com a literatura no que diz respeito que a composição dos táxons de fitoplâncton e do zooplâncton pode influenciar nas concentrações de Hg encontradas nestes organismos. No entanto, através das análises estatísticas observou-se que as concentrações de Hg não explicam a distribuição destes organismos nas estações J1, M1, M4 e M8 do reservatório da U.H.E.-Samuel, assim como também não explicam a presença e densidade dos organismos encontrados ao longo do ano. Fatores como temperatura, condutividade e nutrientes são mais importantes na determinação dos padrões encontrados para a U.H.E. – Samuel – RO.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abreu, S. N., Pereira, E., Vale, C. & Duarte, A. C. Accumulation of total mercury and organic by plankton in Ria de Aveiro: proximate of the source *versus* bio-transformation. 6th international Conference on Mercury as a Global Pollutant, minamata, Japan, 2001. p. 109.

APHA. América Public Health Organization. Standard Methods for the Examination of Water and Watershed. Washington, D. C., 1971. 873p.

Aula, I., Braunschweiler, H. and Mailn, I. The watershed flux of mercury examined with indicators in the Tucuruí reservoir in Para, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 1995. (175): 97-107.

Azevedo, F. A. Toxicologia do Mercúrio. Rima, São Carlos-SP. 2003. 292p.

Bastos, W. R. Gomes, J. P. O., Oliveira, R. C., Almeida, R., Nascimento, E. L., Bernardi, J. V. E. Lacerda, L. D., Silveira, E. G. & Pfeiffer, W. C. Mercury in the environment and riverside population in the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Science of Total Environment*, 2005.(368): 344-351.

Bastos, W. R., Malm, O; Pfeiffer, W., Cleary, D. Establishment and analytical quality control of laboratories for Hg determination in biological and geological. July/ samples in the Amazon, Brazil. Technical Review. *Ciência e Cultura Journal of the Brazilian Association for the advance of Science*, 1998. vol. August.p. 255.

Bicudo, C. E. M. & Bicudo, R. M. T. Algas de Águas Continentais Brasileiras (chave ilustrada para identificação de gêneros). Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências. 1970. 228p.

Bicudo, C.E.M. & Menezes, M. Gêneros de Algas de Águas Continentais do Brasil (chave para identificações e descrições). São Carlos: Rima, 2005. 508p.

Bini, L. M. Análises Multivariadas e Limnologia: Exploração, Síntese e Inferência de um Mundo aquático Complexo. pg.73-107. Em: **Amostragem em limnologia**. Bicudo, C. E. M & Bicudo, D. C. Rima editora, 2004. 351p.

Boischio, A. A. P., Henshel, D. Fish Consumption, fish lore, and mercury pollution-risk communication for the Madeira River people Environmental Research Section, 2000. p. 108–126.

Brasil, D. B., Almeida, R., Nascimento, E. L., Oliveira, R. C., Miyai, R. K., Bastos, W. R. & Silveira, E. G. Mercury in ictiofauna of Samuel Hydroelectric Reservoir, Amazon, Brazil. *RMZ. Materials and Geoenvironment*, 2004. (51):865-868.

Brook, A. J. *The Biology of Desmids*. Oxford, Blackwell Sc. Publ. (Botanical Monographs, vol. 16), 1981. 276p.

Brunberg, A. K. Contribution of bacteria in the mucilage of *Microcystis* sp (cyanobacteria) to benthic and pelagic bacterial production in a hypereutrophic lake. *FEMS Microbiology Ecology*, 1999. (29):13 – 22.

Buratini, S. V. & Brandelli, A. *Ecotoxicologia Aquática: princípios e aplicações*. Org. Zagatto, P. A. & Bertoletti, E. p.79. 2006. 467p.

Camacho, A., Wurtsbaugh, W. A., Miracle, M. R., Armengol, X. & Vicente, E. Nitrogen limitation of phytoplankton in a Spanish Karst lake with a deep chlorophyll maximum: a nutrient enrichment bioassay approach. *Journal of plankton research*, 2003. (25): 397-404.

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). *Guia de coleta e preservação de amostras de água*. Coord. Edmondson Garcia Agudo. São Paulo, 1987. 128p.

Cordeiro, R. C., Turcq, B., Ribeiro, M. G., Lacerda, L. D., Capitaneo, J., Silva, O. A., Sifeddine, A., Turcq, P. M. Forest fire indicators and mercury deposition in an intense

land use change region in the Brazilian Amazon (Alta Floresta, MT) *The Science of the Total Environment*, 2002. (293): 247–256.

Edmondson, W. T. *Fresh-Water Biology*. Washington, 1959. 1248p.

Elmoor-Loreiro, L. M. A. *Manual de identificação de Cladóceros límnicos do Brasil*. Brasília, Universa. 1997. 156p.

Environmental Health Criteria. Mercury – (01) 1989.

Disponível em: <<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc086.htm>>

Data de acesso: 05/01/05

Esteves, F. A. *Fundamentos de Limnologia* 2^a ed. Interciência. Rio de Janeiro. 1998. 602p.

Fadini, P. S & Jardim, W. F. Is the Negro River Basin (Amazon) impacted by naturally occurring mercury? *The Science of the Total Environment*, 2001. (275): 71-82.

Ferreira, R. M., Barros., N. O., Duque-Estrada, C. H., & Roland, F. Caminhos do fósforo em Ecossistema Aquáticos Continentais. P. 229. *Lições de Limnologia*. Edt. Roland, F., Cesar, D. & Marinho, M. São Carlos, Rima, 2005. 532p.

Fishe, N. S. & Hook, S. E. Toxicology tests with aquatic animals need to consider the trophic transfer of metals. *Toxicology*, 2002. (181): 531–536.

Foster, V. K. *Amazonische Desmidiéen*. *Amazoniana* 1096. vol. 2. 116p.

Fugeta, M., Iwasaki, M. & Takabatake, E. Intracelullar distribution of mercury in freshwater diatom, *Synedra cells*. *Environmental research*, 1977. (14): 1-13.

Gilbert, J. J. Supression of rotifer populations by *Daphnia*: A review of the evidence, the mechanisms, and the effects on zooplankton community structure. *Limnology Oceanograph*, 1988. 33(6): 1286-1303.

Golterman, H. L., Clymo, R. S. and Ohnstad, M. A. M. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. 2 ed. Oxford, BlackwellScientific Publications, *I.B.P. Handbook, 1978. vol. 8. 213p.

Gorski, P. R., Cleckner, L. B. Hurley, J. M. Sierszen, M. E. and Armstrong, D. E. Factors affecting enhanced mercury bioaccumulation in inland lakes of Isle Royale National Park, USA. *The Science of the Total Environment*, 2003. (304): 327-348.

Hair JR, J. F., Anderson, R. E., Tatham, R. L. & Black, W. C. **Análise Multivariada de Dados**. 5º ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593p.

Hancon, S., Artaxo, P., Gerab, F., Yamasoe, M. A., Campos, R. C., Conti, L. F. and De Lacerda, L. D. Atmospheric Mercury and Trace Elements in the Region of Alta Floresta in the Amazon Basin. *Wat, Air and Soil Pollut*, 1995. (80): 273-283.

Higut, J., Zviejkovski, L. P. Takahashi, M. A. & Dias, V. G. Chironomidae Indicadora do Estado Trófico em Reservatórios. Pg. 137-145. Em: **Biocenoses em Reservatórios: padrões espaciais e temporais**. RODRIGUES, L., THOMAZ, S. M., AGOSTINHO, A. A. & GOMES, L. C. Rima editora, 2005. 321p.

Hook, S. E. & Fishe, N. S. Relating the reproductive toxicity of five ingested metals in calanoid copepods with sulfur affinity. *Marine Environmental Research*, 2002. (53):161-17.

Huszar, V. L. M. & Giani, A.. Amostragem da Comunidade Fitoplanctônica em Águas Continentais: Reconhecimento de Padrões Espaciais e Temporais. Amostragem em Limnologia. RIMA Capítulo: 8. 2004. p.133-147. Editores: BICUDO, C. E. M & BICUDO, D. C.

Huszar, V. L. M. Fitoplâncton. p. 91. Lago Batata: Impacto e recuperação de um ecossistema Amazônico. Org. Bozelli, R. L., Esteves, F. A. & Roland, F. Edts: IB-UFRJ/SBL. Rio de Janeiro, 2000. p.91. 332p.

Jorgensen, S. E. & Vollenweider, R. A. Diretrizes para o gerenciamento de lagos? Princípios para o gerenciamento de lagos. V. 01. IIEC, IIE, UNEP. São Carlos, SP. 2000. 202p.

Kainz, M., Lucotte, M., & Parrish, C. Methyl mercury in zooplâncton-the role of size, habitat, and food quality. *Canadian Journal Fisher Scienci*, 2002. (59):1606-1615.

Kainz, M., Telmer, K. and Mazunder, A. Bioaccumulation patterns of methyl mercury and essential fatty acids in lacustrine planktonic food webs and fish. *Science of Total Environment*, 2005. *In press*.

Korolef, F. Determination of total nitrogen in natural waters by means of persuphate oxidation. In *New Baltic manual with methods for sapling and analysis of physical, chemical and biological parameters* (ed. S.R. Carlberg), 1976. 73-78p.

Kost, W. Rotatorien aus Gewassern Amazoniens. *Amazoniana*, 1972. vol. 3. 505p.

Krekeler, D., Teske A, Cypionka, H. Strategies of sulfate-reducing bacteria to escape oxygen stress in a cyanobacterial mat. *FEMS. Microbiology Ecology*, 1998. (25):89–96.

Labry, C, Herbland, A. & Delmas, D. The role of phosphorus on planktonic production of the Girond plume water in the Bay of Bicay. *Journal of Plankton Research*, 2002. (24): 97-117.

Lacerda, L. D. & Marins, R. V. Anthropogenic mercury emissions to the atmosphere in Brazil: The impact of god mining. *Journal of Geochemical Exploration*, 1997. (58): 223-229.

Lacerda, L. D. and Salomons, W. Mercúrio na Amazônia: Uma bomba relógio química? *Série Tecnologia Ambiental*. Rio de Janeiro, CETEM/CNPq. 1992. 78p.

Lu, C. M., Chau, C. W. & Zhang, J. H. Acute toxicity of excess mercury on the photosynthetic performance of cyanobacterium, *S. platensis* – assessment by chlorophyll fluorescence analysis. *Chemosphere*, 2000.(41):191-196.

Lund, J. W. G., Kipling, C. & Le-Kren, D. The inverted microscope method of estimating algal numbers and statistical basis of estimation by counting. *Hydrobiologia*, 1958. (11): 143-170.

Magrin, A. G. E. Aspectos limnológicos, composição e distribuição da comunidade fitoplanctônica em um Reservatório da Amazônia Brasileira (Reservatório da U.H.E. Samuel, estado de Rondônia). Durante sua fase de enchimento. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais. São Carlos-SP. 1993. 332p.

Malm, O. Gold Mining as a Source of Mercury Exposure in the Brazilian Amazon Environmental research, section a, 198. (77): 73–78.

Mason, R.P. Mercury transport and fate watersheds. US EPA Office of Research and Development's Science; 2001.

Mingot, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005. 297p.

Pacheco-Paleja, J. R., 2002, Os fatores que influem no nível de mercúrio (Hg) na água e no plâncton de lagos associados aos rios Tapajós e Negro. Dissertação de Mestrado, INPA/FUA, Manaus-AM, Brasil, 75p.

Palermo, E. F. A., Kehrig, H. A., Branco, C. W. C., Malm, O. e Branco H. S. B. Mercúrio e Metilmercúrio em plâncton, peixe, material particulado em suspensão e sedimento superficial de um antigo reservatório tropical, Brasil. 2002. Separata. In: Maria Eduarda. (Org.). Estudos sobre Contaminação Ambiental na Península Ibérica. 1 ed. Viseu: Piaget, 2002, v. 1, p. 219-227.

Pickhardt, P. C., Folt, C. L., Chen, C. Y. Klaue, B. & J. D. Impacts of zooplankton

composition and algal enrichment on the accumulation of mercury in an experimental freshwater food web. *Science of Total Environment*, 2005. (339): 89-101.

Pinto-Coelho, R. M. & Greco, M. K. B. Teores de metais pesados em organismos zooplanctônicos e na macrófita *Eichornia crassipes* no reservatório da Pampulha, Belo Horizonte, MG. *Ciência e Tecnologia*, 1997. 64-69.

Porvari, P. Mercury levels of fish in Tucuruí hydroelectric reservoir and in River Mojtí in Amazonia, in the state of Pará, Brazil. *The Science of the Total Environment*, 1995. (175): 109-117.

Prescott, G.W. *The Freshwater Algae*. W.M. C. Brown Company Publishers, 1970. 348p.

Ramade, F. *Écotoxicologie*. Paris: Masson, Chapitre III.B-Mercure. 1977. p.97-108.

Rebouças, A. C., Braga, B. & Tundisi, J. G. *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. Escrituras editora. São Paulo, 1999. 688p.

Reid, J. W. Chave de Identificação e Lista de Referências Bibliográficas para as Espécies Continentais e Sulamericanas de Vida Livre da Ordem Cyclopoida (Crustácea Copepoda). *Boletim de Zoologia da Universidade de São Paulo*, 1985. vol. 9. 17-143.

Relatório U.H.E. – Samuel (Rondônia). *ELETRONORTE – Limnologia e qualidade da água do reservatório Samuel*. 1994. 51p.

Roulet, M. & Lucotte, M. Geochemistry of mercury in pristine and flooded ferralitic soils of a tropical rain forest in French Guiana, South America. *Water, Air and Soil Pollution*, 1995. (80):1079-1088.

Rondônia, Governo do Estado de Rondônia, Secretaria de Estado de Planejamento e Coordenação Geral (SEPLAN/RO). *2ª Aproximação do Zoneamento Sócio-Econômico e Ecológico do Estado de Rondônia (ZSEE-RO)*. Porto Velho-RO, 2002.

Roulet, M., Lucotte, M., Caunel, R., Farella, N., Courcelles M., Guimaraes J.R.D., Mergler, D. Amorim, M. Increase in mercury contamination recorded in lacustrine sediments following deforestation in the central Amazon. *Chemical Geology*, 2000. (65):243–266.

SEDAM. Atlas Geoambiental de Rondônia, Porto Velho: Sedam, 2002. p. 20.

Seewt, L. & Zelikoff, J. Toxicology and Immunotoxicology of Mercury: A Comparative Review in Fish and Humans. *Journal of Toxicology and Environmental Health Part B.*, 2001. (4): 161–205.

Shetagne, R., Doyon, J. F. and Fournier, J. J. Export of mercury downstream from reservoirs. *Science of Total Environment*, 2000. (260): 135-145.

Sioli, H. & Klinge, H. Solos, tipos de vegetação e água na Amazônia. *Boletim Geográfico: informações, notícias, bibliografia e legislação*, 1964. (179): 147-153.

Sipaúba – Tavares, L. H. & Rocha, O. Produção de Plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos. Rima, 2003. 106p.

Sipaúba – Tavares, L. H. Análise da seletividade alimentar em larvas de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e tambacu (híbrido, pacu *Piaractus mesopotamicus* e tambaqui *Colossoma macroporum*) sobre os organismos zooplânctônicos. *Acta Limnológica Brasiliensia*, 1993. (6): 114-132.

Tremblay, A., Lucotte, M. & Schetagne. Total mercury and methylmercury accumulation in zooplankton of hydroelectric reservoirs in northern Québec (Canada). *The Science of Total Environment*, 1998. (213): 307-315.

Wastras, C. J., Back, R. C., Halvorsen, S., Hudson, R. J. M., Morrison, K. A. & Wentz, S. P. Bioaccumulation of mercury in pelagic freshwater food webs. *The Science of the Total Environment*, 1998. (219): 183–208.

Watras, C. J. & Bloom, N. S. Mercury and Methylmercury in individual zooplankton: Implications for Bioaccumulations. *Limnology Oceanography*, 1992. (6): 1313–1318.

Wetzel, R. G. *Limnologia*. Serviço de Educação, Portugal. Tradução: *Limnology* 2° ed. 1983. 918p.

Zagatto, P. A. & Bertollet, E. *Ecotoxicologia Aquática – princípios e aplicações*. São Carlos, RIMA, 2006. 478p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)